



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**MEVCUT BETONARME OKUL
BİNALARININ GÜÇLENDİRİLMESİ
SONRASINDA DEĞİŞEN YAPISAL
PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

Pırl TİMURLENK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2025
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Pırıl TİMURLenk tarafından hazırlanan “Mevcut Betonarme Okul Binalarının Güçlendirilmesi Sonrasında Değişen Yapısal Performans Özelliklerinin İncelenmesi” adlı tez çalışması 03/06/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN
(Konya Teknik Üniversitesi)

.....

Danışman

Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN
(Konya Teknik Üniversitesi)

.....

Üye

Prof. Dr. Serdar ÇARBAŞ
(Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi)

.....

Üye

Doç. Dr. Günnur YAVUZ
(Konya Teknik Üniversitesi)

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Pırıl TİMURLENK

Tarih: 03.06.2025

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEVCUT BETONARME OKUL BİNALARININ GÜÇLENDİRİLMESİ SONRASINDA DEĞİŞEN YAPISAL PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Pırl TİMURLENK

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

2025, 212 Sayfa

Jüri

**Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN
Prof. Dr. Serdar ÇARBAŞ
Doç. Dr. Günnur YAVUZ**

Aktif deprem kuşağında olan ve yapısal stokunda yetersizlikler bulunan Türkiye’de yaşanan şiddetli depremler sonrasında özellikle yetersiz yapısal özellikler nedeniyle çok fazla can ve mal kaybı meydana gelmektedir. Yapı stokunun önemli bir kısmı betonarme olan Türkiye’de konutların haricinde toplumsal öncelikleri oldukça yüksek olan ve afetler sonrasında acil kullanılmaları gereken kamu binaları içinde aynı problem söz konusudur. İmal edilirken yeterli mühendislik hizmeti alamamış olan bazı kamu binalarının hızlı ve etkili bir şekilde güçlendirilmesi bu açıdan oldukça önemli bir konudur. Güçlendirmenin tipi yapısal özelliklere bağlı olarak değişmekle beraber her bir güçlendirme senaryosu için yapısal performansın farklı şekillerde değişeceği de aşikârdır. Tasarım aşamasında bu değişikliklerin iyi tahmin edilmesi ve yapının performansını en etkili biçimde artıracak ve buna mütakabil düşük maliyete sahip güçlendirme yöntemlerinin tercih edilmesi önemli bir mühendislik problemidir.

Bu çalışma kapsamında, deprem performansının yetersiz olduğu bilinen üç farklı okul (8, 14 ve 22 derslikli) binası modeli üzerinde bir dizi analiz gerçekleştirilmiştir. Saha verileri mevcut olan binaların mevcut durumları TBDY 2018’e göre değerlendirildikten sonra yetersiz performans özellikleri değişen güçlendirme stratejileri ile (perde ilavesi, kolonların mantolanması, perde ilavesi + kolonların mantolanması) iyileştirilmiştir. Modellemelerde STA4CAD programı kullanılmıştır. Çalışmanın parametrik içeriğinde, yapıların bulunduğu iller, AFAD, Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması üzerinden yapı koordinatına ait en büyük yer ivmesi (PGA) değerlerine göre seçilmiştir. Bu çalışma kapsamında PGA değeri 0.295 m/s² olan Ankara/Çankaya ve PGA değeri 0.995 m/s² olan Sakarya/Adapazarı alınmıştır. Mevcut yapıların bulunduğu yerel zemin sınıfları (ZC, ZD ve ZE), yapıların mevcut donatı sınıfları (S220, S420), yapıların mevcut beton dayanımlarının (10, 15 ve 20 MPa) değişkenliği dikkate alınmıştır. Söz konusu değişkenlere göre 2² x 3³ x 4 (432) adet yapı modeli üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır. Yapılan değerlendirmelere göre perde ilavesi + mantolama tipi güçlendirmenin yapılarda periyoda en fazla etkisi olan güçlendirme türü olduğu, buna bağlı olarak spektral deplasman taleplerinde bu tür güçlendirmelerde önemli azalmalar olduğu tam tersine dayanım fazlalığı katsayısının ve güçlendirme maliyetinin de bu tür güçlendirmelerde diğer güçlendirme türlerine göre daha fazla artış gösterdiği görülmüştür. Güçlendirilmiş binalar için TBDY 2018 de dayanım fazlalığı hedefinin olmaması önemli bir eksiklik olduğu ve bunun yeni yönetmeliklerde dikkate alınması gereken bir faktör olacağı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Deprem performansı, okul binaları, güçlendirme, modelleme

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION OF THE CHANGED POST-STRENGTHENING STRUCTURAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF EXISTING REINFORCED CONCRETE SCHOOL BUILDINGS

Pırlıl TİMURLENK

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Civil Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

2025, 212 Pages

Jury

Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN

Prof. Dr. Serdar ÇARBAŞ

Doç. Dr. Günnur YAVUZ

In Turkey, which is located in an active seismic zone and has structural deficiencies in its building stock, severe earthquakes have resulted in significant loss of life and property, especially due to inadequate structural features. In Turkey, where a significant portion of the building stock is reinforced concrete, the same problem is encountered not only in residential buildings but also in public buildings, which have high social priorities and must be urgently used after disasters. The rapid and effective strengthening of some public buildings, which did not receive adequate engineering services during their construction, is a very important issue from this perspective. Although the type of strengthening depends on structural characteristics, it is evident that structural performance will change in different ways for each strengthening scenario. During the design phase, predicting these changes accurately and selecting strengthening methods that will increase the building's performance most effectively and, correspondingly, have low costs is an important engineering problem.

In this study, a series of analyses have been performed on three different school building models (with 8, 14, and 22 classrooms) known to have inadequate earthquake performance. After evaluating the current conditions of the buildings with available site data according to TBDY 2018, their inadequate performance characteristics have been improved using different strengthening strategies (addition of shear walls, jacketing of columns, addition of shear walls + jacketing of columns). The STA4CAD program have been used for modeling. In the parametric content of the study, the cities where the buildings are located, AFAD, and the Turkey Earthquake Hazard Map Interactive Web Application were used to select the maximum ground acceleration (PGA) values for the building coordinates. In this study, Ankara/Çankaya with a PGA value of 0.295 m/s² and Sakarya/Adapazarı with a PGA value of 0.995 m/s² were chosen. The local soil classes (ZC, ZD, and ZE) of the existing buildings, the reinforcement classes (S220, S420), and the variability of the concrete strengths of the buildings (10, 15, and 20 MPa) have been considered. Evaluations have been based on 22 x 33 x 4 (432) building models according to these variables. The evaluations indicate that the shear wall addition + jacketing -type strengthening method has the most significant effect on the structural period. Consequently, spectral displacement demands decrease considerably with this type of strengthening. However, the over strength factor and reinforcement costs are noticeably higher compared to other strengthening methods. The absence of a over strength factor target in TBDY 2018 for reinforced buildings is seen as a major deficiency, which should be considered in future regulations.

Keywords: Earthquake performance, school building, strengthening, modeling

ÖNSÖZ

Bu çalışma Konya Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Tez konusunun belirlenmesinden sonuçlandırılmasına kadar geçen süreçte, bilimsel yaklaşımı, engin tecrübesi ve kıymetli yönlendirmeleriyle her zaman yanımda olan, samimiyeti ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Musa Hakan ARSLAN'a en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım. Ayrıca, öğrenim hayatım boyunca bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım tüm değerli hocalarıma teşekkür ederim.

Çalışma hayatım süresince bana her zaman yol gösteren, bilgi ve deneyimiyle katkı sağlayan başta İnş. Müh. Mert Veysel ALTINTEPE olmak üzere tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her koşulda yanımda olan, beni bugünlere getiren, dürüstlük, saygı ve topluma faydalı birey olma değerlerini kazandıran kıymetli annem Serpil ÖZMEN'e, sevgili babam Mehmet ÖZMEN'e ve kardeşlik duygusunu en güzel haliyle bana yaşatan canım kardeşim Erdem ÖZMEN'e sonsuz teşekkürlerimi ve sevgilerimi sunarım.

Son olarak, her daim yanımda olan, desteği ve sabrıyla bu süreci benim için kolaylaştıran hayat arkadaşım, ruh eşim Sami TİMURLenk'e ve anneliği bana yaşatan, hayatımın en kıymetli varlığı oğlum Kerem TİMURLenk'e sevgi ve şükranlarımı sunarım. Sizlerin varlığı, bu sürecin en büyük motivasyon kaynağı olmuştur.

Pırıl TİMURLenk
KONYA-2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	2
1.2. Çalışmanın Önemi	3
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
3. TEORİK ALTYAPI	12
3.1. Deprem Yer Hareketi.....	12
3.2. Deprem Etkisi Altındaki Binaların Tasarım Esasları	12
3.2.1. Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları	12
3.2.2. Deprem Tasarım Sınıfları	13
3.2.3. Bina Yükseklik Sınıfları	13
3.2.4. Bina Performans Düzeyleri.....	14
3.2.5. Bina Performans Düzeyleri.....	15
3.3. Deprem Etkisi Altında Mevcut Bina Sistemlerinin Değerlendirilmesi ve Güçlendirme Tasarımı İçin Özel Kurallar	15
3.3.1. Binalardan Bilgi Toplanması	15
3.3.2. Bilgi Düzeyleri.....	16
3.3.3. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	17
3.4. Hesap Yöntemleri	18
3.4.1. Doğrusal Hesap Yöntemleri.....	18
3.4.2. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri	19
3.4.3. Birim Şekil Değiştirme ve Plastik Dönme Hesapları	19
3.4.4. Betonarme Elemanlar İçin Şekil Değiştirme Sınırları	19
3.5. Kapasite Eğrisi, Dayanım Fazlalığı, Spektral İvme ve Spektral Deplasman Kavramları	19
3.5.1. Kapasite Eğrisi	19
3.5.2. Dayanım Fazlalığı.....	20
3.5.3. Spektral İvme	21
3.5.4. Spektral Deplasman	21
3.6. Genel İrdeleme.....	22
3.6.1. Kapasite Eğrisinin Oluşturulması	22
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	25
4.1. Referans Binaların Özellikleri	26

5. MEVCUT BETONARME OKUL BİNALARININ DEPREM PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ.....	28
5.1. Okul Binaları Hakkında Bilgilendirme.....	28
5.2. Okul Binalarının Mevcut Durum Performans Analizlerinde Kullanılacak Parametreler	29
5.2.1. 8 derslikli okul binası hakkında bilgilendirme	32
8.2.2. 14 derslikli okul binası hakkında bilgilendirme	34
8.2.3. 22 derslikli okul binası hakkında bilgilendirme	37
5.3. Okul Binalarının Mevcut Durum Performans Analizleri	39
5.3.1. 8 derslikli okul binasının performans analizleri	40
5.3.2. 14 derslikli okul binasının performans analizleri	41
5.3.3. 22 derslikli okul binasının performans analizleri	42
5.4. Okul Binalarının Mevcut Durum Performans Analizlerinin Değerlendirilmesi .	43
6. MEVCUT BETONARME YAPILARIN GÜÇLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ.....	59
6.1. Perde İlavesi Yaparak Güçlendirme	60
6.1.1. Çerçeve düzlemine betonarme perde eklenmesi.....	60
6.1.2. Çerçeve düzlemine betonarme perde mantosu eklenmesi	62
6.2. Betonarme Kolon Mantosu Yaparak Güçlendirme	64
6.3. Karbon Lifli Polimer (CFRP) Sararak Güçlendirme	67
7. MEVCUT BETONARME OKUL BİNALARININ GÜÇLENDİRİLMESİ	69
7.1. Okul Binası Tiplerinin Betonarme Perde İlave Edilerek Güçlendirmesi	69
7.1.1. 8 derslikli okul binası tiplerinin betonarme perde ilave edilerek güçlendirmesi.....	71
7.1.2. 14 derslikli okul binası tiplerinin betonarme perde ilave edilerek güçlendirmesi.....	88
7.1.3. 22 derslikli okul binası tiplerinin betonarme perde ilave edilerek güçlendirmesi.....	102
7.2. Okul Binası Tiplerinin Kolon Mantosu İlave Edilerek Güçlendirmesi	115
7.2.1. 8 derslikli okul binası tiplerinin kolon mantosu ilave edilerek güçlendirmesi	117
7.2.2. 14 derslikli okul binası tiplerinin kolon mantosu ilave edilerek güçlendirmesi	132
7.2.3. 22 derslikli okul binası tiplerinin betonarme kolon mantosu ilave edilerek güçlendirmesi.....	145
7.3. Okul Binası Tiplerinin Perde ve Kolon Mantosu İlave Edilerek Güçlendirmesi	158
7.3.1. 8 derslikli okul binası tiplerinin betonarme perde ve kolon mantosu ilave edilerek güçlendirmesi	158
7.3.2. 14 derslikli okul binası tiplerinin betonarme perde ve kolon mantosu ilave edilerek güçlendirmesi	172
7.3.3. 22 derslikli okul binası tiplerinin betonarme perde ve kolon mantosu ilave edilerek güçlendirmesi.....	185
8. TARTIŞMA.....	199

9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	202
9.1 Sonuçların İncelenmesi	202
9.2 Öneriler	207
KAYNAKLAR	210



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

B	: Bodrum kat
B420c	: Akma dayanımı 420 MPa olan, yüksek sünekliğe sahip, betonarme donatı çeliği sınıfı
cm	: Santimetre
C10	: Silindir numune beton dayanımı 10 MPa olan beton
C15	: Silindir numune beton dayanımı 15 MPa olan beton
C20	: Silindir numune beton dayanımı 20 MPa olan beton
C30	: Silindir numune beton dayanımı 30 MPa olan beton
Db	: Beton elemanının çapı
DD-1	: 50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-2	: 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-3	: 50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
DD-4	: 50 yılda aşılma olasılığı %68 (tekrarlanma periyodu 43 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
D	: Dayanım fazlalığı
D_{son}/D_{ilk}	: Dayanım fazlalığı değişimi
E	: Elastisite modülü
g	: İvme
G_{mal}/YY_{mal}	: Güçlendirme maliyetinin yeniden yapım maliyetine oranı
H_i	: i'inci kat yüksekliği
H_N	: Bina yüksekliği
I	: Bina önem katsayısı
kN	: Kilo Newton
ℓ_p	: Plastik mafsals boyu
L_s	: Yapı elemanının toplam uzunluğu
m	: Metre
mm	: Milimetre
m^2	: Metrekare
m^3	: Metreküp
M	: Perde ve panel deprem momenti
MPa	: Megapascal (N/mm ²)
M_w	: Moment magnitüdü
PS	: Performans Seviyesi
U_{ix}	: x yönünde oluşan deplasman
U_{iy}	: y yönünde oluşan deplasman
s	: Saniye
s^2	: Saniyekare
S_a	: Spektral ivme
$S_{a,son}/S_{a,ilk}$	: Spektral ivme değişimi
$S_a(T)$	: Yer hareketi ivme spektrumu (Zaman periyodu T için ivme spektral değeri)
S_d	: Spektral deplasman
$S_{d,son}/S_{d,ilk}$	: Spektral deplasman değişimi

$S_d(T)$	: Dönme ivmesi spektrumu (Zaman periyodu T için dönme ivmesinin spektral değeri)
S_s	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
S_1	: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
S_{DS}	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
S_{D1}	: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı
S_{220}	: Akma dayanımı 220 MPa olan çelik
S_{420}	: Akma dayanımı 420 MPa olan çelik
t	: Ton
tm	: Tonmetre
T	: Zaman periyodu (Yapının doğal dönme periyodu veya yer hareketinin periyodu)
T_x	: x yönündeki doğal titreşim periyodu
T_y	: y yönündeki doğal titreşim periyodu
T_1^{son}/T_1^{ilk}	: Periyot değişimi
$vb.$	: Ve benzeri
Z	: Zemin kat
$Z1$	: Kaya veya çok sert zemin (yüksek taşıma gücü, düşük deformasyon)
$Z2$	: Sert zemin (orta-yüksek taşıma gücü)
$Z3$	: Orta sert-gevşek zemin (yüksek deformasyon potansiyeli)
$Z4$	: Çok gevşek, yumuşak zemin (düşük taşıma gücü, sıvılaşma riski yüksek)
ZA	: Kaya veya çok sert zemin (yüksek taşıma gücü, düşük deformasyon)
ZB	: Sert zemin (orta-yüksek taşıma gücü)
ZC	: Çok Sıkı Kum, Çakıl ve Sert Kil Tabakaları veya Ayrışmış Çok Çatlaklı Zayıf Kayalar
ZD	: Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
ZE	: Gevşek Kum, Çakıl veya Yumuşak- Katı Kil Tabakaları veya 3 Metreden Kalın Yumuşak Kil Tabakası
$\emptyset$	: Donatı çapı
$\%$	: Yüzde
$\leq$	: Küçük eşit
$<$	: Küçük
$>$	: Büyük
$\epsilon_c(G\ddot{O})$	: Beton için izin verilen toplam birim şekil değiştirme (Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi)
$\epsilon_s(G\ddot{O})$	: Donatı çeliği için izin verilen toplam birim şekil değiştirme (Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi)
$\epsilon_s(KH)$	: Donatı çeliği için izin verilen toplam birim şekil değiştirme (Kontrollü Hasar performans düzeyi)
$\epsilon\{SU\}$	: Donatı çeliği için kesitteki şekil değiştirme sınırı
α_m	: Perde taban momenti oranı
η_{bi}	: Burulma düzensizliği katsayısı
ϕ_t	: Eleman uç kesitindeki toplam şekil değiştirme (dönme)
ϕ_u	: Maksimum şekil değiştirme
ϕ_y	: Eleman uç kesitindeki akma eğriliği
θ_k	: Kesitteki yer değiştirmiş eksen dönmesi (akma dönmesi)
$\theta P(G\ddot{O})$	: Plastik dönme sınırı (Göçmenin Önlenmesi performans düzeyi)
$\theta P(KH)$	: Plastik dönme sınırı (Kontrollü Hasar performans düzeyi)
$\theta P(SH)$	: Plastik dönme sınırı (Sınırlı Hasar performans düzeyi)

θ_y	: Eleman uç kesitindeki yer değiştirilmiş eksen akma dönmesi
$\omega\{WE\}$	: Yapının etkili ağırlığı
π	: Pi sayısı
\$	: Amerikan Doları (USD)

Kısaltmalar

AFAD	: Afet ve acil durum yönetimi başkanlığı
BKS	: Bina kullanım sınıfı
BYS	: Bina yükseklik sınıfı
BH	: Belirgin hasar
C-FPR	: Karbon lifli polimer
CG	: Can Güvenliği
ÇŞİDB	: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
DBYBHY	: Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik
DGT	: Dayanıma göre tasarım
DTS	: Deprem tasarım sınıfı
EKO	: Etki / kapasite oranı
FPR	: Elyafı güçlendirilmiş polimer
GB	: Göçme bölgesi
GÇ	: Kesit göçme sınırı
GÖ	: Göçmenin Önlenmesi
GV	: Kesit güvenlik sınırı
KH	: Kontrollü hasar
HK	: Hemen Kullanım
İH	: İleri hasar
K	: Kiriş
KH	: Kontrollü hasar
KKO	: Kütle katılım oranı
MEB	: Milli Eğitim Bakanlığı
P	: Perde
PGA	: Yapı koordinatına ait en büyük yer ivmesi
S	: Kolon
SH	: Sınırlı hasar
ŞGDT	: Şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım
TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TDTH	: Türkiye Deprem Tehlike Haritası
T.C.	: Türkiye Cumhuriyeti
TS500	: Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
TL	: Türk lirası

1. GİRİŞ

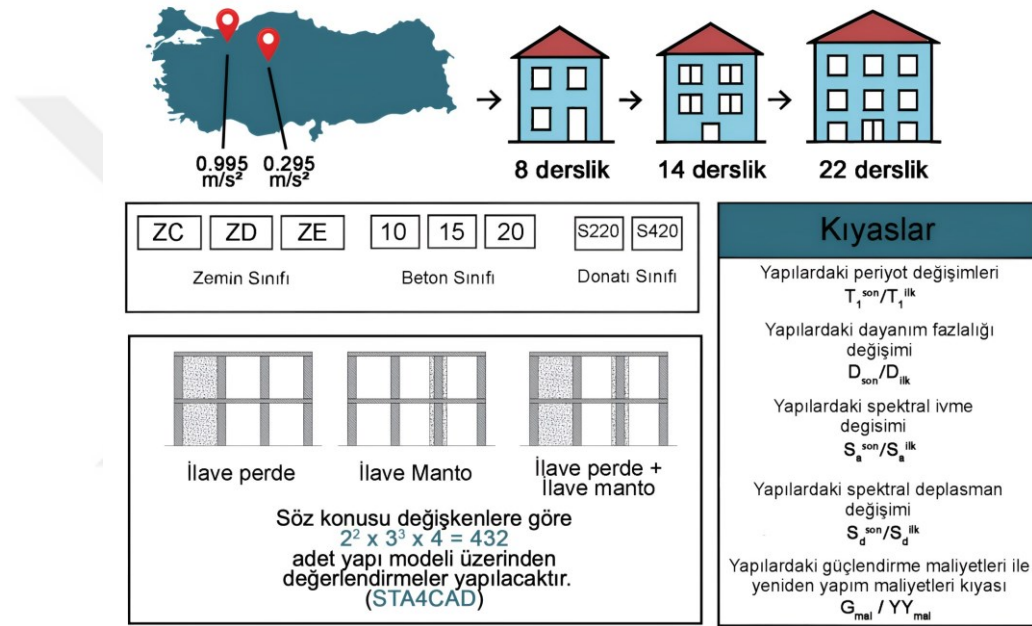
Türkiye, coğrafi konum olarak sıklıkla deprem oluşturan fay hatlarının üzerinde bulunmaktadır. Türkiye nüfusunun önemli bir bölümü yüksek deprem riski taşıyan bölgelerde yaşamaktadır. Deprem bölgeleri haritasına göre Türkiye yüzölçümünün yaklaşık %92'si deprem bölgeleri içerisinde yer almakta, nüfusun yaklaşık %95'i ise deprem tehlikesi altındaki bölgelerde yaşamaktadır. Geçmişten günümüze kadar bu coğrafyada birçok hafif, orta ve şiddetli depremler meydana gelmiştir. Her şiddetli deprem sonrası ağır can kayıpları yaşanmıştır. Türkiye son 100 yılda 7 ve üzeri büyüklükte 16 adet depremle sarsılmıştır.

Deprem bölgelerinde yaşayan insanların kullandığı yapılar, oluşan irili, ufaklı depremlerle birlikte zamanla çeşitli hasarlara maruz kalmaktadır. Yapıların maruz kaldığı bu hasar sonrasında yapıların hasar durumuna, yapının oturum arsasının kıymetine ve yapının önem durumuna göre yapının akıbetine karar verilecektir. Verilen karar; yapının yıkılıp yeniden inşa edilmesi veya güçlendirilmesi yönünde olacaktır. Güçlendirilirken hangi yöntem veya yöntemlerle güçlendirileceği belirlenecek ve yapının güçlendirme maliyetleri rasyonel bir şekilde ortaya konulacaktır. Yeniden yapım maliyetleri ile kıyaslanıp nihai karar verilecektir. Güçlendirme maliyetinin çok fazla çıkmadığı durumlarda yeniden yapım alternatifi çok tercih edilmemeli, yapıda güçlendirme yoluna gidilmelidir.

Bu tez PGA değeri 0.295 m/s^2 olan Ankara/Çankaya'da ve PGA değeri 0.995 m/s^2 olan Sakarya/Adapazarı'nda bulunan mevcut okulların farklı zemin sınıfı ve farklı beton dayanımı kabulü yapılarak incelenmesini içermektedir. Tez kapsamında 8, 14 ve 22 adet dersliğe sahip olan üç okul binası incelenmektedir. Bu tip okul yapılarının bulunduğu yerel zemin sınıfları (ZC, ZD ve ZE), yapıların mevcut donatı sınıfları (S220, S420), yapıların mevcut beton dayanımlarının (10, 15 ve 20 MPa) değişkenliği dikkat alınacaktır. Bu çalışma kapsamında incelenen binaların 1998 yılından önce inşa edildiği kabul edilmektedir. İncelenen okul binalarının mevcut durum değerlendirmesi yapıldıktan sonra güçlendirme işlemine geçilmiştir. Binalar güçlendirilirken betonarme perde ilavesi, gerekli kolon ve perdeye betonarme manto yapılması, betonarme perde ilavesinin yanında gerekli kolon ve perdeye betonarme manto yapılması olacak şekilde üç farklı yöntem kullanılmıştır.

Tezin neticesinde de kullanılan farklı üç yöntemde aşağıdaki kıyaslar yapılmıştır:

- Yapılardaki periyot değişimleri (T_1^{son}/T_1^{ilk}),
- Yapılardaki dayanım fazlalığı değişimi (D_{son}/D_{ilk}),
- Yapılardaki spektral ivme değişimi (S_a^{son}/S_a^{ilk}),
- Yapılardaki spektral deplasman değişimi (S_d^{son}/S_d^{ilk})
- Yapıların güçlendirme maliyetleri ile yeniden yapım maliyetleri kıyası (G_{mal} / YY_{mal})
- Elde edilen bu verilere göre yukarıda belirtilen 5 faktörün karşılaştırması yapılmıştır.



Şekil 1.1. Çalışmada kullanılan değişkenler ve kıyaslar

1.1. Çalışmanın Amacı

Okul binaları, toplumun en değerli varlıklarından olan çocukların büyük bölümünün zaman geçirdiği yapılar olmaları nedeniyle, taşıdıkları can güvenliği sorumluluğu açısından özel bir öneme sahiptir. Türkiye gibi yüksek deprem riski taşıyan ülkelerde, bu yapıların depreme karşı dayanıklılığı, hem toplumsal hem de yapısal açıdan kritik bir konudur. Milli Eğitim Bakanlığı'na (MEB) bağlı binlerce okul binasından oluşan mevcut yapı stoğu içerisinde, özellikle betonarme sistemle inşa edilmiş tip projelerin performanslarının değerlendirilmesi ve bu yapıların uygun güçlendirme yöntemleriyle hedeflenen performans düzeyine ekonomik ve etkin biçimde ulaştırılması gerekmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı; MEB tarafından yaygın olarak kullanılan üç farklı betonarme okul tipi üzerinden, yapısal değerlendirme ve güçlendirme senaryolarını karşılaştırmalı olarak incelemek, farklı güçlendirme stratejilerinin (perde ilavesi, kolon mantolama ve her ikisinin birlikte uygulanması) yapıların deprem performansına olan etkisini belirlemek ve en uygun çözümün teknik ve ekonomik açılardan ortaya konmasını sağlamaktır. Bu kapsamda, güçlendirme öncesi ve sonrası durumların analizi yoluyla elde edilen bulguların, benzer okul yapılarında alınacak iyileştirici önlemlere rehberlik etmesi amaçlanmaktadır.

1.2. Çalışmanın Önemi

1999 Marmara (Mw 7.4) ve 2023 Kahramanmaraş depremleri (Mw 7.7 ve Mw 7.6), depreme karşı hazırlıklı olmanın ve önleyici tedbirler almanın önemini açıkça ortaya koymuştur. Bu durum, Türkiye’de depremle ilgili politikaların ulusal düzeyde ele alınmasına neden olmuştur. Özellikle kamusal binaların ve bu bağlamda okulların değerlendirilmesi son derece önemlidir. Maalesef 2023 Kahramanmaraş depremleri okul binaları içinde oldukça kötü bir sınav olmuştur. Öztürk ve ark. (2023) deprem bölgesinde okul binalarının deprem performanslarını değerlendirmiş ve bu konunun aciliyetine tekrar işaret etmişlerdir.

Bu tez boyunca taranan literatürler konuyla ilgili daha önce çalışılıp belirli sonuçlara ulaşılmış, kimisi nitel, kimisi nicel, kimisi de karma biçimde incelemiştir.

Ayrıca çalışmanın parametrik içeriğinde ele alınan değişkenler; yapıların bulunduğu yerel zemin sınıfları (ZC, ZD ve ZE), yapıların mevcut donatı sınıfları (S220, S420), yapıların mevcut beton dayanımlarının (10, 15 ve 20 MPa) değişkenliği dikkat alınacaktır. Söz konusu değişkenlere göre 432 adet yapı modeli üzerinden değerlendirmeler yapılacaktır. Değerlendirmelere; periyot değişimleri (T_1^{son}/T_1^{ilk}), dayanım fazlalığı değişimi (D_{son}/D_{ilk}), spektral ivme değişimi (S_a^{son}/S_a^{ilk}), spektral deplasman değişimi (S_d^{son}/S_d^{ilk}) gibi temel değişkenler ve bunların aralarındaki korelasyonlar sınanacaktır. Çalışmada ayrıca söz konusu üç güçlendirme tipinin maliyetleri ile yeniden yapım maliyetleri arasında (G_{mal} / YY_{mal}) da bir değerlendirme yapılarak performans çıktıları maliyet değerlendirilmesi de yapılacaktır. Bu çalışmada hedeflenen sonuçlar ve bunların karşılaştırılması literatürde daha öncesinde yapılmadığı için bir ilk olacaktır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Şirin, 2006, Yapılarda meydana gelen hasarlar, oluşum sebepleriyle birlikte değerlendirilmiş ve bu hasarların engellenmesine yönelik onarım ile güçlendirme teknikleri ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Çalışma kapsamında, İstanbul ilinde yer alan ve 1975 yılı Deprem Yönetmeliği'ne göre inşa edilmiş olan bodrum, zemin ve yedi normal kattan oluşan bir betonarme konut binası, 1997 Deprem Yönetmeliği esas alınarak STA4-CAD V12 programı kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, bazı kolonların taşıyıcı kapasitesinin yetersiz olduğu belirlenmiş ve bu kolonların mantolama yöntemiyle güçlendirilmesine karar verilmiştir. Ayrıca, yapısal performansın artırılması amacıyla binanın belirli bölgelerine betonarme perdeler eklenmiştir. Yapılan bu müdahalelerin ardından binanın deprem dayanımının kabul edilebilir seviyelere ulaştığı görülmüştür.

Altın, 2009, Konya ili sınırları içerisinde, 1. Derece deprem bölgesinde yer alan ve deprem güvenliği açısından incelenerek güçlendirilmesine karar verilen Ilgın ilçesi Argıthanı Milli Eğitim Vakfı Çok Programlı Lisesi ile Doğanhisar Endüstri Meslek Lisesi binalarının incelenmesi ve bu iki tip okuldan elde edilen sonuçların karşılaştırılması yapılmıştır. İki tip okul binası betonarme perde duvar ilavesi ve kolon mantolama yöntemiyle güçlendirilmiş, bu iki bina 2007 birim fiyatları ile birim imalat yöntemine göre yapım maliyeti hesaplanmıştır. Binanın statik analizleri için gerekli veriler oluşturulmuş, analizler yapılmış, ilave edilecek betonarme perde duvarlar ile mantolanacak kolonlar belirlenmiştir. Sonuç olarak, iki tip okul binasının 2007 fiyatlarıyla yapım maliyetleri ve güçlendirme maliyetleri bulunmuş ve iki tip okul binasının, güçlendirme maliyetlerinin yapım maliyetlerine oranı yaklaşık %32 ile %40'a ulaştığı görülmüştür.

Uluöz, 2010, Yapıların güçlendirilmesi sürecinde ortaya çıkan maliyetleri etkileyen çeşitli parametreler analiz edilmiş ve güçlendirme işlemine başlanmadan önce mevcut veriler ışığında uygulamanın ekonomik olup olmadığını öngörebilecek bir sistem geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, mevcut yapıların deprem sırasında hasar görmesine neden olan faktörler, deprem performans değerlendirme yöntemleri ile birlikte güçlendirme maliyetini etkileyen değişkenler ve bu değişkenlerin etkilerinin büyüklüğü, SPSS 15 yazılımı kullanılarak çoklu doğrusal regresyon yöntemi ile analiz

edilmiştir. Analizde kullanılan başlıca veriler; yapının beton basınç dayanımı, bulunduğu deprem bölgesine ait etkin yer ivmesi katsayısı, binanın yaşı ve temel sistemi olarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, bu değişkenlerin güçlendirme birim maliyetinin tahmininde kullanılabilir olduğu ortaya konmuştur. Çalışmanın temel varsayımı ise, yapıya etkiyen taban kesme kuvvetinin güçlendirme maliyetine doğrudan ve olumsuz yönde etkide bulunduğudır.

Kavşut, 2012, Gaziantep ilinde farklı işlevlere sahip üç yapı (lojman, emniyet müdürlüğü binası ve okul) incelenerek mevcut durumlarına ilişkin performans seviyeleri değerlendirilmiş ve elde edilen bulgular doğrultusunda alternatif güçlendirme çözümleri önerilmiştir. Araştırma kapsamında, güçlendirme ve onarım konularına dair teorik bilgilere yer verilmiş; incelenen yapılara ilişkin çeşitli sayısal veriler sunulmuş ve yapıların farklı açılardan çekilmiş fotoğrafları ile önerilen güçlendirme yöntemlerinin uygulama detaylarını gösteren görseller kullanılmıştır. Yapıların hem mevcut hem de güçlendirilmiş durumları, Probina Orion V.13 yazılımı aracılığıyla doğrusal elastik analiz yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Önerilen güçlendirme uygulamalarının, yapıları olası bir deprem durumunda hedeflenen performans seviyelerine taşıyabileceği gösterilmiştir. Ancak, emniyet müdürlüğü binası için önerilen güçlendirme yönteminin yüksek maliyetli olması nedeniyle uygulanması tavsiye edilmemiştir.

Şik, 2014, Diyarbakır ilinde yer alan ve Eğil Alparslan Lisesi'ne ait olan bodrum + zemin + dört normal kattan oluşan lojman binasının, 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) esaslarına göre deprem performans analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, yapının deprem güvenliği açısından yetersiz olduğu ve Can Güvenliği performans düzeyini sağlayamadığı belirlenmiştir. Bu duruma yönelik olarak, biri hedef performans seviyesini karşılamayan, üçü ise bu seviyeyi sağlayan olmak üzere dört farklı güçlendirme çözüm önerisi geliştirilmiştir. Tüm alternatifler maliyet yönünden değerlendirilmiş ve ekonomik açıdan en uygun olan güçlendirme yöntemi, uygulanabilirlik bakımından önerilmiştir.

Afzali, 2018, Mevcut yapıların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi, uzun süredir inşaat mühendisliğinin en önemli alanlarından birini oluşturmuştur. Bu sebeple, mevcut yapıların güçlendirilmesi için farklı güçlendirme alternatifleri geliştirilmiştir. Bu

çalışmada Edirne ilinde bulunan bir okul binası projesi ele alınmış ve söz konusu binada mevcut durumdaki performans seviyesi ve güçlendirme sonrası performans seviyeleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu amaçla DBYBHY-2007'ye göre minimum performans hedeflerini sağlamayan mevcut binada artımsal dinamik analizi yöntemi kullanılarak çözümler yapılmıştır. Daha sonra söz konusu binaya, iki ayrı alternatifli güçlendirme amacıyla DBYBHY-2007'ye uygun olacak şekilde betonarme perde duvarları ekleyerek ve aynı analiz yöntemini kullanarak çözümler yapılmıştır. Bu analizlerin ardından, mevcut ve güçlendirilmiş durumlar için yapının kırılgenlik eğrileri, taban kesme kuvveti-maksimum kat ötelemesi eğrileri ve maksimum kat ötelemesi-kat yüksekliği eğrileri oluşturulmuştur.

Bawary, 2018, Taşıyıcı sistemi yetersiz olan bir betonarme binanın kolon mantolama ve betonarme perde ilavesiyle güçlendirilmesi analitik yöntemlerle incelenmiştir. Çalışma kapsamında, Trabzon ilinde Karadeniz Teknik Üniversitesi Merkez Kampüsü içerisinde yer alan Kredi Yurtlar Kurumu'na ait bir betonarme yapı, ETABS sonlu elemanlar programı kullanılarak modellenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, yapının birçok kolonunun deprem güvenliği açısından yetersiz olduğu belirlenmiştir. Bu doğrultuda, mimari kısıtlar gözetilerek, yetersiz bulunan kolonlar kısmen üç taraflı, kısmen de dört taraflı mantolama yöntemiyle güçlendirilmiştir. Ayrıca, yapının burulma düzensizliğini azaltmak amacıyla simetrik yerleşimli betonarme perdeler eklenmiştir. Uygulanan bu güçlendirme stratejileri sonucunda yapının hedeflenen deprem performans düzeyine ulaştığı gözlemlenmiştir.

Yüzbaşı ve Yerli, 2018, Türkiye, aktif fay hatlarının yoğun olarak bulunduğu bir tektonik yapıya sahiptir. Son depremler, inşa edilmiş yapıların büyük bir kısmının gerekli deprem güvenliği koşullarını sağlayamadığını ortaya koymuştur. Bu durum mevcut yapıların dinamik etki altındaki davranışlarını incelemeyi gerekli kılmaktadır. Bu çalışmada, mevcut yapılar sahip oldukları fiziksel koşullar göz önünde bulundurularak modellenmiş ve günümüz şartlarında farklı deprem düzeyleri etkisi altındaki performansları analiz edilmiştir. FEMA-356'ya paralel olarak revize edilen DBYBHY-2007'ye dayanan bir performans değerlendirmesi yapılmıştır. Yapılan performans analizleri sonucunda yapıların depreme karşı yeterliliği ve yapıldığı dönem sonrasında meydana gelmiş olan gelişmelere uygunluğu irdelenmiştir. Performans yetersizliği durumunda, yapı emniyeti ve ekonomik koşullar dikkate alınarak, yapıya

uygulanacak işlemler hakkında verilecek en uygun kararın ne olduğu belirlenmiştir. Mevcut yapıların deprem durumunda güvenli olup olmadığı kontrol edilmiştir. Gerekli hallerde güçlendirme çalışmalarının projelendirilmesi yapılmıştır. Böylelikle ileride yaşanabilecek can ve mal kayıplarının önlenmesi amaçlanmıştır.

Dalyan ve Şahin, 2019, Mevcut 5 katlı betonarme konut yapısının DBYBHY 2007 ve TBDY 2018'e göre Doğrusal Olmayan Artımsal İtme Analizi yöntemiyle deprem yükleri altında bina taşıyıcı sisteminin performans analizi yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılarak irdelenmiştir. TBDY 2018 Bölüm 5'de detaylı olarak sunulan, deneysel verilerden elde edilmiş, kesitin boyutları, donatısı, açıklığı ve yüklerine bağlı olarak hesaplanan etkin kesit rijitlikleri ile yapılan analizler ile mevcut yapı etkin periyodları daha uzun olarak hesaplanmaktadır. Taban kesme kuvveti değeri $R=1$ ile yapı ağırlığının, TBDY 2018'e göre %19.5'i, DBYHY 2007'e göre %32'si olarak hesaplanmaktadır. Etkin periyodlarının uzun olması ve zemin sınıfı spektrumuna bağlı olarak, TBDY 2018'e göre deprem yükleri altında yer değiştirme talebi DBYBHY 2007'e daha fazla hesaplanmaktadır. TBDY 2018'e göre daha fazla yer değiştirme istemi olmasına rağmen, şekil değiştirme sınırları DBYBHY 2007'e göre çok daha küçüktür. İki yönetmelik arasındaki hasar bölgesi farklılıkları şekil değiştirme sınırlarının farklılığından dolayı oluşmaktadır.

Soydan, 2019, DBYBHY 2007'den önce projelendirilip inşa edilen ve 1999 Marmara Depremi sonrasında yapılan incelemeler sonucunda orta hasar aldığı tespit edilerek güçlendirme uygulamasına tabi tutulan Z+3 katlı bir betonarme konut yapısının performans değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, yapının hem güçlendirilmeden önceki ilk hali hem de mevcut güçlendirilmiş durumu, DBYBHY 2007 kapsamında tanımlanan mod birleştirme yöntemine göre analiz edilerek yapısal performansları belirlenmiştir. Ayrıca, mevcut güçlendirme durumuna alternatif olarak DBYBHY 2007 esaslarına uygun şekilde önerilen yeni güçlendirme senaryoları geliştirilmiş ve bu senaryoların performansları karşılaştırılmıştır. Analizlerde İdecad Statik 8.62 yazılımı kullanılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda mevcut güçlendirme uygulamasının yetersiz kaldığı ve yapının yeniden güçlendirilmesi gerektiği ortaya konmuştur. Bu doğrultuda beş farklı güçlendirme alternatifi geliştirilmiş, bu seçenekler çeşitli mühendislik kriterleri açısından karşılaştırılarak en uygun çözüm önerisi belirlenmiştir.

Zolmaz, 2019, İstanbul ili Beyoğlu ilçesinde yer alan ve 1975 tarihli “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik” esaslarına göre projelendirilen zemin + 3 katlı betonarme atölye yapısı bu çalışmanın inceleme konusunu oluşturmaktadır. Yapının mevcut durumu, DBYBHY-2007 kapsamında İdecad Statik programı kullanılarak analiz edilmiş ve binanın Can Güvenliği Performans Düzeyi’ni karşılamadığı belirlenmiştir. Bu doğrultuda, yapıya belirli oranlarda betonarme perde elemanları eklenerek, TBDY 2018 esas alınarak güçlendirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Güçlendirilmiş yapının performans değerlendirmesi, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi kullanılarak ETABS 16.2.0 programı aracılığıyla yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları hem sistem düzeyinde hem de eleman düzeyinde ayrı ayrı incelenmiş ve her iki kapsamda da yapının deprem güvenliği açısından yeterli performansı sağladığı ortaya konmuştur.

Altan ve ark. 2020, TBDY 2018’e göre mevcut betonarme bir binanın performans analizi yapılmıştır. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelikte (2007) mevcut binaların performans analizinde şekil değiştirme esaslı yaklaşımlar tanımlanırken, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ‘ne ilave olarak yeni binaların tasarımında da şekil değiştirme esaslı yaklaşımlara yer verilmiştir. Bu çalışma ile yeni yayınlanan yönetmeliğin uygulama esasları araştırılmıştır. Çalışmada TBDY 2018’a göre hesaplanmış düzensiz bir yapının performans durumu incelenmiştir. İnceleme sonucunda kontrollü hasar performans düzeyi hesaplanmış yapının yeni yönetmeliğe göre hesap detayları gösterilmiştir. İstanbul ili Silivri İlçesinde bulunan 2010 yılında konut olarak inşa edilmiş bir yapıda, yerinde tarafımızca alınan numunelere, donatı tespitlerine, zemin sondajlarına, deneysel verilere ve bilgisayar ortamında yapılan Doğrusal Olmayan Statik İtme Analizi sonucunda; Deprem hareket düzeyi DD-2 (50 yılda aşılma olasılığı %10) ve Deprem tasarım sınıfı DTS=1’ e göre Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’ne göre konutlar için istenen performans hedefi olan “Kontrollü Hasar” şartını sağladığı görülmüştür.

Çaycı ve Eldemir, 2021, Gerçekleştirilen çalışmanın amacı TBDY 2018 ve DBYBHY-2007’de tanımlı bina performans seviyelerinin karşılaştırılmasıdır. Bu kapsamda daha önce inşa edilmiş 5 farklı betonarme bina bilgisayar ortamında modellenmiştir. Doğrusal olmayan davranış özellikleri eleman uçlarında tanımlanan kullanıcı tanımlı plastik mafsallar ile modele yansıtılmıştır. Statik itme analizi

gerçekleştirilen modellerin farklı ötelenme oranları için performans düzeyleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde her iki yönetmeliğin kesit hasar sınır tanımlarının büyük farklılıklar içerdiği görülmektedir. TBDY 2018 Sınırlı Hasar performans düzeyine karşılık gelen çatı katı deplasman değeri DBYBHY 2007 Hemen Kullanım performans düzeyine göre ortalama %100 daha düşük hesaplanmıştır. Kontrollü Hasar ve Göçme Öncesi performans düzeylerine de Can Güvenliği ve Göçmenin Önlenmesi performans düzeylerine göre sırasıyla %25 ve %33 daha düşük deplasman değerleri altında ulaşılmaktadır. Dikkat çeken bir diğer nokta da Sınırlı Hasar performans düzeyine sistemin akma noktasından önce ulaşılmış olmasıdır. TBDY 2018’de çatlamış kesit rijitliği tanımındaki değişime bağlı olarak bina baskın titreşim periyotları genellikle daha düşük hesaplanmaktadır. Bu duruma bağlı olarak kapasite eğrilerinin eğimi ve plastik mafsallı desenleri de farklılık göstermektedir. Her iki yönetmelik arasında hasar düzeyi tanımlarında önemli farkların olması nedeniyle, DBYBHY 2007 kriterlerine göre performans incelemesi gerçekleştirilen yapıların TBDY 2018 kriterlerine göre yetersiz düzeyde çıkması ihtimali bulunmaktadır.

Küçükaslan ve Altan, 2021, İstanbul Bahçelievler ilçesinde bulunan 9 katlı mevcut bir betonarme binanın güçlendirme öncesi ve sonrasındaki deprem performansları DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 ‘e göre belirlenmiş ve bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre modellenen binanın deprem performansı arasında önemli farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir.

Yalın ve Ulutaş 2021, Boyuna donatıları nervürsüz (düz) donatı çeliği ile düzenlenmiş, perdeli çerçevesel taşıyıcı sisteme sahip mevcut okul türü bir binanın DBYBHY 2007 ve TBDY 2018’nin her ikisine göre de deprem performansı belirlenmiş elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır. TBDY 2018’e göre betonarme elemanların boyuna donatıları nervürsüz (düz) donatı çeliği ile düzenlenmişse, donatı çeliği birim şekil değiştirme talebi ve plastik dönme talebi 1,5 ile çarpılarak arttırılması gerekmektedir. DBYBHY-2007’de bu koşul bulunmadığından iki yönetmeliği kıyaslamak için nervürsüz donatıya sahip mevcut okul türü bir binanın seçilmesi yönetmelikleri kıyaslamak adına daha uygun olacağı düşünülmüştür. Analizler doğrusal elastik olmayan değerlendirme yöntemi kullanılarak yapılmıştır. İki yönetmeliğin performans sonuçları kıyaslandığında yönetmelikler arasındaki uyumsuzluğun 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan depremler için olduğu tespit edilmiştir. 50 yılda aşılma olasılığı %2

olan depremler için binanın Y doğrultusu DBYBHY-2007'e göre hedef performans seviyesini sağlıyorken, TBDY 2018'e göre hedef performans seviyesini sağlayamadığı belirlenmiştir.

Doğan ve ark. 2022, 1996 Deprem Bölgeleri Haritası'na göre Türkiye'nin alan ve nüfus bakımından %90'dan fazlası deprem bölgesinde yer alırken, 2018 yılında yayımlanan Türkiye Deprem Tehlike Haritası'na (TDTH) göre ülke genelinin deprem riski altında olduğu kabul edilmektedir. AFAD'a göre, yenilenen TDTH'de, deprem tehlikesi 46 il merkezinde düşürülürken 6 il merkezinde yükseltildiği ayrıca, en tehlikeli alanda bulunan yapı stokumuzun oranı %44 iken azalarak %26'ya düştüğü belirtilmektedir. TDTH'ye göre bazı bölgelerde deprem tehlikesi bir miktar azalmışsa da, yapı stokumuzun deprem performansının zayıf olabileceği düşünülerek, mevcut binaların depreme dayanıklı hale getirilmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında, Kırıkkale iline bağlı Merkez, Bahşılı, Balışeyh, Çelebi, Delice, Karakeçili, Keskin, Sulakyurt ve Yahşihan ilçe merkezi için planda simetrik, süneklik düzeyi yüksek ve betonarme çerçeveli 3, 4, 5, 6, 10 ve 14 katlı konutlar modellenmiştir. Hem Z1, Z2, Z3 ve Z4 yerel zemin sınıfları için DBYBHY 2007' ye göre, hem de ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE yerel zemin sınıfları için TBDY 2018'e göre, SAP2000 analiz programı kullanılarak eşdeğer deprem yükleri ayrı ayrı hesap edilmiştir. Genel olarak, DBYBHY 2007'ye göre tasarlanmış binaların TBDY 2018'e göre daha güçlü oldukları görülürken, bazı ilçelerde zemin ve kat adedine göre bazı konutların deprem performans analizinin yeniden yapılması, performans şartını sağlamayan binaların da güçlendirilmesi gerektiği görülmüştür.

Coşkun ve ark. 2023, Karabük ilinde bulunan betonarme bir okul binasının mevcut ve güçlendirilmiş durumları STA4CAD programıyla yapısal analizleri yapılarak hem DBYBHY hem de TBDY yönetmeliklerine göre performans sonuçları karşılaştırılmaktadır. Sonuç olarak binalara güçlendirme kararı verilirken; binanın yaşının, kaba inşaat maliyetinin toplam güçlendirme maliyetine oranının, yapı yaklaşık maliyeti oranının ve güçlendirme maliyetlerinin dikkate alınması önerilmektedir.

Gökçe ve ark. 2023, Betonarme binaların mevcut deprem güvenliklerinin belirlenmesi için 2018 Bina Deprem Yönetmeliğinde (TBDY 2018) doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemleri tanımlanmıştır. İlgili hesap yöntemleri çok sayıda

binada uygulandıktan sonra elde edilen tecrübe üç katlı mevcut bir betonarme bina üzerinde sayısal olarak örneklenerek, doğrusal değerlendirme yönteminin çok mu konservatif olduğu sorusuna cevap aranmıştır. İncelenen betonarme binanın deprem performansı TBDY 2018 de önerilen doğrusal elastik yöntem uygulandığında, binanın ‘Kontrollü Hasar (KH)’ performans seviyesini sağlayamadığı sonucuna ulaşılmıştır. Buna karşılık yığılı plastik mafsal kabulü ile 11 adet deprem kaydı kullanılarak zaman tanım alanında gerçekleştirilen doğrusal olmayan analizler ile yayılı şekil değiştirme durumunu esas alan itme analizleri sonucunda binanın, ‘Kontrollü Hasar (KH)’ performans seviyesini sağladığı ortak sonucuna ulaşılmıştır. Değerlendirme farkının, TBDY 2018 Bölüm EK 15.A.2’de yer alan yer değiştirmiş eksen dönmesi alt başlığındaki (15A.1) denkleminde en alt kat kolonlarında alt uçlarında dönmenin “sıfır (0)” alınmasından kaynaklandığı görüşüne ulaşılmıştır.

Gökçeoğlu ve Değer 2023, TBDY 2018’e göre yüksek binaların performansa dayalı tasarım esasları incelenmiş ve örnek bir uygulamayla detaylı bir şekilde irdelenmiştir. Örnek uygulama için İstanbul’da yer alan ve yüksek bina sınıfına giren 26 katlı bir binanın tasarımı ele alınmıştır. Bina, konut ve işyeri amacıyla tasarlanmış olup, taşıyıcı sistemi yoğunlukla betonarme perdelerden oluşmaktadır. Binanın tasarımı (I) ön tasarım, (II) iyileştirme aşaması ve (III) iyileştirilmiş son tasarım olmak üzere üç aşamada tamamlanmış, performans hedefleri TBDY 2018’e uygun olarak belirlenmiştir. Binanın ön tasarımı tasarım depremi altında gerçekleştirilmiş, servis depremi seviyesinde gerekli iyileştirilmeler yapılmış ve maksimum deprem seviyesinde binanın davranışı kontrol edilerek tasarım sonlandırılmıştır. Doğrusal hesap yöntemiyle ve dayanıma göre tasarım felsefesiyle gerçekleştirilen ilk iki tasarım aşaması ETABS programında, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler içeren ve şekil değiştirmeye göre tasarım felsefesiyle yapılan üçüncü tasarım aşaması ise Perform3D programında tamamlanmıştır. Binada mimari sebeplerle asimetrik yerleştirilen bodrum perdeleri, binanın tasarım yönteminin belirlenmesinde önemli bir rol oynamış, ayrıca binanın burulma davranışını belirgin şekilde olumsuz etkilemiştir. Taşıyıcı sistemin burulma etkilerini azaltacak şekilde planlanması çalışmanın belirleyici unsurlarından biri olmuştur. Bu çalışmada bir vaka çalışması aracılığıyla özetlenen tasarım adımlarının ve analiz modellerinin oluşturulma esaslarının TBDY 2018’e göre yüksek bina tasarımı konusunda örnek teşkil ederek literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

3. TEORİK ALTYAPI

Bu bölümde analiz aşamasında yer alan kavramsal kısımların daha rahat anlaşılması için TBDY 2018’de yer alan önemli kısımlar ile deprem mühendisliği literatüründe yer alan bazı kısımlar alt kısımlar halinde kısaca özetlenmiştir.

3.1. Deprem Yer Hareketi

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY 2018)' ne göre, dört farklı deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmıştır:

- DD-1 depremi; 50 yılda %2 olasılıkla aşılacak spektral büyüklüklere sahip ve tekrarlanma periyodu 2475 yıl olan hareketi ifade eder (TBDY 2018).
- DD-2 depremi; %10 olasılıkla aşılacak spektral büyüklüklere sahip ve tekrarlanma periyodu 475 yıl olan bu düzey, standart tasarım depremi olarak kabul edilir (TBDY 2018).
- DD-3 depremi; 50 yılda %50 olasılıkla aşılacak spektral büyüklükler ve 72 yıl tekrarlanma periyodu bulunur (TBDY 2018).
- DD-4 depremi; %68 olasılıkla aşılacak spektral büyüklükler ve 43 yıl tekrarlanma periyoduna sahip bu düzey, servis depremi olarak tanımlanır (TBDY 2018).

3.2. Deprem Etkisi Altındaki Binaların Tasarım Esasları

3.2.1. Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları

TBDY 2018 ‘de belirtilen Bina Kullanım Sınıfları (BKS), binaların kullanım amaçlarına bağlı olarak aşağıdaki çizelgede tanımlanmıştır (TBDY 2018).

Çizelge 3.1. Bina Kullanım Sınıfları ve Bina Önem Katsayıları

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	Deprem sonrası kullanımı gereken, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Hastaneler, sağlık ocakları, itfaiye, haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları, enerji tesisleri, belediye yönetim binaları vb. b) Okullar, yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri vb. c) Müzeler d) Tehlikeli madde içeren depolar	1.50
BKS = 2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler vb.	1.20
BKS = 3	Diğer binalar Konutlar, işyerleri, endüstri yapıları vb.	1.00

3.2.2. Deprem Tasarım Sınıfları

Çizelge 3.1.' de tanımlanan BKS' ye ve DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için tanımlanan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına bağlı olarak, bu yönetmelikte deprem etkisi altında tasarımda esas alınacak Deprem Tasarım Sınıfları (DTS), aşağıdaki çizelgede tanımlanmıştır (TBDY 2018).

Çizelge 3.2. Deprem Tasarım Sınıfları (DTS)

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	BKS = 1	BKS = 2, 3
$S_{DS} < 0.33$	DTS = 4a	DTS = 4
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	DTS = 3a	DTS = 3
$0.50 \leq S_{DS} < 0.75$	DTS = 2a	DTS = 2
$0.75 \leq S_{DS}$	DTS = 1a	DTS = 1

3.2.3. Bina Yükseklik Sınıfları

Deprem hesabı bakımından bina yüksekliği H_N , bina tabanından itibaren ölçülen yükseklik olarak tanımlanır. Bu tanımda, çatı döşemesinin üzerinde yer alan asansör makine dairesi ve benzeri küçük kütleli uzantılar dikkate alınmayabilir (TBDY 2018).

Çizelge 3.3. Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları

Bina Yükseklik Sınıfı	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 1, 1a, 2, 2a
BYS = 1	$H_N > 70$	$H_N > 91$	$H_N > 105$
BYS = 2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS = 3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS = 4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	$42 < H_N \leq 56$
BYS = 5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	$28 < H_N \leq 42$
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	$17.5 < H_N \leq 28$
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	$H_N \leq 10.5$

3.2.4. Bina Performans Düzeyleri

TBDY 2018'e göre, binaların deprem sonrası taşıyıcı sistemleri için dört ana performans düzeyi tanımlanmıştır:

- Kesintisiz Kullanım (KK): Bina taşıyıcı sistem elemanlarında herhangi bir yapısal hasar meydana gelmez ya da hasar ihmal edilebilir derecededir. Bina, deprem sonrası güvenli bir şekilde kullanılmaya devam edebilir.
- Sınırlı Hasar (SH): Taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı ölçüde hasar oluşur. Ancak, hasarın etkisi can güvenliğini tehlikeye atmaz. Betonarme binalarda, kirişlerin en fazla %20'si belirgin hasar bölgesine geçebilirken, diğer taşıyıcı elemanlar sınırlı hasar bölgesinde kalmaktadır.
- Kontrollü Hasar (KH): Bina taşıyıcı sisteminde ciddi olmasa da onarılabılır hasarın meydana geldiği, ancak can güvenliğini tehdit etmeyen bir durumdur. Betonarme binalarda, kirişlerin %35'i ve dikey elemanların bir kısmı ileri hasar bölgesine geçebilir. Bu durumda, binanın güvenli kullanımı için belirli güçlendirme önlemleri gerekebilir.
- Göçmenin Önlenmesi (GÖ): Bina önemli derecede hasar görmüş olsa da, göçme öncesi bir durumda kalır ve kullanımı devam edebilir. Betonarme binalarda, kirişlerin en fazla %20'si göçme bölgesine geçebilir. Bina, kısmi veya tamamen göçmeden kullanımda tutulabilir.

Eğer bir bina yukarıda açıklanan herhangi bir performans düzeyini sağlamayıp, Göçme Durumu' na giriyorsa, bu, ciddi güvenlik riskleri oluşturur ve bina derhal

incelenmeli, gerekirse güçlendirme veya yeniden inşa edilme süreci başlatılmalıdır. Bu tür durumlar, özellikle kamu binaları için acil önlemler almayı zorunlu kılar.

3.2.5. Bina Performans Düzeyleri

Bölüm 3.1’de tanımlanan dört deprem yer hareketi düzeyi için yönetmelik kapsamındaki binalara uygulanmak üzere, DTS 1, 2, 3, 3a, 4, 4a için tanımlanan normal performans hedefleri ile DTS 1a, 2a için tanımlanan ileri performans hedefleri TBDY 2018’ de verilmiştir. TBDY 2018’ de mevcut yerinde dökme betonarme, önüretimli betonarme ve çelik binalar (yüksek binalar dışında $BYS \geq 2$) için aşağıdaki çizelgede tanımlanmıştır (TBDY 2018).

Çizelge 3.4. Mevcut Yerinde Dökme Betonarme, Önüretimli Betonarme ve Çelik Binalar (Yüksek Binalar Dışında $BYS \geq 2$)

Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a Normal Performans Hedefi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	DTS = 1a, 2a İleri Performans Hedefi	DTS = 1a, 2a Değerlendirme/ Tasarım Yaklaşımı
DD-3	-	-	SH	ŞGDT
DD-2	KH	ŞGDT	-	-
DD-1	-	-	KH	ŞGDT

3.3. Deprem Etkisi Altında Mevcut Bina Sistemlerinin Değerlendirilmesi ve Güçlendirme Tasarımı İçin Özel Kurallar

3.3.1. Binalardan Bilgi Toplanması

3.3.1.1. Binalardan toplanacak bilginin kapsamı

Mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin belirlenmesi için gerekli olan bilgiler, binanın projelerinden, raporlarından, gözlem ve ölçümlerden, ayrıca alınacak malzeme örneklerine uygulanacak testlerden elde edilir. Bu bilgiler, binanın taşıyıcı sisteminin geometrisi, malzeme özellikleri ve varsa mevcut hasar ile daha önce yapılmış değişiklikler hakkında veri sağlar. Ayrıca, bu bilgiler binanın projeye uygunluğu açısından kontrol edilir (TBDY 2018).

3.3.2. Bilgi Düzeyleri

Binaların mevcut durumu hakkında elde edilecek veriler, her bina türü için belirli bilgi düzeyleriyle sınıflandırılır. Bu düzeyler "sınırlı" ve "kapsamlı" olarak ayrılır ve taşıyıcı eleman kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılır (TBDY 2018).

- Sınırlı Bilgi Düzeyi: Taşıyıcı sistem özellikleri saha çalışmalarıyla belirlenir.
- Kapsamlı Bilgi Düzeyi: Daha fazla ölçüm yapılır ve detaylı incelemeler yapılır.

3.3.2.1. Betonarme Binalarda Sınırlı Bilgi Düzeyi

Bina Geometrisi: Binanın taşıyıcı sisteminin plan rölövesi, mevcut projelerle karşılaştırılarak belirlenir. Kısa kolonlar ve olumsuzluklar kat planına işlenir ve komşu binalarla olan ilişkiler belirlenir. Temel sistemi, saha çalışmalarıyla tespit edilir (TBDY 2018).

Eleman Detayları: Betonarme projeler yoksa, her kat için kolon ve perde donatısı tespit edilir. Donatı miktarları, beton örtüsü sıyrılarak ölçülür ve bulunan değerler, donatı gerçekleşme katsayısı hesaplanarak kullanılır. Kirişler için yalnızca gerekli donatı kullanılır (TBDY 2018).

Malzeme Özellikleri: Kolon ve perde örneklerinden alınan beton karotları, mevcut beton dayanımını belirlemek için test edilir. Donatı sınıfı, yapılan görsel incelemelerle tespit edilir ve korozyon gibi olumsuz durumlar hesaplamalarda dikkate alınır (TBDY 2018).

Mevcut binaların taşıyıcı sistem elemanlarının kapasitelerinin belirlenmesi için gerekli olan bilgiler, binanın projelerinden, raporlarından, gözlem ve ölçümlerden, ayrıca alınacak malzeme örneklerine uygulanacak testlerden elde edilir. Bu bilgiler, binanın taşıyıcı sisteminin geometrisi, malzeme özellikleri ve varsa mevcut hasar ile daha önce yapılmış değişiklikler hakkında veri sağlar. Ayrıca, bu bilgiler binanın projeye uygunluğu açısından kontrol edilir (TBDY 2018).

3.3.2.2. Betonarme Binalarda Kapsamlı Bilgi Düzeyi

Bina Geometrisi: Binanın betonarme projeleri mevcutsa, yapılan ölçümlerle projeye uygunluk kontrol edilir. Proje yoksa, taşıyıcı sistem rölövesi saha çalışmalarıyla elde edilir (TBDY 2018).

Eleman Detayları: Betonarme detay projeleri varsa, donatı tespiti yapılır ve projeye uyumsuzluk tespit edilirse, donatı gerçekleşme katsayısı hesaplanarak kullanılır. Betonarme projeler yoksa, kolon ve perdelerin donatı tespiti yapılır ve tespit edilen veriler tüm elemanlar için uygulanır (TBDY 2018).

Malzeme Özellikleri: Kolon ve perde örneklerinden alınan beton karotları, beton dayanımını belirlemek için test edilir. Ayrıca, çelik donatı örnekleri alınarak, akma gerilmesi ve kopma dayanımı gibi özellikler test edilerek proje ile uyumu sağlanır (TBDY 2018).

3.3.2.3. Bilgi düzeyi katsayıları

İncelenen binalardan edinilen bilgi düzeylerine göre eleman kapasitelerine uygulanacak bilgi düzeyi katsayıları Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Binalar için bilgi düzeyi katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Kapsamlı	1

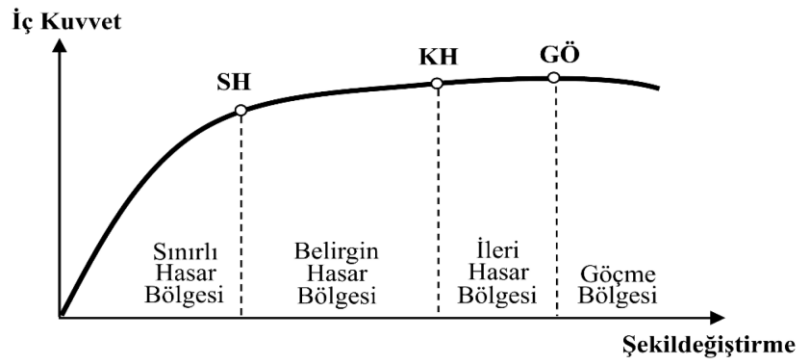
3.3.3. Yapı Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

3.3.3.1. Kesit hasar durumları

TBDY 2018’e göre sünük davranış sergileyen taşıyıcı kesitler için üç düzeyde hasar tanımlanmıştır: Sınırlı Hasar (SH), Kontrollü Hasar (KH) ve Göçme Öncesi Hasar (GÖ). Bu tanımlar, kesitlerde meydana gelen elastik ötesi davranışın düzeyine göre yapılmakta olup, gevrek kırılma davranışı gösteren elemanlar bu sınıflandırmanın dışında tutulmaktadır.

3.3.3.2. Kesit hasar bölgeleri

Kesitlerin bulunduğu hasar düzeyine bağlı olarak yapı elemanları; Sınırlı Hasar, Belirgin Hasar, İleri Hasar ve Göçme bölgelerinde sınıflandırılır. Bu bölgeler, kesitte oluşan plastik davranış seviyesine göre tanımlanmakta ve TBDY 2018 kapsamında Şekil 3.1 ile gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Eleman hasar sınırları ve bölgeleri

3.3.3.3. Kesit ve eleman hasarlarının tanımlanması

Yapı elemanlarında oluşan iç kuvvet ve şekil değiştirmeler, doğrusal veya doğrusal olmayan analiz yöntemleriyle belirlenir. Her kesitin yer aldığı hasar bölgesi bu analizler sonucunda saptanır ve elemanın genel hasar durumu, en fazla hasar gören kesit esas alınarak değerlendirilir.

3.4. Hesap Yöntemleri

3.4.1. Doğrusal Hesap Yöntemleri

TBDY 2018'e göre uygulanan doğrusal analiz yöntemleri, yapı malzemesinin elastik sınırları içinde kaldığı varsayımıyla çalışır. Bu yaklaşımda yapı elemanlarının iç kuvvetleri, azaltılmış deprem etkileri altında kapasite ile karşılaştırılarak değerlendirilir. Yönetmelik kapsamında doğrusal analiz üç başlık altında ele alınır: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Analiz. Eşdeğer deprem yükü yönteminde, rijitlik ve kütle dağılımına göre yatay yüklerin yapı katlarına dağıtılmasını öngörür ve belirli düzensizlik kriterlerini sağlayan yapılar için geçerlidir. Mod birleştirme yönteminde, yapının titreşim modları analiz edilerek toplam deprem

etkileri istatistiksel olarak birleştirilir. Zaman tanım alanında analiz ise yapı davranışını zamana bağlı olarak değerlendirme imkânı sunar.

3.4.2. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri

Şekil değiştirmeye göre tasarım (ŞGDT) yaklaşımı, elastik sınırların ötesindeki davranışları dikkate alır. Bu yöntemlerde plastik mafsallarda meydana gelen şekil değiştirmeler esas alınarak yapı performansı değerlendirilir. Doğrusal olmayan analizler; tek modlu itme, çok modlu itme ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz şeklinde uygulanır. Bu yaklaşımlar, yapıların gerçekçi deprem davranışlarının hesaplanmasında etkilidir.

3.4.3. Birim Şekil Değiştirme ve Plastik Dönme Hesapları

Yapılan analizler sonucunda eleman uçlarında elde edilen toplam dönmeler kullanılarak, kesit düzeyinde birim şekil değiştirme ve plastik dönme talepleri belirlenir. Bu talepler, plastik mafsallık boyu ve moment-eğrilik ilişkileri üzerinden hesaplanmaktadır.

3.4.4. Betonarme Elemanlar İçin Şekil Değiştirme Sınırları

TBDY 2018'e göre, beton ve donatı çeliğinin birim şekil değiştirme talepleri; Göçmenin Önlenmesi (GÖ), Kontrollü Hasar (KH) ve Sınırlı Hasar (SH) performans düzeylerine göre belirlenen sınırlarla karşılaştırılarak değerlendirilir. Düz donatı kullanılan elemanlarda bu talepler artırılmalıdır. Yönetmelikte her performans düzeyi için izin verilen sınırlar ilgili bağıntılarla tanımlanmıştır.

3.5. Kapasite Eğrisi, Dayanım Fazlalığı, Spektral İvme ve Spektral Deplasman Kavramları

3.5.1. Kapasite Eğrisi

Kapasite eğrisi, bir yapının deprem gibi dışsal yükler altında taşıma kapasitesini ve doğrusal olmayan davranışını gösteren bir grafikdir. Yapının elastik ve plastik

bölgeleri arasındaki geçişi belirleyerek, güvenlik sınırlarını tespit eder. Yapı elemanlarının taşıma kapasitesinin aşılması durumunda plastik deformasyonlar başlar, bu da kapasite eğrisinde belirgin değişimlere yol açar.

Kapasite eğrisinin oluşturulabilmesi için yapının doğrusal olmayan analizleri yapılır. Bu analizlerde, taşıyıcı sistemin yük altındaki davranışları ve elemanların deformasyonları göz önünde bulundurulur. Eğri, elastik bölgeden plastik bölgeye geçişi ve yapının taşıma kapasitesinin tükenmeye başladığı noktaları gösterir.

Kapasite eğrisinde yatay ekseninde yer değiştirme, dikey ekseninde ise kuvvet veya moment yer alır. Eğri başlangıçta doğrusal olup, plastik bölgeye geçildikçe doğrusal olmayan bir form alır. Eğrinin son kısmı, yapının taşıma kapasitesini kaybetmeye başladığı bölgeyi gösterir.

Kapasite eğrisi, yapıların deprem altında gösterdiği performansı değerlendirirken kullanılır. Bu eğri, yapı elemanlarının dayanım fazlalığı veya eksikliğini tespit etmek ve güçlendirme gereksinimlerini belirlemek için önemli bir araçtır. Ayrıca, yapıların güvenliğini sağlamak için uygun güçlendirme stratejilerinin seçilmesinde rehberlik eder.

Sonuç olarak, kapasite eğrisinin analizi, yapının taşıma kapasitesini doğru şekilde değerlendirir ve depreme karşı dayanıklılığı hakkında kritik bilgiler sunar. Bu eğri, yapıların güçlendirilmesi ve tasarım stratejilerinin belirlenmesinde temel bir rol oynar.

3.5.2. Dayanım Fazlalığı

Mevcut yapıların deprem altındaki performansını değerlendirirken, yapı elemanlarının gerçek taşıma kapasitelerinin dikkate alınması büyük önem taşır. Bu bağlamda, dayanım fazlalığı katsayısı, yapı elemanlarının tasarım kapasitesinin üzerinde taşıma kapasitesine sahip olabileceğini belirten bir parametre olarak kullanılır.

Güçlendirme tasarımlarında, dayanım fazlalığı katsayısının göz önünde bulundurulması, gereksiz güçlendirme işlemlerini önleyerek daha ekonomik ve etkili çözümler sağlar. Ayrıca, mevcut taşıyıcı sistemin gerçek davranışının değerlendirilmesi, yapının performans düzeyinin doğru bir şekilde belirlenmesine olanak tanır.

TBDY 2018 çerçevesinde, dayanım fazlalığı katsayısı, mevcut yapıların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi süreçlerinde, yük aktarma yollarının belirlenmesi, elemanlara etkiyen kuvvetlerin hesaplanması ve tasarım kuvvetlerinin artırılmasında

kullanılır. Bu katsayı, yapı türü, eleman özellikleri, malzeme dayanımı ve kullanım amacına bağlı olarak değişir.

3.5.3. Spektral İvme

Deprem mühendisliğinde, yapıların deprem altındaki davranışlarını değerlendirmek için spektral ivmeler yaygın olarak kullanılır. Spektral ivme, yer hareketinin farklı periyotlardaki etkilerini gösterir ve yapının dinamik özellikleriyle doğrudan ilişkilidir.

Bir yapının sismik performansını değerlendirirken, taşıyıcı sistem özellikleri, malzeme dayanımı, kesit boyutları ve varsa mevcut hasar durumu gibi faktörler göz önünde bulundurularak analiz yapılır. Bu analiz sonuçlarına göre, yapı için belirlenen periyot değerlerine karşılık gelen spektral ivmeler, deprem yönetmeliklerinde belirtilen tasarım spektrumlarıyla hesaplanır.

TBDY 2018, yapıların analizinde kullanılacak spektral ivme değerlerini belirlerken, zemin sınıfı ve sismik tehlike düzeyi gibi parametreleri de dikkate alır. Mevcut yapıların analizinde, bu değerler ilgili yazılımlar aracılığıyla hesaplanabilir.

Sonuç olarak, doğru spektral ivme değerlerinin kullanımı, yapıların güvenliğini değerlendirmek ve güçlendirme kararları almak için kritik bir öneme sahiptir.

3.5.4. Spektral Deplasman

Deprem mühendisliğinde, yapıların sismik talepler karşısındaki yer değiştirme davranışı, yapının performans düzeyini belirlemek açısından büyük önem taşır. Bu değerlendirme için en önemli parametrelerden biri spektral deplasmandır (S_d). Spektral deplasman, bir yapının belirli bir titreşim periyodu ve sönüm oranı altında elastik davranışa göre gerçekleştirdiği yatay yer değiştirmeyi ifade eder.

Spektral deplasmanlar, yapı tipi, zemin özellikleri, deprem tehlikesi gibi faktörler göz önünde bulundurularak elastik tasarım ivme spektrumu üzerinden hesaplanır. Bu hesaplamada genellikle şu ilişki kullanılır:

$$S_d(T) = (S_a(T) \times T^2) / 4\pi^2 \quad (3.1)$$

Bu denklem, belirli bir periyottaki ivme talebinin, sönümsüz serbest titreşim yapan bir sistemdeki deplasmana dönüşümünü açıklar. Spektral deplasmanlar, yer

değiştirme esaslı performans analizleri ve zayıf veya zamanla hasar görmüş yapıların sismik davranışının değerlendirilmesinde önemli bir rol oynar.

Yapıtların doğal periyotları göz önünde bulundurularak, ilgili deprem tasarım spektrumu üzerinden her iki yöndeki spektral deplasman değerleri hesaplanabilir. Bu değerler, yapı elemanlarının doğrusal olmayan davranışa geçiş sınırlarını ve performans düzeylerini belirlemek için kullanılır.

Sonuç olarak, spektral deplasmanlar, mevcut yapının deprem altındaki yatay yer değiştirme taleplerini tanımlayan temel mühendislik parametrelerinden biridir ve performansa dayalı tasarımda belirleyici bir rol oynar.

3.6. Genel İrdeleme

Yapı tasarımında doğrusal analiz yöntemleri, uygulanan yükler altında yapının elastik sınırlarını ve ilk akma davranışını öngörmeye belirli ölçüde yarar sağlamaktadır. Ancak, bu yöntemler yapı elemanlarının akma sonrasındaki iç kuvvet dağılımını ve oluşabilecek hasar mekanizmalarını yeterli hassasiyetle değerlendirememektedir. Bu nedenle, özellikle yapının göçmeye yakın davranışlarının ve şekil değiştirme modlarının analizinde doğrusal olmayan yöntemler daha gerçekçi ve güvenilir sonuçlar sunmaktadır.

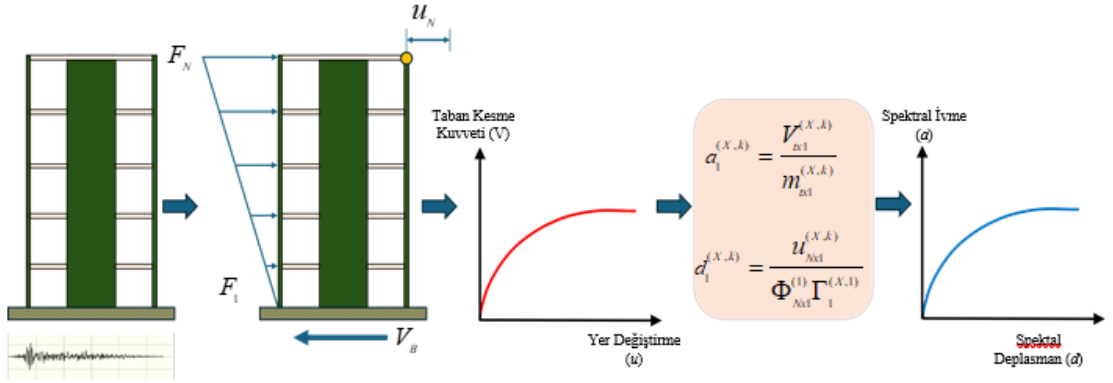
Bu çalışma kapsamında, doğrusal olmayan analiz tekniklerinden biri olan sabit mod şekline dayalı tek modlu itilim analizi kullanılarak oluşturulan modellerin kapasite eğrileri karşılaştırılmıştır. TBDY 2018 esas alınarak yapılan bu analizlerde, yöntemin geçerli olabilmesi için bazı ön koşulların sağlanması gerekmektedir. Buna göre; modelde yer alan yapının BYS değerinin en az 5 olması, doğrusal analizle hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının (η_{bi}) 1.4'ten küçük olması ve yapının taban kesme kuvvetine karşılık gelen etkin kütle oranının, toplam bina kütlelerinin en az %70'ine ulaşması şarttır. Çalışmada incelenen tüm modeller bu kriterleri karşılamaktadır.

3.6.1. Kapasite Eğrisinin Oluşturulması

Sabit itme analizi, yapının deprem etkisi altındaki taşıma kapasitesini belirlemek amacıyla kullanılan bir yöntemdir ve bu kapasite, genellikle kapasite eğrisiyle ifade

edilir. TBDY 2018'e göre kapasite eğrisi, belirli adımlarla yapı üzerine uygulanan yatay yüklerin etkisiyle elde edilir. Bu süreçte, yapının birinci doğal titreşim moduna göre belirlenen artan yatay yükler uygulanır ve taşıyıcı elemanlar akma noktasına ulaşınca kadar bu işlem sürdürülür. Her adımda yapının çatısındaki yer değiştirme ile buna karşılık gelen taban kesme kuvveti kaydedilir. Yapı kararsız hale gelene kadar devam eden bu işlemin sonunda, taban kesme kuvveti ile çatı yer değiştirmesi arasında bir grafik oluşturulur.

Elde edilen bu grafik, Şekil 3.2'de verilen denklemler aracılığıyla spektral ivme ve spektral yer değiştirme değerlerine dönüştürülerek kapasite eğrisine dönüştürülür. Bu dönüşüm sırasında kullanılan başlıca parametreler şunlardır: birinci moda karşılık gelen yalancı ivme, taban kesme kuvveti, modal etkin kütle, modal yer değiştirme, çatı katı yer değiştirmesi ve sabit mod şekli genliği. Ayrıca, modal katkı katsayısı da hesaplamalarda dikkate alınır.

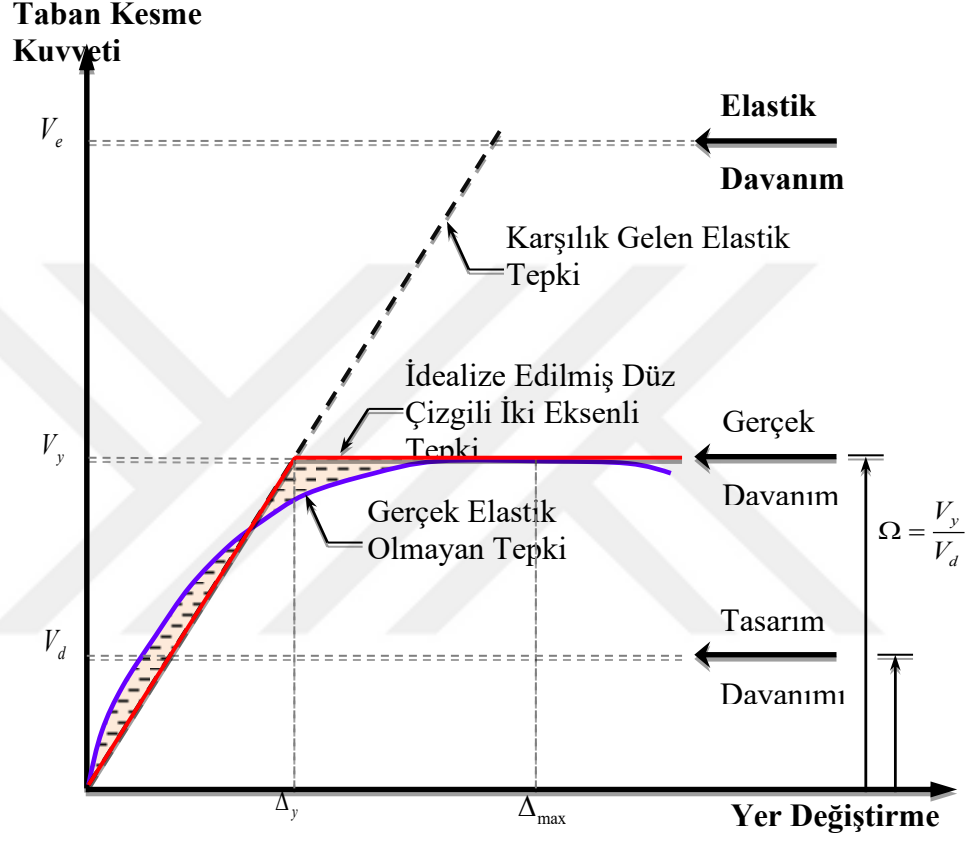


Şekil 3.2. Kapasite eğrisinin elde edilme aşamaları

Dünya genelinde yaşanan depremlerden sonra yapılan gözlemler, yapı elemanlarının çoğu zaman tasarımda öngörülen deprem kuvvetlerinden daha büyük etkilere zarar görmeden dayanabildiğini göstermektedir. Bu durum; malzeme dayanımlarının güvenlik katsayılarıyla azaltılması, üretim kaynaklı daha güçlü malzeme kullanımı, gerilme dağılımı, yönetmeliklerin getirdiği minimum kesit ve donatı koşulları ile taşıyıcı olmayan elemanların katkısı gibi çeşitli nedenlerle açıklanabilir.

Yapı tasarımında genellikle elastik davranışa dayalı hesap yöntemleri tercih edilse de, büyük depremler sırasında yapılar doğrusal olmayan davranış sergiler. Bu nedenle, yapının gerçek dayanımını değerlendirebilmek için doğrusal olmayan analizlere ihtiyaç vardır.

Doğrusal analizler yapıların tasarım dayanımını, doğrusal olmayan analizler ise gerçek kapasitesini ortaya koyar. Bu iki değer arasındaki oran “Dayanım Fazlalığı Katsayısı (Ω)” olarak tanımlanır. TBDY 2018’e göre bu katsayı, taşıyıcı sistem tipine bağlı olarak değişmektedir. Şekil 3.3’de dayanım fazlalığı katsayısının oluşumuna dair grafik verilmiştir.



Şekil 3.3. Dayanım Fazlalığı Katsayısı (Ω veya D)

4. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında, deprem performansının yetersiz olduğu bilinen üç farklı okul (derslik sayısına göre, 8, 14 ve 22 derslikli) binası modeli üzerinde bir dizi analiz gerçekleştirilecektir. Saha verileri mevcut olan binaların mevcut durumları TBDY 2018'e göre değerlendirildikten sonra yetersiz performans özellikleri değişen güçlendirme stratejileri ile (perde ilavesi, kolonların mantolanması, perde ilavesi + kolonların mantolanması) iyileştirilecektir. Yapısal modellemelerde STA4CAD 14.1 programı kullanılacaktır. Bu çalışmaya örnek teşkil edecek iki ilde bulunan üç farklı tip okul binasının farklı zemin sınıfları ve beton dayanımlarıyla mevcut durum değerlendirme analizleri yapılacaktır.

Çalışmanın parametrik içeriğinde baz alınan temel parametreler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Parametrik çalışma değişkenleri

Değişkenler	Değişim Aralığı
PGA	0.295 m/s ² ve 0.995 m/s ²
Okul Tipi	8 Derslik/ 14 Derslik / 22 Derslik
Zemin Özellikleri	ZC / ZD / ZE
Mevcut Donatı Özellikleri	S220, S420
Mevcut Beton Özellikleri (MPa)	10/15/20
Güçlendirme Tipi	Yok, ilave perde, ilave perde + mantolama, mantolama

Tanımlama ve/veya sonuç tablolarında kullanılan örnek gösterimlerden biri olan “8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10” ifadesi, modelleme çalışmasına ait temel parametreleri tanımlamak amacıyla oluşturulmuş bir kısaltma sistemidir. Bu gösterimde yer alan bileşenlerin anlamları sırasıyla aşağıdaki gibidir:

- 8_DERSLİK: Yapının 8 derslikli bir okul binası olduğunu ifade eder.
- 0.295: Yapının maruz kaldığı tasarım ivme spektrumunu temsil eden yer hareketi şiddeti, yani PGA değeri olup, g cinsinden verilmiştir.
- ZC: Yapının inşa edildiği zeminin zemin sınıfını, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY, 2018) esas alınarak tanımlar.
- 220: Yapıda kullanılan donatı çeliğinin akma dayanımını temsil eder ve MPa cinsindendir.
- C10: Her ne kadar TS-500-2000'de bu şekilde bir sınıflandırma olmasa da bu çalışmada beton basınç dayanımları için bu şekilde bir kısaltma

tanımlanmıştır, C10 kullanılan betonun basınç dayanım sınıfını ifade eder.

Mevcut binalar üzerinden yapılan performans analizleri neticesinde elde edilen verilerin karşılaştırmasında Çizelge 4.2’de verilen parametreler kullanılmıştır.

Çizelge 4.2. Binaların performans çıktısı için değerlendirme parametreleri

Parametre	Kısaltma
Doğal Titreşim Periyodu	T_1
Spektral İvme	S_a
Spektral Deplasman	S_d
Performans Seviyesi	PS

Bir sonraki bölümde ise yetersiz performans seviyesine sahip binaların çeşitli stratejilerle güçlendirilmesi sonrasında değişen dinamik özellikleri karşılaştırılmış ve güçlendirme maliyetlerinin performansa ve maliyete olan etkisi irdelenmiştir. Bu karşılaştırmalarda Çizelge 4.3’de özetle gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Güçlendirme sonrasında performans çıktılarındaki değerlendirme kıstasları

Parametre	Kısaltma
Doğal Titreşim Periyodları Oranı	T_{1son}/T_{1ilk}
Spektral İvme Oranları	S_{ason}/S_{ailk}
Spektral Deplasman Oranları	S_{dson}/S_{dilk}
Performans Seviyesi Değişimi	PS
Güçlendirme Maliyetinin Fizibilitesi	G_{mal} / YY_{mal}

4.1. Referans Binaların Özellikleri

Çalışmada incelenen okul binaları, taşıyıcı sistem türleri bakımından farklılık göstermektedir. Sekiz derslikli bina yalnızca çerçeve sistem özelliği taşımakta olup, taşıyıcı sistem betonarme kolon ve kirişlerden oluşmaktadır; perde duvar bulunmamaktadır. On dört ve yirmi iki derslikli binalarda ise, betonarme kolon ve kirişlerin yanı sıra taşıyıcı perde elemanlar da yer almakta olup, bu yapılar çerçeve + perde sistemli betonarme taşıyıcı sisteme sahiptir. Tüm binalarda döşeme sistemi olarak plak döşeme kullanılmıştır. Bu döşemeler rijit diyafram varsayımıyla davranmakta ve yatay yükleri etkili biçimde taşıyıcı sistem elemanlarına aktarmaktadır. Bu yapı sistemleri, Türkiye’de okul yapılarında sıklıkla tercih edilen geleneksel betonarme taşıyıcı sistem tiplerini temsil etmektedir. Yapıların üç boyutlu görselleri, taşıyıcı sistem

özellikleri ve geometrik özellikleri ile ilgili bilgiler Şekil 4.1, Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Detayları verilen bu üç tip okul binası STA4CAD 14.1 programı ile DD1 deprem yer hareketi düzeyine göre nonlinear analiz yapılacaktır. Yapılan analizler sonucunda yapının taşıyıcı sisteminin taşıma ve gerilme değerleri yönünden değerlendirilmesi yapıp gerekli çalışma yapılacak bölgeler belirlenecektir. Bulunan bu sonuçlar neticesinde yapının genel olarak durumu ve statik analizi hakkında veriler elde edilerek mevcut durumdaki yapısıyla karşılaştırılıp güçlendirme çözüm önerileri getirilecektir.



Şekil 4.1. 8, 14 ve 22 derslikli yapıların mevcut üç boyutlu görseli

Çizelge 4.4. Yapıların taşıyıcı sistem özellikleri

	Kolonlar (cm/cm)	Kirişler (cm/cm)	Perdeler (cm/cm)	Döşemeler (cm)
8 derslikli	25/50,30/50,45/40,50/30,50/40	25/60,30/60,40/60	-	12
14 derslikli	30/50,50/30	30/70	20	10
22 derslikli	30/60,60/30	30/70	20,25	10

Çizelge 4.5. Yapıların geometrik özellikleri

	Kat Yükseklikleri (m)	Boyutlar (m)	Plan	3D Görünüş
8 derslikli	3.20	21.90 x 14.70		
14 derslikli	3.20	26.75 x 17.40		
22 derslikli	3.20	33.55 x 17.45		

5. MEVCUT BETONARME OKUL BİNALARININ DEPREM PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ

Bu çalışma kapsamında, taşıyıcı sistem performansı yetersiz olduğu bilinen ve farklı büyüklükleri temsil eden üç tip betonarme okul binası (8, 14 ve 22 derslikli) modellenerek analiz edilmiştir. Gerçek saha verilerine dayalı olarak oluşturulan bu yapılar, TBDY 2018 hükümleri doğrultusunda mevcut durumlarıyla değerlendirilmiş, ardından farklı güçlendirme stratejileri uygulanarak performanslarındaki değişimler karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Güçlendirme senaryoları kapsamında perde ilavesi, kolon mantolama ve her iki yöntemin birlikte uygulanması ele alınmıştır. Yapıların tüm analiz ve modelleme süreçleri STA4CAD 14.1 yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.

5.1. Okul Binaları Hakkında Bilgilendirme

Çalışmanın parametrik içeriğinde, yapıların bulunduğu iller, AFAD, Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması üzerinden yapı koordinatına ait en büyük yer ivmesi (Peak Ground Acceleration (PGA)) değerlerine göre seçilmiştir. Bu çalışma kapsamında PGA değeri 0.295 m/s^2 olan Ankara/Çankaya ve PGA değeri 0.995 m/s^2 olan Sakarya/Adapazarı alınmıştır. Mevcut yapıların bulunduğu yerel zemin sınıfları (ZC, ZD ve ZE), yapıların mevcut donatı sınıfları (S220, S420), yapıların mevcut beton dayanımlarının (10, 15 ve 20 MPa) değişkenliği dikkat alınacaktır.

Yukarıda bahsedilen bu üç tip okul binasında da TS 498’ de belirtilen yükler kullanılmıştır. Bu yükler Çizelge 5.1 de de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Düzgün yayılı düşey hareketli yük hesap değerleri

Kullanım Şekli	Hesap Değeri (kN/m^2)
Çatı arası odalar	1.5
Konut, teras oda ve koridorlar, bürolar, konutlardaki 50 m^2 'ye kadar olan dükkânlar, hastane odaları	2.0
Hastanelerin mutfakları, muayene odaları, poliklinik odaları, sınıflar, yatakhaneler, anfiler Camiler, Tiyatro ve sinemalar, Spor dans ve sergi salonları, Tribünler (oturma yeri sabit olan), Toplantı ve bekleme salonları, Mağazalar, Lokantalar, Kütüphaneler, Arşivler, Hafif ağırlıklı atölyeler, Büyük mutfaklar, kantinler, Mezbahalar, Fırınlr, Büyükbaş hayvan ahırları, Balkonlar 10 m^2 'ye kadar (10 m^2 den fazla olan balkonlarda, her m^2 için $0,35 \text{ kN/m}^2$ yük ilave edilir.), Büro, hastane okul, tiyatro, sinema, kütüphane depo vb. genel yapı koridorları	3.5
Tribünler (oturma yeri sabit olmayan)	5.0
Garajlar (Toplam ağırlığı 2,5 tona kadar olan araçlar için)	7.5
	5.0

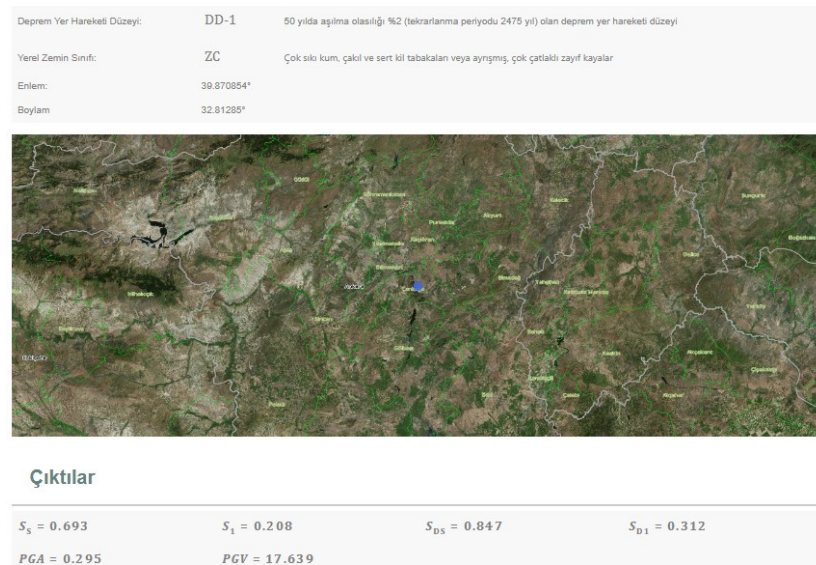
Çalışmada incelenen okulların kolon, perde ve kiriş donatıları minimum pirsantaja göre atılmış olup, atılan donatılar Şekil 5.1’ de gösterilmiştir.

STA4-CAD MEVCUT DONATILARININ DONATI YUZDESINE GORE DUZENLEMESI			
☒ KIRIS			
MESNET DONATI ORANI	0,008	ACIKLIK DONATI ORANI	0,004
☐ Mr> Mg + Mq		ETRIYE DONATI ORANI	0,001
☒ KOLON			
BOYUNA DONATI ORANI	0,01	ENINE DONATI ORANI	0,001
☐ Mr> Mg + Mq			
☒ PERDE - PANEL			
UC BOLGE DONATI ORANI	0,0025	GOVDE DONATI ORANI	0,002
☐ Mr> Mg + Mq		ENINE DONATI ORANI	0,001
ONAYLANIRSA, TUM DONATILAR YENIDEN DUZENLENECEKTIR.			

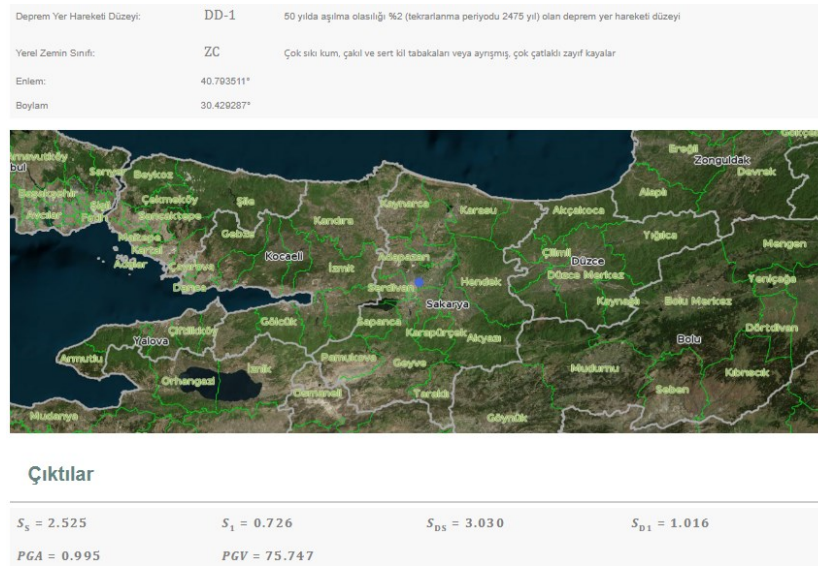
Şekil 5.1. Mevcut yapı donatılarının minimum pirsantaja göre atıldığına dair görsel

5.2. Okul Binalarının Mevcut Durum Performans Analizlerinde Kullanılacak Parametreler

Mevcut yapı, STA4-CAD V14.1 versiyonu ile TBDY 2018’e göre modellenerek analiz edilmiştir. Buna göre yapının bulunduğu yer için öncelikle deprem parametrelerinin bulunması için AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması kullanılmıştır. Buradan çıkan sonuçlar aşağıda Şekil 5.2 ve Şekil 5.3’de görülmektedir.

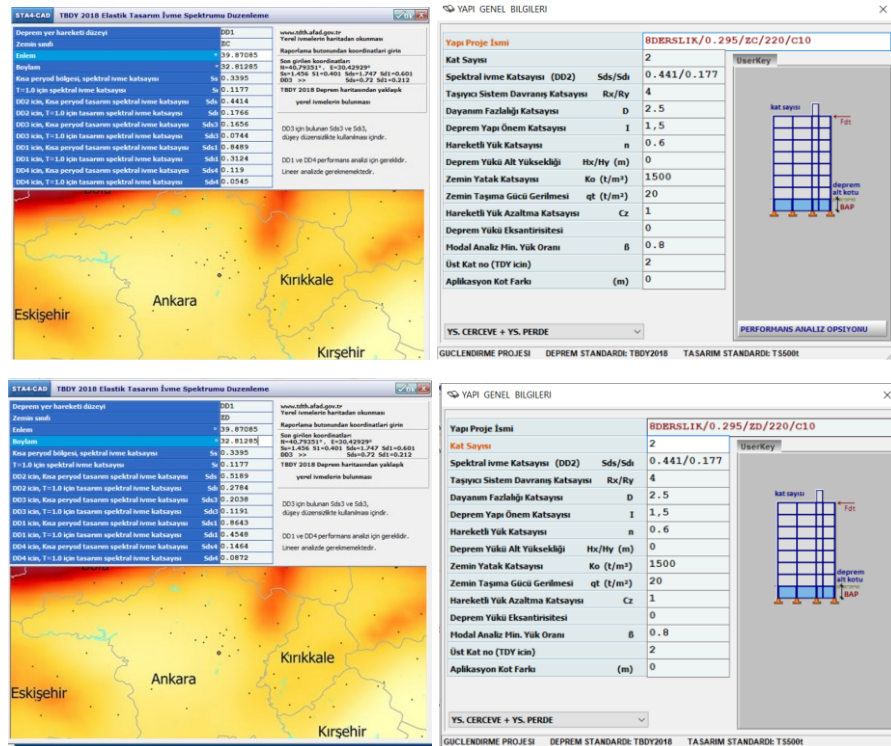


Şekil 5.2. PGA değeri 0.295 m/s² olan Ankara/Çankaya’ ya ait deprem parametreleri

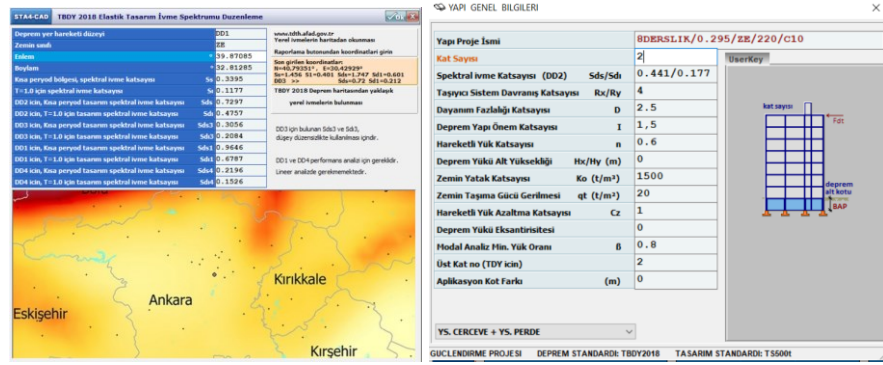


Şekil 5.3. PGA değeri 0.995 m/s^2 olan Sakarya/Adapazarı' na ait deprem parametreleri

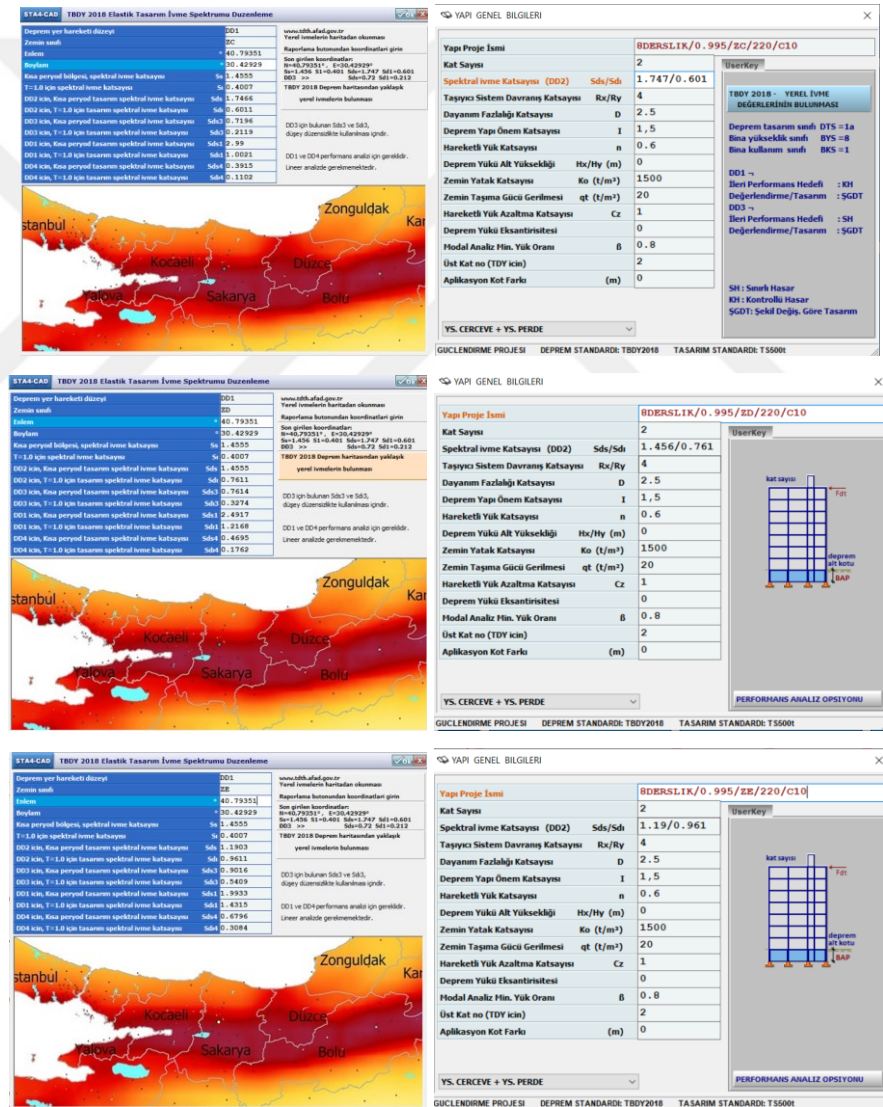
AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması kullanılarak elde edilen enlem ve boylam değerleri, farklı zemin sınıflarına ve farklı PGA değerlerine göre STA4CAD modeline entegre edilen parametreler Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'de sunulmaktadır.



Şekil 5.4. Zemin sınıfı ZC – ZD - ZE ve PGA değeri 0.295 m/s^2 olan Ankara/Çankaya' ya ait deprem parametrelerinin programa girilmesi



Şekil 5.4. Zemin sınıfı ZC – ZD - ZE ve PGA değeri 0.295 m/s² olan Ankara/Çankaya’ ya ait deprem parametrelerinin programa girilmesi (devamı)



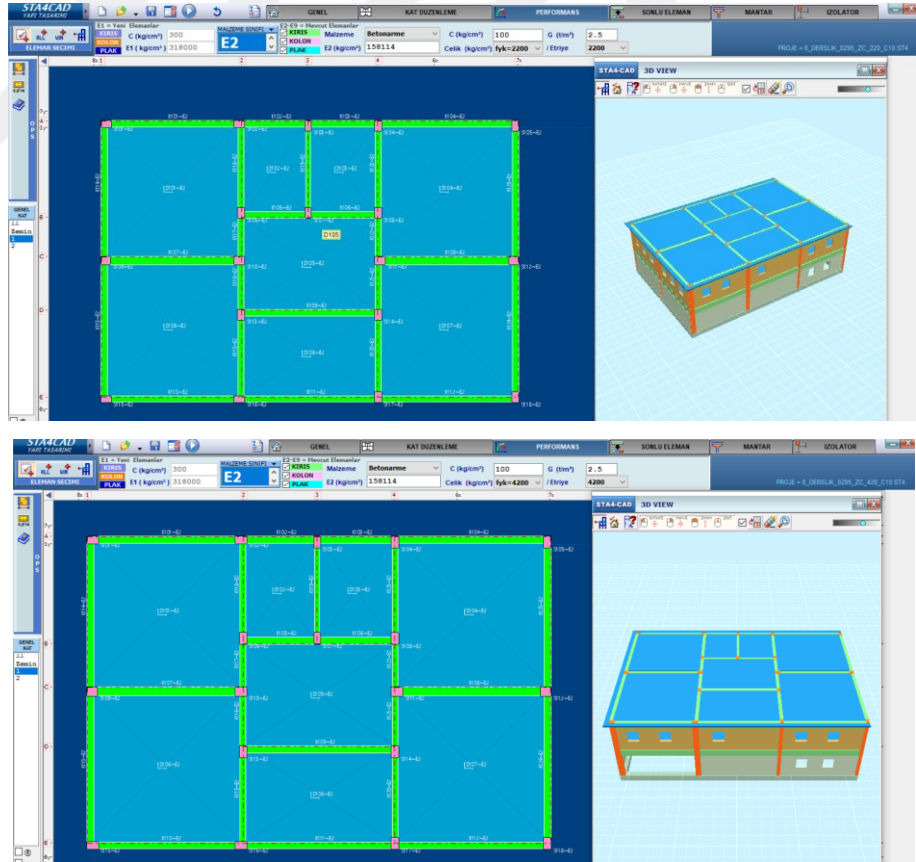
Şekil 5.5. Zemin sınıfı ZC – ZD - ZE ve PGA değeri 0.995 m/s² olan Sakarya/Adapazarı’ na ait deprem parametrelerinin programa girilmesi

5.2.1. 8 derslikli okul binası hakkında bilgilendirme

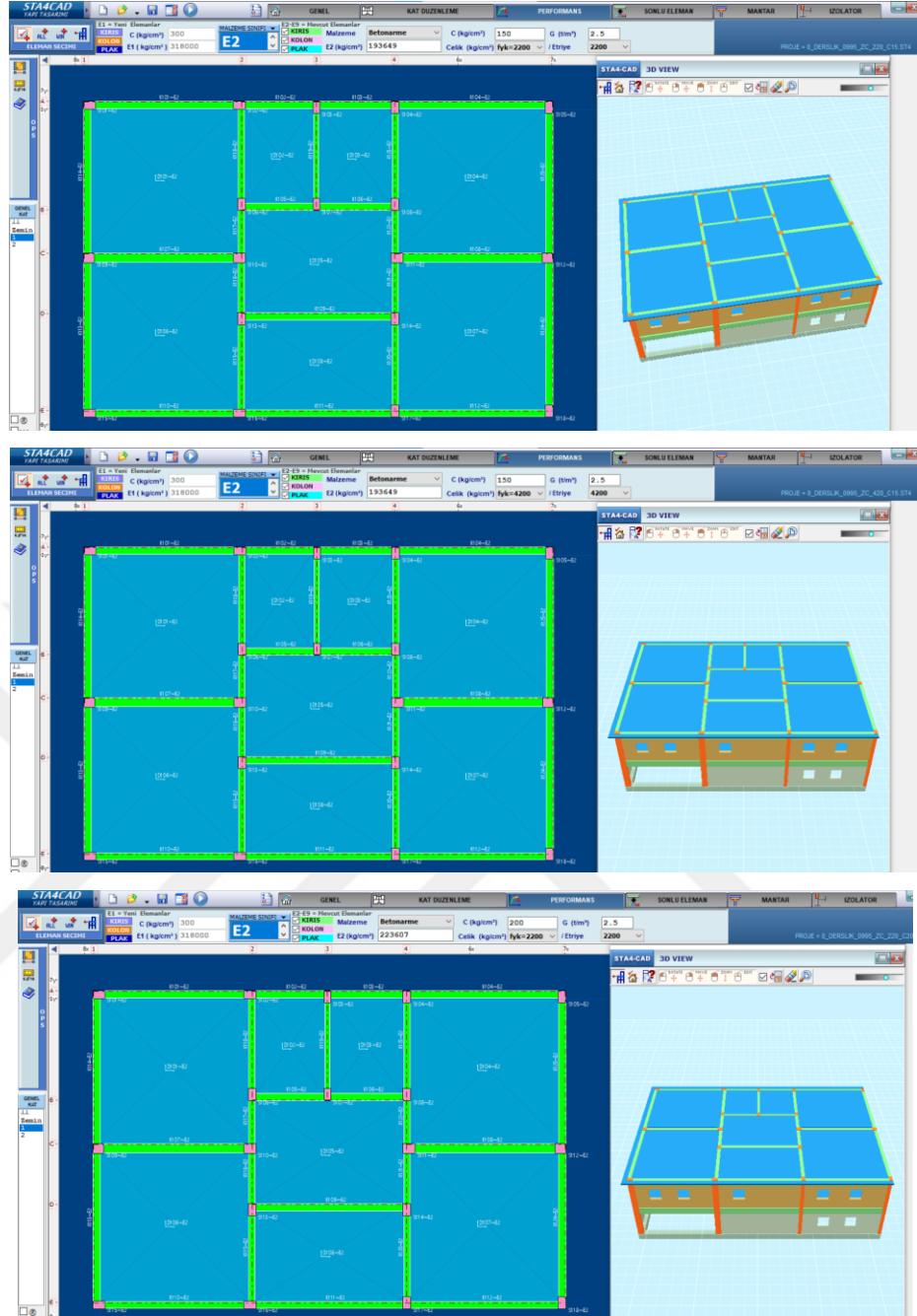
TBDY 2018 Tablo 3.1'e göre yapı okul olarak kullanıldığı için $BKS = 1$ (bina kullanım sınıfı) ve bina önem katsayısı $I = 1.5$ olarak alınmıştır. Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'de görüldüğü üzere yapının S_{DS} değeri 0.75 değerinin üzerindedir. Bu durumda TBDY 2018 Tablo 3.2'ye göre Deprem Tasarım Sınıfı $DTS = 1a$ olarak alınmıştır. TBDY 2018 Tablo 3.3'de yer alan bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan Bina Yükseklik Sınıfı 8 derslikli okul binaları için $BYS = 8$ alınmıştır.

TBDY 2018 Tablo 3.4 (c)'ye göre (mevcut yerinde dökme betonarme, önüretimli betonarme ve çelik binalar - $BYS \geq 2$) yapının hem DD-1 hem de DD-3 deprem yer hareket düzeyine göre sırasıyla ileri performans hesabının kontrollü hasar (KH) ve sınırlı hasar (SH)'yi şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yöntemi (ŞGDT) kullanılarak sağlanması gerekmektedir.

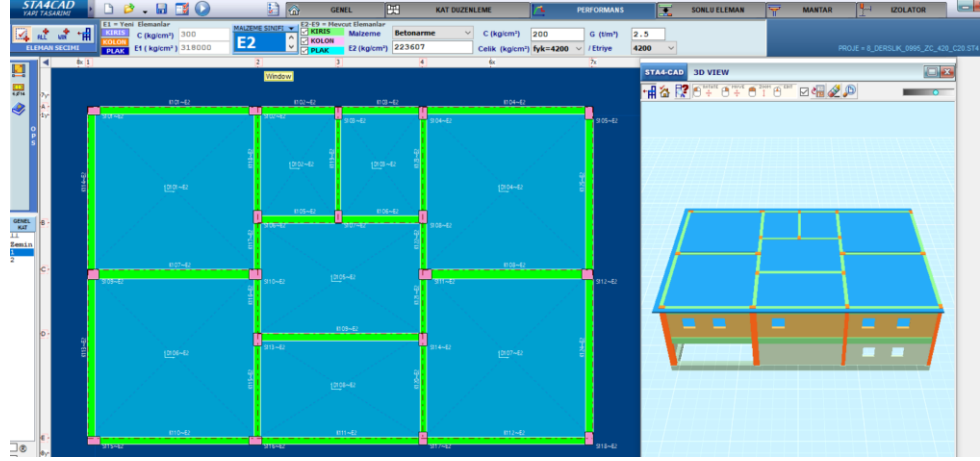
Farklı beton sınıflarına ve farklı donatı sınıflarına göre STA4CAD modeline girilen parametreler Şekil 5.6'da gösterilmektedir.



Şekil 5.6. Beton sınıfı C10 – C15 – C20, donatı sınıfı S220 - S420 değişkenlerinin programa girilmesi



Şekil 5.6. Beton sınıfı C10 – C15 – C20, donatı sınıfı S220 - S420 değişkenlerinin programa girilmesi (devamı)



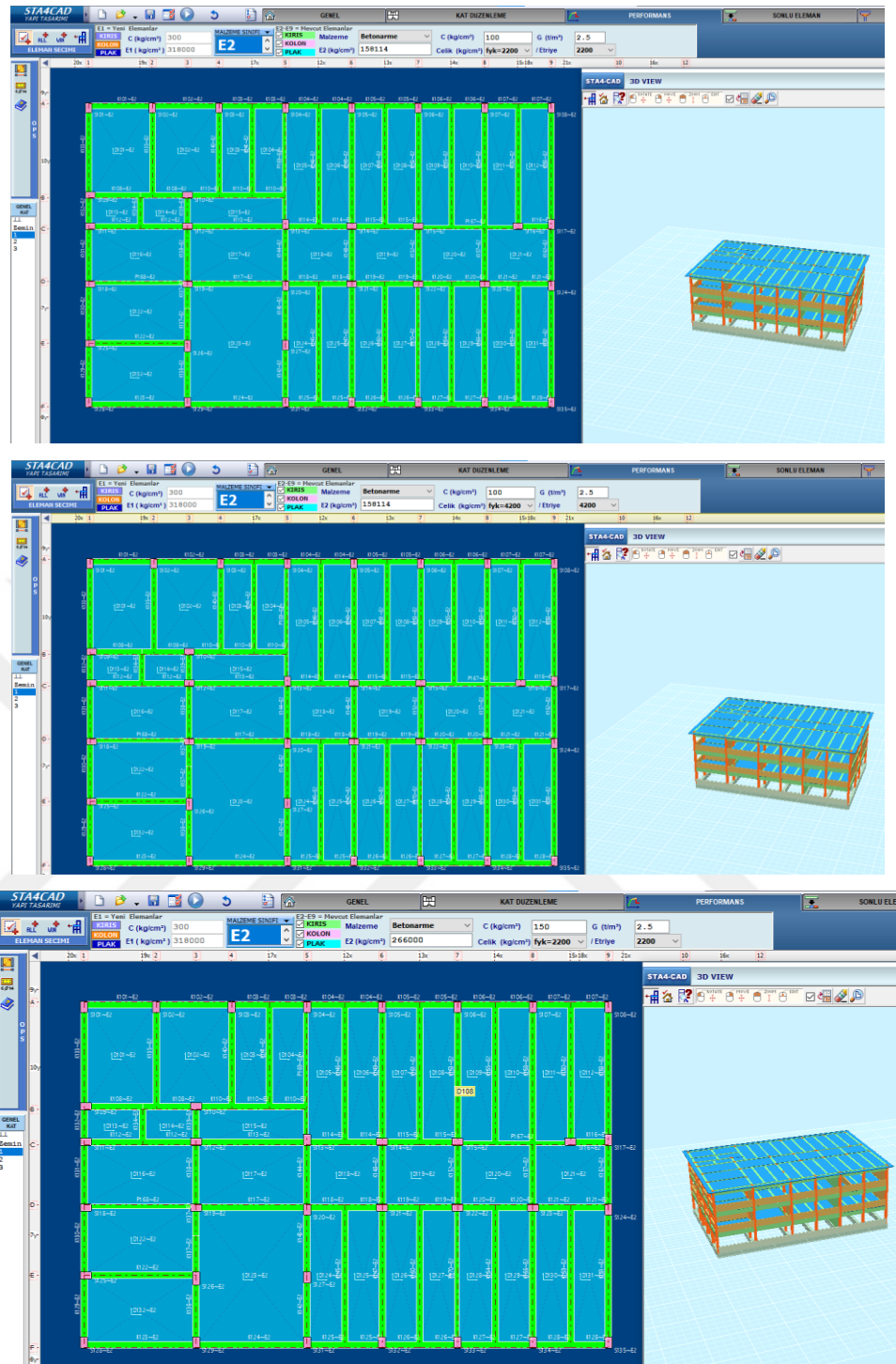
Şekil 5.6. Beton sınıfı C10 – C15 – C20, donatı sınıfı S220 - S420 değişkenlerinin programa girilmesi (devamı)

8.2.2. 14 derslikli okul binası hakkında bilgilendirme

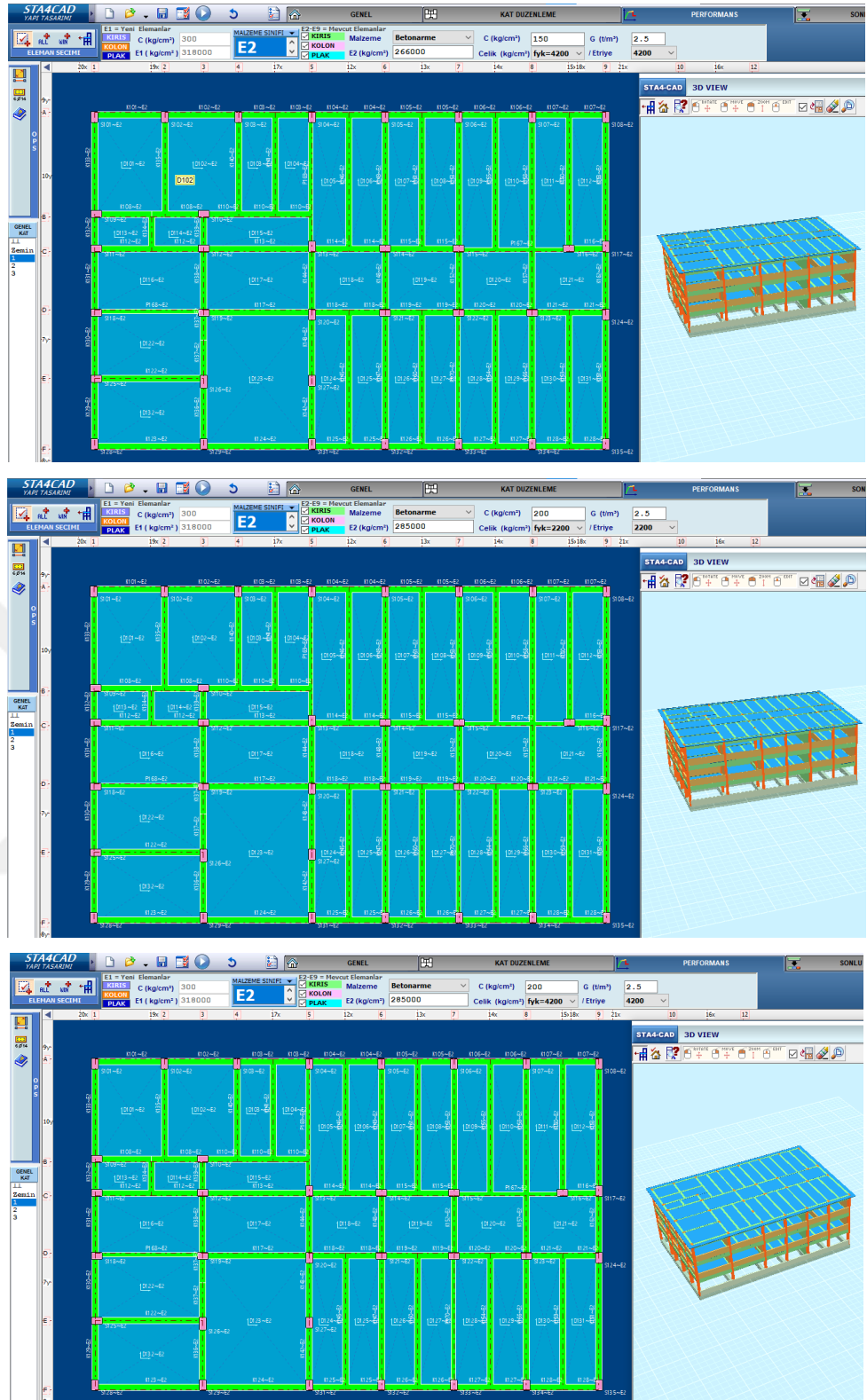
TBDY 2018 Tablo 3.1'e göre yapı okul olarak kullanıldığı için BKS = 1 (bina kullanım sınıfı) ve bina önem katsayısı $I = 1.5$ olarak alınmıştır. Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'de görüldüğü üzere yapının S_{DS} değeri 0.75 değerinin üzerindedir. Bu durumda TBDY 2018 Tablo 3.2'ye göre Deprem Tasarım Sınıfı DTS = 1a olarak alınmıştır. TBDY 2018 Tablo 3.3'de yer alan bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan Bina Yükseklik Sınıfı 14 derslikli okul binaları için $BYS = 7$ alınmıştır.

TBDY 2018 Tablo 3.4 (c)'ye göre (mevcut yerinde dökme betonarme, önüretimli betonarme ve çelik binalar - $BYS \geq 2$) yapının hem DD-1 hem de DD-3 deprem yer hareket düzeyine göre sırasıyla ileri performans hesabının kontrollü hasar (KH) ve sınırlı hasar (SH)'yi şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yöntemi (ŞGDT) kullanılarak sağlanması gerekmektedir.

Farklı beton sınıflarına ve farklı donatı sınıflarına göre STA4CAD modeline girilen parametreler Şekil 5.7'de gösterilmektedir.



Şekil 5.7. Beton sınıfı C10 – C15 – C20, donatı sınıfı S220 - S420 değişkenlerinin programa girilmesi



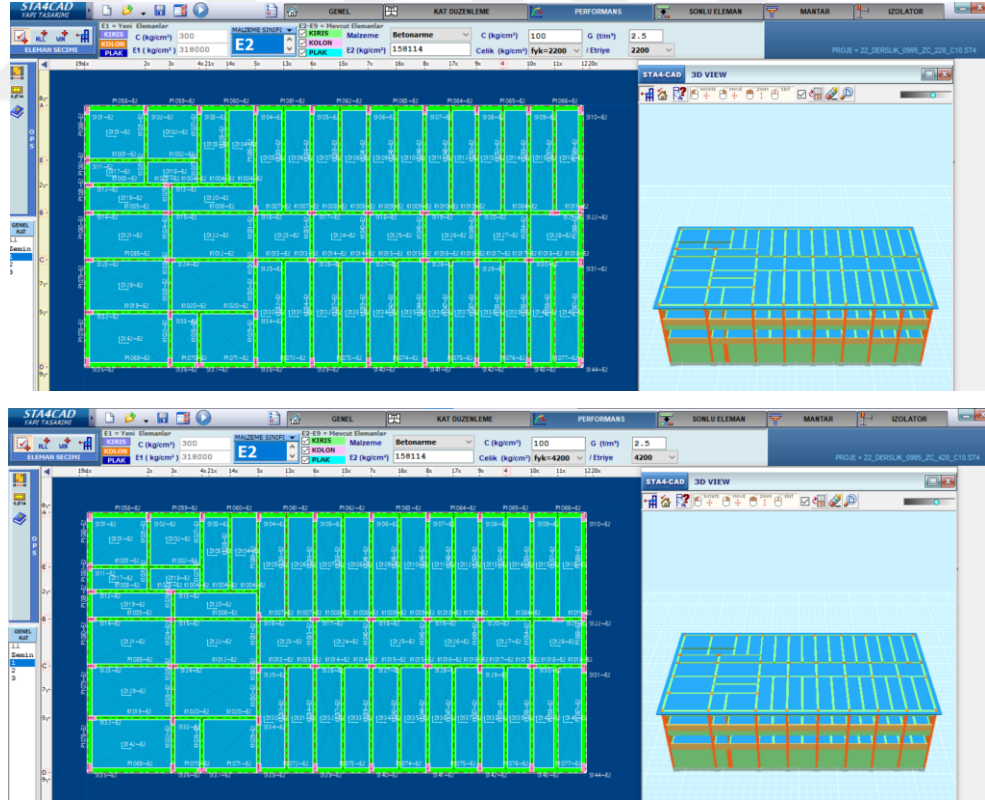
Şekil 5.7. Beton sınıfı C10 – C15 – C20, donatı sınıfı S220 - S420 değişkenlerinin programa girilmesi (devamı)

8.2.3. 22 derslikli okul binası hakkında bilgilendirme

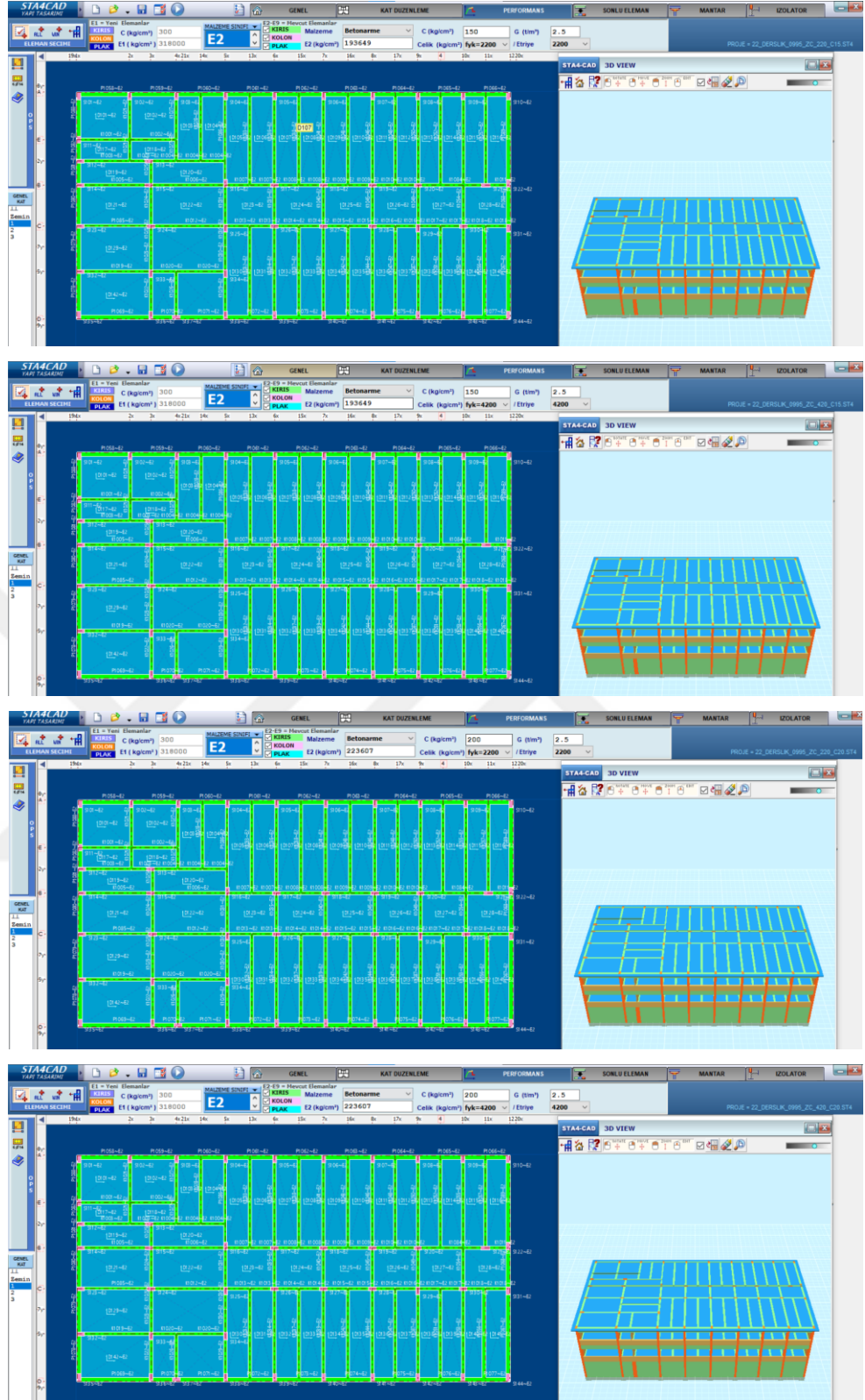
TBDY 2018 Tablo 3.1'e göre yapı okul olarak kullanıldığı için $BKS = 1$ ve bina önem katsayısı $I = 1.5$ olarak alınmıştır. Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'de görüldüğü üzere yapının S_{DS} değeri 0.75 değerinin üzerindedir. Bu durumda TBDY 2018 Tablo 3.2'ye göre Deprem Tasarım Sınıfı $DTS = 1a$ olarak alınmıştır. TBDY 2018 Tablo 3.3'de yer alan bina yükseklik sınıfları ve deprem tasarım sınıflarına göre tanımlanan BYS, 22 derslikli okul binaları için 7 alınmıştır.

TBDY 2018 Tablo 3.4 (c)'ye göre (mevcut yerinde dökme betonarme, ön üretimli betonarme ve çelik binalar - $BYS \geq 2$) yapının hem DD-1 hem de DD-3 deprem yer hareket düzeyine göre sırasıyla ileri performans hesabının kontrollü hasar (KH) ve sınırlı hasar (SH)'yi şekil değiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım yöntemi (ŞGDT) kullanılarak sağlaması gerekmektedir.

Farklı beton sınıflarına ve farklı donatı sınıflarına göre STA4CAD modeline girilen parametreler Şekil 5.8'de gösterilmektedir.



Şekil 5.8. Beton sınıfı C10 – C15 – C20, donatı sınıfı S220 - S420 değişkenlerinin programa girilmesi



Şekil 5.8. Beton sınıfı C10 – C15 – C20, donatı sınıfı S220 - S420 değişkenlerinin programa girilmesi (devamı)

5.3. Okul Binalarının Mevcut Durum Performans Analizleri

Mevcut okul binalarının nonlinear analize göre performansının belirlenmesinde kullanılan opsiyonlar aşağıda Şekil 5.9 ve Şekil 5.10'da verilmiştir.

Şekil 5.9. Mevcut yapıların nonlinear analiz opsiyonları

Şekil 5.9. Mevcut yapıların nonlinear analiz opsiyonları (devamı)

STA4-CAD **PERFORMANS PROJESİ OPSİYONLARI**

☒ **YAPI PERFORMANSI PROJESİ**
Performans Opsiyonu : YAPI PERFORMANSI OPSİYONLARI

E1:YENİ, E2-E9: MEVCUT DONATILARA GÖRE YAPININ PERFORMANSI

YAPI PERFORMANSI OPSİYONLARI **RİSKLİ BİNALARIN TESBİT OPSİYONLARI**

YAPI PERFORMANSI KONTROLÜ GENEL OPSİYONLARI

BİNA BİLGİ DÜZEYİ KAT SAYISI 1.0

Donatı kenetlenme boyu, kapasite carpanı 1

Kiriş dusey yuk moment carpanı 1

Kiriş $M_g + C_q \times M_q$ $C_q =$ 0.6

Kiriş donatı gerceklesme oranı % 100

☒ Kolon uçlarında kolon-kiriş birleşim kesme kontrolü

☒ Çatlamış kesite göre analiz

☐ Ölü yük inşaat aşamaları analizi

☐ Panel Uç kolonları dönme serbestliği

PERDE VE KOLON DETAY OPSİYONLARI

PERDE OPSİYONLARI

BASLIK BOLGESİ KENDİ İÇİNDE OLAN PERDELER

☒ BASLIK PERDELLİ KIRISLERE ROT İLE BAĞLANTILI

☐ BASLIK PERDELLİ KIRISLERİN KIRILARAK PERDE TESKİLİ

PANEL ELEMEN OPSİYONLARI

BASLIK BOLGESİ MEVCUT KOLONLU PANEL PERDELER

☒ KIRISLERE ROT İLE BAĞLANTILI

☐ KIRISLERİN KIRILARAK PERDE TESKİLİ

MEVCUT KOLONLARIN ÖZELLİKLERİ

KOLON min. BOYUNA DONATI ORANI 0.01

KOLON DONATI GERCEKLESME ORANI % 100

PERDE DONATI GERCEKLESME ORANI % 100

STATİKCE GEREKLİ KESİTE göre betonarme hesap ☐

KOLON BURKULMASINDA sadece E1 göre hesap ☐

Etriye kancalarının 90° kapatılması, Rosh %30 azaltma ☒

MANTO DÜSEY YÜK OPSİYONU

☐ KOLON AKTİF, MANTO PASİF

☐ KOLON AKTİF, MANTO AKTİF

☒ KOLON PASİF, MANTO AKTİF

☒ KOLON-MANTO KAPASİTE KONTROLÜ

HASARLI ELEMANLARIN ANALİZE KATILIM ORANI

Hafif hasarlı elemanların katılım oranı $W_k < 1mm$ % 100

Orta hasarlı elemanların katılım oranı $W_k < 5mm$ % 70

Ağır hasarlı elemanların katılım oranı $W_k > 5mm$ % 0

(E2-E9) MEVCUT YAPI TASARIM STANDARTI

☒ TB DY2018-TDY2007-TDY1997,TS500 (2000) ☐ TDY1975,TS500 (1984) ☐ ACI318

Şekil 5.10. Performans projesi opsiyonları

Mevcut okul binalarının nonlineer analize göre performansının belirlenmesinde kullanılan opsiyonlar Şekil 5.9 ve Şekil 5.10’ da gösterilen gibi kullanıldıktan sonra tüm alternatifler için performans analizleri yapılmıştır. Tüm mevcut yapılar DD-1 depremine göre performans analizine tabi tutulmuştur.

5.3.1. 8 derslikli okul binasının performans analizleri

Mevcut okul binalarının DD-1 depremlerine göre performans analizine tabi tutulduğunda Çizelge 5.2. de görünen sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 5.2. 8 derslikli okul binasının mevcut durumda DD-1 depremine göre performans analizleri

Model Adı	n _b	KKO _x (%)	KKO _y (%)	Hasar Durumu
8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	1,19	86,9	51,7	1 kolon IH
8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	1,19	86,9	51,7	Kontrollü Hasar
8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	1,19	86,9	51,7	Kontrollü Hasar
8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	1,19	86,9	51,7	8 kolon IH + 4 kolon GB
8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	1,19	86,9	51,7	1 kolon IH
8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	1,19	86,9	51,7	Kontrollü Hasar
8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	1,19	86,9	51,7	4 kolon IH + 4 kolon GB
8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	1,19	86,9	51,7	1 kolon IH
8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	1,19	86,9	51,7	1 kolon IH
8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	1,19	86,9	51,7	Göçme
8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	1,19	86,9	51,7	Göçmenin Önlenmesi
8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	1,19	86,9	51,7	1 kolon IH
8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	1,19	86,9	51,7	Göçme
8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	1,19	86,9	51,7	Göçmenin Önlenmesi
8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	1,19	86,9	51,7	1 kolon IH
8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	1,19	86,9	51,7	Göçme
8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	1,19	86,9	51,7	Göçme
8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	1,19	86,9	51,7	Göçmenin Önlenmesi
8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	1,19	86,9	51,7	Göçme
8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	1,19	86,9	51,7	Göçme
8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	1,19	86,9	51,7	Göçme
8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	1,19	86,9	51,7	Göçme
8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	1,19	86,9	51,7	Göçme
8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	1,19	86,9	51,7	Göçme
8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1,19	86,9	51,7	Göçme
8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1,19	86,9	51,7	Göçme
8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1,19	86,9	51,7	Göçme
8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	1,19	86,9	51,7	Göçme
8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	1,19	86,9	51,7	Göçme
8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1,19	86,9	51,7	Göçme
8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	1,19	86,9	51,7	Göçme
8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1,19	86,9	51,7	Göçme
8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	1,19	86,9	51,7	Göçme
8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	1,19	86,9	51,7	Göçme
8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1,19	86,9	51,7	Göçme
8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1,19	86,9	51,7	Göçme

5.3.2. 14 derslikli okul binasının performans analizleri

Mevcut okul binalarının DD-1 depremlerine göre performans analizine tabi tutulduğunda Çizelge 5.3. de görünen sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 5.3. 14 derslikli okul binasının mevcut durumda DD-1 depremine göre performans analizleri

Model Adı	n _b	KKO _x (%)	KKO _y (%)	Hasar Durumu
14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	1,46	84,9	81,4	7 Gevrek
14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	1,46	84,9	81,4	6 Gevrek
14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	1,46	84,9	81,4	6 Gevrek
14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	1,46	84,9	81,4	4 Gevrek
14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	1,46	84,9	81,4	3 Gevrek
14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	1,46	84,9	81,4	4 Gevrek
14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	1,46	84,9	81,4	7 Gevrek
14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	1,46	84,9	81,4	6 Gevrek
14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	1,46	84,9	81,4	6 Gevrek
14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	1,46	84,9	81,4	5 Gevrek
14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	1,46	84,9	81,4	4 Gevrek
14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	1,46	84,9	81,4	4 Gevrek
14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	1,46	84,9	81,4	9 Gevrek
14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	1,46	84,9	81,4	7 Gevrek
14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	1,46	84,9	81,4	7 Gevrek
14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	1,46	84,9	81,4	6 Gevrek
14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	1,46	84,9	81,4	7 Gevrek
14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	1,46	84,9	81,4	5 Gevrek
14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	1,46	84,9	81,4	Gevrek + Kolon/Kiriş Göçme
14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	1,46	84,9	81,4	Gevrek + Kolon/Kiriş Göçme
14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	1,46	84,9	81,4	Gevrek + Kolon/Kiriş Göçme
14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	1,46	84,9	81,4	Gevrek + Kolon Göçme
14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	1,46	84,9	81,4	14 Gevrek
14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	1,46	84,9	81,4	13 Gevrek
14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1,46	84,9	81,4	Gevrek + Kolon/Kiriş Göçme
14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1,46	84,9	81,4	Gevrek + Kolon/Kiriş Göçme
14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1,46	84,9	81,4	Gevrek + Kolon/Kiriş Göçme
14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	1,46	84,9	81,4	Gevrek + Kolon Göçme
14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	1,46	84,9	81,4	14 Gevrek
14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1,46	84,9	81,4	13 Gevrek
14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	1,46	84,9	81,4	Gevrek + Kolon/Kiriş Göçme
14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1,46	84,9	81,4	Gevrek + Kolon/Kiriş Göçme
14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	1,46	84,9	81,4	11 Gevrek
14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	1,46	84,9	81,4	Gevrek + Kolon Göçme
14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1,46	84,9	81,4	12 Gevrek
14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1,46	84,9	81,4	11 Gevrek

5.3.3. 22 derslikli okul binasının performans analizleri

Mevcut okul binalarının DD-1 depremlerine göre performans analizine tabi tutulduğunda Çizelge 5.4. de görünen sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 5.4. 22 derslikli okul binasının mevcut durumda DD-1 depremine göre performans analizleri

Model Adı	n _b	KKO _x (%)	KKO _y (%)	Hasar Durumu
22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	1,65	87,7	69,7	3 Gevrek
22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	1,65	87,7	69,7	3 Gevrek
22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	1,65	87,7	69,7	3 Gevrek
22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	1,65	87,7	69,7	3 Gevrek
22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	1,65	87,7	69,7	3 Gevrek
22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	1,65	87,7	69,7	2 Gevrek
22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	1,65	87,7	69,7	3 Gevrek
22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	1,65	87,7	69,7	3 Gevrek
22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	1,65	87,7	69,7	3 Gevrek
22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	1,65	87,7	69,7	3 Gevrek
22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	1,65	87,7	69,7	3 Gevrek
22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	1,65	87,7	69,7	3 Gevrek
22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	1,65	87,7	69,7	3 Gevrek
22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	1,65	87,7	69,7	3 Gevrek
22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	1,65	87,7	69,7	3 Gevrek
22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	1,65	87,7	69,7	3 Gevrek
22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	1,65	87,7	69,7	3 Gevrek
22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	1,65	87,7	69,7	3 Gevrek
22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	1,65	87,7	69,7	11 Gevrek + Kolon/Kiriş Göçme
22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	1,65	87,7	69,7	11 Gevrek + Kolon/Kiriş Göçme
22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	1,65	87,7	69,7	10 Gevrek + Kolon/Kiriş Göçme
22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	1,65	87,7	69,7	14 Gevrek + Kolon/Kiriş Göçme
22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	1,65	87,7	69,7	12 Gevrek + Kolon/Kiriş Göçme
22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	1,65	87,7	69,7	9 Gevrek + Kolon/Kiriş Göçme
22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1,65	87,7	69,7	15 Gevrek + Kolon/Kiriş Göçme
22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1,65	87,7	69,7	11 Gevrek + Kolon/Kiriş Göçme
22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1,65	87,7	69,7	11 Gevrek + Kolon/Kiriş Göçme
22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	1,65	87,7	69,7	14 Gevrek + Kolon/Kiriş Göçme
22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	1,65	87,7	69,7	10 Gevrek + Kolon/Kiriş Göçme
22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1,65	87,7	69,7	8 Gevrek + Kolon/Kiriş Göçme
22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	1,65	87,7	69,7	11 Gevrek + Kolon/Kiriş Göçme
22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1,65	87,7	69,7	10 Gevrek + Kolon/Kiriş Göçme
22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	1,65	87,7	69,7	7 Gevrek + Kolon/Kiriş Göçme
22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	1,65	87,7	69,7	10 Gevrek + Kolon/Kiriş Göçme
22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1,65	87,7	69,7	7 Gevrek
22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1,65	87,7	69,7	7 Gevrek

5.4. Okul Binalarının Mevcut Durum Performans Analizlerinin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada, mevcut okul binalarının doğrusal olmayan analiz yöntemiyle ve tek modlu itme analizi (pushover) esas alınarak performanslarının değerlendirilmesi kapsamında, farklı sismik tehlike düzeylerine sahip iki bölge örnekleme olarak seçilmiştir: PGA değeri 0.295 m/s² olan Ankara/Çankaya ve PGA değeri 0.995 m/s² olan Sakarya/Adapazarı. Değerlendirmelerde yapıların bulunduğu yerel zemin sınıfları (ZC, ZD, ZE), donatı sınıfları (S220 ve S420) ile mevcut beton dayanımları (10, 15 ve 20 MPa) gibi değişkenler dikkate alınmıştır. Gerçekleştirilen analizler neticesinde,

incelenen okul yapılarının TBDY 2018 kapsamında DD-1 deprem yer hareketi altındaki hedef performans düzeyi olan 'Kontrollü Hasar' kriterini sağlayamadığı belirlenmiştir. Ayrıca burulma düzensizliği katsayısı n_{bi} 'nin 1.4'ten büyük olduğu, kütle katılım oranlarının hem x hem de y yönlerinde %70'in altında kaldığı gözlemlenmiştir. Bu üç temel parametre açısından değerlendirildiğinde, mevcut okul yapılarının hiçbirinin ilgili sınırları aynı anda sağlayamadığı, dolayısıyla yüksek sismik taleplerde ciddi hasar görebileceği ve hatta göçme riski taşıdığı sonucuna varılmıştır. Söz konusu yapıların afet sonrası kullanımının kritik önemde olduğu dikkate alındığında, gerekli dayanım seviyesinin sağlanması amacıyla ekonomik ve etkili güçlendirme yöntemlerinin uygulanması gerektiği önerilmektedir.

Aşağıda 8, 14 ve 22 derslikli okul binalarının değişkenlere göre mevcut durumlarının özetleri vardır.

5.4.1. Mevcut durum için x ve y yönündeki kütle katılım oranları

Mevcut durumda bulunan okul binalarının TBDY 2018'e göre x ve y yönündeki kütle katılım oranının %70'den büyük olması istenmektedir. Çizelge 5.2. de 8 derslikli okul binalarının, Çizelge 5.3. de 14 derslikli okul binalarının ve Çizelge 5.4. de 22 derslikli okul binalarının mevcut durumda x ve y yönündeki kütle katılım oranları gösterilmektedir.

5.4.2. Mevcut durum için x ve y yönündeki periyotlar

Yapıların deprem etkilerine karşı dinamik tepkilerini belirleyen en temel parametrelerden biri doğal titreşim periyotlarıdır. Bu periyotlar, taşıyıcı sistemin rijitliği, kütlesi ve geometrik özellikleri doğrultusunda her yapının belirli modlarda titreşim sergilemesiyle ortaya çıkar. Titreşim modları, yapının genellikle x ve y yönlerinde sergilediği dinamik davranış karakteristiklerini ifade ederken, ilk doğal titreşim periyodu çoğunlukla yatay düzlemdeki baskın mod şekliyle ilişkilidir.

x ve y yönlerindeki doğal titreşim periyotları sırasıyla T_x ve T_y ile gösterilmiştir. Bu periyotlar; zemin-yapı etkileşimi, taşıyıcı sistemin türü, kat sayısı, kat yükseklikleri, düşey taşıyıcı elemanların (örneğin kolon ve perdeler) kesit boyutları ile kullanılan yapı malzemelerinin dayanım özelliklerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Yapı yüksekliğindeki artış, sistem rijitliğindeki azalma ve zemin koşullarının yumuşak

olması gibi durumlar, genel olarak doğal titreşim periyotlarının artmasına neden olmaktadır.

Doğal periyotlar, yapıların deprem yükleri altındaki davranışlarının anlaşılması ve ilgili tasarım spektrumlarının belirlenmesi açısından büyük önem arz etmektedir. Bu çalışma kapsamında incelenen mevcut okul binalarına ait x ve y yönlerindeki doğal periyot değerleri; 8 derslikli binalar için Çizelge 5.5’ de, 14 derslikli binalar için Çizelge 5.6’ da ve 22 derslikli binalar için Çizelge 5.7’ de sunulmuştur.

Çizelge 5.5. 8 derslikli okul binasının mevcut durumda x ve y yönündeki periyotları

Model Adı	Mevcut-T _x	Mevcut-T _y
8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,567	0,538
8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,513	0,486
8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,477	0,452
8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,567	0,538
8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,513	0,486
8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,477	0,452
8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,567	0,538
8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,513	0,486
8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,477	0,452
8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,567	0,538
8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,513	0,486
8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,477	0,452
8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,567	0,538
8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,513	0,486
8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,477	0,452
8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,567	0,538
8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,513	0,486
8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,477	0,452
8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	0,567	0,538
8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	0,513	0,486
8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	0,477	0,452
8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	0,567	0,538
8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	0,513	0,486
8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	0,477	0,452
8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	0,567	0,538
8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	0,513	0,486
8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	0,477	0,452
8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	0,567	0,538
8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	0,513	0,486
8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	0,477	0,452
8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,567	0,538
8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,513	0,486
8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,477	0,452
8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,567	0,538
8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	0,513	0,486
8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	0,477	0,452

Çizelge 5.6. 14 derslikli okul binasının mevcut durumda x ve y yönündeki periyotları

Model Adı	Mevcut-T _x	Mevcut-T _y
14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,567	0,538
14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,513	0,486
14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,477	0,452
14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,567	0,538
14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,513	0,486
14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,477	0,452
14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,567	0,538
14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,513	0,486
14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,477	0,452
14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,567	0,538
14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,513	0,486
14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,477	0,452
14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,567	0,538
14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,513	0,486
14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,477	0,452
14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,567	0,538
14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,513	0,486
14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,477	0,452
14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	0,567	0,538
14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	0,513	0,486
14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	0,477	0,452
14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	0,567	0,538
14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	0,513	0,486
14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	0,477	0,452
14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	0,567	0,538
14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	0,513	0,486
14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	0,477	0,452
14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	0,567	0,538
14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	0,513	0,486
14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	0,477	0,452
14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,567	0,538
14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,513	0,486
14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,477	0,452
14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,567	0,538
14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	0,513	0,486
14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	0,477	0,452

Çizelge 5.7. 22 derslikli okul binasının mevcut durumda x ve y yönündeki periyotları

Model Adı	Mevcut-T _x	Mevcut-T _y
22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,513	0,486
22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,477	0,452
22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,567	0,538
22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,513	0,486
22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,477	0,452
22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,567	0,538
22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,513	0,486
22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,477	0,452
22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,567	0,538
22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,513	0,486
22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,477	0,452
22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,567	0,538
22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,513	0,486
22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,477	0,452
22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,567	0,538
22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,513	0,486
22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,477	0,452
22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,567	0,538
22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	0,513	0,486
22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	0,477	0,452
22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	0,567	0,538
22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	0,513	0,486
22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	0,477	0,452
22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	0,567	0,538
22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	0,513	0,486
22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	0,477	0,452
22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	0,567	0,538
22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	0,513	0,486
22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	0,477	0,452
22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	0,567	0,538
22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,513	0,486
22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,477	0,452
22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,567	0,538
22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,513	0,486
22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	0,477	0,452
22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	0,513	0,486

5.4.3. Mevcut durum için spektral deplasmanlar

Spektral deplasman (S_d), bir yapının deprem hareketi sırasında ulaşabileceği maksimum deplasman miktarını ifade eden önemli bir parametredir. S_d değeri, doğrusal olmayan statik itme analizi (pushover) ile elde edilen performans noktasına karşılık gelir. Bu noktadaki S_d değeri, yapının hedef performans seviyesine (örneğin, sınırlı hasar veya kontrollü hasar) ulaştığı andaki deplasmanı ifade eder ve yapının plastik deformasyon geçirdiği bölgedeki davranışını yansıtır. Burada, yapı elastik sınırlarını aşarak plastik deformasyonlara başlamış ve dolayısıyla yapının deprem etkisi altındaki

gerçek kapasitesi daha net bir şekilde gözlemlenmiştir. S_d değeri, yapının plastik deformasyonlara geçtiği ve gerçekçi bir performans sergilediği durumu temsil eder.

Bu çalışmada incelenen mevcut yapıların x ve y yönündeki spektral deplasmanları ivmeleri 8 derslikli binalar için Çizelge 5.8. de, 14 derslikli binalar için Çizelge 5.9. da ve 22 derslikli binalar için Çizelge 5.10. da gösterilmektedir.

Çizelge 5.8. 8 derslikli okul binasının mevcut durumda x ve y yönündeki spektral deplasmanları

Model Adı	S_d -X(mm)	S_d -Y(mm)
8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	44,010	39,950
8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	40,190	35,980
8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	37,150	33,490
8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	44,260	37,260
8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	39,700	34,870
8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	37,060	33,120
8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	64,580	57,260
8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	58,490	48,640
8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	53,510	43,550
8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	64,760	56,720
8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	57,800	46,080
8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	51,310	40,240
8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	64,580	57,260
8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	58,490	48,640
8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	53,510	43,550
8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	64,760	56,720
8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	57,800	46,080
8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	51,310	40,240
8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	142,400	127,540
8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	128,450	115,440
8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	119,500	107,530
8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	142,310	125,140
8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	129,020	115,670
8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	119,550	107,680
8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	168,490	155,370
8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	143,830	139,540
8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	124,630	118,500
8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	173,450	155,030
8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	156,270	139,580
8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	145,770	128,800
8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	144,980	147,210
8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	121,430	119,710
8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	105,500	103,150
8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	200,450	176,780
8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	180,210	158,860
8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	167,430	147,510

Çizelge 5.9. 14 derslikli okul binasının mevcut durumda x ve y yönündeki spektral deplasmanları

Model Adı	S _d -X(mm)	S _d -Y(mm)
14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	10,650	8,520
14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	21,210	16,580
14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	18,220	14,550
14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	25,780	20,520
14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	20,840	16,710
14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	18,220	14,460
14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	17,200	13,590
14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	21,200	16,960
14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	18,620	14,660
14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	26,420	20,770
14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	21,570	16,880
14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	18,600	14,840
14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	19,430	15,190
14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	24,320	18,920
14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	20,760	16,390
14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	29,400	23,490
14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	24,210	158,860
14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	20,860	16,430
14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	68,670	60,150
14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	77,650	67,550
14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	71,500	61,990
14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	87,200	75,870
14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	77,630	66,970
14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	70,510	61,040
14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	101,170	86,770
14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	90,320	72,770
14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	82,470	62,660
14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	99,250	78,220
14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	85,350	64,030
14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	75,840	55,610
14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	100,450	71,110
14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	79,820	56,870
14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	69,070	47,380
14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	81,000	56,590
14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	64,150	43,200
14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	53,990	36,190

Çizelge 5.10. 22 derslikli okul binasının mevcut durumda x ve y yönündeki spektral deplasmanları

Model Adı	S _d -X(mm)	S _d -Y(mm)
22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	19,120	19,120
22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	15,690	15,710
22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	13,650	13,560
22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	19,230	18,930
22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	12,000	12,060
22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	10,350	10,440
22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	19,770	19,680
22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	16,080	16,020
22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	13,960	13,810
22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	19,410	19,350
22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	12,160	12,440
22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	10,700	10,780
22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	22,130	21,770
22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	18,140	17,820
22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	15,620	15,600
22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	22,020	21,930
22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	13,800	13,970
22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	11,770	12,020
22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	62,870	64,040
22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	56,440	56,890
22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	60,470	60,470
22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	61,850	62,560
22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	54,790	54,420
22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	59,960	59,170
22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	71,780	71,650
22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	61,960	59,820
22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	54,810	52,200
22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	63,640	60,140
22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	50,500	49,770
22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	44,620	43,160
22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	61,800	59,940
22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	49,210	48,190
22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	41,490	40,820
22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	43,800	41,440
22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	33,500	31,040
22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	27,040	25,230

5.4.4. Mevcut durum için spektral ivmeler

Spektral ivme (S_a), bir yapının deprem etkisi altındaki ivme cevabını temsil eden temel parametrelerden biridir. S_a değeri, yapının doğrusal olmayan statik itme analizi (pushover) sonucunda elde edilen performans noktasına karşılık gelir. Bu değer, yapının elastik sınırlarını aştığı, plastik deformasyonların başladığı ve yapının daha fazla ivme gösterdiği durumu simgeler. S_a değeri plastik davranışı ve yapının deprem koşullarına karşı gösterdiği gerçek dayanım kapasitesini temsil eder.

Bu çalışmada incelenen mevcut yapıların x ve y yönündeki spektral ivmeleri 8 derslikli binalar için Çizelge 5.11. de, 14 derslikli binalar için Çizelge 5.12. de ve 22 derslikli binalar için Çizelge 5.13. de gösterilmektedir.

Çizelge 5.11. 8 derslikli okul binasının mevcut durumda x ve y yönündeki spektral ivmeleri

Model Adı	S _a -X(g)	S _a -Y(g)
8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,302	0,357
8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,301	0,342
8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,295	0,331
8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,398	0,448
8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,382	0,444
8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,370	0,436
8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,287	0,325
8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,288	0,302
8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,279	0,287
8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,361	0,423
8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,349	0,386
8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,330	0,363
8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,287	0,325
8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,288	0,302
8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,279	0,287
8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,361	0,423
8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,349	0,386
8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,330	0,363
8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	0,568	0,674
8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	0,610	0,657
8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	0,597	0,640
8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	0,739	0,872
8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	0,727	0,824
8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	0,711	0,801
8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	0,558	0,610
8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	0,528	0,592
8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	0,495	0,547
8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	0,677	0,792
8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	0,662	0,736
8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	0,653	0,713
8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,345	0,402
8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,323	0,368
8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,304	0,343
8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,508	0,580
8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	0,496	0,538
8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	0,489	0,525

Çizelge 5.12. 14 derslikli okul binasının mevcut durumda x ve y yönündeki spektral ivmeleri

Model Adı	S _a -X(g)	S _a -Y(g)
14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,668	0,750
14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,634	0,640
14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,601	0,671
14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,757	0,734
14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,708	0,755
14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,737	0,769
14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,529	0,606
14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,570	0,650
14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,606	0,674
14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,685	0,739
14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,722	0,760
14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,746	0,782
14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,545	0,636
14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,590	0,683
14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,624	0,718
14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,721	0,790
14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,766	0,822
14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,794	0,838
14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	1,444	1,554
14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	1,570	1,660
14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	1,570	1,645
14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	1,697	1,947
14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	1,842	1,901
14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	1,806	1,866
14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1,195	1,269
14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1,181	1,200
14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1,169	1,141
14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	1,400	1,362
14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	1,335	1,384
14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1,282	1,443
14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,797	0,963
14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,776	1,020
14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,824	1,049
14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,970	1,164
14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1,020	1,197
14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1,061	1,232

Çizelge 5.13. 22 derslikli okul binasının mevcut durumda x ve y yönündeki spektral ivmeleri

Model Adı	S _a -X(g)	S _a -Y(g)
22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,478	0,479
22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,461	0,509
22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,488	0,531
22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,586	0,637
22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,778	0,752
22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,788	0,756
22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,433	0,481
22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,464	0,513
22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,491	0,535
22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,588	0,644
22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,784	0,771
22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,811	0,775
22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,444	0,497
22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,476	0,533
22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,504	0,557
22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,610	0,679
22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,848	0,838
22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,867	0,844
22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	1,420	1,563
22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	1,437	1,559
22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	1,296	1,300
22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	1,716	1,798
22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	1,701	1,728
22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	1,476	1,491
22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1,039	1,164
22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1,029	1,110
22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1,010	1,136
22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	1,174	1,269
22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	1,146	1,340
22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1,247	1,391
22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,682	0,943
22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,799	0,997
22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,861	1,030
22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	1,017	1,115
22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1,092	1,159
22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1,122	1,187

5.4.5. Mevcut durum için dayanım fazlalığı

Mevcut durum için dayanım fazlalığı, bir yapının mevcut taşıma kapasitesinin, belirli bir performans düzeyine karşılık gelen talep ile kıyaslanması sonucunda elde edilen kapasite fazlasını ifade etmektedir. Bu kavram, özellikle deprem etkisi altındaki yapısal güvenliğin değerlendirilmesinde önemli bir ölçüt olup, yapının tasarım yüklerinden daha yüksek seviyelerde yatay yüklere dayanıp dayanamayacağını ortaya koyar. Yapının doğrusal ya da doğrusal olmayan analiz yöntemleriyle elde edilen kapasite eğrisi üzerinden yapılan değerlendirmelerde, taban kesme kuvveti ile çatı yer değiştirmesi arasındaki ilişki dikkate alınarak dayanım fazlalığı tespit edilebilir. Elde

edilen bu veriler, yapının mevcut haliyle ne derece güvenli olduğunu ve olası güçlendirme ihtiyacını belirlemek açısından önemli bir referans oluşturmaktadır.

Bu çalışmada incelenen mevcut yapıların x ve y yönündeki dayanım fazlalıkları (D) 8 derslikli binalar için Çizelge 5.14. de, 14 derslikli binalar için Çizelge 5.15. de ve 22 derslikli binalar için Çizelge 5.16. da gösterilmektedir.

Çizelge 5.14. 8 derslikli okul binasının mevcut durumda x ve y yönündeki dayanım fazlalığı (D) değerleri

Model Adı	V _{b-x}	V _{b-y}	V _{t_x} (ton)	V _{t_y} (ton)	D (x)	D (y)
8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	163,94	191,64	73,88	68,74	0,45	0,36
8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	163,94	191,64	73,88	68,74	0,45	0,36
8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	163,94	191,64	73,88	68,74	0,45	0,36
8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	213,87	251,11	73,88	68,74	0,35	0,27
8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	213,87	251,11	73,88	68,74	0,35	0,27
8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	213,87	251,11	73,88	68,74	0,35	0,27
8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	154,39	173,39	106,72	95,18	0,69	0,55
8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	154,39	173,39	106,72	95,18	0,69	0,55
8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	154,39	173,39	106,72	95,18	0,69	0,55
8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	193,71	227,16	106,72	95,18	0,55	0,42
8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	193,71	227,16	106,72	95,18	0,55	0,42
8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	193,71	227,16	106,72	95,18	0,55	0,42
8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	135,60	148,97	128,09	107,65	0,94	0,72
8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	135,60	148,97	128,09	107,65	0,94	0,72
8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	135,60	148,97	128,09	107,65	0,94	0,72
8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	165,14	191,50	128,09	107,65	0,78	0,56
8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	159,86	177,02	128,09	107,65	0,80	0,61
8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	154,03	167,46	128,09	107,64	0,83	0,64
8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	303,60	363,17	237,70	221,03	0,78	0,61
8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	328,43	352,90	262,20	243,96	0,80	0,69
8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	319,09	344,13	281,19	261,74	0,88	0,76
8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	397,34	473,58	237,70	221,03	0,60	0,47
8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	389,96	442,51	262,20	243,96	0,67	0,55
8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	382,79	429,91	281,19	261,74	0,73	0,61
8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	298,11	331,92	285,87	262,58	0,96	0,79
8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	281,22	318,28	315,80	277,97	1,12	0,87
8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	263,17	291,85	330,88	278,08	1,26	0,95
8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	362,89	430,19	285,87	262,58	0,79	0,61
8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	359,72	404,74	315,80	277,97	0,88	0,69
8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	363,69	392,12	330,88	278,08	0,91	0,71
8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	180,85	213,01	264,70	178,46	1,46	0,84
8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	169,20	194,13	264,70	178,45	1,56	0,92
8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	158,55	180,35	264,70	178,42	1,67	0,99
8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	290,06	319,90	264,70	222,46	0,91	0,70
8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	281,25	295,78	264,70	222,45	0,94	0,75
8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	276,59	288,29	264,70	222,42	0,96	0,77

Çizelge 5.15. 14 derslikli okul binasının mevcut durumda x ve y yönündeki dayanım fazlalığı (D) değerleri

Model Adı	V _{b-x}	V _{b-y}	V _{t_x} (ton)	V _{t_y} (ton)	D (x)	D (y)
14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	1015,19	1192,06	341,04	347,34	0,34	0,29
14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	964,06	1009,08	313,98	306,44	0,33	0,30
14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	909,04	1057,72	313,95	306,50	0,35	0,29
14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	1153,00	1159,63	310,63	306,37	0,27	0,26
14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	1074,99	1193,92	313,98	306,44	0,29	0,26
14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	1119,33	1216,36	313,95	306,50	0,28	0,25
14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	798,29	953,68	318,53	310,80	0,40	0,33
14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	861,24	1022,95	319,07	311,20	0,37	0,30
14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	916,44	1062,42	318,71	310,94	0,35	0,29
14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	1038,34	1165,56	319,59	311,63	0,31	0,27
14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	1095,23	1201,34	319,07	311,20	0,29	0,26
14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	1132,31	1237,54	318,71	310,94	0,28	0,25
14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	819,80	999,44	354,35	345,99	0,43	0,35
14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	887,59	1072,76	354,74	346,29	0,40	0,32
14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	939,58	1128,65	354,49	346,09	0,38	0,31
14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	1091,36	1244,90	355,15	346,60	0,33	0,28
14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	1158,79	1297,52	354,74	346,29	0,31	0,27
14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	1202,36	1323,28	354,49	346,09	0,29	0,26
14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	2198,89	2452,79	1105,88	1079,39	0,50	0,44
14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	2400,41	2629,96	1102,42	1079,10	0,46	0,41
14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	2397,98	2608,40	1105,94	1079,27	0,46	0,41
14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	2572,84	3107,36	1000,03	1078,90	0,39	0,35
14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	2827,01	2999,94	1102,42	1079,10	0,39	0,36
14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	2765,85	2943,64	1105,94	1079,27	0,40	0,37
14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1827,97	1993,77	921,41	899,29	0,50	0,45
14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1784,81	1886,18	921,02	898,06	0,52	0,48
14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1765,59	1789,10	919,88	897,20	0,52	0,50
14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	2121,41	2146,42	921,41	899,29	0,43	0,42
14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	2021,41	2170,32	921,02	898,06	0,46	0,41
14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1941,62	2262,91	919,88	897,20	0,47	0,40
14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	1200,71	1505,58	733,71	716,10	0,61	0,48
14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1165,13	1596,12	732,90	715,47	0,63	0,45
14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	1238,09	1641,14	732,39	715,08	0,59	0,44
14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	1458,90	1823,63	733,71	716,10	0,50	0,39
14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1534,58	1874,39	732,90	715,47	0,48	0,38
14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1595,21	1930,52	732,39	715,08	0,46	0,37

Çizelge 5.16. 22 derslikli okul binasının mevcut durumda x ve y yönündeki dayanım fazlalığı (D) değerleri

Model Adı	V _{b-x}	V _{b-y}	V _{t-x} (ton)	V _{t-y} (ton)	D (x)	D (y)
22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	628,65	707,57	343,75	311,59	0,55	0,44
22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	600,71	750,48	348,32	318,34	0,58	0,42
22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	635,49	783,08	351,71	322,05	0,55	0,41
22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	764,54	941,36	343,75	311,59	0,45	0,33
22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	1022,19	1117,95	293,14	266,23	0,29	0,24
22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	1039,47	1123,87	291,74	265,24	0,28	0,24
22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	562,84	707,57	366,07	335,02	0,65	0,47
22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	602,88	754,26	370,48	339,05	0,61	0,45
22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	638,65	787,64	373,64	341,93	0,59	0,43
22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	765,58	950,19	366,07	335,02	0,48	0,35
22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	1030,26	1145,08	291,46	264,77	0,28	0,23
22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	1067,88	1152,02	290,32	263,74	0,27	0,23
22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	576,57	729,79	422,75	386,77	0,73	0,53
22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	617,45	782,29	427,65	391,13	0,69	0,50
22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	655,09	818,18	431,05	394,15	0,66	0,48
22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	794,01	1000,99	422,75	386,77	0,53	0,39
22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	1110,48	1239,72	320,82	291,42	0,29	0,24
22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	1136,62	1252,18	319,96	290,63	0,28	0,23
22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	1869,34	2324,85	1048,22	936,34	0,56	0,40
22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	1879,54	2304,12	1039,50	937,06	0,55	0,41
22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	1695,93	1923,54	1223,36	1116,70	0,72	0,58
22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	2249,60	2661,84	1048,22	936,34	0,47	0,35
22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	2226,72	2556,57	1039,50	937,06	0,47	0,37
22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	1927,72	2200,00	1223,36	1116,70	0,63	0,51
22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1355,19	1716,83	849,80	772,02	0,63	0,45
22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1343,44	1638,53	844,02	766,73	0,63	0,47
22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1319,01	1671,38	840,38	763,42	0,64	0,46
22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	1535,21	1865,92	849,80	772,02	0,55	0,41
22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	1486,20	1971,71	844,02	766,73	0,57	0,39
22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1622,65	2044,99	840,38	763,42	0,52	0,37
22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	882,76	1383,97	665,19	604,24	0,75	0,44
22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1034,46	1465,12	662,44	601,73	0,64	0,41
22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	1118,06	1512,98	660,71	600,14	0,59	0,40
22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	1318,85	1637,34	665,19	604,24	0,50	0,37
22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1420,58	1702,51	662,44	601,73	0,47	0,35
22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1460,51	1744,29	660,71	600,14	0,45	0,34

5.4.6. Mevcut durum yapılarının yeniden yapım maliyeti

Bir sonraki bölümde analizleri yapılan güçlendirilmiş okul binalarının güçlendirme maliyetlerinin fizibilitesi için mevcut yapının yeniden yapım maliyetinin de bilinmesi gerekmektedir.

Mevcut yapıların güçlendirilmesi ve iyileştirilmesi, genellikle bir binanın yeniden inşa edilmesinden daha ekonomik olabilir. Ancak, bazı durumlarda mevcut yapının tamamen yıkılıp yeniden inşa edilmesi gerekebilir. Bu durumda, yapının yeniden inşa maliyeti, tasarım, malzeme ve işçilik gibi faktörlerin birleşimiyle hesaplanır. Yeniden yapım maliyeti, genellikle yapının toplam alanı üzerinden hesaplanır ve belirli bir birim maliyetle çarpılır.

Yeniden inşa maliyetinin hesaplanmasında dikkate alınması gereken başlıca faktörler şunlardır:

- Birim Maliyet: Yapı türüne, zemin koşullarına, yapısal özelliklere ve kullanılan malzemelere göre değişen birim maliyet, yeniden yapım maliyetinin temelini oluşturur. Bu maliyet, genellikle yerel yönetmelikler ve inşaat sektöründeki güncel fiyatlar dikkate alınarak belirlenir.
- Toplam Alan: Yeniden yapım maliyeti hesaplanırken, mevcut yapının toplam inşaat alanı göz önüne alınır. Alan, genellikle metrekare (m²) olarak ölçülür ve birim maliyetle çarpılarak toplam yeniden yapım maliyeti bulunur.
- Kaba İnşaat Maliyeti: Yeniden inşa edilen yapının kaba inşaatı, genellikle toplam maliyetin önemli bir kısmını oluşturur. Kaba inşaat maliyeti, temelden başlayarak duvar, çatı, betonarme gibi ana yapı elemanlarının inşa edilmesiyle ilgilidir.
- İzin ve Ruhsat Maliyetleri: Yapının yeniden inşa edilmesi için gerekli olan izinler ve ruhsatlar da maliyet hesaplamasına dahil edilir. Bu masraflar yerel yönetimler tarafından belirlenen ücretlere göre değişir.
- Zemin Sınıfı ve Yapısal Gereksinimler: Yapının yer aldığı zemin sınıfı ve sismik risk gibi faktörler de yeniden yapım maliyetini etkileyebilir. Özellikle depreme dayanıklı yapılar için ek güçlendirme önlemleri gerekebilir.

Bu faktörler ışığında, mevcut yapıdaki binaların yeniden yapım maliyeti, genellikle mimari projeler ve mühendislik hesaplamalarıyla detaylı bir şekilde belirlenir. Yeniden inşa maliyetinin hesaplanması, güçlendirme seçeneklerinin ekonomik açıdan değerlendirilmesinde temel bir parametre oluşturur.

2025 yılı Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) tarafından yayımlanan Mimarlık ve Mühendislik Bedellerinin Hesabında Kullanılacak Yapı

Yaklaşık Birim Maliyetleri' ne göre, III. C grubu yapılarda birim maliyet 487 \$/ m² (19,150 TL/ m²) olarak belirlenmiştir. 8 derslikli, 14 derslikli ve 22 derslikli mevcut yapının toplam alanları ve bu alanlara göre yapılan hesaplamalarla yapıların yeniden inşa edilmesi durumunda ortaya çıkacak maliyet Çizelge 5.17'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.17. Mevcut yapıların yeniden yapım maliyetleri

Derslik Sayısı	Bina Boyutları (m x m)	Kat Sayısı	Toplam Alan (m ²)	Birim Maliyet (\$)	Yeniden İnşa Maliyeti (\$)
8 derslikli	21.90 x 14.70	2	643,86	487	313,560
14 derslikli	26.75 x 17.40	3	1396,35	487	680,023
22 derslikli	33.55 x 17.45	3	1756,34	487	855,338

6. MEVCUT BETONARME YAPILARIN GÜÇLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ

Deprem riski yüksek bölgelerde, yapılar üzerinde onarım ve güçlendirme uygulamaları yaygın bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Deprem sonucunda hasar görmüş yapı elemanlarının onarılması kadar, gelecekte meydana gelebilecek şiddetli sarsıntılara karşı yeterli dayanımı sağlayamayacak yapıların güçlendirilmesi de büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, mühendislik hataları, eksik veya hatalı işçilik, yapım sürecindeki kusurlar, yapıya ek kat ilavesi ya da kullanım amacındaki değişiklikler gibi durumlar da güçlendirme ve onarım ihtiyacını doğurabilmektedir.

Onarım, hasar görmüş bir yapı ya da yapı elemanının, deprem öncesindeki dayanım seviyesine yeniden ulaştırılmasını amaçlayan uygulamaları ifade ederken, güçlendirme, bir yapı ya da yapı elemanının hedeflenen dayanım seviyesine çıkarılması ve taşıyıcı sistemin rijitliğinin artırılması için gerçekleştirilen işlemler bütünüdür. Hasar görmüş yapılarda, hem eleman bazında onarım hem de sistem genelinde güçlendirme çalışmaları yapılabilir.

Onarım ve güçlendirme süreçleri, yapının yapısal özellikleri, maruz kaldığı problemler ve bu problemlerin binadaki yerleşimi doğrultusunda farklılıklar göstermektedir. Bu sebeple, tüm yapılar için geçerli olacak tek bir güçlendirme yönteminin uygulanması mümkün değildir. Her bir bina, kendine özgü yapısal problemlere sahip olduğundan, çözümler de özel olarak belirlenmelidir. Bu sürecin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi için alanında uzman, deneyimli teknik ekipler ve ileri düzeyde statik bilgi gerekmektedir.

Bu tezde, incelenen okul binalarının mevcut durumu STA4CAD 14.1 programı aracılığıyla modellenmiş ve gerekli veriler programa aktararak performans analizi yapılmıştır. Elde edilen analiz sonuçları doğrultusunda, yapı elemanlarının ve genel sistemin performans düzeyleri değerlendirilmiştir.

Analizler sonucunda, incelenen yapıların hedeflenen performans seviyelerine göre "kontrollü hasar" kriterini, burulma düzensizliği kriterini ve x ile y yönlerindeki kütle katılım oranı kriterini karşılamadığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, bazı yapı elemanlarının deprem etkisi altında göçme riski taşıdığı belirlenmiştir. Bu durum üzerine, her bir yapının güçlendirilmesi için üç farklı alternatif önerilmiş ve bu alternatifler çeşitli parametreler açısından karşılaştırılmıştır.

Güçlendirme sürecinde, öncelikli olarak yapının taşıyıcı sisteminin güçlendirilmesi hedeflenmiş ve bu doğrultuda okul binaları güçlendirilmiştir. Önerilen güçlendirme seçenekleri arasında betonarme perde ilavesi, kolonların betonarme mantolanması, perde ilavesi + kolonların mantolanması gibi çözümler bulunmaktadır. Ayrıca, gevrek hasar görmüş taşıyıcı elemanlar (kolonlar, kirişler) lifli polimerle (LP yada FRP) sarma yöntemi ile güçlendirilmiştir.

6.1. Perde İlavesi Yaparak Güçlendirme

Taşıma kapasitesi yetersiz olan betonarme yapılar, taşıyıcı sistemin dayanıklılığını ve rijitliğini artırmak amacıyla betonarme perde eklenerek güçlendirilebilir. Eklenen perdeler, aşağıda belirtilen iki farklı yöntemle uygulanabilir.

6.1.1. Çerçeve düzlemine betonarme perde eklenmesi

Deprem kuvvetlerine karşı yapıların dayanıklılığını artırmak amacıyla betonarme perde ilavesi yaygın bir güçlendirme yöntemidir. Perdelerin eklenmesindeki temel amaç, deprem sırasında oluşan yatay yüklerin önemli bir kısmını yeni elemanlara aktararak yapının rijitliğini artırmak ve yatay deplasmanlarını sınırlandırmaktır. Böylece, yapı daha güvenli ve kontrollü bir deprem performansı sergileyebilir.

Betonarme sisteme eklenecek perdeler, taşıyıcı sistemle uyumlu olacak şekilde çerçeve aksının içerisine, tercihen iki kolon arasına yerleştirilmeli ve temel seviyesinden itibaren en üst kata kadar süreklilik gösterecek biçimde inşa edilmelidir. Bu sürekliliğin sağlanması için, perdenin uç bölgelerinde ve gövde kısmında bulunan boyuna donatıların kesintisiz olarak perde boyunca devam etmesi gerekmektedir.

Perdelerin, yerleştirildiği taşıyıcı sisteme sağlam bir şekilde ankrajlanması, yük aktarımı açısından kritik bir faktördür. Bu bağlamda, ankraj çubuklarının deprem sırasında oluşabilecek gerilmelere karşı yeterli dayanımı sağlaması zorunludur. Kullanılacak ankraj çubuklarının çapı en az 16 mm olmalı, ankraj derinliği çubuk çapının en az on katı olarak belirlenmeli ve çubuklar arasındaki maksimum mesafe 40 cm'yi geçmemelidir. Önemli olan diğer bir hususta, sisteme eklenen perdelerin yük aktarımını etkin bir şekilde gerçekleştirebilmesi için, perde altına denk gelen bölgedeki temel sisteminin bu yükleri güvenli bir şekilde zemine iletecek şekilde tasarlanmasıdır.

Böylece, yapıya eklenen perdelerin taşıyıcı sisteme katkısı maksimize edilerek yapısal bütünlük sağlanmış olur.

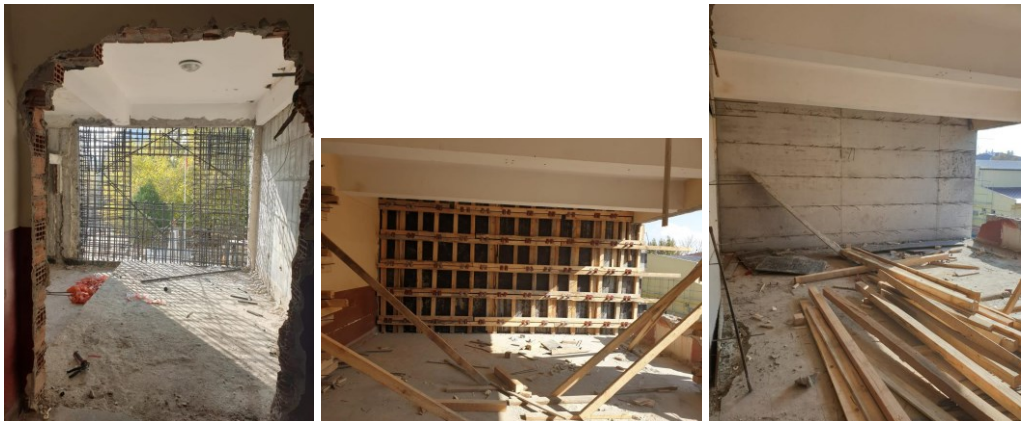
Güçlendirme sırasında betonarme perde eklenmesi aşamaları Şekil 6.1, Şekil 6.2 ve Şekil 6.3’ de verilmiş olup, Şekil 6.4’ de ise çizim detayları verilmiştir.



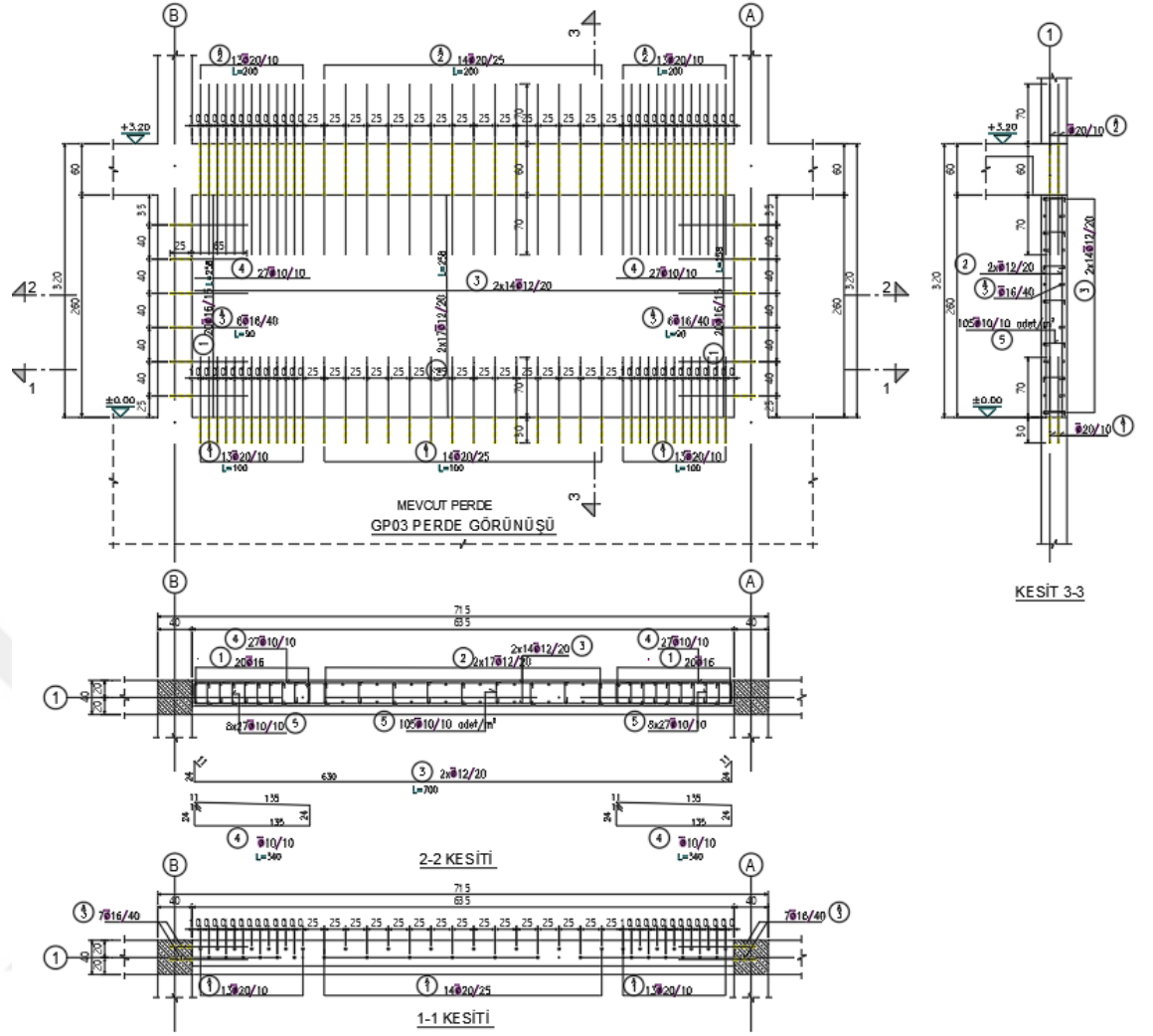
Şekil 6.1. Çerçeve düzlemine betonarme perde eklenmesi donatı imalatı (uzak görünüm)



Şekil 6.2. Çerçeve düzlemine betonarme perde eklenmesinde donatı imalatı (yakın görünüm)



Şekil 6.3. Çerçeve düzlemine betonarme perde eklenmesi imalatı



Şekil 6.4. Çerçeve düzlemine betonarme perde eklenmesi imalatı donatı detay çizimi

Şekil 6.4' de görüldüğü üzere perde ekleme imalatı yapılırken; eklenecek perdenin olduğu bölgede kırım işlemi yapıldıktan sonra, mevcut çerçeve sisteme bağlanması için çevresindeki betonarme elemanlara ankraj delikleri açılıp, donatı ankrajları yapılır. Sonrasında iç kısım donatıları yerleştirilir. Pencere/ kapı boşluğu olması halinde boşluğun etrafına boşluk donatıları atılır. Kalıbı çakılıp, betonu dökülür. Kalıp söküldükten sonra güçlendirme perdesinin statik olarak imalatı tamamlanmış olur.

6.1.2. Çerçeve düzlemine betonarme perde mantosu eklenmesi

Yapı sistemine eklenen perdeler, binanın dış cephesinde, taşıyıcı çerçeveye bitişik olarak inşa edilmelidir. Bununla birlikte, bu perdeler çerçeveye ankrajlanarak yapının tüm sisteminin birlikte çalışması sağlanmalıdır. Ankrajların, deprem sırasında

sıyrılmayacak kadar güçlü ve dayanıklı olması gerektiği unutulmamalıdır. Ayrıca, bu sistemin temel seviyesinden başlayarak en üst kat seviyesine kadar kesintisiz bir şekilde devam etmesi gerekmektedir. Bu düzenleme, yapının genel dayanıklılığını artırarak, yapı güvenliğini sağlamaya yardımcı olacaktır.

Ancak, uygulama aşamasında perde yüzeyindeki sıva tabakasının, donatıların çevrelediği çekirdek beton tabakasına kadar temizlenmesi büyük önem taşır. Aksi takdirde, yeni dökülen beton ile mevcut beton arasında yeterli bağlanma sağlanamayacak ve güçlendirme işlemi beklenen verimliliği sunmayacaktır.

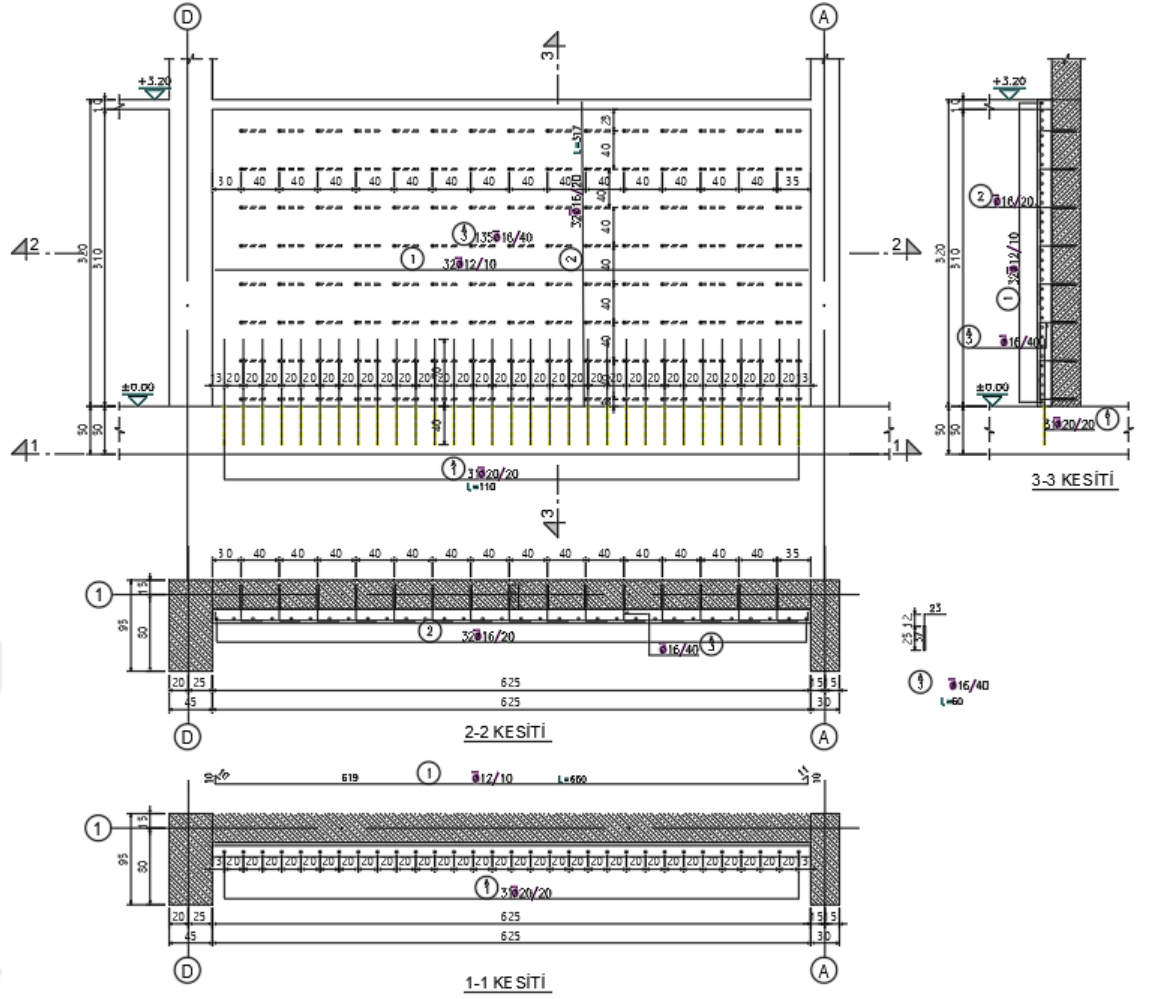
Güçlendirme sırasında betonarme perde mantosu eklenmesi aşamaları Şekil 6.5 ve Şekil 6.6’ da verilmiş olup, Şekil 6.7’ de ise çizim detayları verilmiştir.



Şekil 6.5. Çerçeve düzlemine betonarme perde mantosu eklenmesi imalatı



Şekil 6.6. Çerçeve düzlemine betonarme perde mantosu eklenmesi imalatı



Şekil 6.7. Çerçeve düzlemine betonarme perde mantosu eklenmesi imalatı donatı detay çizimi

Şekil 6.7' de görüldüğü üzere perde mantosu ekleme imalatı yapılırken; eklenecek perdenin olduğu bölgede sıva sökümü ve örseleme yapıldıktan sonra mevcut perdeye ankraj delikleri açılıp, donatı ankrajları yapılır. Sonrasında iç kısım donatıları yerleştirilir. Kalıbı çakılıp, betonu dökülür. Kalıp söküldükten sonra perde mantosunun statik olarak imalatı tamamlanmış olur.

6.2. Betonarme Kolon Mantosu Yaparak Güçlendirme

Kolonların güçlendirilmesinde günümüzde en yaygın kullanılan yöntemlerden biri mantolamadır. Bu yöntemin temel amacı, kolonun betonarme kesitini ve boyuna donatı miktarını artırarak taşıma kapasitesini yükseltmektir. Mantolama uygulaması sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli unsurlardan biri, mevcut beton ile yeni

eklenen beton arasındaki aderansın sağlanmasıdır. Bunun yanı sıra, eski ve yeni donatıların uygun şekilde ankrajlanarak birlikte çalışması ve yükün her iki malzeme tarafından ortaklaşa karşılanması gerektiği unutulmamalıdır.

Mantolama işlemi ile hedeflenen temel amaçlardan biri, kolonun normal kuvvet dayanımının artırılmasıdır. Ancak, uygulama öncesinde kolon yüzeyindeki sıva tabakasının, donatıların çevrelediği çekirdek beton tabakasına kadar temizlenmesi büyük önem taşır. Bu işlem doğru şekilde yapılmazsa, yeni dökülen beton ile mevcut beton arasındaki bağlanma sağlanamaz ve güçlendirme işlemi beklenen verimi vermez.

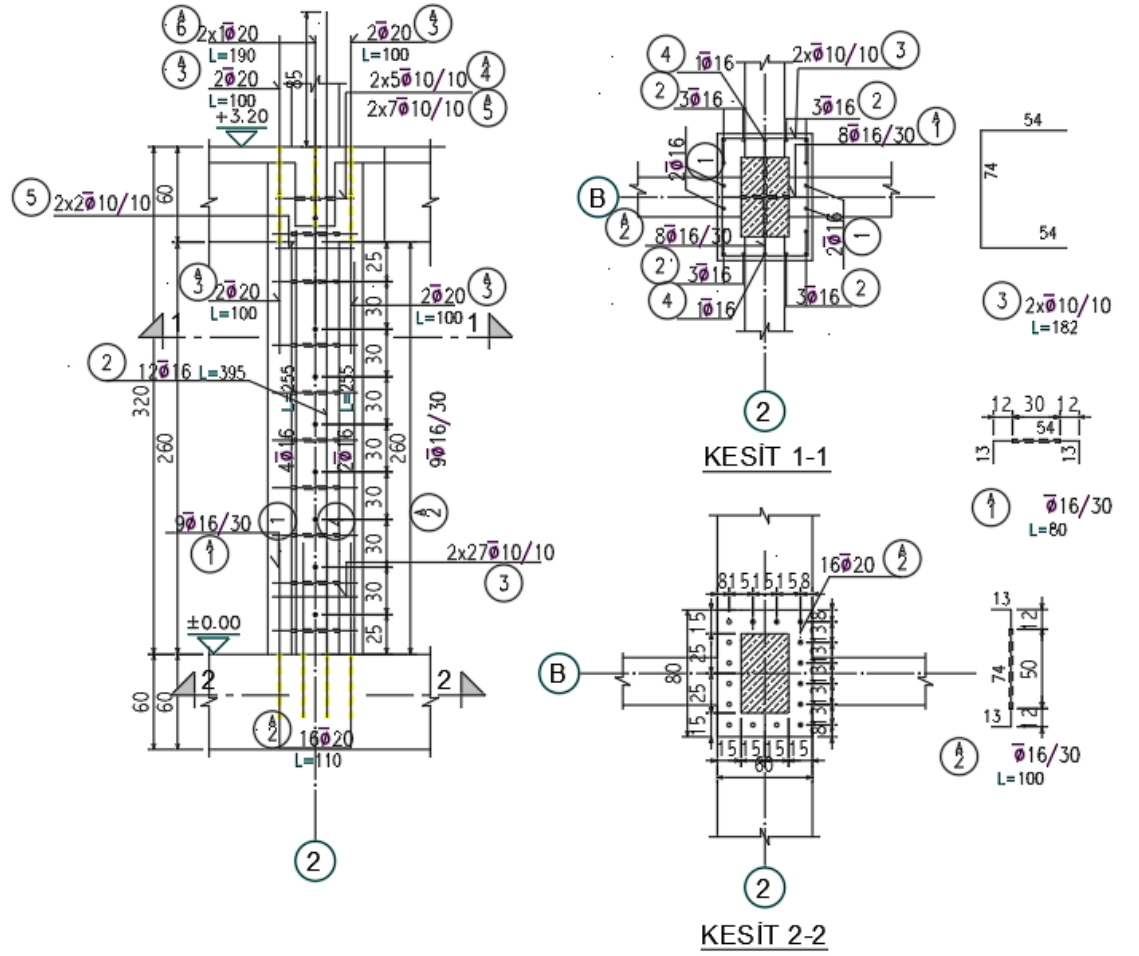
Güçlendirme sırasında betonarme kolon mantosu eklenmesi aşamaları Şekil 6.8 ve Şekil 6.9’ da verilmiş olup, Şekil 6.10’ da ise çizim detayları verilmiştir.



Şekil 6.8. Kolon manto imalatı (2. Resim (Öncü, 2011))



Şekil 6.9. Kolon manto imalatı



Şekil 6.10. Kolon manto imalatı donatı detay çizimi

Mevcut kolon yüzeyinde teşkil edilecek çıkıntıların (dişlerin) eski ve yeni elemanların birlikte çalışmasına etkisi oldukça fazladır. Ayrıca eski kolonun çekirdek kısmından geçecek çiroz ve etriyelerin de bu duruma faydasının olduğu unutulmamalıdır (Bayülke, 1995).

Kolon kesitlerinin büyütülmesi, yapının kesme, basınç mukavemeti ve eğilme momenti dayanımını önemli ölçüde artıran bir güçlendirme yöntemidir. Bu işlem, özellikle mantolama uygulamalarında, kolonun taşıma kapasitesinin artırılmasında önemli rol oynar. Mantolama yapılan kolonlarda, boyuna donatının alt ve üst katlar arasında devamlı olarak bağlanması, kolonun taşıma kapasitesini, eğilme momenti dayanımını ve sünekliğini artırarak yapının performansını önemli ölçüde iyileştirir. Kolon ve kiriş birleşim bölgelerinde ise uygun boşlukların açılması ve bu bölgelere yeterli miktarda enine donatı yerleştirilmesi, yapının güçlendirilmesi açısından kritik

öneme sahiptir. Bu düzenlemeler, taşıyıcı elemanların güçlendirilmesini ve sistemin genel dayanıklılığını artırır.

Deneysel çalışmalar, kolonların dört tarafının mantolanmasının, en yüksek performans seviyesine ulaşılmasını sağladığını göstermektedir. Ancak, mimari kısıtlamalar nedeniyle bu yöntem her zaman uygulanabilir olmayabilir. Yine de, etkili bir güçlendirme için en az üç tarafın mantolanmasının gerektiği ve bu durumun diğer seçeneklere göre daha verimli olduğu bilinmektedir.

Betonarme kolonların beton ile sarılması, sadece hasar görmüş kolonların güçlendirilmesi için değil, aynı zamanda diğer güçlendirme yöntemleri uygulandıktan sonra bazı kolonların yetersiz performans göstermesi durumunda da tercih edilmektedir. Örneğin, bir aks üzerinde iki kolon arasına betonarme perde eklenmesi, bu elemanlara daha fazla deprem yükü etki edebilir. Bu durumda, perde uçlarındaki kolonların düşük donatı oranı, malzeme dayanımının yetersizliği veya etriye eksikliği gibi faktörler nedeniyle kolonların dayanımı yetersiz kalabilir. Yapısal bütünlüğün korunabilmesi için bu kolonların da uygun şekilde mantolanarak güçlendirilmesi gerekmektedir.

Kolon mantosu ekleme imalatı sırasında, eklenecek kolonun bulunduğu bölgede sıva sökümü ve örseleme işlemleri yapılır. Ardından, mevcut kirişe ankraj delikleri açılır ve ankrajlar uygulanır. Döşemeye gelen kısımda donatıya zarar vermeden kırılır ve donatılar filiz olarak devam ettirilir. Sonrasında, donatılar yerleştirilir, kalıp çakılır ve beton dökülür. Kalıp söküldükten sonra, kolon mantosunun statik olarak imalatı tamamlanmış olur.

6.3. Karbon Lifli Polimer (CFRP) Sararak Güçlendirme

Mantolama yöntemi, bazı durumlarda yapının mimari tasarımını olumsuz yönde etkileyebilir ve kullanım alanını daraltabilir. Bu gibi durumlarla karşılaşıldığında, kolonları güçlendirmek için FRP (Fiber Reinforced Polymer) kullanımı daha uygun bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Fakat FRP' nin kolonların sünekliğini ve kesme kapasitesini artıracığı, eğer kolonda denge üstü kırılma varsa çekirdek betonun basınç dayanımına da pozitif etki ederek moment kapasitesine de katkıda bulunabileceği de bilinmelidir. Bu durum FRP' nin kullanımında tasarımcının kolon davranışı ile ilgili sınırları iyi bilmesi gerektiğini de göstermektedir.

Son yıllarda, neredeyse tüm yapıların taşıyıcı elemanlarına uygulanabilen bu güçlendirme tekniği yaygınlaşmıştır. FRP 'nin başlıca avantajları arasında, karbon

liflerinin korozyona karşı dirençli olması, hafif yapısı ve yüksek mukavemeti bulunmaktadır. Ayrıca, bu malzemenin uygulanması sırasında yapının mevcut kullanımına engel olunmaz ve elemanların boyutlarında herhangi bir artışa neden olunmaz, bu da özellikle alan kısıtlamalarının bulunduğu projelerde büyük bir avantaj yaratır.

Kolonların etrafına etriyelere paralel bir şekilde sarılan karbon lifleri, kolonların taşıma kapasitesini ve eğilme dayanımını artırırken, yapının ölü yükünü etkilemez ve sehim miktarını da azaltır. Bu sayede, yapının genel dayanıklılığı artırılır ve güçlendirme sağlanmış olur.

Güçlendirme sırasında FRP eklenmesi örnekleri Şekil 6.11’ de verilmiştir.



Şekil 6.11. Kolona FRP sarılması imalatı

Şekil 6.11’ de görüldüğü üzere FRP imalatı yapılırken; eklenecek perdenin/kolonun/kirişin olduğu bölge temizlenir. Tamir gerektiren bir yer varsa tamir harcıyla tamir edilir. Betonarme yüzeye FRP firmasının önerdiği harç uygulanır. Harcın üzerine FRP şeritleri yapıştırılıp kurumaya bırakılır.

7. MEVCUT BETONARME OKUL BİNALARININ GÜÇLENDİRİLMESİ

Bu çalışma kapsamında daha önceki bölümlerde de söylendiği gibi 8,14 ve 22 derslikli olmak üzere 3 farklı tip okul binası incelenmiştir. Her biri için iki farklı PGA değeri (0.295 m/s^2 olan Ankara/Çankaya ve 0.995 m/s^2 olan Sakarya/Adapazarı) alınmıştır. Mevcut yapıların bulunduğu yerel zemin sınıfları (ZC, ZD ve ZE), yapıların mevcut donatı sınıfları (S220, S420), yapıların mevcut beton dayanımlarının (10, 15 ve 20 MPa) değişkenliği dikkat alınmıştır. Her bir okul binası tipi için 36 farklı tip model yapılmış olup, toplamda 108 adet mevcut durum modeli hazırlanmıştır. Bu mevcut durum modelleri üç farklı güçlendirme (betonarme perde ilavesi yapmak, kolonları mantolamak, hem perde ilavesi yapıp hem de kolonların mantolanması) yöntemiyle güçlendirilmiş, her bir güçlendirme DD1 ve DD3 deprem yer hareketi düzeyine göre kontrol edilmiştir.

Güçlendirilen okul binaları, TBDY 2018'e göre hedeflenen performans seviyesi olan DD-1 deprem yer hareketi için "Kontrollü Hasar" düzeyini sağladığı gibi, burulma düzensizliği katsayısı n_b 'nin 1.4' den küçük olma koşulunu ve x ve y yönündeki kütle katılım oranının %70'den büyük olma koşulunu da sağlamıştır.

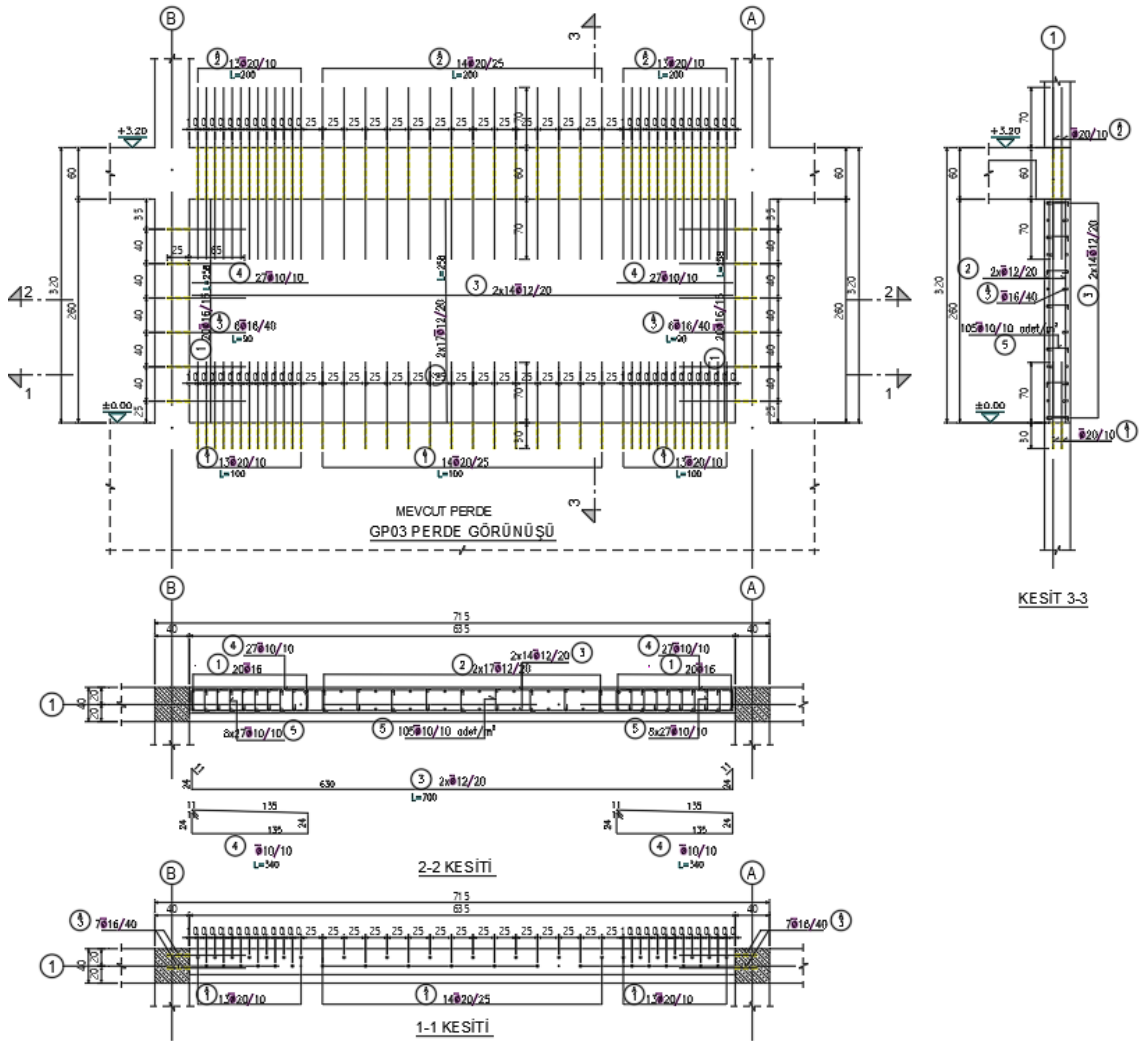
7.1. Okul Binası Tiplerinin Betonarme Perde İlave Edilerek Güçlendirmesi

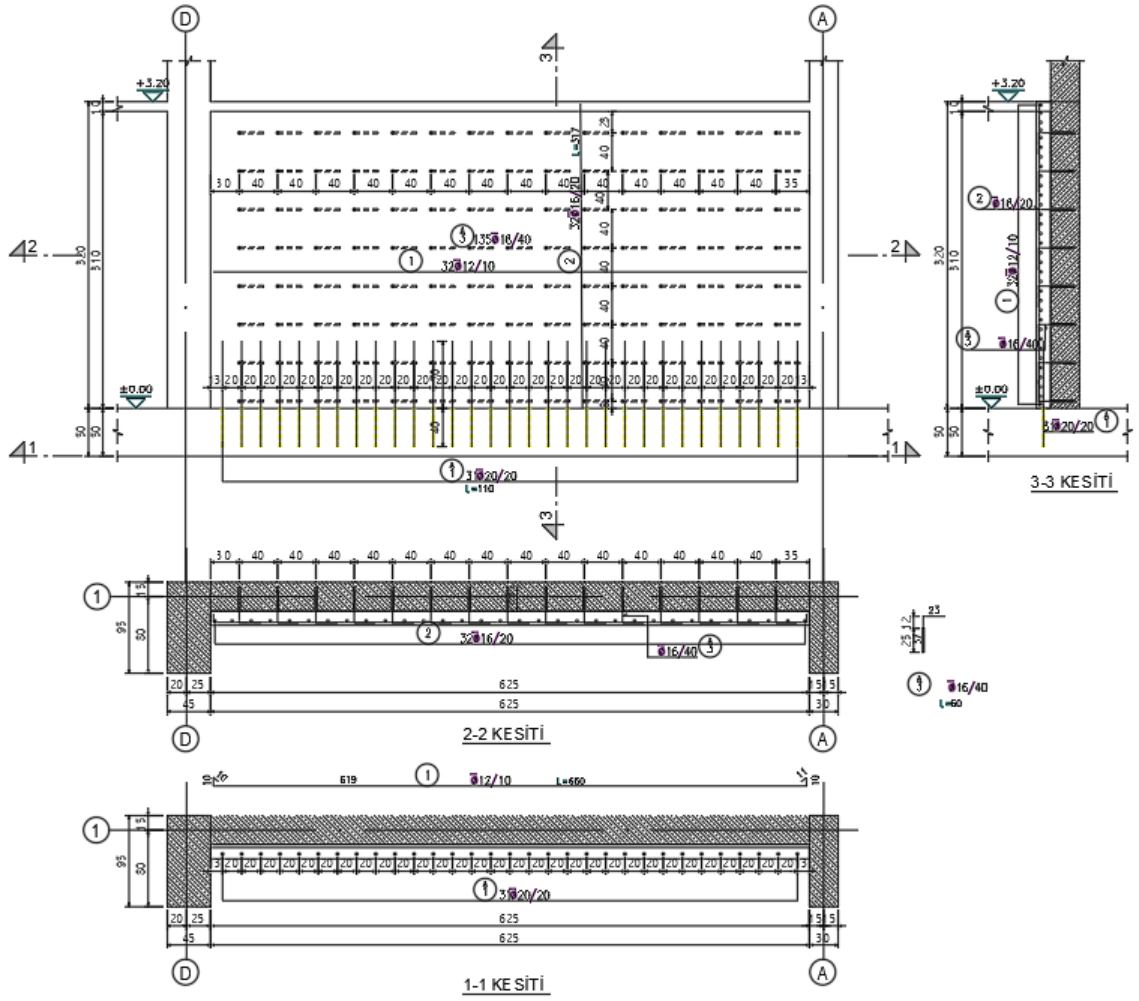
Yapı sistemine eklenen betonarme perdeler, taşıyıcı sistemin güçlendirilmesi için önemli bir çözüm sunmaktadır. Bu perdeler, yapının dayanımını artırırken, bireysel olarak yetersiz kalan kolon veya kiriş gibi elemanların güçlendirilmesi amacıyla CFRP ilavesiyle desteklenmiştir. Betonarme perdelerin yerleşimi, taşıyıcı sistemin simetrisini bozmadan yapılmıştır. Bu yerleşim sırasında, yapının rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki mesafenin minimize edilmesine özen gösterilmiştir. Bu düzenleme, yapının deprem yükleri altındaki performansını optimize etmeyi ve burulma etkilerini en aza indirmeyi hedeflemiştir.

Perdelerin konumu belirlenirken, yalnızca statik yeterlilik değil, aynı zamanda yapının dinamik davranışları da dikkate alınarak tasarım yapılmıştır. Bu sayede, yapının tümleşik sismik davranışının iyileştirilmesine katkı sağlanmıştır. Eklenen betonarme perdeler, taşıyıcı sistemin yatay yük kapasitesini artırmanın yanı sıra, yanal yer değiştirmeleri sınırlayarak yapının rijitliğini artırmaktadır.

Bu perdeler, C30 beton sınıfı ve B420c çelik donatı sınıfına sahip olup, mimari planlamaya uygun olarak, yapıda duvar olan bölgelere ve kolonlar arasına yerleştirilmiştir. Böylece, hem mimari bütünlük korunmuş hem de çerçeve davranışına uygun bir taşıyıcı sistem elde edilmiştir. Bu güçlendirme yöntemi, yapının deprem performansını artırmaya yönelik etkili bir çözüm sunmaktadır.

Şekil 7.1’ de yeni eklenen güçlendirme perdelerinde kullanılan tip donatı detayı gösterilmektedir.





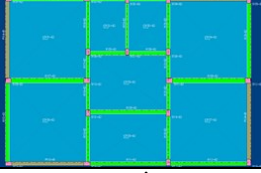
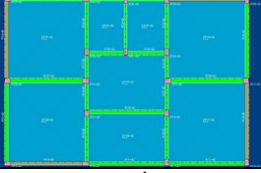
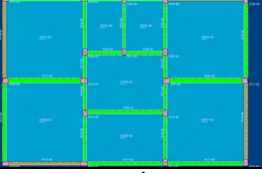
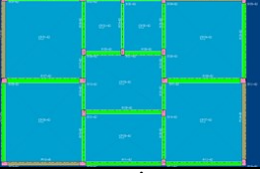
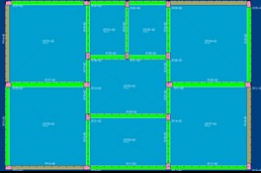
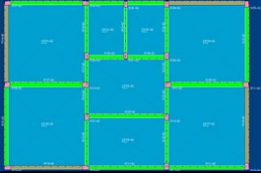
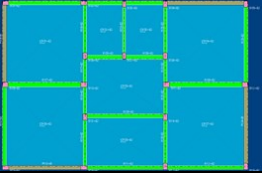
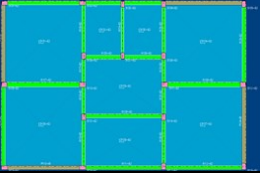
Şekil 7.1. Yeni eklenen güçlendirme perdelerinin tip donatı detayı

7.1.1. 8 derslikli okul binası tiplerinin betonarme perde ilave edilerek güçlendirmesi

Çizelge 7.1' de 8 derslikli okul binası tiplerinin betonarme perde ilave edilerek STA4CAD programı ile güçlendirildiği durumlar gösterilmiştir.

Çizelge 7.1. 8 derslikli okul binası tiplerinin betonarme perde ilave edilerek güçlendirmesi

P_8_DERSLİK_0.295_ ZC 220 C10	P_8_DERSLİK_0.295_ ZC 220 C15	P_8_DERSLİK_0.295_ ZC 220 C20	P_8_DERSLİK_0.295_ ZC 420 C10
P_8_DERSLİK_0.295_ ZC 420 C15	P_8_DERSLİK_0.295_ ZC 420 C20	P_8_DERSLİK_0.295_ ZD 220 C10	P_8_DERSLİK_0.295_ ZD 220 C15
P_8_DERSLİK_0.295_ ZD 220 C20	P_8_DERSLİK_0.295_ ZD 420 C10	P_8_DERSLİK_0.295_ ZD 420 C15	P_8_DERSLİK_0.295_ ZD 420 C20
P_8_DERSLİK_0.295_ ZE 220 C10	P_8_DERSLİK_0.295_ ZE 220 C15	P_8_DERSLİK_0.295_ ZE 220 C20	P_8_DERSLİK_0.295_ ZE 420 C10
P_8_DERSLİK_0.295_ ZE 420 C15	P_8_DERSLİK_0.295_ ZE 420 C20	P_8_DERSLİK_0.995_ ZC 220 C10	P_8_DERSLİK_0.995_ ZC 220 C15
P_8_DERSLİK_0.995_ ZC 220 C20	P_8_DERSLİK_0.995_ ZC 420 C10	P_8_DERSLİK_0.995_ ZC 420 C15	P_8_DERSLİK_0.995_ ZC 420 C20
P_8_DERSLİK_0.995_ ZD 220 C10	P_8_DERSLİK_0.995_ ZD 220 C15	P_8_DERSLİK_0.995_ ZD 220 C20	P_8_DERSLİK_0.995_ ZD 420 C10

			
P_8_DERSLİK_0.995_ ZD 420 C15	P_8_DERSLİK_0.995_ ZD 420 C20	P_8_DERSLİK_0.995_ ZE 220 C10	P_8_DERSLİK_0.995_ ZE 220 C15
			
P_8_DERSLİK_0.995_ ZE 220 C20	P_8_DERSLİK_0.995_ ZE 420 C10	P_8_DERSLİK_0.995_ ZE 420 C15	P_8_DERSLİK_0.995_ ZE 420 C20

Çizelge 7.2’ de, 8 derslikli okul binası tiplerinin perde ilave edilerek güçlendirildiği durumlarının özetleri vardır.

Çizelge 7.2. 8 derslikli okul binalarının perde ilave edilerek güçlendirildiği durumlarının özetleri

Model Adı	Eklenen Elemanlar
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	2 Perde 30 cm(2) + 3 FRP(1)
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	2 Perde 30 cm(2)
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	1 Perde 30 cm(2)
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	2 Perde 30 cm(2) + 3 FRP(1)
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	2 Perde 30 cm(2)
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	2 Perde 30 cm(2)
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	2 Perde 30 cm(2) + 3 Perde 30 cm(1) + 1 FRP(1)
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	2 Perde 30 cm(2) + 1 Perde 30 cm(1) + 1 FRP(1)
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	1 Perde 30 cm(2)
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	2 Perde 30 cm(2) + 4 Perde 30 cm(1) + 1 FRP(1)
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	2 Perde 30 cm(2) + 2 Perde 30 cm(1) + 1 FRP(1)
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	2 Perde 30 cm(2) + 1 Perde 30 cm(1)
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	2 Perde 40 LİK(2) + 4 Perde 40 LİK(1) + 5 FRP(1)
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	2 Perde 30 cm(2) + 4 Perde 30 cm(1) + 1 FRP(2)
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	2 Perde 30 cm(2) + 4 Perde 30 cm(1)
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	2 Perde 40 LİK(2) + 4 Perde 30 cm(1) + 5 FRP(1)
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	2 Perde 30 cm(2) + 4 Perde 30 cm(1) + 1 FRP(1)
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	2 Perde 30 cm(2) + 2 Perde 30 cm(1)
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	4 Perde 30 cm(2)
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	4 Perde 30 cm(2)
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	4 Perde 30 cm(2)
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	4 Perde 30 cm(2)
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	4 Perde 30 cm(2)
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	4 Perde 30 cm(2)
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	4 Perde 30 cm(2)
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	4 Perde 30 cm(2)
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	4 Perde 30 cm(2)
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	4 Perde 30 cm(2)
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	4 Perde 30 cm(2)
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	4 Perde 30 cm(2)
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	4 Perde 30 cm(2)
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	4 Perde 30 cm(2)
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	4 Perde 30 cm(2)
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	4 Perde 30 cm(2)
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	4 Perde 30 cm(2)
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	4 Perde 30 cm(2)

Çizelge 7.2’ de, parantez içi gösterim; ilgili güçlendirme elemanının yapının kaç katında kullanıldığını ifadelendirmektedir.

7.1.1.1. x ve y yönündeki kütle katılım oranlarının karşılaştırılması

TBDY 2018’e göre x ve y yönündeki kütle katılım oranının %70’den büyük olması istenmektedir. Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki kütle katılım oranları Çizelge 7.3’ de gösterilmektedir.

Çizelge 7.3. Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki kütle katılım oranları

Model Adı	Güçlendirme- KKO _x (%)	Güçlendirme- KKO _y (%)
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	86,8	85,2
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	87,7	85,7
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	87,0	86,4
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	85,1	88,3
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	86,3	88,5
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	87,0	86,4
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	83,1	81,2
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	85,4	85,7
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	87,0	86,4
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	82,2	79,5
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	84,7	82,4
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	86,0	86,2
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	77,9	79,2
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	83,4	79,8
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	84,0	79,9
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	80,4	81,2
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	83,2	79,7
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	85,4	82,6
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	87,9	88,1
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	88,1	88,4
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	88,3	88,5
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	87,9	88,1
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	88,1	88,4
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	88,3	88,5
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	87,9	88,1
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	88,1	88,4
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	88,3	88,5
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	87,9	88,1
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	88,1	88,4
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	88,3	88,5
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	87,9	88,1
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	88,1	88,4
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	88,3	88,5
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	87,9	88,1
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	88,1	88,4
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	88,3	88,5

TBDY 2018'e göre, yapılarda x ve y doğrultularındaki birinci mod kütle katılım oranlarının her iki yönde de %70'in üzerinde olması gerekmektedir. Çizelge 7.3' de görüldüğü gibi bu kapsamda oluşturulan tüm yapısal modellerde söz konusu sınır değerin sağlanmasına özen gösterilmiştir.

7.1.1.2. x ve y yönündeki periyot değişimlerinin karşılaştırılması

Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki periyotları Çizelge 7.4' de gösterilmektedir.

Çizelge 7.4. Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki periyotlar

Model Adı	Güçlendirme- T _x (sn)	Güçlendirme- T _y (sn)
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,527	0,161
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,489	0,126
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,471	0,178
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,515	0,079
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,483	0,078
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,471	0,178
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,488	0,069
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,471	0,073
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,471	0,178
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,478	0,066
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,461	0,071
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,446	0,073
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,411	0,058
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,449	0,065
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,424	0,065
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,439	0,060
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,448	0,065
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,438	0,070
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	0,083	0,082
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	0,082	0,081
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	0,082	0,081
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	0,083	0,082
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	0,082	0,081
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	0,082	0,081
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	0,083	0,082
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	0,082	0,081
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	0,082	0,081
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	0,083	0,082
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	0,082	0,081
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	0,082	0,081
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,083	0,082
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,082	0,081
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,082	0,081
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,083	0,082
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	0,082	0,081
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	0,082	0,081

Yapıların dinamik davranışlarının değerlendirilmesinde temel titreşim periyotları önemli bir parametre olup, bu çalışmada x ve y yönlerindeki birinci mod periyotları hem mevcut durumda hem de güçlendirme sonrası durum için karşılaştırılmıştır. Güçlendirme uygulamaları sonrasında periyot değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bu da yapı rijitliğindeki artışın bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Çizelge 7.4’ de görüldüğü gibi elde edilen sonuçlar, yapılan güçlendirme müdahalelerinin yapının dinamik özelliklerine etkisini ortaya koymak açısından önemli bulgular sunmuştur.

7.1.1.3. Spektral deplasman değişimlerinin karşılaştırılması

Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasmanlar Çizelge 7.5’ de, mevcut durum ve güçlendirilmiş durumun kıyaslandığı spektral deplasman değişimi (S_d^{son}/S_d^{ilk}) Çizelge 7.6’ da gösterilmektedir.

Çizelge 7.5. 8 derslikli okul binasına perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasmanları

Model Adı	S_d-x (mm)	S_d-y (mm)
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	40,55	3,50
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	38,17	3,33
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	36,81	6,68
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	38,02	1,32
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	37,32	1,30
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	36,76	6,60
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	50,02	0,76
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	48,02	0,93
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	50,11	6,75
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	47,60	0,67
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	44,93	0,83
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	42,31	0,93
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	44,60	0,52
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	58,13	0,48
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	53,11	0,42
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	45,47	0,54
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	48,63	0,65
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	48,85	0,79
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	9,77	7,63
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	8,59	6,46
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	7,52	5,50
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	8,39	6,3
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	7,09	4,94
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	6,07	4,89
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	4,95	3,83
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	3,86	3,73
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	3,77	3,63
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	3,90	3,76
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	3,83	3,74
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	3,78	3,64
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	2,56	2,52
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	2,51	2,46
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	2,49	2,44
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	2,65	2,50
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	2,93	2,35
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	3,07	2,66

Çizelge 7.6. 8 derslikli okul binasına perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasman değişimi (S_d^{son}/S_d^{ilk})

Model Adı	S_d^{son}/S_d^{ilk} (x)	S_d^{son}/S_d^{ilk} (y)
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,92	0,09
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,95	0,09
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,99	0,20
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,86	0,04
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,94	0,04
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,99	0,20
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,77	0,01
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,82	0,02
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,94	0,15
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,74	0,01
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,78	0,02
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,82	0,02
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,69	0,01
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,99	0,01
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,99	0,01
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,70	0,01
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,84	0,01
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,95	0,02
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	0,07	0,06
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	0,07	0,06
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	0,06	0,05
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	0,06	0,05
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	0,05	0,04
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	0,05	0,05
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	0,03	0,02
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	0,03	0,03
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	0,03	0,03
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	0,02	0,02
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	0,02	0,03
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	0,03	0,03
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,02	0,02
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,02	0,02
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,02	0,02
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,01	0,01
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	0,02	0,01
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	0,02	0,02

Çalışmada, yapıların mevcut ve güçlendirilmiş durumlarına ait x ve y yönlerindeki spektral deplasman değerleri karşılaştırılarak güçlendirme uygulamalarının yatay yer değiştirme taleplerine etkisi incelenmiştir. Spektral deplasman, yapının sismik etkinlikler karşısındaki deplasman taleplerini yansıtan önemli bir parametre olup, güçlendirme sonrası elde edilen değerler yapısal rijitliğin arttığını ve deplasman taleplerinde azalma sağlandığını göstermektedir. Bunun nedeni, güçlendirme ile yapının rijitliğinin artması ve doğal periyodunun kısılmasıdır. Çizelge 7.6’ da görüldüğü gibi bu kapsamda yapılan karşılaştırmalar, güçlendirme stratejilerinin yapı performansı üzerindeki etkilerini değerlendirme açısından önemli bulgular sunmuştur.

7.1.1.4. Spektral ivme değişimlerinin karşılaştırılması

Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivmeler Çizelge 7.7’ de, mevcut durum ve güçlendirilmiş durumun kıyaslandığı spektral ivme değişimi (S_a^{son}/S_a^{ilk}) Çizelge 7.8’ de gösterilmektedir.

Çizelge 7.7. 8 derslikli okul binasına perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivmeleri

Model Adı	S _a -x (g)	S _a -y (g)
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,42	0,81
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,41	0,81
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,37	0,67
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,54	0,83
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,55	0,84
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,51	0,78
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,41	0,67
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,38	0,70
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,33	0,67
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,52	0,65
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,48	0,69
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,46	0,69
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,33	0,62
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,33	0,65
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,32	0,64
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,40	0,62
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,39	0,64
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,37	0,66
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	2,04	2,21
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	2,19	2,32
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	2,29	2,38
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	2,25	2,37
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	2,42	2,36
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	2,40	2,51
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1,55	1,68
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1,60	1,85
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1,76	2,00
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	1,66	1,82
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	1,73	1,96
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1,96	2,18
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	1,38	1,47
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1,44	1,46
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	1,47	1,45
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	1,52	1,40
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1,71	1,34
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1,82	1,62

Çizelge 7.8. 8 derslikli okul binasına perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivme değişimi (S_a^{son}/S_a^{ilk})

Model Adı	S_a^{son}/S_a^{ilk} (x)	S_a^{son}/S_a^{ilk} (y)
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	1,37	2,28
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	1,36	2,36
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	1,25	2,03
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	1,36	1,86
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	1,44	1,89
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	1,39	1,79
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	1,42	2,07
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	1,30	2,30
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	1,18	2,34
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	1,44	1,53
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	1,38	1,78
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	1,38	1,91
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	1,16	1,89
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	1,16	2,14
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	1,14	2,23
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	1,10	1,47
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	1,13	1,66
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	1,13	1,83
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	3,59	3,28
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	3,58	3,53
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	3,84	3,73
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	3,04	2,72
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	3,33	2,87
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	3,37	3,14
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	2,77	2,76
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	3,03	3,13
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	3,55	3,66
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	2,45	2,29
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	2,61	2,66
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	3,00	3,06
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	4,00	3,65
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	4,46	3,96
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	4,84	4,23
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	2,98	2,42
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	3,44	2,49
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	3,73	3,08

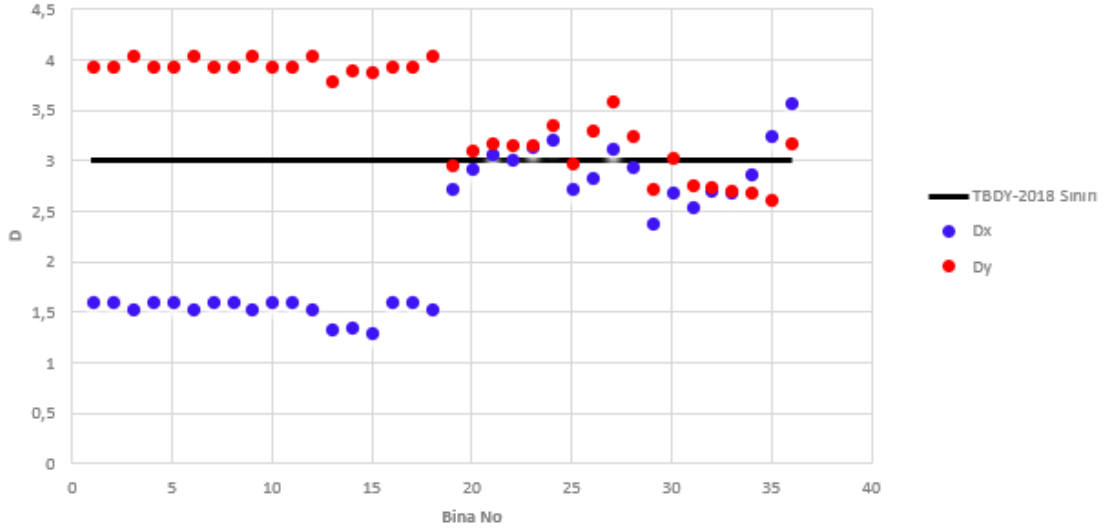
Yapıların sismik davranışlarının değerlendirilmesinde önemli bir parametre olan spektral ivme değerleri, bu çalışmada hem mevcut hem de güçlendirilmiş durumlar için x ve y yönlerinde ayrı ayrı incelenmiştir. Spektral ivme, yapının dinamik karakteristiğini ve yer hareketine karşı vereceği tepkiyi yansıttığından, bu değerlerdeki değişim güçlendirme uygulamalarının etkinliğini ortaya koymaktadır. Güçlendirme sonrası spektral ivme değerlerinde gözlenen artış, yapı rijitliğindeki yükselmeye ve buna bağlı olarak doğal periyodun azalmasına işaret etmekte olup, bu durum yapıların deprem etkilerine karşı daha kararlı hale geldiğini göstermektedir. Çizelge 7.8’ de görüldüğü gibi elde edilen sonuçlar, güçlendirme stratejilerinin yapının sismik yanıtı üzerindeki etkisini değerlendirme açısından önemli katkılar sağlamaktadır.

7.1.1.5. Dayanım fazlalığı değişimlerinin karşılaştırılması

Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı (D) değerleri Çizelge 7.9’ da, tüm tiplerdeki x ve y yönündeki dayanım fazlalığı grafiği Şekil 7.2’ de ve dayanım fazlalığı değişimi ise (Dson/Dilk) Çizelge 7.10’ da gösterilmektedir.

Çizelge 7.9. 8 derslikli okul binasına perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı (D) değerleri

Model Adı	V _{b-x}	V _{b-y}	V _{t-x} (ton)	V _{t-y} (ton)	D (x)	D (y)
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	215,31	348,76	134,66	88,46	1,60	3,94
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	220,30	350,84	137,55	89,33	1,60	3,93
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	208,56	371,92	136,22	91,83	1,53	4,05
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	215,31	348,76	134,66	88,46	1,60	3,94
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	220,30	350,84	137,55	89,33	1,60	3,93
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	208,56	371,92	136,22	91,83	1,53	4,05
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	215,31	348,76	134,66	88,46	1,60	3,94
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	220,30	350,84	137,55	89,33	1,60	3,93
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	208,56	371,92	136,22	91,83	1,53	4,05
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	215,31	348,76	134,66	88,46	1,60	3,94
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	220,30	350,84	137,55	89,33	1,60	3,93
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	208,56	371,92	136,22	91,83	1,53	4,05
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	175,24	325,14	131,36	85,61	1,33	3,80
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	186,60	348,34	137,73	89,33	1,35	3,90
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	178,98	344,54	137,61	88,63	1,30	3,89
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	215,31	348,76	134,66	88,46	1,60	3,94
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	220,30	350,84	137,55	89,33	1,60	3,93
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	208,56	371,92	136,22	91,83	1,53	4,05
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	1218,91	1324,86	447,34	448,42	2,72	2,95
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	1309,48	1393,04	448,47	449,54	2,92	3,10
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	1377,03	1434,76	449,30	450,37	3,06	3,19
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	1344,93	1419,18	447,34	448,42	3,01	3,16
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	1404,70	1419,81	448,47	449,54	3,13	3,16
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	1441,37	1515,02	449,30	450,37	3,21	3,36
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	925,38	1006,28	339,70	338,11	2,72	2,98
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	957,22	1113,07	338,54	336,89	2,83	3,30
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1053,75	1207,71	337,67	335,98	3,12	3,59
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	997,33	1097,04	339,70	338,11	2,94	3,24
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	1041,51	1187,73	438,54	436,89	2,37	2,72
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1175,99	1321,27	437,67	435,98	2,69	3,03
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	824,52	888,03	323,14	322,36	2,55	2,75
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	871,68	883,77	322,60	321,79	2,70	2,75
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	866,59	871,66	322,19	321,36	2,69	2,71
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	928,47	864,57	323,14	322,36	2,87	2,68
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1045,78	840,91	322,60	321,79	3,24	2,61
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1149,91	1022,26	322,19	321,36	3,57	3,18



Şekil 7.2. Binaların x ve y yönündeki dayanım fazlalığı grafiği

TBDY 2018 kapsamında doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılarak yapılan değerlendirmelerde, yapıların güvenlik düzeyini yansıtan dayanım fazlalığı katsayısı (D), deprem etkileri altındaki yapısal performansın belirlenmesinde kritik bir parametre olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, x ve y yönlerinde hesaplanan dayanım fazlalığı katsayısının, güçlendirme uygulamaları sonrasında anlamlı ölçüde arttığı gözlemlenmiştir. Söz konusu artış, yapıların yatay taşıma kapasitesinde sağlanan iyileşmeyi ve buna bağlı olarak güvenlik düzeyinde elde edilen yükselmeyi açık biçimde ortaya koymaktadır. Ayrıca, TBDY 2018’ de tanımlanan D değerinin genel olarak 1,5 ila 4 arasında sonuçlar elde edilmiş olması, güçlendirme uygulamalarının yeterli düzeyde süneklik ve dayanım sağladığını göstermektedir. Şekil 7.2’ de sunulan veriler doğrultusunda, uygulanan güçlendirme stratejilerinin yapıların sismik performansını artırmada etkili olduğu sonucuna varılmaktadır.

Çizelge 7.10. 8 derslikli okul binasına perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı değişimi (D_{son}/D_{ilk})

Model Adı	D_{son}/D_{ilk} (x)	D_{son}/D_{ilk} (y)
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	3,55	10,99
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	3,55	10,95
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	3,40	11,29
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	4,63	14,40
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	4,64	14,35
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	4,43	14,80
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	2,31	7,18
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	2,32	7,15
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	2,21	7,38
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	2,90	9,41
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	2,91	9,37
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	2,78	9,67
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	1,41	5,26
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	1,43	5,40
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	1,38	5,38
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	2,06	7,01
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	2,00	6,46
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	1,84	6,30
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	3,48	4,85
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	3,66	4,48
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	3,48	4,19
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	5,03	6,78
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	4,66	5,73
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	4,37	5,53
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	2,84	3,76
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	2,52	3,78
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	2,48	3,77
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	3,73	5,32
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	2,71	3,96
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	2,95	4,27
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	1,74	3,29
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1,73	2,99
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	1,61	2,74
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	3,15	3,86
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	3,44	3,47
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	3,73	4,12

Bu çalışmada, taşıyıcı sistem performansında meydana gelen değişimi daha net değerlendirebilmek amacıyla, x ve y yönlerindeki dayanım fazlalığı katsayısının (D) güçlendirme öncesi (D_{ilk}) ve sonrası (D_{son}) değerleri oranlanarak incelenmiştir. Çizelge 7.10' da görüldüğü gibi x ve y yönünde, yapıların güçlendirme öncesine kıyasla çok daha yüksek taşıma kapasitesine ulaştığını ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, uygulanan güçlendirme stratejilerinin, yapının sismik performansını artırmakta oldukça

etkili olduğunu ve yapısal güvenlik açısından anlamlı iyileşmeler sağladığını göstermektedir.

7.1.1.6. Güçlendirme maliyeti ve yeniden yapım maliyetlerinin karşılaştırılması

Yapısal iyileştirme ve güçlendirme süreçlerinde, mevcut bir yapının güçlendirilmesi ile tamamen yıkılıp yeniden inşa edilmesi arasındaki tercih, yalnızca yapısal güvenlik değil, aynı zamanda ekonomik açıdan da önemli bir faktördür. Bu bağlamda, güçlendirme yöntemlerinin maliyetlerinin, yapının yeniden inşa edilmesinden doğacak maliyetlerle karşılaştırılması önemlidir.

Bu çalışmada, farklı güçlendirme yöntemlerinin maliyetleri ile aynı yapının yeniden inşa edilmesinin maliyetleri, Güçlendirme Maliyeti / Yeniden Yapım Maliyeti (G_{mal} / YY_{mal}) oranı ile kıyaslanacaktır. Bu oran, seçilen güçlendirme stratejisinin ekonomik açıdan ne derece uygun olduğunu değerlendirmek için kullanılacak temel bir parametre olacaktır.

Çizelge 7.11, Çizelge 7.12, Çizelge 7.13, Çizelge 7.14 ve Çizelge 7.15’ de, 2025 yılı ÇŞİDB tarafından belirlenen birim fiyatlara göre, güçlendirme işlemlerinin her bir elemanı için belirlenen birim maliyetler yer almaktadır. Bu çizelge, her bir güçlendirme elemanının maliyetini, ilgili malzeme ve işçilik giderlerini dikkate alarak sunmaktadır. Çizelgede verilen birim maliyetler, güçlendirme projelerinin ekonomik değerlendirilmesinde ve maliyet analizlerinde önemli bir referans sağlamaktadır.

Çizelge 7.11. 2025 ÇŞİDB tarafından belirlenen birim fiyatlara göre, güçlendirme perdesi elemanlarının birim maliyetleri

Poz No	Tanımı	Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı (\$)	Maliyeti (\$)
15.150.1006A	Kendiliğinden Yerleşen beton Temini ve Dökümü	m ³	3,24	90,93	294,34
15.180.1003	Plywood ile düz yüzeyli betonarme kalıbı yapılması	m ²	21,58	20,96	452,34
15.160.1003	Ø 8 - Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması	Ton	0,45	1002,53	451,14
15.160.1004	Ø 14 - Ø 28 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması.	Ton	0,25	966,61	241,65
	Nakliye %10				251,91
	Kdv %18				453,43
	Aylık Artış %2.5 x 11				692,74
				TOPLAM	3967,53

Çizelge 7.12. 2025 ÇŞİDB tarafından belirlenen birim fiyatlara göre, güçlendirme perde mantosu elemanlarının birim maliyetleri

Poz No	Tanımı	Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı (\$)	Maliyeti (\$)
15.150.1006A	Kendiliğinden Yerleşen beton Temini ve Dökümü	m ³	3,48	90,93	316,66
15.180.1003	Plywood ile düz yüzeyli betonarme kalıbı yapılması	m ²	23,24	20,96	487,13
15.160.1003	Ø 8 - Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması	Ton	0,49	1002,53	491,24
15.160.1004	Ø 14 - Ø 28 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması.	Ton	0,70	966,61	676,63
	Nakliye %10				197,17
	Kdv %18				354,90
	Aylık Artış %2.5 x 11				542,21
				TOPLAM	3105,36

Çizelge 7.13. 2025 ÇŞİDB tarafından belirlenen birim fiyatlara göre, kolon FRP güçlendirme elemanlarının birim maliyetleri

Poz No	Tanımı	Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı (\$)	Maliyeti (\$)
ÖZEL	FRP malzemesinin uygulanması (300gr/m ²)	m ²	4,68	109,08	510,48
KOLON FRP	Nakliye %10				51,05
	Kdv %18				91,89
	Aylık Artış %2.5 x 11				140,38
				TOPLAM	804,01

Çizelge 7.14. 2025 ÇŞİDB tarafından belirlenen birim fiyatlara göre, perde FRP güçlendirme elemanlarının birim maliyetleri

Poz No	Tanımı	Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı (\$)	Maliyeti (\$)
PERDE FRP	ÖZEL FRP malzemesinin uygulanması (300gr/m ²)	m ²	12,40	109,08	1352,56
	Nakliye %10				135,26
	Kdv %18				243,46
	Aylık Artış %2.5 x 11				371,95
	TOPLAM				2130,27

Çizelge 7.15. 2025 ÇŞİDB tarafından belirlenen birim fiyatlara göre, kiriş FRP güçlendirme elemanlarının birim maliyetleri

Poz No	Tanımı	Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı (\$)	Maliyeti (\$)
KİRİŞ FRP	ÖZEL FRP malzemesinin uygulanması (300gr/m ²)	m ²	5,20	109,08	567,20
	Nakliye %10				56,72
	Kdv %18				102,10
	Aylık Artış %2.5 x 11				155,98
	TOPLAM				893,34

2025 yılı ÇŞİDB tarafından yayımlanan Mimarlık ve Mühendislik Bedellerinin Hesabında Kullanılacak Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri' ne göre, III. C grubu yapılarda yaklaşık birim maliyet 487 \$/ m² (19,150 TL/ m²) olarak belirlenmiştir. Mevcut yapının toplam alanı, hesaplandığında 2 x (21.90 m x 17.40 m) = 643.86 m² dir. Bu durumda, yapının tamamen yeniden inşa edilmesi durumunda ortaya çıkacak maliyet, 643.86 m² x 487 \$ = 313,560 \$ olacaktır. Yapının kaba inşaat maliyetinin toplam maliyetin yaklaşık %40' ını oluşturduğu göz önüne alındığında, kaba inşaat kısmının maliyeti 125,424 \$ olarak hesaplanmaktadır. Güçlendirme işlemi için gerekli olan maliyet, binanın kaba inşaat maliyetinin %40' ından daha az olmalıdır.

Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası Güçlendirme Maliyeti / Yeniden Yapım Maliyeti (G_{mal} / YY_{mal}) oranı Çizelge 7.16' da gösterilmektedir.

Çizelge 7.16. Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası Güçlendirme Maliyeti / Yeniden Yapım Maliyeti (G_{mal} / YY_{mal}) oranı

Model Adı	Toplam Maliyet (\$)	G_{mal} / YY_{mal} (%)
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	18282,13	14,58
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	15870,11	12,66
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	7935,05	6,33
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	18282,13	14,58
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	15870,11	12,66
P_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	15870,11	12,66
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	28576,69	22,79
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	20641,64	16,46
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	7935,05	6,33
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	32544,22	25,95
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	24609,17	19,62
P_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	19837,63	15,82
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	19890,14	15,86
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	16674,11	13,30
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	15870,11	12,66
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	19890,14	15,86
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	16674,11	13,30
P_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	15870,11	12,66
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	31740,21	25,31
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	31740,21	25,31
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	31740,21	25,31
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	31740,21	25,31
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	31740,21	25,31
P_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	31740,21	25,31
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	31740,21	25,31
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	31740,21	25,31
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	31740,21	25,31
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	31740,21	25,31
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	31740,21	25,31
P_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	31740,21	25,31
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	31740,21	25,31
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	31740,21	25,31
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	31740,21	25,31
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	31740,21	25,31
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	31740,21	25,31
P_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	31740,21	25,31

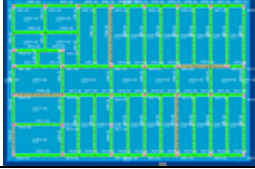
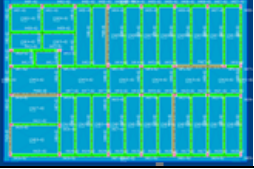
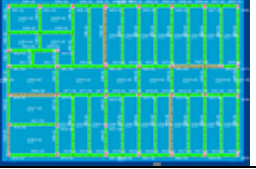
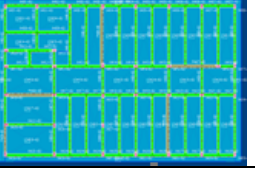
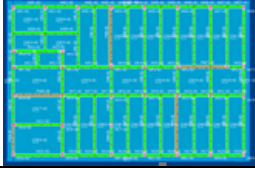
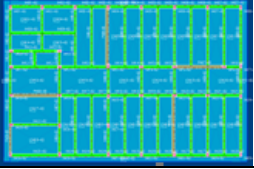
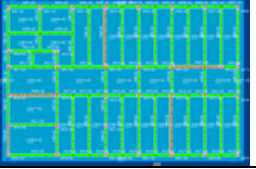
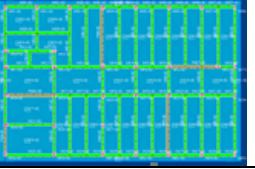
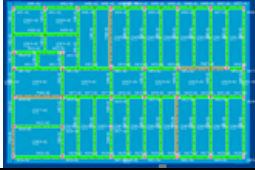
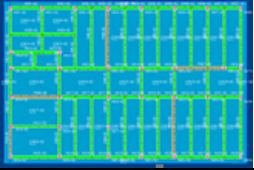
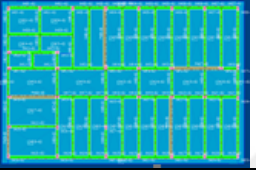
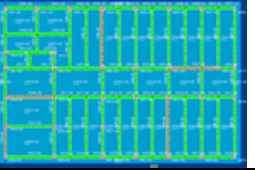
Çizelge 7.16’ da yapılan hesaplamalar üzerinden (G_{mal} / YY_{mal}) oranları karşılaştırılmıştır. Bu oranlara bakıldığında, alternatif güçlendirme çözümlerinin maliyetlerinin, yeniden yapım maliyetinin %40'ının altında kaldığı gözlemlenmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda, güçlendirme önerilerinin ekonomik açıdan uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

7.1.2. 14 derslikli okul binası tiplerinin betonarme perde ilave edilerek güçlendirmesi

Çizelge 7.17' de 14 derslikli okul binası tiplerinin betonarme perde ilave edilerek STA4CAD programı ile güçlendirildiği durumlar gösterilmiştir.

Çizelge 7.17. 14 derslikli okul binası tiplerinin betonarme perde ilave edilerek güçlendirmesi

P_14_DERSLİK_0.295 ZC 220 C10	P_14_DERSLİK_0.295 ZC 220 C15	P_14_DERSLİK_0.295 ZC 220 C20	P_14_DERSLİK_0.295 ZC 420 C10
P_14_DERSLİK_0.295 ZC 420 C15	P_14_DERSLİK_0.295 ZC 420 C20	P_14_DERSLİK_0.295 ZD 220 C10	P_14_DERSLİK_0.295 ZD 220 C15
P_14_DERSLİK_0.295 ZD 220 C20	P_14_DERSLİK_0.295 ZD 420 C10	P_14_DERSLİK_0.295 ZD 420 C15	P_14_DERSLİK_0.295 ZD 420 C20
P_14_DERSLİK_0.295 ZE 220 C10	P_14_DERSLİK_0.295 ZE 220 C15	P_14_DERSLİK_0.295 ZE 220 C20	P_14_DERSLİK_0.295 ZE 420 C10
P_14_DERSLİK_0.295 ZE 420 C15	P_14_DERSLİK_0.295 ZE 420 C20	P_14_DERSLİK_0.995 ZC 220 C10	P_14_DERSLİK_0.995 ZC 220 C15
P_14_DERSLİK_0.995 ZC 220 C20	P_14_DERSLİK_0.995 ZC 420 C10	P_14_DERSLİK_0.995 ZC 420 C15	P_14_DERSLİK_0.995 ZC 420 C20

			
P_14_DERSLİK_0.995 ZD 220 C10	P_14_DERSLİK_0.995 ZD 220 C15	P_14_DERSLİK_0.995 ZD 220 C20	P_14_DERSLİK_0.995 ZD 420 C10
			
P_14_DERSLİK_0.995 ZD 420 C15	P_14_DERSLİK_0.995 ZD 420 C20	P_14_DERSLİK_0.995 ZE 220 C10	P_14_DERSLİK_0.995 ZE 220 C15
			
P_14_DERSLİK_0.995 ZE 220 C20	P_14_DERSLİK_0.995 ZE 420 C10	P_14_DERSLİK_0.995 ZE 420 C15	P_14_DERSLİK_0.995 ZE 420 C20

Çizelge 7.18’ de 14 derslikli okul binası tiplerinin perde ilave edilerek güçlendirildiği durumlarının özetleri vardır.

Çizelge 7.18. 14 derslikli okul binalarının perde ilave edilerek güçlendirildiği durumlarının özetleri

Model Adı	Eklenen Elemanlar
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+7 Kolon FRP
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+7 Kolon FRP
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+9 Kolon FRP
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+8 Kolon FRP
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+10 Kolon FRP
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+10 Kolon FRP
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+31 Kolon FRP
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+22 Kolon FRP
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+10 Kolon FRP
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+8 Kolon FRP
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+5 Kolon FRP
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+2 Kolon FRP
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+33 Kolon FRP
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+28 Kolon FRP
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+17 Kolon FRP
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+11 Kolon FRP
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+5 Kolon FRP
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+2 Kolon FRP
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+37 Kolon FRP
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+30 Kolon FRP
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+20 Kolon FRP
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+17 Kolon FRP
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+8 Kolon FRP
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+3 Kolon FRP

7.1.2.1. x ve y yönündeki kütle katılım oranlarının karşılaştırılması

TBDY 2018'e göre x ve y yönündeki kütle katılım oranının %70'den büyük olması istenmektedir. Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki kütle katılım oranları Çizelge 7.19' da gösterilmektedir.

Çizelge 7.19. Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki kütle katılım oranları

Model Adı	Güçlendirme- KKO _x (%)	Güçlendirme- KKO _y (%)
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	81,4	81,8
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	82,8	83,0
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	83,0	83,2
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	81,4	81,8
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	82,8	83,0
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	83,0	83,2
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	81,4	81,8
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	82,8	83,0
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	83,0	83,1
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	81,4	81,8
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	82,8	83,0
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	83,0	83,1
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	82,6	82,9
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	82,8	83,0
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	83,0	83,1
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	82,6	82,8
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	82,8	83,0
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	83,0	83,1
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	82,5	82,9
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	82,7	83,0
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	83,0	83,1
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	82,5	82,8
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	82,7	83,0
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	83,0	83,1
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	82,5	82,8
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	82,7	83,0
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	83,0	83,1
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	82,5	82,8
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	82,7	83,0
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	83,0	83,1
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	82,5	82,8
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	82,7	83,0
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	83,0	83,1
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	82,5	82,8
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	82,7	83,0
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	83,0	83,1

TBDY 2018'e göre, yapılarda x ve y doğrultularındaki birinci mod kütle katılım oranlarının her iki yönde de %70'in üzerinde olması gerekmektedir. Çizelge 7.19' da görüldüğü gibi bu kapsamda oluşturulan tüm yapısal modellerde söz konusu sınır değerin sağlanmasına özen gösterilmiştir.

7.1.2.2. x ve y yönündeki periyot değişimlerinin karşılaştırılması

Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki periyotları Çizelge 7.20' de gösterilmektedir.

Çizelge 7.20. Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki periyotlar

Model Adı	Güçlendirme- T _x (sn)	Güçlendirme- T _y (sn)
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,299	0,249
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,299	0,240
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,282	0,227
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,299	0,249
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,299	0,240
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,282	0,227
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,299	0,249
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,299	0,240
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,284	0,229
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,299	0,249
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,299	0,240
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,284	0,229
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,300	0,258
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,299	0,240
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,284	0,229
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,322	0,258
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,299	0,240
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,284	0,229
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	0,300	0,258
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	0,294	0,240
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	0,284	0,229
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	0,316	0,257
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	0,294	0,240
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	0,284	0,229
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	0,299	0,258
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	0,294	0,240
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	0,284	0,229
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	0,316	0,257
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	0,294	0,240
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	0,284	0,229
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,298	0,258
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,294	0,240
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,284	0,229
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,316	0,257
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	0,294	0,240
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	0,284	0,229

Yapıların dinamik davranışlarının değerlendirilmesinde temel titreşim periyotları önemli bir parametre olup, bu çalışmada x ve y yönlerindeki birinci mod periyotları hem mevcut durumda hem de güçlendirme sonrası durum için karşılaştırılmıştır. Güçlendirme uygulamaları sonrasında periyot değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bu da yapı rijitliğindeki artışın bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Çizelge 7.20’ de görüldüğü gibi elde edilen sonuçlar, yapılan güçlendirme müdahalelerinin yapının dinamik özelliklerine etkisini ortaya koymak açısından önemli bulgular sunmuştur.

7.1.2.3. Spektral deplasman değişimlerinin karşılaştırılması

Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasmanlar Çizelge 7.21’ de, mevcut durum ve güçlendirilmiş durumun kıyaslandığı spektral deplasman değişimi (S_d^{son}/S_d^{ilk}) Çizelge 7.22’ de gösterilmektedir.

Çizelge 7.21. 14 derslikli okul binasına perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasmanları

Model Adı	S_d-x (mm)	S_d-y (mm)
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	9,65	8,05
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	16,76	11,20
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	14,91	9,99
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	16,74	12,11
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	16,90	11,28
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	14,76	9,95
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	16,97	12,21
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	17,26	11,41
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	15,24	10,40
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	17,13	12,39
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	17,21	11,51
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	15,46	10,41
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	18,26	14,74
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	19,27	12,67
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	17,10	11,56
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	21,99	14,69
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	19,03	12,71
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	17,28	11,51
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	68,03	1,54
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	66,77	1,53
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	64,47	1,54
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	72,72	1,73
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	66,12	1,71
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	63,76	1,67
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	85,04	1,05
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	77,61	1,15
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	73,20	1,22
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	82,23	1,34
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	72,99	1,43
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	67,99	1,49
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	77,64	0,98
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	66,10	1,04
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	61,30	1,09
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	66,43	1,16
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	55,72	1,20
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	50,70	1,23

Çizelge 7.22. 14 derslikli okul binasına perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasman değişimi (S_d^{son}/S_d^{ilk})

Model Adı	S_d^{son}/S_d^{ilk} (x)	S_d^{son}/S_d^{ilk} (y)
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,91	0,94
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,79	0,68
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,82	0,69
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,65	0,59
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,81	0,68
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,81	0,69
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,99	0,90
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,81	0,67
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,82	0,71
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,65	0,60
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,80	0,68
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,83	0,70
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,94	0,97
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,79	0,67
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,82	0,71
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,75	0,63
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,79	0,08
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,83	0,70
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	0,99	0,03
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	0,86	0,02
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	0,90	0,02
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	0,83	0,02
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	0,85	0,03
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	0,90	0,03
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	0,84	0,01
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	0,86	0,02
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	0,89	0,02
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	0,83	0,02
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	0,86	0,02
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	0,90	0,03
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,77	0,01
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,83	0,02
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,89	0,02
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,82	0,02
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	0,87	0,03
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	0,94	0,03

Çalışmada, yapıların mevcut ve güçlendirilmiş durumlarına ait x ve y yönlerindeki spektral deplasman değerleri karşılaştırılarak güçlendirme uygulamalarının yatay yer değiştirme taleplerine etkisi incelenmiştir. Spektral deplasman, yapının sismik etkinlikler karşısındaki deplasman taleplerini yansıtan önemli bir parametre olup, güçlendirme sonrası elde edilen değerler yapısal rijitliğin arttığını ve deplasman taleplerinde azalma sağlandığını göstermektedir. Bunun nedeni, güçlendirme ile yapının rijitliğinin artması ve doğal periyodunun kısılmasıdır. Çizelge 7.22’ de görüldüğü gibi bu kapsamda yapılan karşılaştırmalar, güçlendirme stratejilerinin yapı performansı üzerindeki etkilerini değerlendirme açısından önemli bulgular sunmuştur.

7.1.2.4. Spektral ivme değişimlerinin karşılaştırılması

Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivmeler Çizelge 7.23’ de, mevcut durum ve güçlendirilmiş durumun kıyaslandığı spektral ivme değişimi (S_a^{son}/S_a^{ilk}) Çizelge 7.24’ de gösterilmektedir.

Çizelge 7.23. 14 derslikli okul binasına perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivmeleri

Model Adı	S_{a-x} (g)	S_{a-y} (g)
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,68	0,77
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,65	0,73
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,61	0,72
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,78	0,78
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,74	0,80
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,75	0,79
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,59	0,72
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,60	0,74
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,63	0,73
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,70	0,79
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,73	0,81
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,77	0,80
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,58	0,78
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,62	0,77
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,64	0,76
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,73	0,82
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,78	0,86
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,80	0,85
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	1,48	1,57
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	1,59	1,70
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	1,58	1,75
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	1,73	1,97
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	1,86	1,97
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	1,86	1,97
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1,27	1,31
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1,21	1,25
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1,21	1,22
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	1,42	1,39
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	1,38	1,43
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1,32	1,49
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,87	0,98
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,79	1,04
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,88	1,09
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,99	1,20
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1,09	1,20
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1,10	1,29

Çizelge 7.24. 14 derslikli okul binasına perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivme değişimi (S_a^{son}/S_a^{ilk})

Model Adı	S_a^{son}/S_a^{ilk} (x)	S_a^{son}/S_a^{ilk} (y)
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	1,02	1,03
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	1,02	1,14
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	1,01	1,07
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	1,03	1,06
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	1,04	1,06
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	1,01	1,02
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	1,11	1,18
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	1,06	1,13
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	1,03	1,08
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	1,02	1,07
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	1,01	1,06
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	1,03	1,02
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	1,06	1,22
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	1,05	1,13
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	1,03	1,06
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	1,01	1,04
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	1,02	1,05
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	1,01	1,01
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	1,03	1,01
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	1,02	1,02
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	1,01	1,07
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	1,02	1,01
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	1,01	1,04
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	1,03	1,05
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1,06	1,03
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1,02	1,04
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1,03	1,07
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	1,01	1,02
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	1,04	1,03
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1,03	1,03
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	1,09	1,02
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1,02	1,02
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	1,07	1,04
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	1,02	1,03
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1,07	1,00
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1,03	1,05

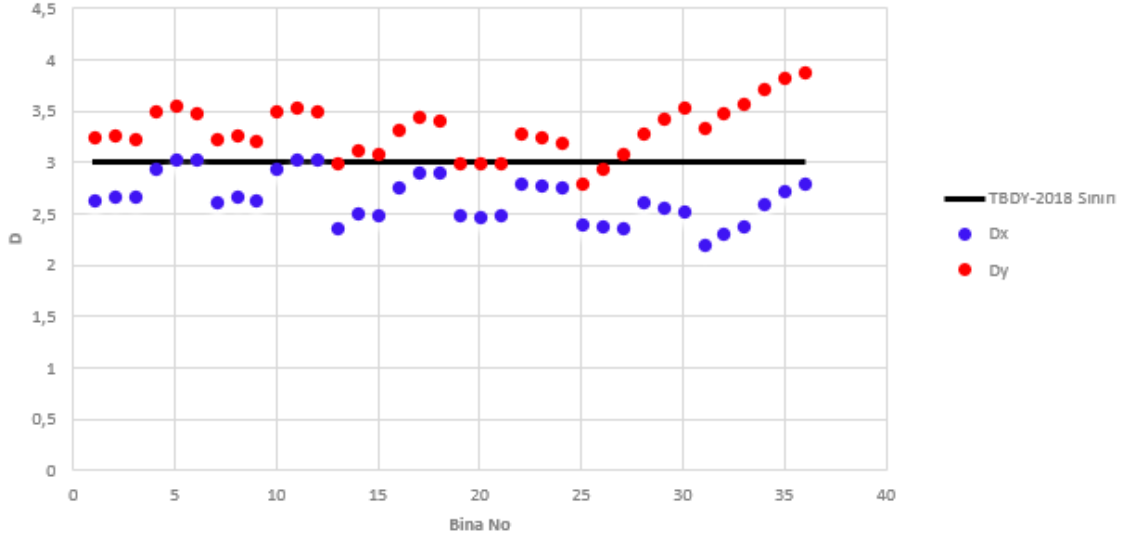
Yapıların sismik davranışlarının değerlendirilmesinde önemli bir parametre olan spektral ivme değerleri, bu çalışmada hem mevcut hem de güçlendirilmiş durumlar için x ve y yönlerinde ayrı ayrı incelenmiştir. Spektral ivme, yapının dinamik karakteristiğini ve yer hareketine karşı vereceği tepkiyi yansıttığından, bu değerlerdeki değişim güçlendirme uygulamalarının etkinliğini ortaya koymaktadır. Güçlendirme sonrası spektral ivme değerlerinde gözlenen artış, yapı rijitliğindeki yükselmeye ve buna bağlı olarak doğal periyodun azalmasına işaret etmekte olup, bu durum yapıların deprem etkilerine karşı daha kararlı hale geldiğini göstermektedir. Çizelge 7.24’ de görüldüğü gibi elde edilen sonuçlar, güçlendirme stratejilerinin yapının sismik yanıtı üzerindeki etkisini değerlendirme açısından önemli katkılar sağlamaktadır.

7.1.2.5. Dayanım fazlalığı değişimlerinin karşılaştırılması

Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı (D) değerleri Çizelge 7.25’ de, tüm tiplerdeki x ve y yönündeki dayanım fazlalığı grafiği Şekil 7.3’ de ve dayanım fazlalığı değişimi ise (Dson/Dilk) Çizelge 7.26’ da gösterilmektedir.

Çizelge 7.25. 14 derslikli okul binasına perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı (D) değerleri

Model Adı	V _{b-x}	V _{b-y}	V _{t-x} (ton)	V _{t-y} (ton)	D (x)	D (y)
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	1133,40	1420,43	430,66	438,24	2,63	3,24
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	1153,39	1436,62	431,17	439,42	2,68	3,27
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	1143,53	1405,35	426,95	435,42	2,68	3,23
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	1266,99	1533,80	430,66	438,24	2,94	3,50
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	1309,48	1558,86	431,17	439,42	3,04	3,55
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	1292,40	1519,47	426,95	435,42	3,03	3,49
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	1138,06	1428,38	434,71	442,66	2,62	3,23
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	1164,18	1447,59	435,20	444,11	2,68	3,26
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	1148,91	1428,78	434,81	443,72	2,64	3,22
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	1277,49	1551,59	434,71	442,66	2,94	3,51
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	1318,95	1574,85	435,20	444,11	3,03	3,55
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	1316,09	1554,97	434,81	443,72	3,03	3,50
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	1118,93	1447,08	473,28	483,83	2,36	2,99
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	1187,67	1512,38	472,77	483,22	2,51	3,13
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	1176,80	1492,25	472,43	482,83	2,49	3,09
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	1305,09	1602,33	473,28	483,75	2,76	3,31
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	1372,59	1664,46	472,77	483,22	2,90	3,44
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	1376,05	1642,94	472,43	482,83	2,91	3,40
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	2905,33	3604,82	1166,25	1199,68	2,49	3,00
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	2887,70	3592,35	1165,51	1198,00	2,48	3,00
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	2907,63	3591,49	1165,81	1195,54	2,49	3,00
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	3262,97	3945,11	1166,23	1199,82	2,80	3,29
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	3237,56	3901,03	1165,39	1197,95	2,78	3,26
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	3224,44	3824,95	1165,79	1195,55	2,77	3,20
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	2316,74	2777,38	967,88	995,10	2,39	2,79
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	2298,06	2929,82	966,29	993,29	2,38	2,95
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	2290,32	3052,14	966,28	991,57	2,37	3,08
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	2538,44	3263,19	967,90	995,36	2,62	3,28
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	2481,60	3408,43	966,38	993,44	2,57	3,43
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	2446,41	3511,24	966,25	991,58	2,53	3,54
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	1691,78	2655,01	770,19	793,50	2,20	3,35
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1777,93	2756,42	769,28	792,25	2,31	3,48
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	1838,12	2828,85	769,46	791,01	2,39	3,58
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	2003,06	2955,63	770,31	793,58	2,60	3,72
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	2097,06	3027,91	769,34	792,30	2,73	3,82
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	2158,87	3066,22	769,42	791,04	2,81	3,88



Şekil 7.3. Binaların x ve y yönündeki dayanım fazlalığı grafiği

TBDY 2018 kapsamında doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılarak yapılan değerlendirmelerde, yapıların güvenlik düzeyini yansıtan dayanım fazlalığı katsayısı (D), deprem etkileri altındaki yapısal performansın belirlenmesinde kritik bir parametre olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, x ve y yönlerinde hesaplanan dayanım fazlalığı katsayısının, güçlendirme uygulamaları sonrasında anlamlı ölçüde arttığı gözlemlenmiştir. Söz konusu artış, yapıların yatay taşıma kapasitesinde sağlanan iyileşmeyi ve buna bağlı olarak güvenlik düzeyinde elde edilen yükselmeyi açık biçimde ortaya koymaktadır. Ayrıca, TBDY 2018’ de tanımlanan D değerinin genel olarak 2 ila 4 arasında sonuçlar elde edilmiş olması, güçlendirme uygulamalarının yeterli düzeyde süneklik ve dayanım sağladığını göstermektedir. Şekil 7.3’ de sunulan veriler doğrultusunda, uygulanan güçlendirme stratejilerinin yapıların sismik performansını artırmada etkili olduğu sonucuna varılmaktadır.

Çizelge 7.26. 14 derslikli okul binasına perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı değişimi (D_{son}/D_{ilk})

Model Adı	D_{son}/D_{ilk} (x)	D_{son}/D_{ilk} (y)
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	7,83	11,12
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	8,21	10,77
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	7,76	11,14
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	10,92	13,25
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	10,40	13,82
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	10,79	13,85
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	6,56	9,90
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	7,22	10,71
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	7,60	11,00
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	9,55	13,11
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	10,40	13,69
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	10,75	13,95
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	5,47	8,64
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	6,29	9,70
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	6,60	10,08
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	8,47	11,90
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	9,48	12,91
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	9,88	13,01
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	4,95	6,83
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	5,39	7,31
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	5,41	7,26
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	7,20	9,47
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	7,12	9,05
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	6,92	8,73
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	4,75	6,19
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	4,61	6,20
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	4,55	6,14
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	6,04	7,82
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	5,64	8,29
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	5,34	8,93
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	3,59	7,03
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	3,67	7,76
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	4,04	8,21
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	5,17	9,48
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	5,71	10,01
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	6,11	10,46

Bu çalışmada, taşıyıcı sistem performansında meydana gelen değişimi daha net değerlendirebilmek amacıyla, x ve y yönlerindeki dayanım fazlalığı katsayısının (D) güçlendirme öncesi (D_{ilk}) ve sonrası (D_{son}) değerleri oranlanarak incelenmiştir. Çizelge 7.26’ da görüldüğü gibi x ve y yönünde, yapıların güçlendirme öncesine kıyasla çok daha yüksek taşıma kapasitesine ulaştığını ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, uygulanan güçlendirme stratejilerinin, yapının sismik performansını artırmakta oldukça

etkili olduğunu ve yapısal güvenlik açısından anlamlı iyileşmeler sağladığını göstermektedir.

7.1.2.6. Güçlendirme maliyeti ve yeniden yapım maliyetlerinin karşılaştırılması

2025 yılı ÇŞİDB tarafından yayımlanan Mimarlık ve Mühendislik Bedellerinin Hesabında Kullanılacak Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri' ne göre, III. C grubu yapılarda yaklaşık birim maliyet 487 \$/ m² (19,150 TL/ m²) olarak belirlenmiştir. Mevcut yapının toplam alanı, hesaplandığında $3 \times (26.75 \text{ m} \times 17.40 \text{ m}) = 1396.35 \text{ m}^2$ dir. Bu durumda, yapının tamamen yeniden inşa edilmesi durumunda ortaya çıkacak maliyet, $1396.35 \text{ m}^2 \times 487 \$ = 680,023 \$$ olacaktır. Yapının kaba inşaat maliyetinin toplam maliyetin yaklaşık %40' ını oluşturduğu göz önüne alındığında, kaba inşaat kısmının maliyeti 272,009 \$ olarak hesaplanmaktadır. Güçlendirme işlemi için gerekli olan maliyet, binanın kaba inşaat maliyetinin %40' ından daha az olmalıdır.

Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası Güçlendirme Maliyeti / Yeniden Yapım Maliyeti ($G_{\text{mal}} / YY_{\text{mal}}$) oranı Çizelge 7.27' de gösterilmektedir.

Çizelge 7.27. Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası Güçlendirme Maliyeti / Yeniden Yapım Maliyeti (G_{mal} / YY_{mal}) oranı

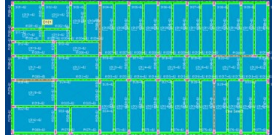
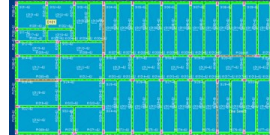
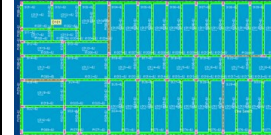
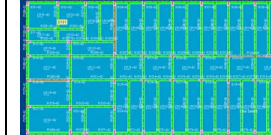
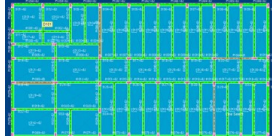
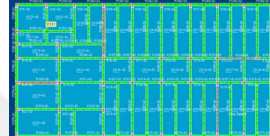
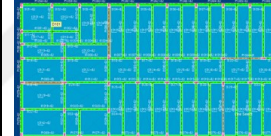
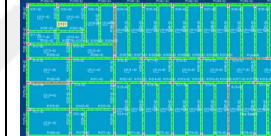
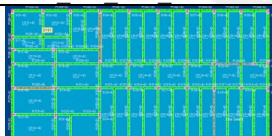
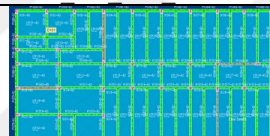
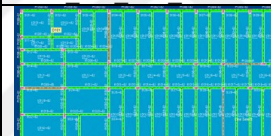
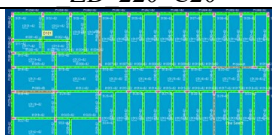
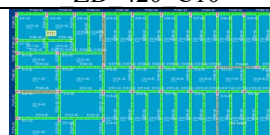
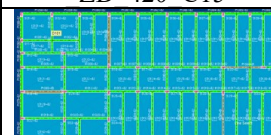
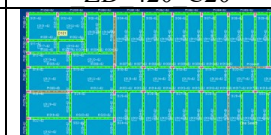
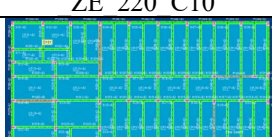
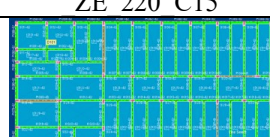
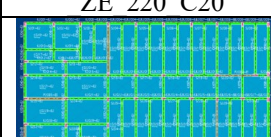
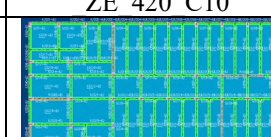
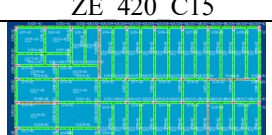
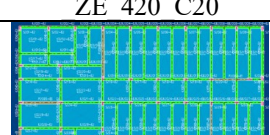
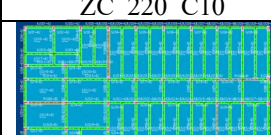
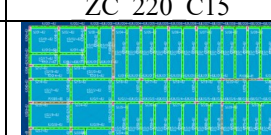
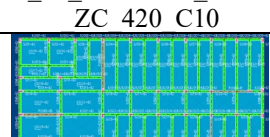
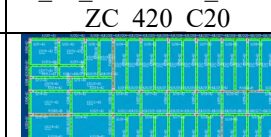
Model Adı	Toplam Maliyet (\$)	G_{mal} / YY_{mal} (%)
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	54795,01	20,15
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	49166,96	18,08
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	49166,96	18,08
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	54795,01	20,15
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	49166,96	18,08
P_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	49166,96	18,08
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	56403,02	20,74
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	49166,96	18,08
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	49166,96	18,08
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	55599,01	20,44
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	49166,96	18,08
P_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	49166,96	18,08
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	57207,03	21,04
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	49166,96	18,08
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	49166,96	18,08
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	57207,03	21,04
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	49166,96	18,08
P_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	49166,96	18,08
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	74091,17	27,24
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	66855,11	24,58
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	57207,03	21,04
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	55599,01	20,44
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	53186,99	19,56
P_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	50774,97	18,67
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	75699,18	27,84
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	71679,15	26,36
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	62835,07	23,10
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	58011,03	21,33
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	53186,99	19,56
P_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	50774,97	18,67
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	78915,21	29,02
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	73287,16	26,95
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	65247,09	23,99
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	62835,07	23,10
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	55599,01	20,44
P_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	51578,98	18,97

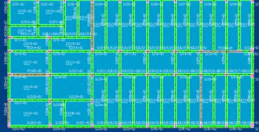
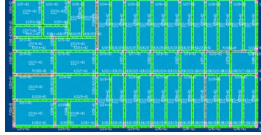
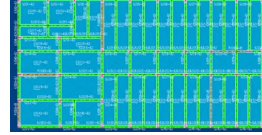
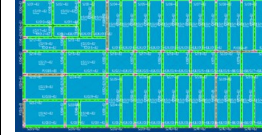
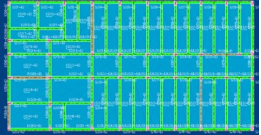
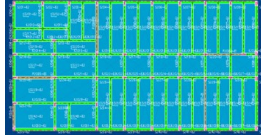
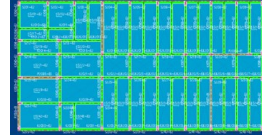
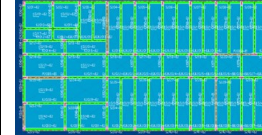
Çizelge 7.27’ de yapılan hesaplamalar üzerinden (G_{mal} / YY_{mal}) oranları karşılaştırılmıştır. Bu oranlara bakıldığında, alternatif güçlendirme çözümlerinin maliyetlerinin, yeniden yapım maliyetinin %40'ının altında kaldığı gözlemlenmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda, güçlendirme önerilerinin ekonomik açıdan uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

7.1.3. 22 derslikli okul binası tiplerinin betonarme perde ilave edilerek güçlendirmesi

Çizelge 7.28’ de 22 derslikli okul binası tiplerinin betonarme perde ilave edilerek STA4CAD programı ile güçlendirildiği durumlar gösterilmiştir.

Çizelge 7.28. 22 derslikli okul binası tiplerinin betonarme perde ilave edilerek güçlendirmesi

			
P_22_DERSLİK_0.295 ZC 220 C10	P_22_DERSLİK_0.295 ZC 220 C15	P_22_DERSLİK_0.295 ZC 220 C20	P_22_DERSLİK_0.295 ZC 420 C10
			
P_22_DERSLİK_0.295 ZC 420 C15	P_22_DERSLİK_0.295 ZC 420 C20	P_22_DERSLİK_0.295 ZD 220 C10	P_22_DERSLİK_0.295 ZD 220 C15
			
P_22_DERSLİK_0.295 ZD 220 C20	P_22_DERSLİK_0.295 ZD 420 C10	P_22_DERSLİK_0.295 ZD 420 C15	P_22_DERSLİK_0.295 ZD 420 C20
			
P_22_DERSLİK_0.295 ZE 220 C10	P_22_DERSLİK_0.295 ZE 220 C15	P_22_DERSLİK_0.295 ZE 220 C20	P_22_DERSLİK_0.295 ZE 420 C10
			
P_22_DERSLİK_0.295 ZE 420 C15	P_22_DERSLİK_0.295 ZE 420 C20	P_22_DERSLİK_0.995 ZC 220 C10	P_22_DERSLİK_0.995 ZC 220 C15
			
P_22_DERSLİK_0.995 ZC 220 C20	P_22_DERSLİK_0.995 ZC 420 C10	P_22_DERSLİK_0.995 ZC 420 C15	P_22_DERSLİK_0.995 ZC 420 C20
			
P_22_DERSLİK_0.995 ZD 220 C10	P_22_DERSLİK_0.995 ZD 220 C15	P_22_DERSLİK_0.995 ZD 220 C20	P_22_DERSLİK_0.995 ZD 420 C10

			
P_22_DERSLİK_0.995 ZD 420 C15	P_22_DERSLİK_0.995 ZD 420 C20	P_22_DERSLİK_0.995 ZE 220 C10	P_22_DERSLİK_0.995 ZE 220 C15
			
P_22_DERSLİK_0.995 ZE 220 C20	P_22_DERSLİK_0.995 ZE 420 C10	P_22_DERSLİK_0.995 ZE 420 C15	P_22_DERSLİK_0.995 ZE 420 C20

Çizelge 7.29’ da 22 derslikli okul binası tiplerinin perde ilave edilerek güçlendirildiği durumlarının özetleri vardır.



Çizelge 7.29. 22 derslikli okul binalarının perde ilave edilerek güçlendirildiği durumlarının özetleri

Model Adı	Eklenen Elemanlar
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	2 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	2 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	2 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	2 Perde+2 Perde Mantosu+ 1 Kolon FRP
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	2 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	2 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	2 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	2 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	2 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	2 Perde+2 Perde Mantosu+ 1 Kolon FRP
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	2 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	2 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	2 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	2 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	2 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	2 Perde+2 Perde Mantosu+ 1 Kolon FRP
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	2 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	2 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	3 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	3 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	3 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	3 Perde+2 Perde Mantosu+4 Kolon FRP
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	3 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	3 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	3 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	3 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	3 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	3 Perde+2 Perde Mantosu+7 Kolon FRP
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	3 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	3 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	3 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	3 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	3 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	3 Perde+2 Perde Mantosu+11 Kolon FRP
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	3 Perde+2 Perde Mantosu
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	3 Perde+2 Perde Mantosu

7.1.3.1. x ve y yönündeki kütle katılım oranlarının karşılaştırılması

TBDY 2018'e göre x ve y yönündeki kütle katılım oranının %70'den büyük olması istenmektedir. Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki kütle katılım oranları Çizelge 7.30' da gösterilmektedir.

Çizelge 7.30. Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki kütle katılım oranları

Model Adı	Güçlendirme- KKO _x (%)	Güçlendirme- KKO _y (%)
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	87,2	81,5
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	87,0	83,2
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	86,7	84,6
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	87,3	81,5
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	87,0	83,2
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	86,7	84,6
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	87,2	81,5
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	87,0	83,2
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	86,7	84,6
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	87,3	81,5
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	87,0	83,2
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	86,7	84,6
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	87,2	81,5
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	87,0	83,2
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	86,7	84,6
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	87,3	81,5
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	87,0	83,2
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	86,7	84,6
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	88,5	88,7
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	88,6	89,3
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	88,6	88,9
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	88,5	88,7
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	88,6	89,3
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	88,6	88,9
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	88,5	88,7
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	88,6	89,3
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	88,6	88,9
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	88,5	88,7
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	88,6	89,3
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	88,6	88,9
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	88,5	88,7
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	88,6	89,3
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	88,6	88,9
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	88,4	88,7
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	88,6	89,3
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	88,6	88,9

TBDY 2018'e göre, yapılarda x ve y doğrultularındaki birinci mod kütle katılım oranlarının her iki yönde de %70'in üzerinde olması gerekmektedir. Çizelge 7.30' da görüldüğü gibi bu kapsamda oluşturulan tüm yapısal modellerde söz konusu sınır değerin sağlanmasına özen gösterilmiştir.

7.1.3.2. x ve y yönündeki periyot değişimlerinin karşılaştırılması

Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki periyotları Çizelge 7.31' de gösterilmektedir.

Çizelge 7.31. Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki periyotlar

Model Adı	Güçlendirme- T _x (sn)	Güçlendirme- T _y (sn)
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,213	0,177
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,199	0,168
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,190	0,162
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,213	0,177
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,199	0,168
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,190	0,162
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,213	0,177
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,199	0,168
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,190	0,162
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,213	0,177
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,199	0,168
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,190	0,162
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,213	0,177
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,199	0,168
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,190	0,162
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,213	0,177
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,199	0,168
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,190	0,162
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	0,214	0,177
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	0,201	0,168
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	0,191	0,162
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	0,214	0,177
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	0,201	0,168
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	0,191	0,162
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	0,214	0,177
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	0,201	0,168
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	0,191	0,162
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	0,214	0,177
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	0,201	0,168
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	0,191	0,162
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,214	0,177
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,201	0,168
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,191	0,162
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,213	0,176
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	0,201	0,168
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	0,191	0,162

Yapıların dinamik davranışlarının değerlendirilmesinde temel titreşim periyotları önemli bir parametre olup, bu çalışmada x ve y yönlerindeki birinci mod periyotları hem mevcut durumda hem de güçlendirme sonrası durum için karşılaştırılmıştır. Güçlendirme uygulamaları sonrasında periyot değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bu da yapı rijitliğindeki artışın bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Çizelge 7.31’ de görüldüğü gibi elde edilen sonuçlar, yapılan güçlendirme müdahalelerinin yapının dinamik özelliklerine etkisini ortaya koymak açısından önemli bulgular sunmuştur.

7.1.3.3. Spektral deplasman değişimlerinin karşılaştırılması

Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasmanlar Çizelge 7.32' de, mevcut durum ve güçlendirilmiş durumun kıyaslandığı spektral deplasman değişimi (S_d^{son}/S_d^{ilk}) Çizelge 7.33' de gösterilmektedir.

Çizelge 7.32. 22 derslikli okul binasına perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasmanları

Model Adı	S_d-x (mm)	S_d-y (mm)
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	8,14	6,63
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	7,20	5,90
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	6,48	5,39
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	8,22	6,56
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	7,25	5,87
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	6,51	5,34
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	8,38	6,66
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	7,24	5,93
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	6,60	5,40
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	8,30	6,67
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	7,30	5,93
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	6,68	5,48
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	9,39	7,52
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	8,10	6,59
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	7,39	6,12
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	9,26	7,44
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	8,11	6,68
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	7,45	6,09
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	44,66	32,96
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	39,10	28,96
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	35,62	26,51
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	40,09	30,49
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	6,09	4,97
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	31,95	24,07
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	41,17	28,05
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	34,68	23,64
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	31,40	20,91
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	34,36	23,19
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	27,45	18,92
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	24,47	16,26
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	27,76	15,64
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	20,97	13,26
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	18,05	12,15
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	19,69	14,76
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	17,11	13,04
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	15,59	12,14

Çizelge 7.33. 22 derslikli okul binasına perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasman değişimi (S_d^{son}/S_d^{ilk})

Model Adı	S_d^{son}/S_d^{ilk} (x)	S_d^{son}/S_d^{ilk} (y)
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,43	0,35
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,46	0,38
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,47	0,40
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,43	0,35
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,60	0,49
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,63	0,51
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,42	0,34
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,45	0,37
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,47	0,39
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,43	0,34
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,60	0,48
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,62	0,51
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,42	0,35
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,45	0,37
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,47	0,39
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,42	0,34
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,59	0,48
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,63	0,51
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	0,71	0,51
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	0,69	0,51
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	0,59	0,44
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	0,65	0,49
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	0,11	0,09
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	0,53	0,41
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	0,57	0,39
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	0,56	0,40
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	0,57	0,40
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	0,54	0,39
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	0,54	0,38
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	0,55	0,38
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,45	0,26
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,43	0,28
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,44	0,30
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,45	0,36
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	0,51	0,42
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	0,58	0,48

Çalışmada, yapıların mevcut ve güçlendirilmiş durumlarına ait x ve y yönlerindeki spektral deplasman değerleri karşılaştırılarak güçlendirme uygulamalarının yatay yer değiştirme taleplerine etkisi incelenmiştir. Spektral deplasman, yapının sismik etkinlikler karşısındaki deplasman taleplerini yansıtan önemli bir parametre olup, güçlendirme sonrası elde edilen değerler yapısal rijitliğin arttığını ve deplasman taleplerinde azalma sağlandığını göstermektedir. Bunun nedeni, güçlendirme ile yapının rijitliğinin artması ve doğal periyodunun kısılmasıdır. Çizelge 7.33’ de görüldüğü gibi bu kapsamda yapılan karşılaştırmalar, güçlendirme stratejilerinin yapı performansı üzerindeki etkilerini değerlendirme açısından önemli bulgular sunmuştur.

7.1.3.4. Spektral ivme değişimlerinin karşılaştırılması

Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivmeler Çizelge 7.34’ de, mevcut durum ve güçlendirilmiş durumun kıyaslandığı spektral ivme değişimi (S_a^{son}/S_a^{ilk}) Çizelge 7.35’ de gösterilmektedir.

Çizelge 7.34. 22 derslikli okul binasına perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivmeleri

Model Adı	S_a-x (g)	S_a-y (g)
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,72	0,74
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,74	0,77
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,76	0,80
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,80	0,82
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,82	0,83
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,81	0,82
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,73	0,74
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,75	0,78
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,77	0,80
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,81	0,83
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,83	0,84
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,83	0,84
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,77	0,80
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,80	0,83
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,83	0,87
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,88	0,90
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,90	0,94
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,92	0,93
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	1,49	1,67
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	1,49	1,81
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	1,43	1,93
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	1,82	2,07
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	1,82	2,25
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	1,82	2,32
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1,17	1,59
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1,34	1,70
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1,37	1,79
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	1,55	1,85
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	1,70	1,90
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1,72	1,93
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	1,08	1,27
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1,20	1,34
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	1,20	1,41
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	1,30	1,48
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1,44	1,57
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1,47	1,66

Çizelge 7.35. 22 derslikli okul binasına perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivme değişimi (S_a^{son}/S_a^{ilk})

Model Adı	S_a^{son}/S_a^{ilk} (x)	S_a^{son}/S_a^{ilk} (y)
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	1,50	1,54
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	1,61	1,52
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	1,56	1,50
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	1,37	1,28
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	1,06	1,10
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	1,03	1,09
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	1,68	1,54
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	1,61	1,51
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	1,57	1,50
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	1,37	1,29
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	1,06	1,09
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	1,03	1,09
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	1,74	1,62
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	1,69	1,56
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	1,64	1,56
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	1,44	1,33
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	1,06	1,12
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	1,06	1,10
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	1,05	1,07
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	1,03	1,16
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	1,10	1,49
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	1,06	1,15
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	1,07	1,30
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	1,23	1,55
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1,13	1,36
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1,30	1,53
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1,36	1,57
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	1,32	1,45
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	1,48	1,42
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1,38	1,39
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	1,58	1,34
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1,50	1,34
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	1,39	1,37
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	1,28	1,33
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1,32	1,35
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1,31	1,39

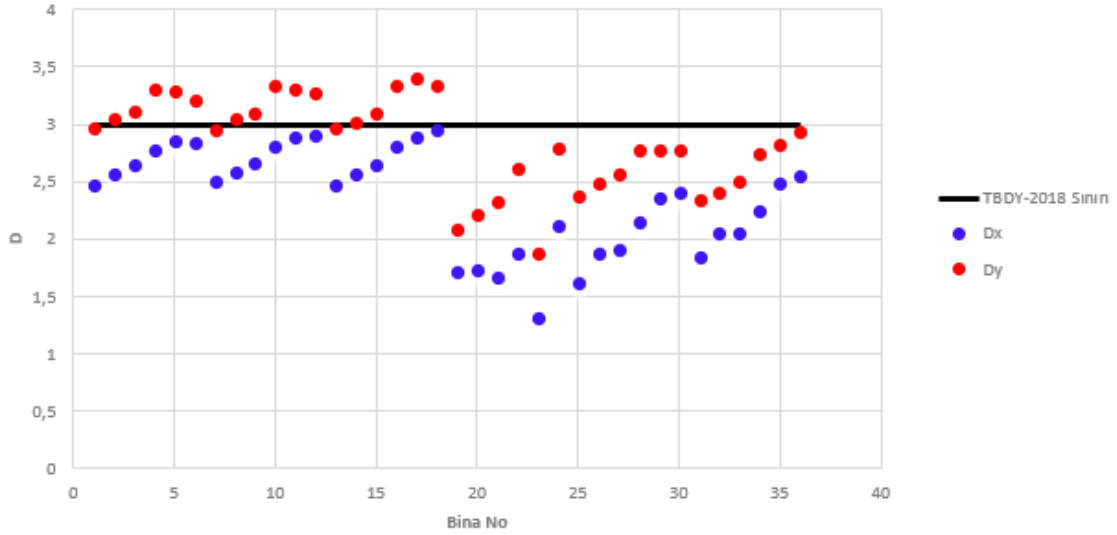
Yapıların sismik davranışlarının değerlendirilmesinde önemli bir parametre olan spektral ivme değerleri, bu çalışmada hem mevcut hem de güçlendirilmiş durumlar için x ve y yönlerinde ayrı ayrı incelenmiştir. Spektral ivme, yapının dinamik karakteristiğini ve yer hareketine karşı vereceği tepkiyi yansıttığından, bu değerlerdeki değişim güçlendirme uygulamalarının etkinliğini ortaya koymaktadır. Güçlendirme sonrası spektral ivme değerlerinde gözlenen artış, yapı rijitliğindeki yükselmeye ve buna bağlı olarak doğal periyodun azalmasına işaret etmekte olup, bu durum yapıların deprem etkilerine karşı daha kararlı hale geldiğini göstermektedir. Çizelge 7.35’ de görüldüğü gibi elde edilen sonuçlar, güçlendirme stratejilerinin yapının sismik yanıtı üzerindeki etkisini değerlendirme açısından önemli katkılar sağlamaktadır.

7.1.3.5. Dayanım fazlalığı değişimlerinin karşılaştırılması

Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı (D) değerleri Çizelge 7.36’ da, tüm tiplerdeki x ve y yönündeki dayanım fazlalığı grafiği Şekil 7.4’ de ve dayanım fazlalığı değişimi ise (Dson/Dilk) Çizelge 7.37’ de gösterilmektedir.

Çizelge 7.36. 22 derslikli okul binasına perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı (D) değerleri

Model Adı	V _{b-x}	V _{b-y}	V _{t-x} (ton)	V _{t-y} (ton)	D (x)	D (y)
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	1055,88	1237,55	426,94	416,56	2,47	2,97
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	1085,80	1282,32	422,00	419,81	2,57	3,05
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	1104,37	1315,48	418,70	423,25	2,64	3,11
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	1185,31	1373,01	426,94	416,56	2,78	3,30
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	1204,91	1380,20	422,00	419,81	2,86	3,29
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	1189,40	1359,93	418,70	423,25	2,84	3,21
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	1071,74	1240,36	426,79	418,39	2,51	2,96
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	1089,92	1286,57	422,43	421,86	2,58	3,05
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	1118,13	1317,40	419,51	425,49	2,67	3,10
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	1193,35	1392,39	426,79	418,39	2,80	3,33
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	1215,23	1392,43	422,43	421,86	2,88	3,30
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	1217,95	1392,24	419,51	425,49	2,90	3,27
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	1137,45	1344,26	461,22	453,10	2,47	2,97
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	1173,15	1381,11	456,74	457,07	2,57	3,02
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	1200,68	1430,02	453,72	461,17	2,65	3,10
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	1296,05	1507,57	461,23	453,10	2,81	3,33
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	1319,01	1555,23	456,74	457,07	2,89	3,40
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	1340,53	1538,17	453,72	461,17	2,95	3,34
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	2191,88	2777,71	1271,71	1329,00	1,72	2,09
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	2172,80	2999,56	1254,98	1359,99	1,73	2,21
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	2080,52	3193,03	1244,16	1375,70	1,67	2,32
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	2394,45	3467,00	1271,84	1328,74	1,88	2,61
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	1991,70	3122,11	1503,89	1671,79	1,32	1,87
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	2635,34	3834,87	1244,16	1375,70	2,12	2,79
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1714,28	2643,89	1055,78	1110,62	1,62	2,38
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1950,97	2818,20	1044,15	1137,08	1,87	2,48
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1980,60	2954,07	1036,61	1150,66	1,91	2,57
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	2273,71	3084,49	1055,94	1110,42	2,15	2,78
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	2467,74	3154,98	1044,15	1137,08	2,36	2,77
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	2483,25	3198,38	1036,61	1150,66	2,40	2,78
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	1579,83	2112,86	854,74	902,02	1,85	2,34
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1741,10	2225,64	846,49	923,47	2,06	2,41
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	1735,65	2338,33	841,13	934,55	2,06	2,50
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	1919,60	2483,82	854,93	902,34	2,25	2,75
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	2106,20	2613,69	846,49	923,47	2,49	2,83
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	2142,15	2750,55	841,13	934,55	2,55	2,94



Şekil 7.4. Binaların x ve y yönündeki dayanım fazlalığı grafiği

TBDY 2018 kapsamında doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılarak yapılan değerlendirmelerde, yapıların güvenlik düzeyini yansıtan dayanım fazlalığı katsayısı (D), deprem etkileri altındaki yapısal performansın belirlenmesinde kritik bir parametre olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, x ve y yönlerinde hesaplanan dayanım fazlalığı katsayısının, güçlendirme uygulamaları sonrasında anlamlı ölçüde arttığı gözlemlenmiştir. Söz konusu artış, yapıların yatay taşıma kapasitesinde sağlanan iyileşmeyi ve buna bağlı olarak güvenlik düzeyinde elde edilen yükselmeyi açık biçimde ortaya koymaktadır. Ayrıca, TBDY 2018’ de tanımlanan D değerinin genel olarak 1,5 ila 3,5 arasında sonuçlar elde edilmiş olması, güçlendirme uygulamalarının yeterli düzeyde süneklik ve dayanım sağladığını göstermektedir. Şekil 7.4’ de sunulan veriler doğrultusunda, uygulanan güçlendirme stratejilerinin yapıların sismik performansını artırmada etkili olduğu sonucuna varılmaktadır.

Çizelge 7.37. 22 derslikli okul binasına perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı değişimi (D_{son}/D_{ilk})

Model Adı	D_{son}/D_{ilk} (x)	D_{son}/D_{ilk} (y)
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	4,52	6,74
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	4,43	7,19
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	4,77	7,56
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	6,18	9,97
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	9,97	13,82
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	10,12	13,60
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	3,86	6,25
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	4,20	6,79
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	4,56	7,14
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	5,86	9,44
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	10,18	14,27
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	10,67	14,28
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	3,37	5,60
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	3,71	6,04
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	4,03	6,44
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	5,28	8,62
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	10,00	14,46
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	10,48	14,39
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	3,07	5,19
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	3,13	5,43
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	2,32	4,00
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	4,03	7,42
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	2,83	5,10
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	3,34	5,50
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	2,58	5,29
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	2,98	5,30
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	3,00	5,63
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	3,88	6,72
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	4,16	7,12
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	4,63	7,45
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	2,46	5,36
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	3,22	5,87
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	3,49	6,30
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	4,46	7,45
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	5,34	8,01
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	5,64	8,55

Bu çalışmada, taşıyıcı sistem performansında meydana gelen değişimi daha net değerlendirebilmek amacıyla, x ve y yönlerindeki dayanım fazlalığı katsayısının (D) güçlendirme öncesi (D_{ilk}) ve sonrası (D_{son}) değerleri oranlanarak incelenmiştir. Çizelge 7.37’ de görüldüğü gibi x ve y yönünde, yapıların güçlendirme öncesine kıyasla çok daha yüksek taşıma kapasitesine ulaştığını ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, uygulanan güçlendirme stratejilerinin, yapının sismik performansını artırmakta oldukça

etkili olduğunu ve yapısal güvenlik açısından anlamlı iyileşmeler sağladığını göstermektedir.

7.1.3.6. Güçlendirme maliyeti ve yeniden yapım maliyetlerinin karşılaştırılması

2025 yılı ÇŞİDB tarafından yayımlanan Mimarlık ve Mühendislik Bedellerinin Hesabında Kullanılacak Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri' ne göre, III. C grubu yapılarda yaklaşık birim maliyet 487 \$/ m² (19,150 TL/ m²) olarak belirlenmiştir. Mevcut yapının toplam alanı, hesaplandığında $3 \times (33.55 \text{ m} \times 17.45 \text{ m}) = 1756.34 \text{ m}^2$ dir. Bu durumda, yapının tamamen yeniden inşa edilmesi durumunda ortaya çıkacak maliyet, $1756.34 \text{ m}^2 \times 487 \$ = 855,338 \$$ olacaktır. Yapının kaba inşaat maliyetinin toplam maliyetin yaklaşık %40' ını oluşturduğu göz önüne alındığında, kaba inşaat kısmının maliyeti 342,135 \$ olarak hesaplanmaktadır. Güçlendirme işlemi için gerekli olan maliyet, binanın kaba inşaat maliyetinin %40 'ından daha az olmalıdır.

Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası Güçlendirme Maliyeti / Yeniden Yapım Maliyeti ($G_{\text{mal}} / YY_{\text{mal}}$) oranı Çizelge 7.38' de gösterilmektedir.

Çizelge 7.38. Perde ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası Güçlendirme Maliyeti / Yeniden Yapım Maliyeti (G_{mal} / YY_{mal}) oranı

Model Adı	Toplam Maliyet (\$)	G_{mal} / YY_{mal} (%)
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	42437,35	12,41
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	42437,35	12,41
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	42437,35	12,41
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	43241,35	12,64
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	42437,35	12,41
P_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	42437,35	12,41
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	42437,35	12,41
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	42437,35	12,41
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	42437,35	12,41
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	43241,35	12,64
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	42437,35	12,41
P_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	42437,35	12,41
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	42437,35	12,41
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	42437,35	12,41
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	42437,35	12,41
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	43241,35	12,64
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	42437,35	12,41
P_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	42437,35	12,41
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	54339,93	15,89
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	54339,93	15,89
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	54339,93	15,89
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	57555,96	16,83
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	54339,93	15,89
P_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	54339,93	15,89
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	54339,93	15,89
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	54339,93	15,89
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	54339,93	15,89
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	59967,98	17,53
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	54339,93	15,89
P_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	54339,93	15,89
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	54339,93	15,89
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	54339,93	15,89
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	54339,93	15,89
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	63184,00	18,47
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	54339,93	15,89
P_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	54339,93	15,89

Çizelge 7.38’ de yapılan hesaplamalar üzerinden (G_{mal} / YY_{mal}) oranları karşılaştırılmıştır. Bu oranlara bakıldığında, alternatif güçlendirme çözümlerinin maliyetlerinin, yeniden yapım maliyetinin %40'ının altında kaldığı gözlemlenmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda, güçlendirme önerilerinin ekonomik açıdan uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

7.2. Okul Binası Tiplerinin Kolon Mantosu İlave Edilerek Güçlendirmesi

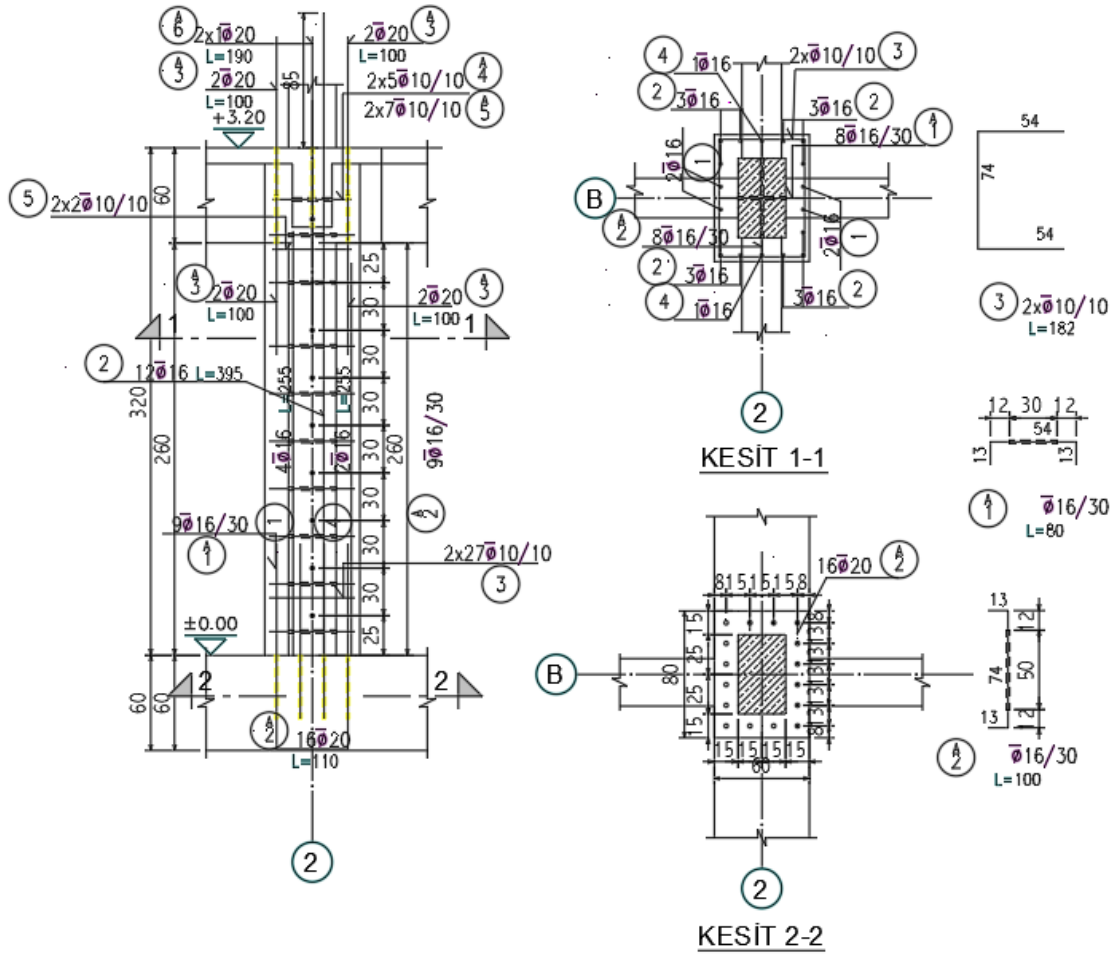
Betonarme kolonların taşıma kapasitesini ve sünekliğini artırmak için uygulanan kolon mantolama yöntemi, son yıllarda yaygın olarak tercih edilen güçlendirme

tekniklerinden biridir. Bu yöntem, mevcut kolon kesitinin etrafına eklenen betonarme bir manto ile kolonun kesit alanını ve donatı miktarını artırarak, hem kolonun kesme ve moment kapasitesini güçlendirir hem de sünekliğini artırır. Mantolama işlemi, mevcut kolon yüzeyinin aderans sağlamak amacıyla uygun şekilde hazırlanması, yeni donatıların yerleştirilmesi ve yüksek dayanımlı beton ile kaplama yapılmasını içeren adımlardan oluşur.

İncelenen okul binalarının mevcut durumu, TBDY 2018'e göre değerlendirildiğinde, burulma düzensizliği katsayısının (n_{bi}) 1.4'ün altında olduğu ve performans seviyesinin DD-1 deprem yer hareketi için "Kontrollü Hasar" düzeyini karşılamadığı belirlenmiştir. Ayrıca, x ve y yönündeki kütle katılım oranının %70'in üzerinde olmadığı gözlemlenmiştir. Bu bulgular, söz konusu yapıların, belirli koşullar altında deprem sırasında hasar alabileceğini veya hatta göçebileceğini göstermektedir.

Okul projelerinin yapısal özellikleri dikkate alındığında, burulma düzensizliği ve kütle katılım katsayısını sağlamak amacıyla betonarme perdelerin eklenmesi ve ardından kolon mantolama yönteminin uygulanmasıyla taşıyıcı sistemin dayanımının artırılması sağlanmıştır. Bu güçlendirme, yapıların deprem performansını anlamlı bir şekilde iyileştirmeye yöneliktir. Ancak, bu yöntemin uygulanabilirliği, yapının kullanım durumu, mimari kısıtlamalar, maliyet ve eğitim faaliyetlerinin aksatılmaması gibi faktörler göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir.

Sonuç olarak, kolon mantosu ilavesi, mevcut okul binalarının güçlendirilmesinde, hem mühendislik hem de işlevsellik açısından dengeli bir çözüm sunmakta; böylece yapısal güvenliği artıran ve can güvenliğine odaklanan önemli iyileştirmeler sağlanmaktadır. Eklenen kolon mantoları C30 beton sınıfına ve B420c çelik donatı sınıfına sahiptir.

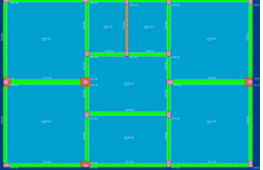
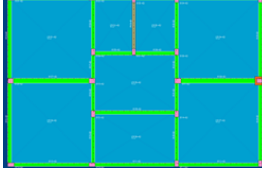
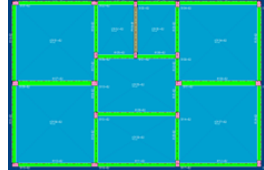
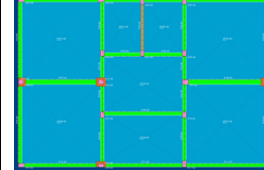
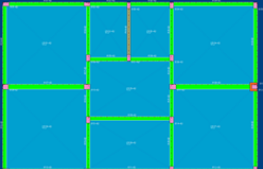
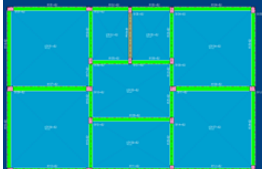
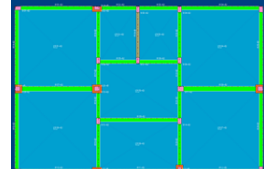
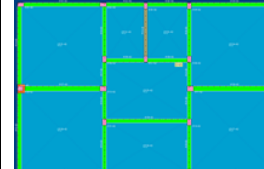
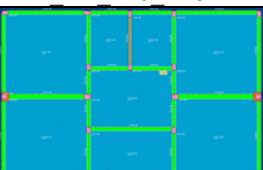
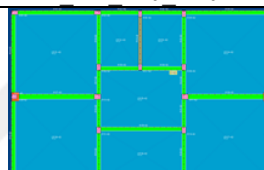
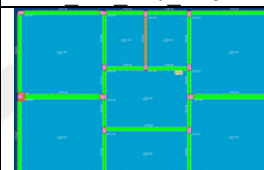
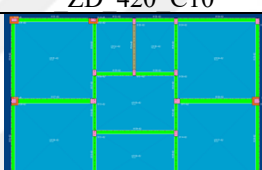
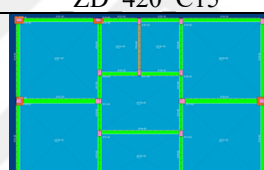
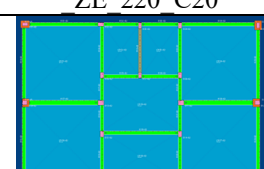
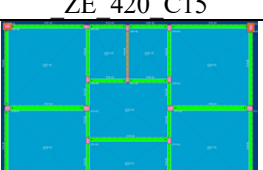
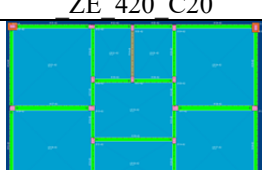
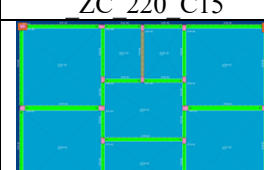
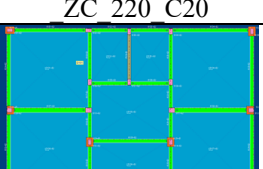
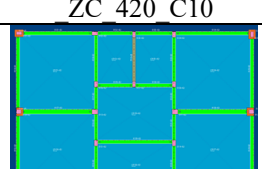
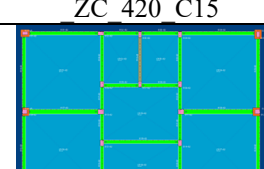
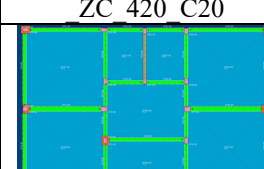


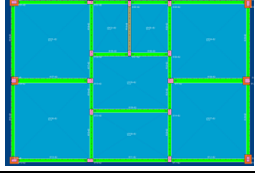
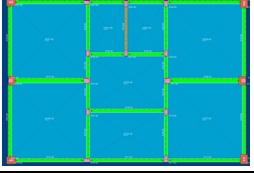
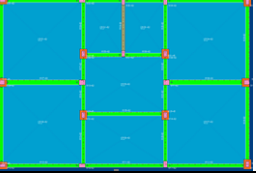
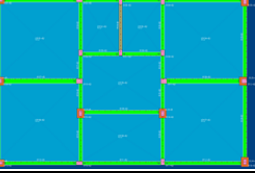
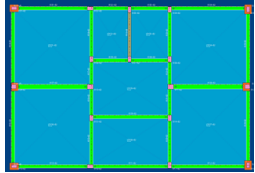
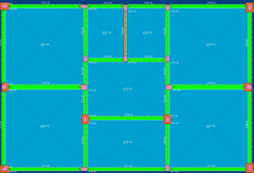
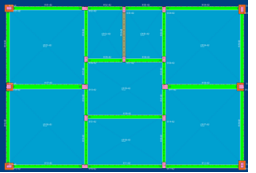
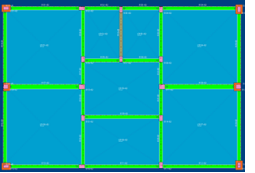
Şekil 7.5. Yeni eklenen güçlendirme kolon mantolarının tip donatı detayı

7.2.1. 8 derslikli okul binası tiplerinin kolon mantosu ilave edilerek güçlendirmesi

Çizelge 7.39' da 8 derslikli okul binası tiplerinin kolon mantosu ilave edilerek STA4CAD programı ile güçlendirildiği durumlar gösterilmiştir.

Çizelge 7.39. 8 derslikli okul binası tiplerinin kolon mantosu ilave edilerek güçlendirmesi

			
M_8_DERSLİK_0.295 ZC 220 C10	M_8_DERSLİK_0.295 ZC 220 C15	M_8_DERSLİK_0.295 ZC 220 C20	M_8_DERSLİK_0.295 ZC 420 C10
			
M_8_DERSLİK_0.295 ZC 420 C15	M_8_DERSLİK_0.295 ZC 420 C20	M_8_DERSLİK_0.295 ZD 220 C10	M_8_DERSLİK_0.295 ZD 220 C15
			
M_8_DERSLİK_0.295 ZD 220 C20	M_8_DERSLİK_0.295 ZD 420 C10	M_8_DERSLİK_0.295 ZD 420 C15	M_8_DERSLİK_0.295 ZD 420 C20
			
M_8_DERSLİK_0.295 ZE 220 C10	M_8_DERSLİK_0.295 ZE 220 C15	M_8_DERSLİK_0.295 ZE 220 C20	M_8_DERSLİK_0.295 ZE 420 C10
			
M_8_DERSLİK_0.295 ZE 420 C15	M_8_DERSLİK_0.295 ZE 420 C20	M_8_DERSLİK_0.995 ZC 220 C10	M_8_DERSLİK_0.995 ZC 220 C15
			
M_8_DERSLİK_0.995 ZC 220 C20	M_8_DERSLİK_0.995 ZC 420 C10	M_8_DERSLİK_0.995 ZC 420 C15	M_8_DERSLİK_0.995 ZC 420 C20
			
M_8_DERSLİK_0.995 ZD 220 C10	M_8_DERSLİK_0.995 ZD 220 C15	M_8_DERSLİK_0.995 ZD 220 C20	M_8_DERSLİK_0.995 ZD 420 C10

			
M_8_DERSLİK_0.995 ZD 420 C15	M_8_DERSLİK_0.995 ZD 420 C20	M_8_DERSLİK_0.995 ZE 220 C10	M_8_DERSLİK_0.995 ZE 220 C15
			
M_8_DERSLİK_0.995 ZE 220 C20	M_8_DERSLİK_0.995 ZE 420 C10	M_8_DERSLİK_0.995 ZE 420 C15	M_8_DERSLİK_0.995 ZE 420 C20

Çizelge 7.40' da, 8 derslikli okul binası tiplerinin kolon mantosu ilave edilerek güçlendirildiği durumlarının özetleri vardır.

Çizelge 7.40. 8 derslikli okul binalarının kolon mantosu ilave edilerek güçlendirildiği durumlarının özetleri

Model Adı	Eklenen Elemanlar
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	1 Perde 30 cm(2) + 4 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	1 Perde 30 cm(2) + 1 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	1 Perde 30 cm(2)
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	1 Perde 30 cm(2) + 4 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	1 Perde 30 cm(2) + 1 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	1 Perde 30 cm(2)
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	1 Perde 30 cm(2) + 6 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	1 Perde 30 cm(2) + 3 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	1 Perde 30 cm(2) + 3 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	1 Perde 30 cm(2) + 6 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	1 Perde 30 cm(2) + 3 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	1 Perde 30 cm(2) + 3 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	1 Perde 30 cm(2) + 8 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	1 Perde 30 cm(2) + 6 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	1 Perde 30 cm(2) + 6 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	1 Perde 30 cm(2) + 7 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	1 Perde 30 cm(2) + 4 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	1 Perde 30 cm(2) + 3 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	1 Perde 30 cm(2) + 6 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	1 Perde 30 cm(2) + 4 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	1 Perde 30 cm(2) + 4 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	1 Perde 30 cm(2) + 4 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	1 Perde 30 cm(2) + 4 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	1 Perde 30 cm(2) + 4 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1 Perde 30 cm(2) + 8 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1 Perde 30 cm(2) + 6 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1 Perde 30 cm(2) + 6 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	1 Perde 30 cm(2) + 7 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	1 Perde 30 cm(2) + 6 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1 Perde 30 cm(2) + 6 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	1 Perde 30 cm(2) + 10 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1 Perde 30 cm(2) + 8 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	1 Perde 30 cm(2) + 6 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	1 Perde 30 cm(2) + 8 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1 Perde 30 cm(2) + 6 Manto (2)
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1 Perde 30 cm(2) + 6 Manto (2)

Çizelge 7.40’ da, parantez içi gösterim; ilgili güçlendirme elemanının yapının kaç katında kullanıldığını ifadelendirmektedir.

7.2.1.1. x ve y yönündeki kütle katılım oranlarının karşılaştırılması

TBDY 2018’e göre x ve y yönündeki kütle katılım oranının %70’den büyük olması istenmektedir. Kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki kütle katılım oranları Çizelge 7.41’ de gösterilmektedir.

Çizelge 7.41. Kolon mantosu edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki kütle katılım oranları

Model Adı	Güçlendirme- KKO _x (%)	Güçlendirme- KKO _y (%)
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	81,9	84,9
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	86,3	86,0
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	87,0	86,4
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	81,9	84,9
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	87,3	85,8
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	87,0	86,4
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	81,9	84,7
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	84,9	85,6
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	87,0	86,4
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	81,9	84,7
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	84,9	85,6
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	86,8	86,4
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	81,2	84,7
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	82,0	85,4
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	82,6	85,7
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	82,4	84,7
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	84,9	85,6
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	85,4	85,9
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	70,1	81,3
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	70,2	81,8
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	70,3	82,2
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	70,0	81,3
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	70,3	81,8
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	70,5	82,2
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	70,0	81,3
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	70,3	81,8
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	70,5	82,2
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	70,0	81,3
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	70,2	81,8
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	70,4	82,2
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	82,8	70,0
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	70,4	81,8
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	70,3	82,2
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	82,8	70,0
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	83,3	70,2
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	70,5	82,2

TBDY 2018'e göre, yapılarda x ve y doğrultularındaki birinci mod kütle katılım oranlarının her iki yönde de %70'in üzerinde olması gerekmektedir. Çizelge 7.41' de görüldüğü gibi bu kapsamda oluşturulan tüm yapısal modellerde söz konusu sınır değerin sağlanmasına özen gösterilmiştir.

7.2.1.2. x ve y yönündeki periyot değişimlerinin karşılaştırılması

Kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki periyotları Çizelge 7.42' de gösterilmektedir.

Çizelge 7.42. Kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki periyotlar

Model Adı	Güçlendirme- T _x (sn)	Güçlendirme- T _y (sn)
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,447	0,186
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,505	0,182
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,471	0,178
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,447	0,186
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,485	0,181
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,471	0,178
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,410	0,186
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,444	0,181
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,471	0,178
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,410	0,186
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,444	0,181
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,470	0,180
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,402	0,186
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,402	0,180
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,383	0,176
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,393	0,185
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,421	0,181
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,420	0,177
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	0,389	0,169
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	0,365	0,164
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	0,349	0,161
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	0,389	0,169
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	0,365	0,164
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	0,349	0,161
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	0,389	0,169
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	0,365	0,164
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	0,349	0,161
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	0,389	0,169
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	0,365	0,164
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	0,349	0,161
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,217	0,146
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,365	0,164
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,349	0,161
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,217	0,146
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	0,215	0,144
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	0,349	0,161

Yapıların dinamik davranışlarının değerlendirilmesinde temel titreşim periyotları önemli bir parametre olup, bu çalışmada x ve y yönlerindeki birinci mod periyotları hem mevcut durumda hem de güçlendirme sonrası durum için karşılaştırılmıştır. Güçlendirme uygulamaları sonrasında periyot değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bu da yapı rijitliğindeki artışın bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Çizelge 7.42’de görüldüğü gibi elde edilen sonuçlar, yapılan güçlendirme müdahalelerinin yapının dinamik özelliklerine etkisini ortaya koymak açısından önemli bulgular sunmuştur.

7.2.1.3. Spektral deplasman değişimlerinin karşılaştırılması

Kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasmanlar Çizelge 7.43' de, mevcut durum ve güçlendirilmiş durumun kıyaslandığı spektral deplasman değişimi (S_d^{son}/S_d^{ilk}) Çizelge 7.44' de gösterilmektedir.

Çizelge 7.43. 8 derslikli okul binasına kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasmanları

Model Adı	S_d-x (mm)	S_d-y (mm)
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	33,77	7,15
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	38,97	6,99
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	33,77	7,15
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	34,30	7,16
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	37,49	6,95
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	34,30	7,16
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	34,77	7,26
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	42,57	7,00
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	34,77	7,26
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	34,83	7,32
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	41,64	6,99
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	34,83	7,32
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	41,04	8,15
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	43,92	7,77
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	41,04	8,15
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	36,50	8,10
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	43,89	7,80
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	36,50	8,10
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	87,88	34,04
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	83,67	31,68
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	80,56	34,04
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	87,79	31,62
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	84,00	29,76
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	80,55	31,62
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	103,88	30,75
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	98,91	27,98
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	95,74	30,75
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	102,21	27,17
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	96,45	24,51
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	93,47	27,17
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	45,13	10,78
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	114,46	14,92
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	101,52	10,78
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	56,22	10,79
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	54,99	10,35
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	100,40	10,79

Çizelge 7.44. 8 derslikli okul binasına kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasman değişimi (S_d^{son}/S_d^{ilk})

Model Adı	S_d^{son}/S_d^{ilk} (x)	S_d^{son}/S_d^{ilk} (y)
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,77	0,18
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,97	0,19
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,91	0,21
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,77	0,19
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,94	0,20
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,93	0,22
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,54	0,13
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,73	0,14
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,65	0,17
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,54	0,13
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,72	0,15
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,68	0,18
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,64	0,14
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,75	0,16
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,77	0,19
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,56	0,14
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,76	0,17
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,71	0,20
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	0,62	0,27
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	0,65	0,27
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	0,67	0,32
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	0,62	0,25
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	0,65	0,26
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	0,67	0,29
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	0,62	0,20
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	0,69	0,20
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	0,77	0,26
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	0,59	0,18
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	0,62	0,18
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	0,64	0,21
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,31	0,07
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,94	0,12
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,96	0,10
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,28	0,06
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	0,31	0,07
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	0,60	0,07

Çalışmada, yapıların mevcut ve güçlendirilmiş durumlarına ait x ve y yönlerindeki spektral deplasman değerleri karşılaştırılarak güçlendirme uygulamalarının yatay yer değiştirme taleplerine etkisi incelenmiştir. Spektral deplasman, yapının sismik etkinlikler karşısındaki deplasman taleplerini yansıtan önemli bir parametre olup, güçlendirme sonrası elde edilen değerler yapısal rijitliğin arttığını ve deplasman taleplerinde azalma sağlandığını göstermektedir. Bunun nedeni, güçlendirme ile yapının rijitliğinin artması ve doğal periyodunun kısılmasıdır. Çizelge 7.44’ de görüldüğü gibi bu kapsamda yapılan karşılaştırmalar, güçlendirme stratejilerinin yapı performansı üzerindeki etkilerini değerlendirme açısından önemli bulgular sunmuştur.

7.2.1.4. Spektral ivme değişimlerinin karşılaştırılması

Kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivmeler Çizelge 7.45’ de, mevcut durum ve güçlendirilmiş durumun kıyaslandığı spektral ivme değişimi (S_a^{son}/S_a^{ilk}) Çizelge 7.46’ da gösterilmektedir.

Çizelge 7.45. 8 derslikli okul binasına kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivmeleri

Model Adı	S_a-x (g)	S_a-y (g)
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,48	0,62
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,38	0,64
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,48	0,62
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,60	0,71
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,54	0,74
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,60	0,71
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,40	0,63
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,37	0,66
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,40	0,63
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,48	0,72
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,47	0,75
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,48	0,72
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,32	0,68
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,31	0,71
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,32	0,68
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,52	0,76
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,39	0,79
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,52	0,76
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	0,96	1,23
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	0,99	1,23
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	1,01	1,29
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	1,12	1,42
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	1,16	1,50
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	1,16	1,61
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	0,86	1,14
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	0,84	1,21
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	0,83	1,26
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	0,96	1,36
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	0,92	1,44
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	0,90	1,52
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,63	1,26
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,64	1,06
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,63	1,09
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,51	1,16
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	0,51	1,23
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	0,63	1,27

Çizelge 7.46. 8 derslikli okul binasına kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivme değişimi (S_a^{son}/S_a^{ilk})

Model Adı	S_a^{son}/S_a^{ilk} (x)	S_a^{son}/S_a^{ilk} (y)
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	1,59	1,74
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	1,26	1,87
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	1,63	1,87
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	1,52	1,58
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	1,40	1,66
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	1,63	1,62
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	1,40	1,94
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	1,27	2,20
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	1,44	2,20
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	1,33	1,70
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	1,36	1,95
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	1,46	1,98
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	1,10	2,08
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	1,09	2,34
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	1,14	2,36
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	1,45	1,80
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	1,13	2,06
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	1,58	2,10
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	1,69	1,82
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	1,62	1,87
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	1,70	2,02
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	1,52	1,62
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	1,59	1,82
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	1,63	2,01
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1,54	1,86
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1,59	2,04
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1,67	2,30
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	1,41	1,72
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	1,39	1,96
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1,37	2,13
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	1,82	3,13
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1,98	2,88
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	2,06	3,18
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	1,00	2,00
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1,03	2,29
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1,28	2,41

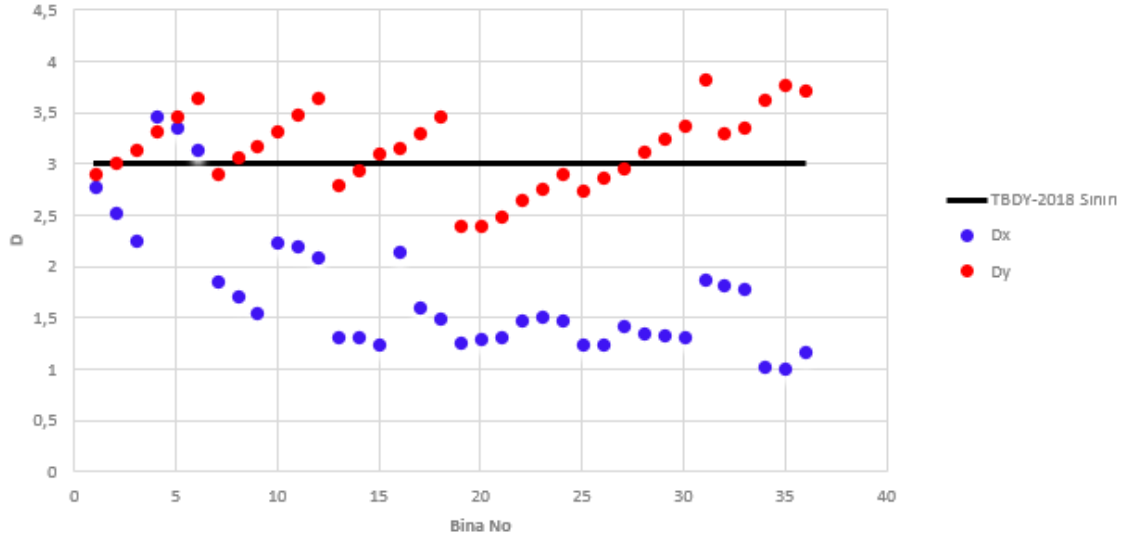
Yapıların sismik davranışlarının değerlendirilmesinde önemli bir parametre olan spektral ivme değerleri, bu çalışmada hem mevcut hem de güçlendirilmiş durumlar için x ve y yönlerinde ayrı ayrı incelenmiştir. Spektral ivme, yapının dinamik karakteristiğini ve yer hareketine karşı vereceği tepkiyi yansıttığından, bu değerlerdeki değişim güçlendirme uygulamalarının etkinliğini ortaya koymaktadır. Güçlendirme sonrası spektral ivme değerlerinde gözlenen artış, yapı rijitliğindeki yükselmeye ve buna bağlı olarak doğal periyodun azalmasına işaret etmekte olup, bu durum yapıların deprem etkilerine karşı daha kararlı hale geldiğini göstermektedir. Çizelge 7.46’ da görüldüğü gibi elde edilen sonuçlar, güçlendirme stratejilerinin yapının sismik yanıtı üzerindeki etkisini değerlendirme açısından önemli katkılar sağlamaktadır.

7.2.1.5. Dayanım fazlalığı değişimlerinin karşılaştırılması

Kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı (D) değerleri Çizelge 7.47’ de, tüm tiplerdeki x ve y yönündeki dayanım fazlalığı grafiği Şekil 7.6’ da ve dayanım fazlalığı değişimi ise (Dson/Dilk) Çizelge 7.48’ de gösterilmektedir.

Çizelge 7.47. 8 derslikli okul binasına kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı (D) değerleri

Model Adı	V _{b-x}	V _{b-y}	V _{t_x} (ton)	V _{t_y} (ton)	D (x)	D (y)
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	258,14	331,81	92,80	114,19	2,78	2,91
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	209,80	335,63	83,27	111,56	2,52	3,01
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	202,01	352,57	89,42	111,95	2,26	3,15
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	321,94	379,04	92,80	114,19	3,47	3,32
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	293,53	388,22	87,42	112,20	3,36	3,46
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	280,48	407,41	89,42	111,95	3,14	3,64
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	215,23	341,45	115,55	117,40	1,86	2,91
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	197,25	354,02	115,41	115,44	1,71	3,07
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	179,55	361,20	115,92	113,65	1,55	3,18
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	257,74	390,61	115,55	117,40	2,23	3,33
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	254,58	402,42	115,41	115,44	2,21	3,49
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	247,40	424,30	118,35	116,39	2,09	3,65
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	167,73	370,00	128,14	132,06	1,31	2,80
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	167,62	384,69	127,33	131,02	1,32	2,94
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	160,10	409,35	128,09	131,49	1,25	3,11
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	277,64	417,09	129,43	131,84	2,15	3,16
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	208,45	426,83	129,44	129,50	1,61	3,30
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	193,90	448,44	129,22	129,10	1,50	3,47
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	386,38	920,19	304,43	382,70	1,27	2,40
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	421,51	923,57	323,62	384,60	1,30	2,40
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	444,14	961,70	339,46	385,93	1,31	2,49
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	450,98	1013,44	304,43	382,70	1,48	2,65
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	487,86	1061,72	323,62	384,60	1,51	2,76
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	504,02	1123,48	339,46	385,93	1,48	2,91
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	351,30	871,24	283,68	316,74	1,24	2,75
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	358,63	911,91	288,67	318,53	1,42	2,86
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	364,36	944,05	292,65	319,79	1,25	2,95
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	384,83	987,41	283,68	316,74	1,36	3,12
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	385,77	1032,94	288,67	318,53	1,34	3,24
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	387,42	1076,84	292,65	319,79	1,32	3,37
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	326,91	967,51	263,61	252,54	1,88	3,83
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	273,30	838,22	227,26	253,88	1,82	3,30
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	276,72	857,32	230,40	254,96	1,78	3,36
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	270,94	914,66	263,61	252,54	1,03	3,62
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	268,28	957,37	264,95	253,72	1,01	3,77
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	269,87	948,42	230,40	254,96	1,17	3,72



Şekil 7.6. Binaların x ve y yönündeki dayanım fazlalığı grafiği

TBDY 2018 kapsamında doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılarak yapılan değerlendirmelerde, yapıların güvenlik düzeyini yansıtan dayanım fazlalığı katsayısı (D), deprem etkileri altındaki yapısal performansın belirlenmesinde kritik bir parametre olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, x ve y yönlerinde hesaplanan dayanım fazlalığı katsayısının, güçlendirme uygulamaları sonrasında anlamlı ölçüde arttığı gözlemlenmiştir. Söz konusu artış, yapıların yatay taşıma kapasitesinde sağlanan iyileşmeyi ve buna bağlı olarak güvenlik düzeyinde elde edilen yükselmeyi açık biçimde ortaya koymaktadır. Ayrıca, TBDY 2018’ de tanımlanan D değerinin genel olarak 1 ila 4 arasında sonuçlar elde edilmiş olması, güçlendirme uygulamalarının yeterli düzeyde süneklik ve dayanım sağladığını göstermektedir. Şekil 7.6 da sunulan veriler doğrultusunda, uygulanan güçlendirme stratejilerinin yapıların sismik performansını artırmada etkili olduğu sonucuna varılmaktadır.

Çizelge 7.48. 8 derslikli okul binasına kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı değişimi (D_{son}/D_{ilk})

Model Adı	D_{son}/D_{ilk} (x)	D_{son}/D_{ilk} (y)
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	6,17	8,10
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	5,59	8,39
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	5,01	8,78
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	10,04	12,13
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	9,72	12,64
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	9,08	13,29
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	2,69	5,30
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	2,47	5,59
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	2,24	5,79
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	4,05	7,94
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	4,00	8,32
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	3,79	8,70
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	1,39	3,88
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	1,39	4,06
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	1,32	4,31
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	2,77	5,63
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	2,01	5,42
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	1,80	5,40
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	1,62	3,95
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	1,63	3,47
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	1,48	3,28
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	2,48	5,67
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	2,24	5,01
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	2,02	4,78
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1,29	3,48
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1,11	3,28
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1,13	3,10
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	1,72	5,11
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	1,52	4,72
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1,46	4,75
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	1,28	4,57
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1,16	3,59
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	1,07	3,40
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	1,13	5,21
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1,08	5,02
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1,22	4,82

Bu çalışmada, taşıyıcı sistem performansında meydana gelen değişimi daha net değerlendirebilmek amacıyla, x ve y yönlerindeki dayanım fazlalığı katsayısının (D) güçlendirme öncesi (D_{ilk}) ve sonrası (D_{son}) değerleri oranlanarak incelenmiştir. Çizelge 7.48’ de görüldüğü gibi x ve y yönünde, yapıların güçlendirme öncesine kıyasla çok daha yüksek taşıma kapasitesine ulaştığını ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, uygulanan güçlendirme stratejilerinin, yapının sismik performansını artırmakta oldukça

etkili olduğunu ve yapısal güvenlik açısından anlamlı iyileşmeler sağladığını göstermektedir.

7.2.1.6. Güçlendirme maliyeti ve yeniden yapım maliyetlerinin karşılaştırılması

Çizelge 7.49’ da, 2025 yılı ÇŞİDB tarafından belirlenen birim fiyatlara göre, kolon mantosu ekleme güçlendirme işleminin her bir elemanı için belirlenen birim maliyetler yer almaktadır. Bu çizelge, her bir güçlendirme elemanının maliyetini, ilgili malzeme ve işçilik giderlerini dikkate alarak sunmaktadır. Çizelgede verilen birim maliyetler, güçlendirme projelerinin ekonomik değerlendirilmesinde ve maliyet analizlerinde önemli bir referans sağlamaktadır.

Çizelge 7.49. 2025 ÇŞİDB tarafından belirlenen birim fiyatlara göre, kolon mantosu elemanlarının birim maliyetleri

Poz No	Tanımı	Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı (\$)	Maliyeti (\$)
15.150.1006A	Kendiliğinden Yerleşen beton Temini ve Dökümü	m ³	1,15	90,93	104,57
15.180.1003	Plywood ile düz yüzeyli betonarme kalıbı yapılması	m ²	9,60	20,96	201,22
15.160.1003	Ø 8 - Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması	Ton	0,09	1002,53	90,23
15.160.1004	Ø 14 - Ø 28 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması.	Ton	0,20	966,61	193,32
	Nakliye %10				58,93
	Kdv %18				106,08
	Aylık Artış %2.5 x 11				162,07
	TOPLAM				928,22

Kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası Güçlendirme Maliyeti / Yeniden Yapım Maliyeti (G_{mal} / YY_{mal}) oranı Çizelge 7.50’ de gösterilmektedir.

Çizelge 7.50. Kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası Güçlendirme Maliyeti / Yeniden Yapım Maliyeti (G_{mal} / YY_{mal}) oranı

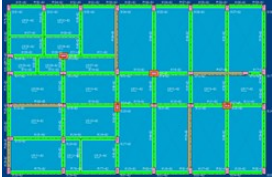
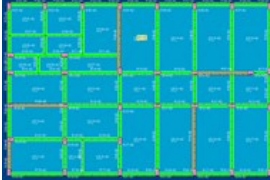
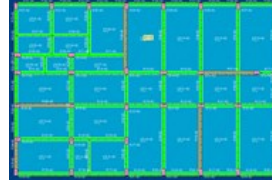
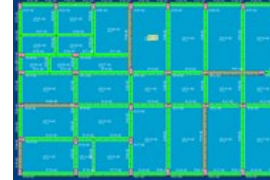
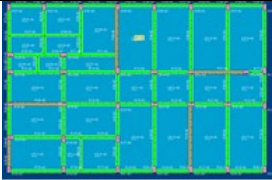
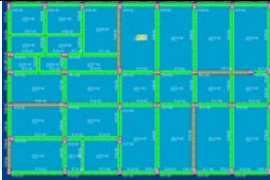
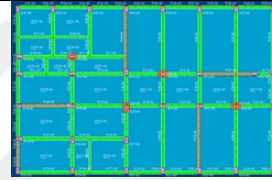
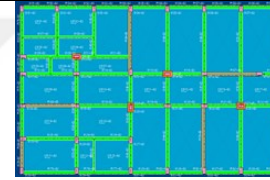
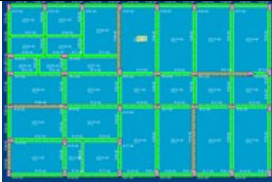
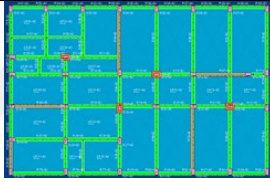
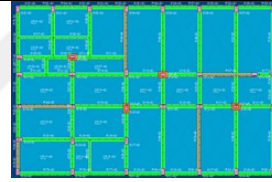
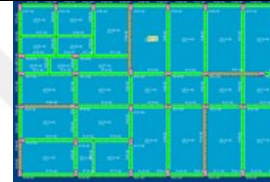
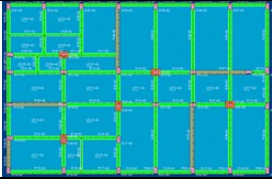
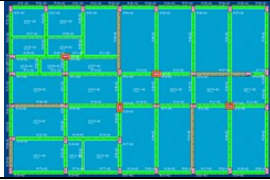
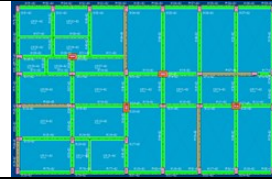
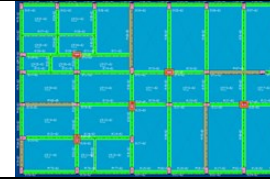
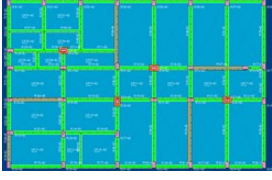
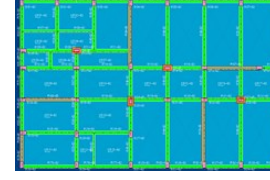
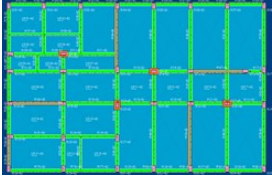
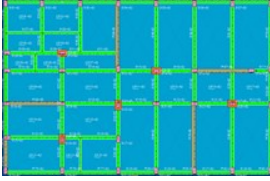
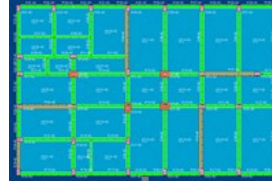
Model Adı	Toplam Maliyet (\$)	G_{mal} / YY_{mal} (%)
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	15360,78	12,25
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	9791,48	7,81
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	7935,05	6,33
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	15360,78	12,25
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	9791,48	7,81
M_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	7935,05	6,33
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	19073,64	15,21
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	13504,35	10,77
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	13504,35	10,77
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	19073,64	15,21
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	13504,35	10,77
M_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	13504,35	10,77
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	22786,51	18,17
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	19073,64	15,21
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	19073,64	15,21
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	20930,08	16,69
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	15360,78	12,25
M_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	13504,35	10,77
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	19073,64	15,21
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	15360,78	12,25
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	15360,78	12,25
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	15360,78	12,25
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	15360,78	12,25
M_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	15360,78	12,25
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	22786,51	18,17
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	19073,64	15,21
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	19073,64	15,21
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	20930,08	16,69
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	19073,64	15,21
M_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	19073,64	15,21
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	26499,37	21,13
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	22786,51	18,17
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	19073,64	15,21
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	22786,51	18,17
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	19073,64	15,21
M_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	19073,64	15,21

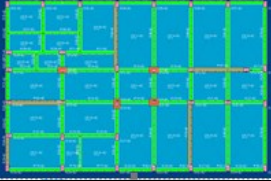
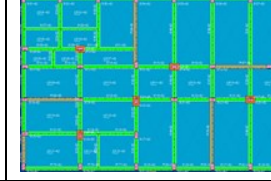
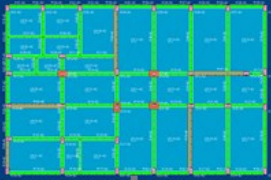
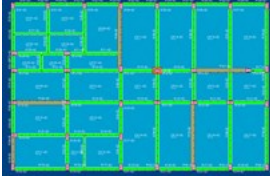
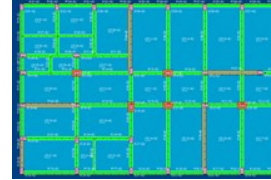
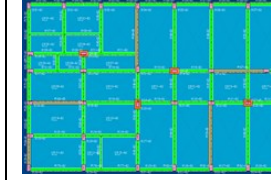
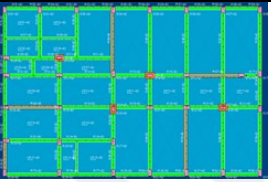
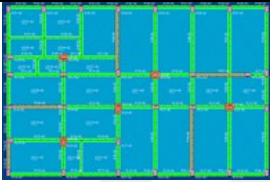
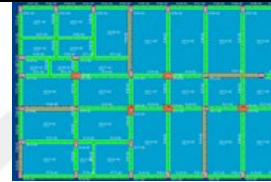
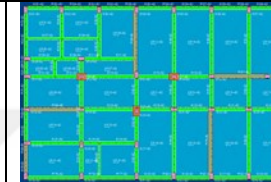
Çizelge 7.50’ de yapılan hesaplamalar üzerinden (G_{mal} / YY_{mal}) oranları karşılaştırılmıştır. Bu oranlara bakıldığında, alternatif güçlendirme çözümlerinin maliyetlerinin, yeniden yapım maliyetinin %40'ının altında kaldığı gözlemlenmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda, güçlendirme önerilerinin ekonomik açıdan uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

7.2.2. 14 derslikli okul binası tiplerinin kolon mantosu ilave edilerek güçlendirmesi

Çizelge 7.51’ de 14 derslikli okul binası tiplerinin kolon mantosu ilave edilerek STA4CAD programı ile güçlendirildiği durumlar gösterilmiştir.

Çizelge 7.51. 14 derslikli okul binası tiplerinin kolon mantosu ilave edilerek güçlendirmesi

			
M_14_DERSLİK_0.295 ZC 220 C10	M_14_DERSLİK_0.295 ZC 220 C15	M_14_DERSLİK_0.295 ZC 220 C20	M_14_DERSLİK_0.295 ZC 420 C10
			
M_14_DERSLİK_0.295 ZC 420 C15	M_14_DERSLİK_0.295 ZC 420 C20	M_14_DERSLİK_0.295 ZD 220 C10	M_14_DERSLİK_0.295 ZD 220 C15
			
M_14_DERSLİK_0.295 ZD 220 C20	M_14_DERSLİK_0.295 ZD 420 C10	M_14_DERSLİK_0.295 ZD 420 C15	M_14_DERSLİK_0.295 ZD 420 C20
			
M_14_DERSLİK_0.295 ZE 220 C10	M_14_DERSLİK_0.295 ZE 220 C15	M_14_DERSLİK_0.295 ZE 220 C20	M_14_DERSLİK_0.295 ZE 420 C10
			
M_14_DERSLİK_0.295 ZE 420 C15	M_14_DERSLİK_0.295 ZE 420 C20	M_14_DERSLİK_0.995 ZC 220 C10	M_14_DERSLİK_0.995 ZC 220 C15
			
M_14_DERSLİK_0.995 ZC 220 C20	M_14_DERSLİK_0.995 ZC 420 C10	M_14_DERSLİK_0.995 ZC 420 C15	M_14_DERSLİK_0.995 ZC 420 C20

			
M_14_DERSLİK_0.995 ZD 220 C10	M_14_DERSLİK_0.995 ZD 220 C15	M_14_DERSLİK_0.995 ZD 220 C20	M_14_DERSLİK_0.995 ZD 420 C10
			
M_14_DERSLİK_0.995 ZD 420 C15	M_14_DERSLİK_0.995 ZD 420 C20	M_14_DERSLİK_0.995 ZE 220 C10	M_14_DERSLİK_0.995 ZE 220 C15
			
M_14_DERSLİK_0.995 ZE 220 C20	M_14_DERSLİK_0.995 ZE 420 C10	M_14_DERSLİK_0.995 ZE 420 C15	M_14_DERSLİK_0.995 ZE 420 C20

Çizelge 7.52’ de, 14 derslikli okul binası tiplerinin kolon mantosu ilave edilerek güçlendirildiği durumlarının özetleri vardır.

Çizelge 7.52. 14 derslikli okul binalarının kolon mantosu ilave edilerek güçlendirildiği durumlarının özetleri

Model Adı	Eklenen Elemanlar
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+ 6 Kolon Mantosu(1)
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+1 Perde frp
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+4 Perde frp
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+ 8 Kolon Mantosu (1)
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+4 Kolon Mantosu(1)
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+1 Perde frp
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+ 6 Kolon Mantosu (1)
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+4 Kolon Mantosu(1)
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+4 Perde frp
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+ 13 Kolon Mantosu (1)
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+8 Kolon Mantosu(1)
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+4 Kolon Mantosu(1)+1 Perde frp
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+ 11 Kolon Mantosu (1)
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+6 Kolon Mantosu(1)
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+4 Kolon Mantosu(1)+4 Perde frp
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+8 Kolon Mantosu (1)
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+6 Kolon Mantosu (1)
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+4 Kolon Mantosu (1)
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+6 Kolon Mantosu (1)+ 3 kiriş frp
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+6 Kolon Mantosu (1)
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+2 Kolon Mantosu (1)
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+9 Kolon Mantosu(1)
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+6 Kolon Mantosu (1)
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+5 Kolon Mantosu (1)
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+8 Kolon Mantosu (1)+ 3 kiriş frp
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+6 Kolon Mantosu (1)
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+3 Kolon Mantosu (1)
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+11 Kolon Mantosu (1)
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+9Kolon Mantosu (1)
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+6Kolon Mantosu (1)
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+9Kolon Mantosu (1)
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+8 Kolon Mantosu (1)
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+5 Kolon Mantosu (1)

Çizelge 7.52’ de, parantez içi gösterim; ilgili güçlendirme elemanının yapının kaç katında kullanıldığını ifadelendirmektedir.

7.2.2.1. x ve y yönündeki kütle katılım oranlarının karşılaştırılması

TBDY 2018’e göre x ve y yönündeki kütle katılım oranının %70’den büyük olması istenmektedir. Kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki kütle katılım oranları Çizelge 7.53’ de gösterilmektedir.

Çizelge 7.53. Kolon mantosu edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki kütle katılım oranları

Model Adı	Güçlendirme- KKO _x (%)	Güçlendirme- KKO _y (%)
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	83,7	83,8
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	83,1	83,4
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	83,3	83,5
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	82,8	82,8
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	83,1	83,4
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	83,3	83,5
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	83,7	83,8
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	83,1	83,4
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	83,3	83,5
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	81,8	82,0
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	83,1	83,4
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	83,3	83,5
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	83,7	83,8
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	83,1	83,4
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	83,3	83,5
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	82,6	83,2
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	83,1	83,4
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	83,3	83,5
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	80,7	81,8
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	82,7	83,0
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	83,0	83,1
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	79,4	80,4
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	81,9	82,6
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	82,4	82,9
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	81,0	81,9
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	82,7	83,0
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	83,0	83,1
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	79,6	80,8
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	81,9	82,6
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	82,4	82,9
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	80,6	81,7
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	82,7	83,0
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	83,0	83,1
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	81,0	81,0
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	81,5	82,4
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	81,9	82,7

TBDY 2018'e göre, yapılarda x ve y doğrultularındaki birinci mod kütle katılım oranlarının her iki yönde de %70'in üzerinde olması gerekmektedir. Çizelge 7.53' de görüldüğü gibi bu kapsamda oluşturulan tüm yapısal modellerde söz konusu sınır değerin sağlanmasına özen gösterilmiştir.

7.2.2.2. x ve y yönündeki periyot değişimlerinin karşılaştırılması

Kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki periyotları Çizelge 7.54' de gösterilmektedir.

Çizelge 7.54. Kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki periyotlar

Model Adı	Güçlendirme- T _x (sn)	Güçlendirme- T _y (sn)
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,298	0,242
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,311	0,250
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,294	0,237
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,287	0,235
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,311	0,250
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,294	0,237
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,298	0,242
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,311	0,250
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,294	0,237
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,280	0,232
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,311	0,250
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,294	0,237
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,298	0,242
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,311	0,250
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,294	0,237
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,269	0,228
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,317	0,250
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,294	0,237
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	0,299	0,249
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	0,294	0,240
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	0,284	0,229
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	0,248	0,220
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	0,264	0,225
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	0,280	0,227
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	0,292	0,247
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	0,293	0,238
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	0,284	0,229
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	0,250	0,222
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	0,264	0,225
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	0,280	0,227
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,288	0,245
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,293	0,238
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,284	0,229
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,234	0,206
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	0,261	0,224
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	0,268	0,222

Yapıların dinamik davranışlarının değerlendirilmesinde temel titreşim periyotları önemli bir parametre olup, bu çalışmada x ve y yönlerindeki birinci mod periyotları hem mevcut durumda hem de güçlendirme sonrası durum için karşılaştırılmıştır. Güçlendirme uygulamaları sonrasında periyot değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bu da yapı rijitliğindeki artışın bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Çizelge 7.54’ de görüldüğü gibi elde edilen sonuçlar, yapılan güçlendirme müdahalelerinin yapının dinamik özelliklerine etkisini ortaya koymak açısından önemli bulgular sunmuştur.

7.2.2.3. Spektral deplasman değişimlerinin karşılaştırılması

Kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasmanlar Çizelge 7.55’ de, mevcut durum ve güçlendirilmiş durumun kıyaslandığı spektral deplasman değişimi (S_d^{son}/S_d^{ilk}) Çizelge 7.56’ da gösterilmektedir.

Çizelge 7.55. 14 derslikli okul binasına kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasmanları

Model Adı	S_d-x (mm)	S_d-y (mm)
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	9,66	7,19
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	18,13	12,14
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	16,66	11,19
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	15,14	10,54
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	17,88	11,99
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	15,14	10,54
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	17,01	11,42
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	18,42	12,39
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	17,01	11,42
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	14,66	10,46
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	18,23	12,36
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	14,66	10,46
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	19,03	12,89
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	20,78	13,82
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	19,03	12,89
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	15,24	11,35
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	20,70	13,71
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	15,24	11,35
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	67,64	55,75
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	66,77	53,39
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	67,64	55,75
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	53,97	44,14
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	58,57	45,58
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	53,97	44,14
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	76,24	53,42
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	76,98	50,78
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	76,24	53,42
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	52,99	38,06
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	57,79	39,31
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	52,99	38,06
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	62,22	37,68
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	65,37	36,34
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	62,22	37,68
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	34,64	19,81
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	40,63	23,01
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	34,64	19,81

Çizelge 7.56. 14 derslikli okul binasına kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasman değişimi (S_d^{son}/S_d^{ilk})

Model Adı	S_d^{son}/S_d^{ilk} (x)	S_d^{son}/S_d^{ilk} (y)
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,91	0,84
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,85	0,73
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,91	0,77
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,59	0,51
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,86	0,72
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,83	0,73
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,99	0,84
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,87	0,73
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,91	0,78
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,55	0,50
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,85	0,73
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,79	0,70
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,98	0,85
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,85	0,73
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,92	0,79
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,52	0,48
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,86	0,09
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,73	0,69
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	0,99	0,93
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	0,86	0,79
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	0,95	0,90
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	0,62	0,58
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	0,75	0,68
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	0,77	0,72
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	0,75	0,62
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	0,85	0,70
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	0,92	0,85
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	0,53	0,49
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	0,68	0,61
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	0,70	0,68
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,62	0,53
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,82	0,64
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,90	0,80
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,43	0,35
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	0,63	0,53
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	0,64	0,55

Çalışmada, yapıların mevcut ve güçlendirilmiş durumlarına ait x ve y yönlerindeki spektral deplasman değerleri karşılaştırılarak güçlendirme uygulamalarının yatay yer değiştirme taleplerine etkisi incelenmiştir. Spektral deplasman, yapının sismik etkinlikler karşısındaki deplasman taleplerini yansıtan önemli bir parametre olup, güçlendirme sonrası elde edilen değerler yapısal rijitliğin arttığını ve deplasman taleplerinde azalma sağlandığını göstermektedir. Bunun nedeni, güçlendirme ile yapının rijitliğinin artması ve doğal periyodunun kısılmasıdır. Çizelge 7.56’ da görüldüğü gibi bu kapsamda yapılan karşılaştırmalar, güçlendirme stratejilerinin yapı performansı üzerindeki etkilerini değerlendirme açısından önemli bulgular sunmuştur.

7.2.2.4. Spektral ivme değişimlerinin karşılaştırılması

Kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivmeler Çizelge 7.57’ de, mevcut durum ve güçlendirilmiş durumun kıyaslandığı spektral ivme değişimi (S_a^{son}/S_a^{ilk}) Çizelge 7.58’ de gösterilmektedir.

Çizelge 7.57. 14 derslikli okul binasına kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivmeleri

Model Adı	S_a-x (g)	S_a-y (g)
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,69	0,76
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,66	0,67
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,65	0,70
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,87	0,77
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,77	0,78
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,77	0,77
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,55	0,65
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,60	0,68
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,65	0,70
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,69	0,79
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,77	0,79
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,77	0,79
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,55	0,69
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,66	0,72
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,65	0,77
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,76	0,85
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,79	0,85
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,87	0,85
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	1,54	1,65
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	1,64	1,75
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	1,64	1,75
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	1,76	1,96
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	1,86	1,97
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	1,86	1,96
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1,20	1,31
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1,21	1,32
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1,20	1,21
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	1,51	1,44
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	1,41	1,49
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1,31	1,44
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,87	1,02
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,87	1,05
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,87	1,20
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	1,04	1,25
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1,03	1,25
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1,10	1,25

Çizelge 7.58. 14 derslikli okul binasına kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivme değişimi (S_a^{son}/S_a^{ilk})

Model Adı	S_a^{son}/S_a^{ilk} (x)	S_a^{son}/S_a^{ilk} (y)
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	1,04	1,02
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	1,04	1,05
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	1,09	1,04
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	1,15	1,05
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	1,08	1,03
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	1,04	1,01
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	1,04	1,07
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	1,04	1,05
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	1,07	1,03
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	1,01	1,07
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	1,06	1,04
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	1,03	1,02
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	1,01	1,08
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	1,11	1,05
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	1,05	1,07
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	1,06	1,08
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	1,03	1,03
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	1,10	1,02
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	1,07	1,06
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	1,05	1,06
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	1,05	1,07
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	1,03	1,01
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	1,01	1,03
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	1,03	1,05
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1,01	1,03
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1,02	1,10
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1,03	1,06
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	1,08	1,06
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	1,05	1,08
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1,02	1,00
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	1,10	1,06
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1,13	1,03
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	1,06	1,15
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	1,07	1,07
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1,01	1,04
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1,04	1,02

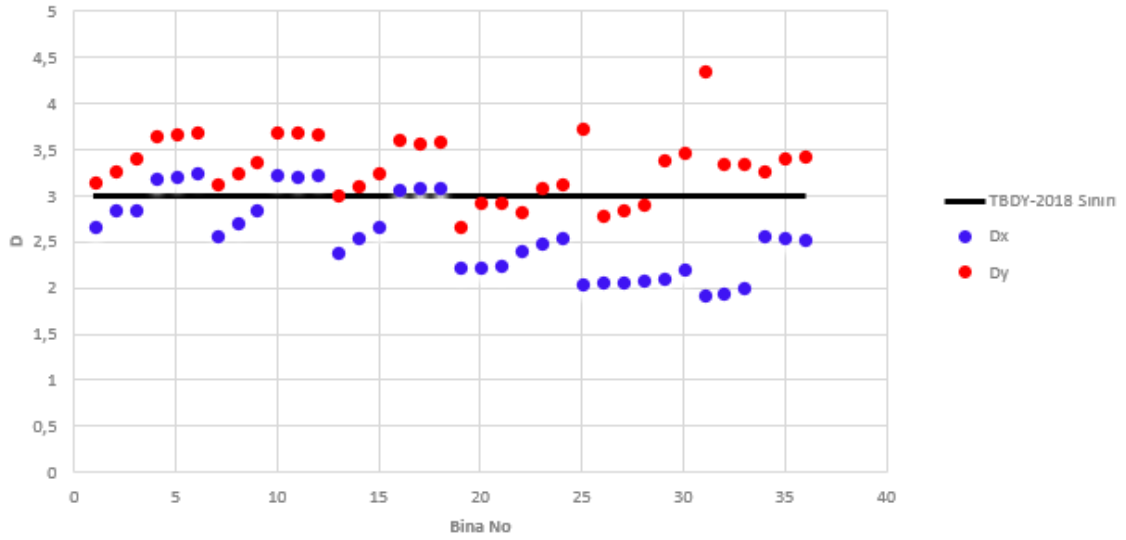
Yapıların sismik davranışlarının değerlendirilmesinde önemli bir parametre olan spektral ivme değerleri, bu çalışmada hem mevcut hem de güçlendirilmiş durumlar için x ve y yönlerinde ayrı ayrı incelenmiştir. Spektral ivme, yapının dinamik karakteristiğini ve yer hareketine karşı vereceği tepkiyi yansıttığından, bu değerlerdeki değişim güçlendirme uygulamalarının etkinliğini ortaya koymaktadır. Güçlendirme sonrası spektral ivme değerlerinde gözlenen artış, yapı rijitliğindeki yükselmeye ve buna bağlı olarak doğal periyodun azalmasına işaret etmekte olup, bu durum yapıların deprem etkilerine karşı daha kararlı hale geldiğini göstermektedir. Çizelge 7.58’ de görüldüğü gibi elde edilen sonuçlar, güçlendirme stratejilerinin yapının sismik yanıtı üzerindeki etkisini değerlendirme açısından önemli katkılar sağlamaktadır.

7.2.2.5. Dayanım fazlalığı değişimlerinin karşılaştırılması

Kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı (D) değerleri Çizelge 7.59’ da, tüm tiplerdeki x ve y yönündeki dayanım fazlalığı grafiği Şekil 7.7’ de ve dayanım fazlalığı değişimi ise (Dson/Dilk) Çizelge 7.60’ da gösterilmektedir.

Çizelge 7.59. 14 derslikli okul binasına kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı (D) değerleri

Model Adı	V _{b-x}	V _{b-y}	V _{t_x} (ton)	V _{t_y} (ton)	D (x)	D (y)
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	1138,65	1369,06	425,61	435,50	2,68	3,14
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	1211,50	1424,62	426,13	435,88	2,84	3,27
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	1215,23	1480,98	425,98	435,44	2,85	3,40
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	1340,09	1571,27	421,00	430,21	3,18	3,65
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	1367,01	1598,99	426,13	435,88	3,21	3,67
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	1384,04	1605,39	425,98	435,44	3,25	3,69
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	1101,79	1377,87	429,95	440,06	2,56	3,13
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	1168,02	1433,72	430,41	440,38	2,71	3,26
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	1221,48	1484,80	430,06	440,05	2,84	3,37
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	1365,54	1605,02	423,95	435,78	3,22	3,68
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	1376,77	1624,46	430,41	440,38	3,20	3,69
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	1388,22	1613,01	430,06	440,05	3,23	3,67
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	1118,07	1437,77	466,99	478,66	2,39	3,00
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	1189,98	1490,63	467,37	479,00	2,55	3,11
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	1247,38	1553,02	467,10	478,69	2,67	3,24
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	1426,81	1716,17	465,00	476,59	3,07	3,60
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	1443,49	1712,91	467,37	479,00	3,09	3,58
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	1445,53	1717,21	467,10	478,69	3,09	3,59
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	2590,73	3197,74	1161,67	1202,46	2,23	2,66
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	2587,70	3497,74	1165,51	1198,00	2,22	2,92
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	2607,63	3492,35	1165,81	1195,54	2,24	2,92
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	2881,52	3491,49	1195,24	1230,91	2,41	2,84
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	2915,76	3737,60	1172,95	1209,05	2,49	3,09
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	2975,89	3732,60	1164,67	1195,64	2,56	3,12
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1976,13	3737,79	970,25	1001,89	2,04	3,73
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1982,47	2751,36	957,13	985,36	2,07	2,79
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1990,32	2824,47	966,28	991,57	2,06	2,85
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	2041,93	2952,14	982,05	1017,86	2,08	2,90
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	2050,44	3406,88	972,01	1002,55	2,11	3,40
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	2130,50	3440,41	965,00	991,53	2,21	3,47
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	1473,18	3469,08	769,89	798,45	1,91	4,34
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1475,59	2630,70	762,02	785,92	1,94	3,35
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	1538,12	2650,04	769,46	791,01	2,00	3,35
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	2081,09	2728,85	810,00	833,91	2,57	3,27
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1957,80	2727,56	771,89	798,83	2,54	3,41
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1952,81	2746,00	771,29	798,42	2,53	3,44



Şekil 7.7. Binaların x ve y yönündeki dayanım fazlalığı grafiği

TBDY 2018 kapsamında doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılarak yapılan değerlendirmelerde, yapıların güvenlik düzeyini yansıtan dayanım fazlalığı katsayısı (D), deprem etkileri altındaki yapısal performansın belirlenmesinde kritik bir parametre olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, x ve y yönlerinde hesaplanan dayanım fazlalığı katsayısının, güçlendirme uygulamaları sonrasında anlamlı ölçüde arttığı gözlemlenmiştir. Söz konusu artış, yapıların yatay taşıma kapasitesinde sağlanan iyileşmeyi ve buna bağlı olarak güvenlik düzeyinde elde edilen yükselmeyi açık biçimde ortaya koymaktadır. Ayrıca, TBDY 2018’ de tanımlanan D değerinin genel olarak 2 ile 4 arasında sonuçlar elde edilmiş olması, güçlendirme uygulamalarının yeterli düzeyde süneklik ve dayanım sağladığını göstermektedir. Şekil 7.7’ de sunulan veriler doğrultusunda, uygulanan güçlendirme stratejilerinin yapıların sismik performansını artırmada etkili olduğu sonucuna varılmaktadır.

Çizelge 7.60. 14 derslikli okul binasına kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı değişimi (D_{son}/D_{ilk})

Model Adı	D_{son}/D_{ilk} (x)	D_{son}/D_{ilk} (y)
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	7,96	10,79
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	8,73	10,76
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	8,26	11,74
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	11,82	13,82
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	10,98	14,29
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	11,58	14,63
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	6,42	9,61
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	7,33	10,70
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	8,17	11,53
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	10,46	13,78
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	10,98	14,24
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	11,47	14,59
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	5,54	8,68
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	6,37	9,64
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	7,08	10,58
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	9,43	12,93
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	10,09	13,40
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	10,50	13,72
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	4,43	6,04
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	4,83	7,12
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	4,85	7,06
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	6,20	8,17
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	6,37	8,59
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	6,39	8,51
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	4,04	8,27
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	4,01	5,86
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	3,95	5,68
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	4,79	6,92
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	4,63	8,21
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	4,66	8,75
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	3,13	9,13
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	3,08	7,47
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	3,38	7,69
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	5,11	8,33
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	5,31	8,95
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	5,51	9,29

Bu çalışmada, taşıyıcı sistem performansında meydana gelen değişimi daha net değerlendirebilmek amacıyla, x ve y yönlerindeki dayanım fazlalığı katsayısının (D) güçlendirme öncesi (D_{ilk}) ve sonrası (D_{son}) değerleri oranlanarak incelenmiştir. Çizelge 7.60' da görüldüğü gibi x ve y yönünde, yapıların güçlendirme öncesine kıyasla çok daha yüksek taşıma kapasitesine ulaştığını ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, uygulanan güçlendirme stratejilerinin, yapının sismik performansını artırmakta oldukça

etkili olduğunu ve yapısal güvenlik açısından anlamlı iyileşmeler sağladığını göstermektedir.

7.2.2.6. Güçlendirme maliyeti ve yeniden yapım maliyetlerinin karşılaştırılması

Kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası Güçlendirme Maliyeti / Yeniden Yapım Maliyeti (G_{mal} / YY_{mal}) oranı Çizelge 7.61’ de gösterilmektedir.

Çizelge 7.61. Kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası Güçlendirme Maliyeti / Yeniden Yapım Maliyeti (G_{mal} / YY_{mal}) oranı

Model Adı	Toplam Maliyet (\$)	G_{mal} / YY_{mal} (%)
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	54736,25	20,13
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	49166,96	18,08
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	49970,96	18,37
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	49166,96	18,08
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	49166,96	18,08
M_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	52382,98	19,26
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	56592,68	20,81
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	52879,82	19,44
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	49970,96	18,37
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	54736,25	20,13
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	52879,82	19,44
M_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	52382,98	19,26
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	61233,76	22,52
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	56592,68	20,81
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	53683,83	19,74
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	59377,33	21,83
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	54736,25	20,13
M_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	56095,85	20,63
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	56592,68	20,81
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	54736,25	20,13
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	52879,82	19,44
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	57148,27	21,01
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	54736,25	20,13
M_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	51023,39	18,76
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	57520,90	21,15
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	54736,25	20,13
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	53808,04	19,79
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	59004,71	21,70
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	54736,25	20,13
M_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	51951,60	19,10
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	59377,33	21,83
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	57520,90	21,15
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	54736,25	20,13
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	57520,90	21,15
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	56592,68	20,81
M_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	53808,04	19,79

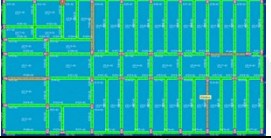
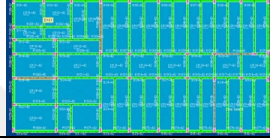
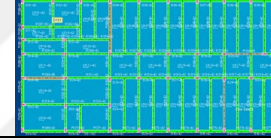
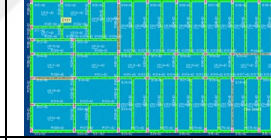
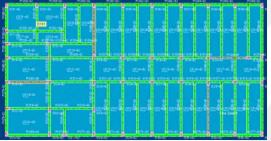
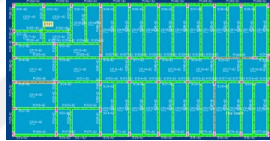
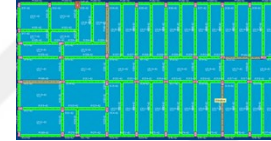
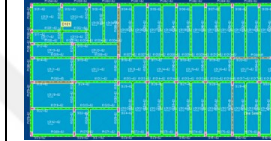
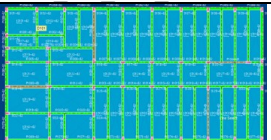
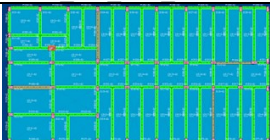
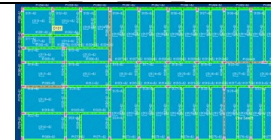
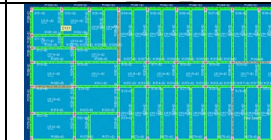
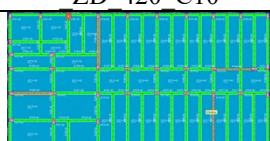
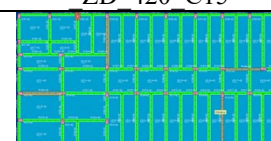
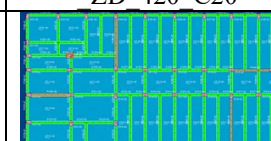
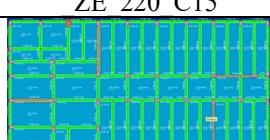
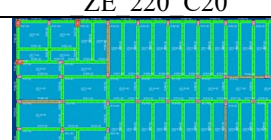
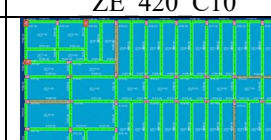
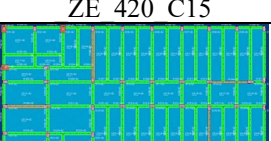
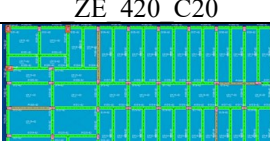
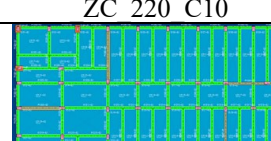
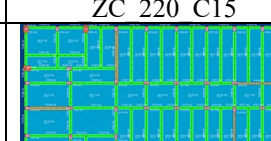
Çizelge 7.61’ de yapılan hesaplamalar üzerinden (G_{mal} / YY_{mal}) oranları karşılaştırılmıştır. Bu oranlara bakıldığında, alternatif güçlendirme çözümlerinin

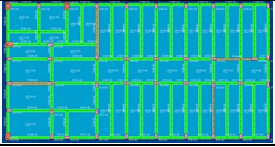
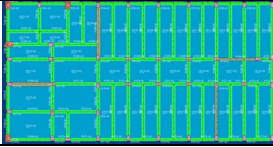
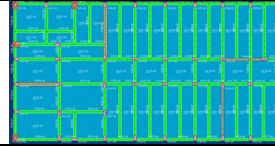
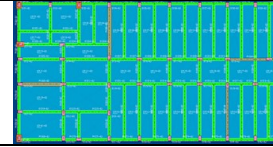
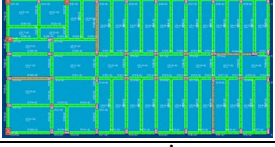
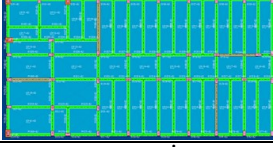
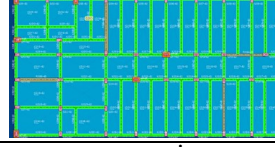
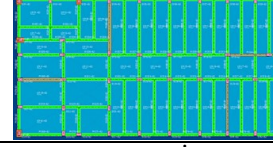
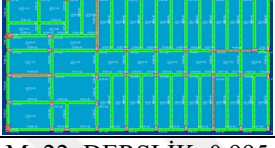
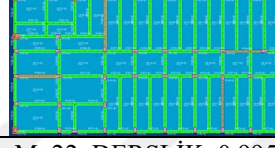
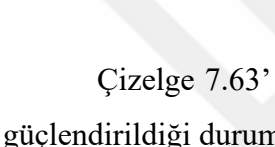
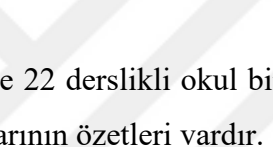
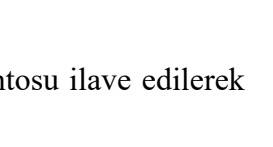
maliyetlerinin, yeniden yapım maliyetinin %40'ının altında kaldığı gözlemlenmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda, güçlendirme önerilerinin ekonomik açıdan uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

7.2.3. 22 derslikli okul binası tiplerinin betonarme kolon mantosu ilave edilerek güçlendirmesi

Çizelge 7.62' de 22 derslikli okul binası tiplerinin betonarme kolon mantosu ilave edilerek STA4CAD programı ile güçlendirildiği durumlar gösterilmiştir.

Çizelge 7.62. 22 derslikli okul binası tiplerinin betonarme kolon mantosu ilave edilerek güçlendirmesi

			
M_22_DERSLİK_0.295 ZC 220 C10	M_22_DERSLİK_0.295 ZC 220 C15	M_22_DERSLİK_0.295 ZC 220 C20	M_22_DERSLİK_0.295 ZC 420 C10
			
M_22_DERSLİK_0.295 ZC 420 C15	M_22_DERSLİK_0.295 ZC 420 C20	M_22_DERSLİK_0.295 ZD 220 C10	M_22_DERSLİK_0.295 ZD 220 C15
			
M_22_DERSLİK_0.295 ZD 220 C20	M_22_DERSLİK_0.295 ZD 420 C10	M_22_DERSLİK_0.295 ZD 420 C15	M_22_DERSLİK_0.295 ZD 420 C20
			
M_22_DERSLİK_0.295 ZE 220 C10	M_22_DERSLİK_0.295 ZE 220 C15	M_22_DERSLİK_0.295 ZE 220 C20	M_22_DERSLİK_0.295 ZE 420 C10
			
M_22_DERSLİK_0.295 ZE 420 C15	M_22_DERSLİK_0.295 ZE 420 C20	M_22_DERSLİK_0.995 ZC 220 C10	M_22_DERSLİK_0.995 ZC 220 C15
			

M_22_DERSLİK_0.995 ZC 220 C20	M_22_DERSLİK_0.995 ZC 420 C10	M_22_DERSLİK_0.995 ZC 420 C15	M_22_DERSLİK_0.995 ZC 420 C20
			
M_22_DERSLİK_0.995 ZD 220 C10	M_22_DERSLİK_0.995 ZD 220 C15	M_22_DERSLİK_0.995 ZD 220 C20	M_22_DERSLİK_0.995 ZD 420 C10
			
M_22_DERSLİK_0.995 ZD 420 C15	M_22_DERSLİK_0.995 ZD 420 C20	M_22_DERSLİK_0.995 ZE 220 C10	M_22_DERSLİK_0.995 ZE 220 C15
			
M_22_DERSLİK_0.995 ZE 220 C20	M_22_DERSLİK_0.995 ZE 420 C10	M_22_DERSLİK_0.995 ZE 420 C15	M_22_DERSLİK_0.995 ZE 420 C20
			

Çizelge 7.63’ de 22 derslikli okul binası tiplerinin kolon mantosu ilave edilerek güçlendirildiği durumlarının özetleri vardır.

Çizelge 7.63. 22 derslikli okul binalarının kolon mantosu ilave edilerek güçlendirildiği durumlarının özetleri

Model Adı	Eklenen Elemanlar
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	2 Perde+2 Perde Mantosu+2Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	2 Perde+2 Perde Mantosu
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	2 Perde+2 Perde Mantosu
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	2 Perde+2 Perde Mantosu+2Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	2 Perde+2 Perde Mantosu
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	2 Perde+2 Perde Mantosu
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	2 Perde+2 Perde Mantosu+3Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	2 Perde+2 Perde Mantosu
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	2 Perde+2 Perde Mantosu
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	2 Perde+2 Perde Mantosu+2Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	2 Perde+2 Perde Mantosu
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	2 Perde+2 Perde Mantosu
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	2 Perde+2 Perde Mantosu+3Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	2 Perde+2 Perde Mantosu+2Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	2 Perde+2 Perde Mantosu+2Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	2 Perde+2 Perde Mantosu+2Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	2 Perde+2 Perde Mantosu+2Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	2 Perde+2 Perde Mantosu+2Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	2 Perde+2 Perde Mantosu+ 10 Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	2 Perde+2 Perde Mantosu+ 8 Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	2 Perde+2 Perde Mantosu+ 7 Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	2 Perde+2 Perde Mantosu+ 7 Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	2 Perde+2 Perde Mantosu+ 6 Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	2 Perde+2 Perde Mantosu+ 6 Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	2 Perde+2 Perde Mantosu+ 12 Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	2 Perde+2 Perde Mantosu+10 Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	2 Perde+2 Perde Mantosu+ 9 Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	2 Perde+2 Perde Mantosu+ 10 Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	2 Perde+2 Perde Mantosu+ 8 Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	2 Perde+2 Perde Mantosu+ 7 Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	2 Perde+2 Perde Mantosu+ 15 Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	2 Perde+2 Perde Mantosu+ 12 Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	2 Perde+2 Perde Mantosu+ 10 Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	2 Perde+2 Perde Mantosu+ 12 Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	2 Perde+2 Perde Mantosu+ 10 Kolon Mantosu
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	2 Perde+2 Perde Mantosu+ 9 Kolon Mantosu

7.2.3.1. x ve y yönündeki kütle katılım oranlarının karşılaştırılması

TBDY 2018'e göre x ve y yönündeki kütle katılım oranının %70'den büyük olması istenmektedir. Kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki kütle katılım oranları Çizelge 7.64' de gösterilmektedir.

Çizelge 7.64. Kolon mantosu edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki kütle katılım oranları

Model Adı	Güçlendirme- KKO _x (%)	Güçlendirme- KKO _y (%)
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	87,2	81,5
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	87,0	83,2
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	86,7	84,6
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	87,3	81,5
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	87,0	83,2
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	86,7	84,6
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	87,2	81,5
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	87,0	83,2
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	86,7	84,6
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	87,3	81,5
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	87,0	83,2
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	86,7	84,6
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	87,2	81,5
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	87,0	83,2
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	86,7	84,6
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	87,3	81,5
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	87,0	83,2
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	86,7	84,6
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	78,0	86,3
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	84,0	87,4
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	86,1	83,8
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	83,9	85,7
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	84,0	87,4
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	86,1	83,8
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	78,0	86,3
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	84,0	87,4
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	86,1	83,8
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	83,9	85,7
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	84,0	87,4
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	86,1	83,8
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	78,0	86,3
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	84,0	87,4
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	86,1	83,8
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	84,1	86,2
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	84,0	87,4
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	86,1	83,8

TBDY 2018'e göre, yapılarda x ve y doğrultularındaki birinci mod kütle katılım oranlarının her iki yönde de %70'in üzerinde olması gerekmektedir. Çizelge 7.64' de görüldüğü gibi bu kapsamda oluşturulan tüm yapısal modellerde söz konusu sınır değerin sağlanmasına özen gösterilmiştir.

7.2.3.2. x ve y yönündeki periyot değişimlerinin karşılaştırılması

Kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki periyotları Çizelge 7.65' de gösterilmektedir.

Çizelge 7.65. Kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki periyotlar

Model Adı	Güçlendirme- T _x (sn)	Güçlendirme- T _y (sn)
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,213	0,177
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,199	0,168
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,190	0,162
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,212	0,177
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,199	0,168
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,190	0,162
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,213	0,177
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,199	0,168
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,190	0,162
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,212	0,177
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,199	0,168
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,190	0,162
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,213	0,177
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,199	0,168
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,190	0,162
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,212	0,177
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,199	0,168
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,190	0,162
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	0,208	0,175
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	0,196	0,166
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	0,191	0,162
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	0,178	0,164
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	0,196	0,166
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	0,191	0,162
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	0,208	0,175
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	0,196	0,166
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	0,191	0,162
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	0,178	0,164
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	0,196	0,166
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	0,191	0,162
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,208	0,175
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,196	0,166
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,191	0,162
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,177	0,163
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	0,196	0,166
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	0,191	0,162

Yapıların dinamik davranışlarının değerlendirilmesinde temel titreşim periyotları önemli bir parametre olup, bu çalışmada x ve y yönlerindeki birinci mod periyotları hem mevcut durumda hem de güçlendirme sonrası durum için karşılaştırılmıştır. Güçlendirme uygulamaları sonrasında periyot değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bu da yapı rijitliğindeki artışın bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Çizelge 7.65’ de görüldüğü gibi elde edilen sonuçlar, yapılan güçlendirme müdahalelerinin yapının dinamik özelliklerine etkisini ortaya koymak açısından önemli bulgular sunmuştur.

7.2.3.3. Spektral deplasman değişimlerinin karşılaştırılması

Kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasmanlar Çizelge 7.66’ da, mevcut durum ve güçlendirilmiş durumun kıyaslandığı spektral deplasman değişimi (S_d^{son}/S_d^{ilk}) Çizelge 7.67’ de gösterilmektedir.

Çizelge 7.66. 22 derslikli okul binasına kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasmanları

Model Adı	S_d-x (mm)	S_d-y (mm)
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	8,21	6,63
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	7,20	5,90
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	8,21	6,63
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	8,18	6,54
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	7,25	5,87
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	8,18	6,54
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	8,38	6,66
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	7,24	5,93
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	8,38	6,66
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	8,27	5,93
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	7,30	5,93
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	8,27	5,93
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	9,39	7,52
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	8,10	6,59
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	9,39	7,52
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	9,34	7,48
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	8,11	6,68
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	9,34	7,48
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	40,86	32,32
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	36,81	28,93
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	40,86	32,32
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	29,39	26,57
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	32,51	26,05
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	29,39	26,57
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	35,62	27,11
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	32,04	22,82
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	35,62	27,11
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	23,09	19,32
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	25,40	18,10
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	23,09	19,32
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	21,04	14,61
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	17,44	13,07
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	21,04	14,61
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	13,37	12,39
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	16,13	13,08
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	13,37	12,39

Çizelge 7.67. 22 derslikli okul binasına kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasman değişimi (S_d^{son}/S_d^{ilk})

Model Adı	S_d^{son}/S_d^{ilk} (x)	S_d^{son}/S_d^{ilk} (y)
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,43	0,35
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,46	0,38
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,60	0,49
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,43	0,35
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,60	0,49
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,79	0,63
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,42	0,34
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,45	0,37
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,60	0,48
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,43	0,31
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,60	0,48
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,77	0,55
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,42	0,35
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,45	0,37
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,60	0,48
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,42	0,34
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,59	0,48
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,79	0,62
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	0,65	0,50
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	0,65	0,51
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	0,68	0,53
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	0,48	0,42
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	0,59	0,48
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	0,49	0,45
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	0,50	0,38
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	0,52	0,38
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	0,65	0,52
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	0,36	0,32
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	0,50	0,36
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	0,52	0,45
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,34	0,24
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,35	0,27
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,51	0,36
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,31	0,30
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	0,48	0,42
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	0,49	0,49

Çalışmada, yapıların mevcut ve güçlendirilmiş durumlarına ait x ve y yönlerindeki spektral deplasman değerleri karşılaştırılarak güçlendirme uygulamalarının yatay yer değiştirme taleplerine etkisi incelenmiştir. Spektral deplasman, yapının sismik etkinlikler karşısındaki deplasman taleplerini yansıtan önemli bir parametre olup, güçlendirme sonrası elde edilen değerler yapısal rijitliğin arttığını ve deplasman taleplerinde azalma sağlandığını göstermektedir. Bunun nedeni, güçlendirme ile yapının rijitliğinin artması ve doğal periyodunun kısılmasıdır. Çizelge 7.67’ de görüldüğü gibi bu kapsamda yapılan karşılaştırmalar, güçlendirme stratejilerinin yapı performansı üzerindeki etkilerini değerlendirme açısından önemli bulgular sunmuştur.

7.2.3.4. Spektral ivme değişimlerinin karşılaştırılması

Kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivmeler Çizelge 7.68’ de, mevcut durum ve güçlendirilmiş durumun kıyaslandığı spektral ivme değişimi (S_a^{son}/S_a^{ilk}) Çizelge 7.69’ da gösterilmektedir.

Çizelge 7.68. 22 derslikli okul binasına kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivmeleri

Model Adı	S_a-x (g)	S_a-y (g)
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,72	0,74
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,74	0,77
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,72	0,74
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,80	0,82
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,82	0,83
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,80	0,82
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,73	0,74
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,75	0,78
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,73	0,74
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,81	0,83
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,83	0,84
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,81	0,83
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,77	0,80
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,80	0,83
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,77	0,80
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,89	0,91
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,90	0,94
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,89	0,91
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	1,50	1,60
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	1,44	1,74
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	1,50	1,60
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	1,82	2,01
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	1,78	2,11
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	1,82	2,01
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1,31	1,52
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1,34	1,61
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1,31	1,52
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	1,73	1,78
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	1,69	1,82
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1,73	1,78
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	1,17	1,23
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1,17	1,33
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	1,17	1,23
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	1,44	1,49
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1,46	1,57
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1,44	1,49

Çizelge 7.69. 22 derslikli okul binasına kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivme değişimi (S_a^{son}/S_a^{ilk})

Model Adı	S_a^{son}/S_a^{ilk} (x)	S_a^{son}/S_a^{ilk} (y)
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	1,50	1,54
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	1,61	1,52
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	1,47	1,39
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	1,37	1,29
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	1,06	1,10
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	1,02	1,09
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	1,68	1,54
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	1,61	1,51
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	1,48	1,39
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	1,38	1,29
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	1,06	1,09
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	1,00	1,07
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	1,74	1,62
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	1,69	1,56
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	1,54	1,44
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	1,46	1,34
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	1,06	1,12
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	1,02	1,08
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	1,06	1,02
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	1,00	1,11
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	1,16	1,23
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	1,06	1,12
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	1,05	1,22
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	1,23	1,35
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1,26	1,30
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1,30	1,45
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1,30	1,33
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	1,47	1,40
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	1,48	1,36
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1,38	1,28
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	1,72	1,31
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1,46	1,33
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	1,36	1,20
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	1,41	1,34
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1,34	1,36
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1,28	1,26

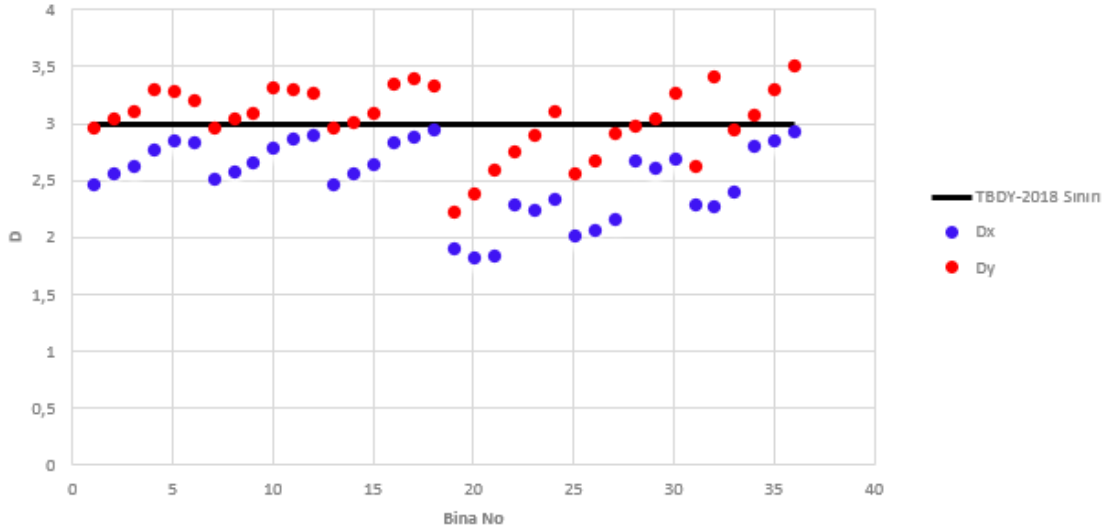
Yapıların sismik davranışlarının değerlendirilmesinde önemli bir parametre olan spektral ivme değerleri, bu çalışmada hem mevcut hem de güçlendirilmiş durumlar için x ve y yönlerinde ayrı ayrı incelenmiştir. Spektral ivme, yapının dinamik karakteristiğini ve yer hareketine karşı vereceği tepkiyi yansıttığından, bu değerlerdeki değişim güçlendirme uygulamalarının etkinliğini ortaya koymaktadır. Güçlendirme sonrası spektral ivme değerlerinde gözlenen artış, yapı rijitliğindeki yükselmeye ve buna bağlı olarak doğal periyodun azalmasına işaret etmekte olup, bu durum yapıların deprem etkilerine karşı daha kararlı hale geldiğini göstermektedir. Çizelge 7.69’ da görüldüğü gibi elde edilen sonuçlar, güçlendirme stratejilerinin yapının sismik yanıtı üzerindeki etkisini değerlendirme açısından önemli katkılar sağlamaktadır.

7.2.3.5. Dayanım fazlalığı değişimlerinin karşılaştırılması

Kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı (D) değerleri Çizelge 7.70' de, tüm tiplerdeki x ve y yönündeki dayanım fazlalığı grafiği Şekil 7.8' de ve dayanım fazlalığı değişimi ise (Dson/Dilk) Çizelge 7.71' de gösterilmektedir.

Çizelge 7.70. 22 derslikli okul binasına kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı (D) değerleri

Model Adı	V _{b-x}	V _{b-y}	V _{t_x} (ton)	V _{t_y} (ton)	D (x)	D (y)
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	1055,88	1237,55	426,94	416,56	2,47	2,97
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	1085,80	1282,32	422,00	419,81	2,57	3,05
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	1104,37	1315,48	418,70	423,25	2,64	3,11
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	1184,66	1377,15	426,79	417,22	2,78	3,30
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	1204,91	1380,20	422,00	419,81	2,86	3,29
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	1189,40	1359,93	418,70	423,25	2,84	3,21
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	1071,74	1240,36	426,79	418,39	2,51	2,96
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	1089,92	1286,57	422,43	421,86	2,58	3,05
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	1118,13	1317,40	419,51	425,49	2,67	3,10
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	1194,23	1394,63	426,61	419,00	2,80	3,33
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	1215,23	1392,43	422,43	421,86	2,88	3,30
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	1217,95	1392,24	419,51	425,49	2,90	3,27
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	1137,45	1344,26	461,22	453,10	2,47	2,97
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	1173,15	1381,11	456,74	457,07	2,57	3,02
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	1200,68	1430,02	453,72	461,17	2,65	3,10
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	1307,80	1520,22	461,01	453,75	2,84	3,35
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	1319,01	1555,23	456,74	457,07	2,89	3,40
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	1340,53	1538,17	453,72	461,17	2,95	3,34
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	2219,05	2671,51	1167,08	1200,67	1,90	2,23
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	2111,41	2879,19	1156,85	1208,27	1,83	2,38
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	2097,92	2982,00	1138,43	1148,87	1,84	2,60
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	2741,22	3445,60	1195,77	1245,53	2,29	2,77
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	2603,25	3502,89	1156,85	1208,27	2,25	2,90
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	2669,25	3577,08	1138,43	1148,87	2,34	3,11
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1927,80	2536,01	952,35	988,42	2,02	2,57
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1951,84	2670,99	946,08	995,06	2,06	2,68
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	2015,19	2753,86	931,28	944,21	2,16	2,92
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	2607,06	3057,59	974,70	1026,23	2,67	2,98
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	2470,88	3031,03	946,08	995,06	2,61	3,05
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	2510,95	3096,92	931,28	944,21	2,70	3,28
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	1728,24	2069,75	752,18	784,93	2,30	2,64
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1706,03	2707,53	748,20	790,37	2,28	3,43
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	1774,10	2212,28	736,58	749,01	2,41	2,95
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	2178,77	2568,56	776,64	834,62	2,81	3,08
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	2140,86	2616,65	748,20	790,37	2,86	3,31
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	2168,43	2628,51	736,58	749,01	2,94	3,51



Şekil 7.8. Binaların x ve y yönündeki dayanım fazlalığı grafiği

TBDY 2018 kapsamında doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılarak yapılan değerlendirmelerde, yapıların güvenlik düzeyini yansıtan dayanım fazlalığı katsayısı (D), deprem etkileri altındaki yapısal performansın belirlenmesinde kritik bir parametre olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, x ve y yönlerinde hesaplanan dayanım fazlalığı katsayısının, güçlendirme uygulamaları sonrasında anlamlı ölçüde arttığı gözlemlenmiştir. Söz konusu artış, yapıların yatay taşıma kapasitesinde sağlanan iyileşmeyi ve buna bağlı olarak güvenlik düzeyinde elde edilen yükselmeyi açık biçimde ortaya koymaktadır. Ayrıca, TBDY 2018’ de tanımlanan D değerinin genel olarak 2 ila 3,5 arasında sonuçlar elde edilmiş olması, güçlendirme uygulamalarının yeterli düzeyde süneklik ve dayanım sağladığını göstermektedir. Şekil 7.8’ de sunulan veriler doğrultusunda, uygulanan güçlendirme stratejilerinin yapıların sismik performansını artırmada etkili olduğu sonucuna varılmaktadır.

Çizelge 7.71. 22 derslikli okul binasına kolon mnatosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı değişimi (D_{son}/D_{ilk})

Model Adı	D_{son}/D_{ilk} (x)	D_{son}/D_{ilk} (y)
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	4,52	6,75
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	4,44	7,20
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	4,77	7,56
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	6,17	9,97
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	9,96	13,81
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	10,12	13,61
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	3,86	6,26
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	4,20	6,78
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	4,56	7,13
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	5,85	9,44
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	10,17	14,27
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	10,68	14,29
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	3,36	5,60
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	3,71	6,04
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	4,02	6,44
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	5,33	8,67
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	10,00	14,47
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	10,50	14,37
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	3,39	5,52
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	3,30	5,86
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	2,55	4,47
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	4,92	7,86
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	4,82	7,91
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	3,69	6,13
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	3,23	5,71
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	3,28	6,39
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	3,40	9,36
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	4,83	7,20
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	4,60	7,83
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	5,21	8,79
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	3,05	6,04
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	3,56	8,34
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	4,08	7,45
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	5,56	8,34
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	6,14	9,37
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	6,51	10,20

Bu çalışmada, taşıyıcı sistem performansında meydana gelen değişimi daha net değerlendirebilmek amacıyla, x ve y yönlerindeki dayanım fazlalığı katsayısının (D) güçlendirme öncesi (D_{ilk}) ve sonrası (D_{son}) değerleri oranlanarak incelenmiştir. Çizelge 7.71’ de görüldüğü gibi x ve y yönünde, yapıların güçlendirme öncesine kıyasla çok daha yüksek taşıma kapasitesine ulaştığını ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, uygulanan güçlendirme stratejilerinin, yapının sismik performansını artırmakta oldukça

etkili olduğunu ve yapısal güvenlik açısından anlamlı iyileşmeler sağladığını göstermektedir.

7.2.3.6. Güçlendirme maliyeti ve yeniden yapım maliyetlerinin karşılaştırılması

Kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası Güçlendirme Maliyeti / Yeniden Yapım Maliyeti (G_{mal} / YY_{mal}) oranı Çizelge 7.72’ de gösterilmektedir.

Çizelge 7.72. Kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası Güçlendirme Maliyeti / Yeniden Yapım Maliyeti (G_{mal} / YY_{mal}) oranı

Model Adı	Toplam Maliyet (\$)	G_{mal} / YY_{mal} (%)
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	44293,78	12,95
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	42437,35	12,41
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	42437,35	12,41
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	44293,78	12,95
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	42437,35	12,41
M_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	42437,35	12,41
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	45222,00	13,22
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	42437,35	12,41
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	42437,35	12,41
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	44293,78	12,95
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	42437,35	12,41
M_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	42437,35	12,41
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	45222,00	13,22
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	44293,78	12,95
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	44293,78	12,95
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	44293,78	12,95
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	44293,78	12,95
M_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	44293,78	12,95
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	51719,51	15,12
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	49863,08	14,58
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	48934,86	14,31
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	48934,86	14,31
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	48006,64	14,03
M_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	48006,64	14,03
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	53575,94	15,66
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	51719,51	15,12
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	50791,29	14,85
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	51719,51	15,12
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	49863,08	14,58
M_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	48934,86	14,31
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	56360,59	16,48
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	53575,94	15,66
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	51719,51	15,12
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	53575,94	15,66
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	51719,51	15,12
M_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	50791,29	14,85

Çizelge 7.72’ de yapılan hesaplamalar üzerinden (G_{mal} / YY_{mal}) oranları karşılaştırılmıştır. Bu oranlara bakıldığında, alternatif güçlendirme çözümlerinin

maliyetlerinin, yeniden yapım maliyetinin %40'ının altında kaldığı gözlemlenmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda, güçlendirme önerilerinin ekonomik açıdan uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

7.3. Okul Binası Tiplerinin Perde ve Kolon Mantosu İlave Edilerek Güçlendirmesi

Bu güçlendirme önerilerinde, yapıya betonarme perde ilavesi gerçekleştirilmiş ve gerektiği durumlarda kolon mantosu kullanılarak güçlendirme yapılmıştır. Betonarme perdeler, yapının taşıma kapasitesini artırarak gerekli dayanımı sağlamış, bireysel olarak yetersiz kalan kolon elemanları ise kolon mantosuyla güçlendirilmiştir. Kiriş elemanlarının yetersizliği durumunda ise, FRP ilavesi ile gerekli dayanım sağlanmıştır.

Güçlendirme sürecinde, eklenen perdeler taşıyıcı sistemin simetrisini bozmadan ve yapının rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki mesafeyi minimize edecek şekilde yerleştirilmiştir. Bu düzenleme, burulma etkilerinin azaltılması ve yapının deprem yükleri altındaki performansının iyileştirilmesi amacıyla yapılmıştır. Perdelerin yerleştirilmesinde yalnızca statik yeterlilik değil, aynı zamanda yapının dinamik davranışları da göz önünde bulundurulmuş ve tümleşik sismik davranışının iyileştirilmesine katkı sağlanmıştır.

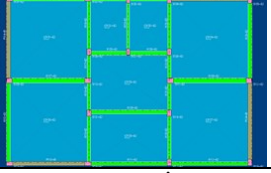
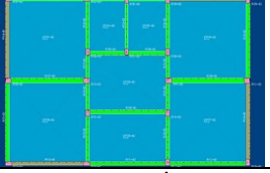
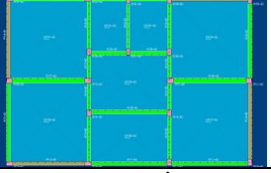
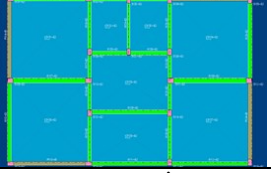
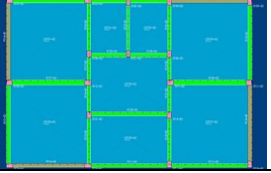
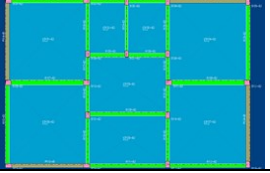
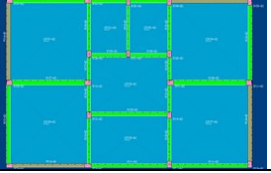
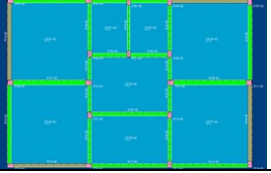
Eklenen perdeler ve kolon mantoları, C30 beton sınıfı ve B420c çelik donatı sınıfına sahip olup, mimari planlama dikkate alınarak, bu perdeler genellikle duvar bulunan bölgelere ve iki kolon arasına yerleştirilmiştir. Böylece, hem yapının mimari bütünlüğü korunmuş hem de taşıyıcı sistemin çerçeve davranışına uygun bir düzen sağlanmıştır.

7.3.1. 8 derslikli okul binası tiplerinin betonarme perde ve kolon mantosu ilave edilerek güçlendirmesi

Çizelge 7.73' de 8 derslikli okul binası tiplerinin betonarme perde ve kolon mantosu ilave edilerek STA4CAD programı ile güçlendirildiği durumlar gösterilmiştir.

Çizelge 7.73. 8 derslikli okul binası tiplerinin betonarme perde ve kolon mantosu ilave edilerek güçlendirmesi

PM_8_DERSLİK_0.295 ZC 220 C10	PM_8_DERSLİK_0.295 ZC 220 C15	PM_8_DERSLİK_0.295 ZC 220 C20	PM_8_DERSLİK_0.295 ZC 420 C10
PM_8_DERSLİK_0.295 ZC 420 C15	PM_8_DERSLİK_0.295 ZC 420 C20	PM_8_DERSLİK_0.295 ZD 220 C10	PM_8_DERSLİK_0.295 ZD 220 C15
PM_8_DERSLİK_0.295 ZD 220 C20	PM_8_DERSLİK_0.295 ZD 420 C10	PM_8_DERSLİK_0.295 ZD 420 C15	PM_8_DERSLİK_0.295 ZD 420 C20
PM_8_DERSLİK_0.295 ZE 220 C10	PM_8_DERSLİK_0.295 ZE 220 C15	PM_8_DERSLİK_0.295 ZE 220 C20	PM_8_DERSLİK_0.295 ZE 420 C10
PM_8_DERSLİK_0.295 ZE 420 C15	PM_8_DERSLİK_0.295 ZE 420 C20	PM_8_DERSLİK_0.995 ZC 220 C10	PM_8_DERSLİK_0.995 ZC 220 C15
PM_8_DERSLİK_0.995 ZC 220 C20	PM_8_DERSLİK_0.995 ZC 420 C10	PM_8_DERSLİK_0.995 ZC 420 C15	PM_8_DERSLİK_0.995 ZC 420 C20
PM_8_DERSLİK_0.995 ZD 220 C10	PM_8_DERSLİK_0.995 ZD 220 C15	PM_8_DERSLİK_0.995 ZD 220 C20	PM_8_DERSLİK_0.995 ZD 420 C10

			
PM_8_DERSLİK_0.995 ZD 420 C15	PM_8_DERSLİK_0.995 ZD 420 C20	PM_8_DERSLİK_0.995 ZE 220 C10	PM_8_DERSLİK_0.995 ZE 220 C15
			
PM_8_DERSLİK_0.995 ZE 220 C20	PM_8_DERSLİK_0.995 ZE 420 C10	PM_8_DERSLİK_0.995 ZE 420 C15	PM_8_DERSLİK_0.995 ZE 420 C20

Çizelge 7.74' de, 8 derslikli okul binası tiplerinin perde ve kolon mantosu ilave edilerek güçlendirildiği durumlarının özetleri vardır.

Çizelge 7.74. 8 derslikli okul binalarının perde ve kolon mantosu ilave edilerek güçlendirildiği durumlarının özetleri

Model Adı	Eklenen Elemanlar
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	2 Perde 30 cm(2) + 3 Manto(2)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	2 Perde 30 cm(2)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	1 Perde 30 cm(2)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	2 Perde 30 cm (2)+ 3 Manto(2)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	2 Perde 30 cm(2)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	2 Perde 30 cm(2)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	2 Perde 30 cm(2) +2 Perde 30 cm(1) + 2 Manto (2)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	2 Perde 30 cm(2) + 1 Perde 30 cm(1) + 1 Manto(2)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	1 Perde 30 cm(2)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	2 Perde 30 cm(2) + 4 Perde 30 cm(1) + 1 Manto(2)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	2 Perde 30 cm(2) + 2 Perde 30 cm(1) + 1 Manto(2)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	2 Perde 30 cm(2) + 2 Manto (2)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	2 Perde 40 cm(2) + 4 Perde 30 cm(1) + 2 Manto(2)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	2 Perde 30 cm(2) + 4 Perde 30 cm(1)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	2 Perde 30 cm(2) + 4 Perde 30 cm(1)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	2 Perde 40 cm(2) + 4 Perde 30 cm(1) + 1 Manto(2)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	2 Perde 30 cm(2) + 4 Perde 30 cm(1) + 1 Manto(2)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	2 Perde 30 cm(2) + 2 Manto(2)
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	4 Perde 30 cm(2)
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	4 Perde 30 cm(2)
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	4 Perde 30 cm(2)
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	4 Perde 30 cm(2)
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	4 Perde 30 cm(2)
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	4 Perde 30 cm(2)
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	4 Perde 30 cm(2)
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	4 Perde 30 cm(2)
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	4 Perde 30 cm(2)
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	4 Perde 30 cm(2)
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	4 Perde 30 cm(2)
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	4 Perde 30 cm(2)
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	4 Perde 30 cm(2)
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	4 Perde 30 cm(2)
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	4 Perde 30 cm(2)
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	4 Perde 30 cm(2)
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	4 Perde 30 cm(2)
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	4 Perde 30 cm(2)

Çizelge 7.74' de, parantez içi gösterim; ilgili güçlendirme elemanının yapının kaç katında kullanıldığını ifadelendirmektedir

7.3.1.1. x ve y yönündeki kütle katılım oranlarının karşılaştırılması

TBDY 2018'e göre x ve y yönündeki kütle katılım oranının %70'den büyük olması istenmektedir. Perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki kütle katılım oranları Çizelge 7.75' de gösterilmektedir.

Çizelge 7.75. Perde ve kolon mantosu edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki kütle katılım oranları

Model Adı	Güçlendirme- KKO _x (%)	Güçlendirme- KKO _y (%)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	87,1	84,9
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	87,7	85,7
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	87,0	86,4
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	83,2	88,1
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	86,3	88,5
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	87,0	86,4
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	83,1	83,7
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	84,7	85,7
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	87,0	86,4
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	81,5	79,5
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	83,5	82,5
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	86,7	88,7
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	86,3	81,4
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	83,4	79,8
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	84,0	79,9
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	80,5	81,2
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	82,4	79,7
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	85,1	88,7
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	87,9	88,1
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	88,1	88,4
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	88,3	88,5
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	87,9	88,1
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	88,1	88,4
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	88,3	88,5
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	87,9	88,1
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	88,1	88,4
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	88,3	88,5
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	87,9	88,1
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	88,1	88,4
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	88,3	88,5
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	87,9	88,1
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	88,1	88,4
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	88,3	88,5
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	87,9	88,1
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	88,1	88,4
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	88,3	88,5

TBDY 2018'e göre, yapılarda x ve y doğrultularındaki birinci mod kütle katılım oranlarının her iki yönde de %70'in üzerinde olması gerekmektedir. Çizelge 7.75' de görüldüğü gibi bu kapsamda oluşturulan tüm yapısal modellerde söz konusu sınır değerin sağlanmasına özen gösterilmiştir.

7.3.1.2. x ve y yönündeki periyot değişimlerinin karşılaştırılması

Perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki periyotları Çizelge 7.76' da gösterilmektedir.

Çizelge 7.76. Perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki periyotlar

Model Adı	Güçlendirme- T _x (sn)	Güçlendirme- T _y (sn)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,361	0,122
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,489	0,126
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,471	0,178
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,440	0,080
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,483	0,078
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,471	0,178
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,467	0,071
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,449	0,074
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,471	0,178
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,452	0,067
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,435	0,071
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,458	0,078
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,296	0,060
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,449	0,065
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,421	0,065
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,421	0,060
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,425	0,066
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,413	0,078
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	0,083	0,082
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	0,082	0,081
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	0,082	0,081
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	0,083	0,082
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	0,082	0,081
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	0,082	0,081
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	0,083	0,082
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	0,082	0,081
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	0,082	0,081
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	0,083	0,082
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	0,082	0,081
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	0,082	0,081
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,083	0,082
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,082	0,081
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,082	0,081
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,083	0,082
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	0,082	0,081
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	0,082	0,081

Yapıların dinamik davranışlarının değerlendirilmesinde temel titreşim periyotları önemli bir parametre olup, bu çalışmada x ve y yönlerindeki birinci mod periyotları hem mevcut durumda hem de güçlendirme sonrası durum için karşılaştırılmıştır. Güçlendirme uygulamaları sonrasında periyot değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bu da yapı rijitliğindeki artışın bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Çizelge 7.76’ da görüldüğü gibi elde edilen sonuçlar, yapılan güçlendirme müdahalelerinin yapının dinamik özelliklerine etkisini ortaya koymak açısından önemli bulgular sunmuştur.

7.3.1.3. Spektral deplasman değişimlerinin karşılaştırılması

Perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasmanlar Çizelge 7.77’ de, mevcut durum ve güçlendirilmiş durumun kıyaslandığı spektral deplasman değişimi (S_d^{son}/S_d^{ilk}) Çizelge 7.78’ de gösterilmektedir.

Çizelge 7.77. 8 derslikli okul binasına perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasmanları

Model Adı	S_d-x (mm)	S_d-y (mm)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	26,15	3,11
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	38,21	3,34
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	26,15	3,11
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	33,51	1,36
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	37,32	1,30
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	33,51	1,36
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	45,53	0,86
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	43,62	0,94
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	45,53	0,86
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	42,17	0,69
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	39,83	0,82
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	42,17	0,69
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	22,43	0,54
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	58,13	0,65
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	22,43	0,54
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	41,44	0,54
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	43,15	0,65
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	41,44	0,54
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	9,77	7,63
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	8,59	6,46
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	7,52	5,50
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	8,39	6,30
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	7,09	4,94
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	6,07	4,89
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	4,95	3,83
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	3,86	3,73
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	3,77	3,63
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	3,90	3,76
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	3,83	3,74
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	3,78	3,64
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	2,56	2,52
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	2,51	2,46
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	2,49	2,44
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	2,65	2,50
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	2,93	2,35
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	3,07	2,66

Çizelge 7.78. 8 derslikli okul binasına perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasman değişimi (S_d^{son}/S_d^{ilk})

Model Adı	S_d^{son}/S_d^{ilk} (x)	S_d^{son}/S_d^{ilk} (y)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,59	0,08
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,95	0,09
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,70	0,09
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,76	0,04
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,94	0,04
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,90	0,04
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,71	0,02
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,75	0,02
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,85	0,02
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,65	0,01
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,69	0,02
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,82	0,02
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,35	0,01
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,99	0,01
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,42	0,01
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,64	0,01
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,75	0,01
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,81	0,01
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	0,07	0,06
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	0,07	0,06
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	0,06	0,05
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	0,06	0,05
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	0,05	0,04
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	0,05	0,05
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	0,03	0,02
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	0,03	0,03
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	0,03	0,03
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	0,02	0,02
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	0,02	0,03
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	0,03	0,03
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,02	0,02
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,02	0,02
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,02	0,02
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,01	0,01
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	0,02	0,01
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	0,02	0,02

Çalışmada, yapıların mevcut ve güçlendirilmiş durumlarına ait x ve y yönlerindeki spektral deplasman değerleri karşılaştırılarak güçlendirme uygulamalarının yatay yer değiştirme taleplerine etkisi incelenmiştir. Spektral deplasman, yapının sismik etkinlikler karşısındaki deplasman taleplerini yansıtan önemli bir parametre olup, güçlendirme sonrası elde edilen değerler yapısal rijitliğin arttığını ve deplasman taleplerinde azalma sağlandığını göstermektedir. Bunun nedeni, güçlendirme ile yapının rijitliğinin artması ve doğal periyodunun kısılmasıdır. Çizelge 7.78’ de görüldüğü gibi bu kapsamda yapılan karşılaştırmalar, güçlendirme stratejilerinin yapı performansı üzerindeki etkilerini değerlendirme açısından önemli bulgular sunmuştur.

7.3.1.4. Spektral ivme değişimlerinin karşılaştırılması

Perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivmeler Çizelge 7.79’ da, mevcut durum ve güçlendirilmiş durumun kıyaslandığı spektral ivme değişimi (S_a^{son}/S_a^{ilk}) Çizelge 7.8’. de gösterilmektedir.

Çizelge 7.79. 8 derslikli okul binasına perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivmeleri

Model Adı	S_a-x (g)	S_a-y (g)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,43	0,82
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,41	0,81
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,43	0,82
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,59	0,85
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,55	0,84
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,59	0,85
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,40	0,69
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,37	0,70
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,40	0,69
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,51	0,66
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,47	0,67
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,51	0,66
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,37	0,62
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,33	0,65
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,37	0,62
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,42	0,62
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,40	0,64
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,42	0,62
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	2,04	2,21
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	2,19	2,32
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	2,29	2,38
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	2,25	2,37
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	2,42	2,36
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	2,40	2,51
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1,55	1,68
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1,60	1,85
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1,76	2,00
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	1,66	1,82
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	1,73	1,96
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1,96	2,18
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	1,38	1,47
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1,44	1,46
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	1,47	1,45
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	1,52	1,40
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1,71	1,34
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1,82	1,62

Çizelge 7.80. 8 derslikli okul binasına perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivme değişimi (S_a^{son}/S_a^{ilk})

Model Adı	S_a^{son}/S_a^{ilk} (x)	S_a^{son}/S_a^{ilk} (y)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	1,43	2,28
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	1,37	2,36
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	1,46	2,46
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	1,48	1,89
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	1,44	1,89
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	1,59	1,94
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	1,41	2,13
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	1,29	2,32
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	1,45	2,41
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	1,41	1,56
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	1,36	1,74
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	1,54	1,82
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	1,29	1,92
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	1,16	2,14
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	1,32	2,17
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	1,16	1,46
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	1,16	1,65
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	1,27	1,70
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	3,59	3,28
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	3,58	3,53
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	3,84	3,73
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	3,04	2,72
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	3,33	2,87
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	3,37	3,14
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	2,77	2,76
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	3,03	3,13
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	3,55	3,66
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	2,45	2,29
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	2,61	2,66
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	3,00	3,06
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	4,00	3,65
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	4,46	3,96
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	4,84	4,23
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	2,98	2,42
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	3,44	2,49
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	3,73	3,08

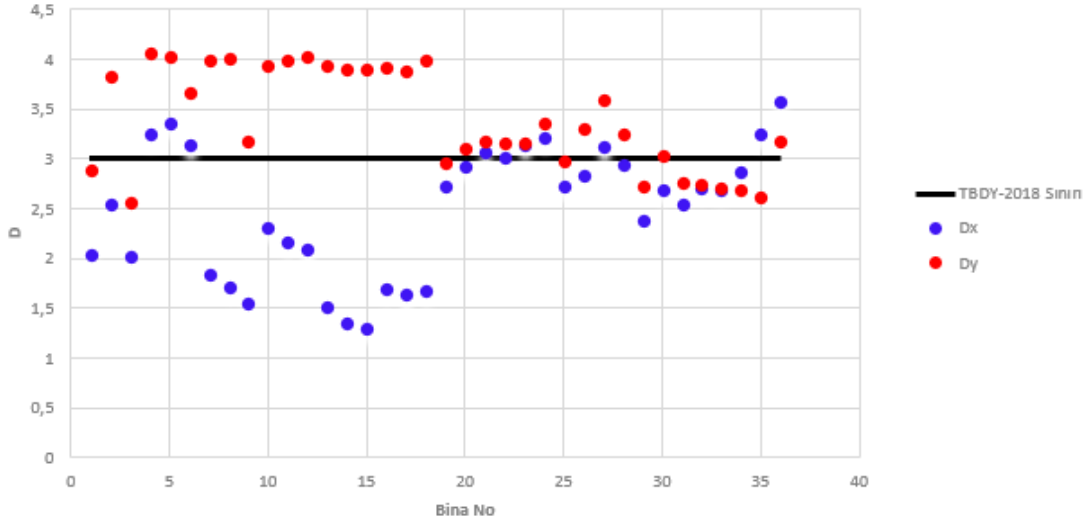
Yapıların sismik davranışlarının değerlendirilmesinde önemli bir parametre olan spektral ivme değerleri, bu çalışmada hem mevcut hem de güçlendirilmiş durumlar için x ve y yönlerinde ayrı ayrı incelenmiştir. Spektral ivme, yapının dinamik karakteristiğini ve yer hareketine karşı vereceği tepkiyi yansıttığından, bu değerlerdeki değişim güçlendirme uygulamalarının etkinliğini ortaya koymaktadır. Güçlendirme sonrası spektral ivme değerlerinde gözlenen artış, yapı rijitliğindeki yükselmeye ve buna bağlı olarak doğal periyodun azalmasına işaret etmekte olup, bu durum yapıların deprem etkilerine karşı daha kararlı hale geldiğini göstermektedir. Çizelge 7.80’ de görüldüğü gibi elde edilen sonuçlar, güçlendirme stratejilerinin yapının sismik yanıtı üzerindeki etkisini değerlendirme açısından önemli katkılar sağlamaktadır.

7.3.1.5. Dayanım fazlalığı değişimlerinin karşılaştırılması

Perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı (D) değerleri Çizelge 7.81’ de, tüm tiplerdeki x ve y yönündeki dayanım fazlalığı grafiği Şekil 7.9’ da ve dayanım fazlalığı değişimi ise (Dson/Dilk) Çizelge 7.82’ de gösterilmektedir.

Çizelge 7.81. 8 derslikli okul binasına perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı (D) değerleri

Model Adı	V _{b-x}	V _{b-y}	V _{t_x} (ton)	V _{t_y} (ton)	D (x)	D (y)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	246,57	453,36	120,45	156,69	2,05	2,89
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	226,34	436,88	88,77	114,18	2,55	3,83
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	181,75	356,05	90,07	139,36	2,02	2,55
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	321,65	495,79	99,02	122,28	3,25	4,05
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	304,30	482,47	90,71	119,79	3,35	4,03
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	280,62	410,04	89,42	111,95	3,14	3,66
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	222,76	387,78	120,83	97,12	1,84	3,99
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	205,59	396,90	120,62	99,10	1,70	4,01
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	179,61	361,49	115,92	113,65	1,55	3,18
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	282,02	361,53	121,87	91,79	2,31	3,94
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	262,47	381,09	121,26	95,46	2,16	3,99
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	256,58	421,82	122,15	104,87	2,10	4,02
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	217,74	354,79	144,41	89,94	1,51	3,94
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	186,60	348,34	137,73	89,33	1,35	3,90
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	179,76	347,59	138,16	89,09	1,30	3,90
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	230,53	350,56	135,83	89,53	1,70	3,92
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	224,84	351,27	137,40	90,40	1,64	3,89
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	223,75	404,46	133,93	101,45	1,67	3,99
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	1218,91	1324,86	447,34	448,42	2,72	2,95
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	1309,48	1393,04	448,47	449,54	2,92	3,10
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	1377,03	1434,76	449,30	450,37	3,06	3,19
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	1344,93	1419,18	447,34	448,42	3,01	3,16
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	1404,70	1419,81	448,47	449,54	3,13	3,16
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	1441,37	1515,02	449,30	450,37	3,21	3,36
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	925,38	1006,28	339,70	338,11	2,72	2,98
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	957,22	1113,07	338,54	336,89	2,83	3,30
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1053,75	1207,71	337,67	335,98	3,12	3,59
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	997,33	1097,04	339,70	338,11	2,94	3,24
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	1041,51	1187,73	438,54	436,89	2,37	2,72
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1175,99	1321,27	437,67	435,98	2,69	3,03
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	824,52	888,03	323,14	322,36	2,55	2,75
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	871,68	883,77	322,60	321,79	2,70	2,75
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	866,59	871,66	322,19	321,36	2,69	2,71
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	928,47	864,57	323,14	322,36	2,87	2,68
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1045,78	840,91	322,60	321,79	3,24	2,61
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1149,91	1022,26	322,19	321,36	3,57	3,18



Şekil 7.9. Binaların x ve y yönündeki dayanım fazlalığı grafiği

TBDY 2018 kapsamında doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılarak yapılan değerlendirmelerde, yapıların güvenlik düzeyini yansıtan dayanım fazlalığı katsayısı (D), deprem etkileri altındaki yapısal performansın belirlenmesinde kritik bir parametre olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, x ve y yönlerinde hesaplanan dayanım fazlalığı katsayısının, güçlendirme uygulamaları sonrasında anlamlı ölçüde arttığı gözlemlenmiştir. Söz konusu artış, yapıların yatay taşıma kapasitesinde sağlanan iyileşmeyi ve buna bağlı olarak güvenlik düzeyinde elde edilen yükselmeyi açık biçimde ortaya koymaktadır. Ayrıca, TBDY 2018’ de tanımlanan D değerinin genel olarak 1,5 ila 4 arasında sonuçlar elde edilmiş olması, güçlendirme uygulamalarının yeterli düzeyde süneklik ve dayanım sağladığını göstermektedir. Şekil 7.9’ da sunulan veriler doğrultusunda, uygulanan güçlendirme stratejilerinin yapıların sismik performansını artırmada etkili olduğu sonucuna varılmaktadır.

Çizelge 7.82. 8 derslikli okul binasına perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı değişimi (D_{son}/D_{ilk})

Model Adı	D_{son}/D_{ilk} (x)	D_{son}/D_{ilk} (y)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	4,54	8,07
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	5,66	10,67
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	4,48	7,12
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	9,40	14,81
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	9,71	14,71
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	9,08	13,38
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	2,67	7,27
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	2,47	7,30
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	2,24	5,79
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	4,20	9,40
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	3,93	9,53
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	3,81	9,60
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	1,60	5,46
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	1,43	5,40
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	1,38	5,40
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	2,19	6,97
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	2,04	6,39
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	2,01	6,20
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	3,48	4,85
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	3,66	4,48
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	3,48	4,19
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	5,03	6,78
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	4,66	5,73
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	4,37	5,53
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	2,84	3,76
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	2,52	3,78
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	2,48	3,77
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	3,73	5,32
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	2,71	3,96
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	2,95	4,27
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	1,74	3,29
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1,73	2,99
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	1,61	2,74
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	3,15	3,86
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	3,44	3,47
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	3,73	4,12

Bu çalışmada, taşıyıcı sistem performansında meydana gelen değişimi daha net değerlendirebilmek amacıyla, x ve y yönlerindeki dayanım fazlalığı katsayısının (D) güçlendirme öncesi (D_{ilk}) ve sonrası (D_{son}) değerleri oranlanarak incelenmiştir. Çizelge 7.82’ de görüldüğü gibi x ve y yönünde, yapıların güçlendirme öncesine kıyasla çok daha yüksek taşıma kapasitesine ulaştığını ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, uygulanan güçlendirme stratejilerinin, yapının sismik performansını artırmakta oldukça

etkili olduğunu ve yapısal güvenlik açısından anlamlı iyileşmeler sağladığını göstermektedir.

7.3.1.6. Güçlendirme maliyeti ve yeniden yapım maliyetlerinin karşılaştırılması

Perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası Güçlendirme Maliyeti / Yeniden Yapım Maliyeti (G_{mal} / YY_{mal}) oranı Çizelge 7.83’ de gösterilmektedir.

Çizelge 7.83. Perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası Güçlendirme Maliyeti / Yeniden Yapım Maliyeti (G_{mal} / YY_{mal}) oranı

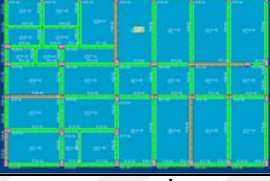
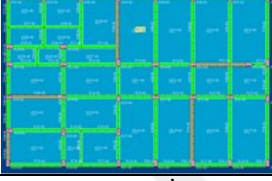
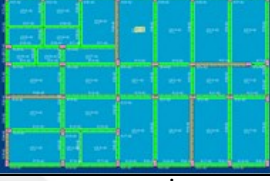
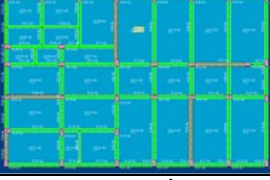
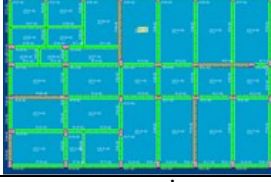
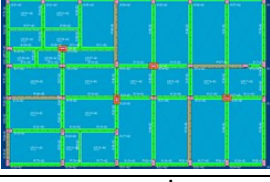
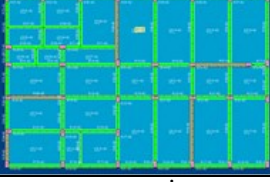
Model Adı	Toplam Maliyet (\$)	G_{mal} / YY_{mal} (%)
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	21439,40	17,10
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	15870,11	12,66
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	7935,05	6,33
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	21439,40	17,10
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	15870,11	12,66
PM_8_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	15870,11	12,66
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	27518,02	21,94
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	13759,01	10,97
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	7935,05	6,33
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	33596,64	26,79
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	25661,59	20,46
PM_8_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	15870,11	12,66
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	35453,08	28,27
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	31740,21	25,31
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	31740,21	25,31
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	33596,64	26,79
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	33596,64	26,79
PM_8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	15870,11	12,66
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	31740,21	25,31
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	31740,21	25,31
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	31740,21	25,31
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	31740,21	25,31
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	31740,21	25,31
PM_8_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	31740,21	25,31
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	31740,21	25,31
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	31740,21	25,31
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	31740,21	25,31
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	31740,21	25,31
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	31740,21	25,31
PM_8_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	31740,21	25,31
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	31740,21	25,31
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	31740,21	25,31
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	31740,21	25,31
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	31740,21	25,31
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	31740,21	25,31
PM_8_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	31740,21	25,31

Çizelge 7.83' de yapılan hesaplamalar üzerinden (G_{mal} / YY_{mal}) oranları karşılaştırılmıştır. Bu oranlara bakıldığında, alternatif güçlendirme çözümlerinin maliyetlerinin, yeniden yapım maliyetinin %40'ının altında kaldığı gözlemlenmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda, güçlendirme önerilerinin ekonomik açıdan uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

7.3.2. 14 derslikli okul binası tiplerinin betonarme perde ve kolon mantosu ilave edilerek güçlendirmesi

Çizelge 7.84' de 14 derslikli okul binası tiplerinin betonarme perde ve kolon mantosu ilave edilerek STA4CAD programı ile güçlendirildiği durumlar gösterilmiştir.

Çizelge 7.84. 14 derslikli okul binası tiplerinin betonarme perde ve kolon mantosu ilave edilerek güçlendirmesi

			
M_14_DERSLİK_0.295 ZC 220 C10	M_14_DERSLİK_0.295 ZC 220 C15	M_14_DERSLİK_0.295 ZC 220 C20	M_14_DERSLİK_0.295 ZC 420 C10
			
M_14_DERSLİK_0.295 ZC 420 C15	M_14_DERSLİK_0.295 ZC 420 C20	M_14_DERSLİK_0.295 ZD 220 C10	M_14_DERSLİK_0.295 ZD 220 C15
			
M_14_DERSLİK_0.295 ZD 220 C20	M_14_DERSLİK_0.295 ZD 420 C10	M_14_DERSLİK_0.295 ZD 420 C15	M_14_DERSLİK_0.295 ZD 420 C20
			
M_14_DERSLİK_0.295 ZE 220 C10	M_14_DERSLİK_0.295 ZE 220 C15	M_14_DERSLİK_0.295 ZE 220 C20	M_14_DERSLİK_0.295 ZE 420 C10

M_14_DERSLİK_0.295 ZE 420 C15	M_14_DERSLİK_0.295 ZE 420 C20	M_14_DERSLİK_0.995 ZC 220 C10	M_14_DERSLİK_0.995 ZC 220 C15
M_14_DERSLİK_0.995 ZC 220 C20	M_14_DERSLİK_0.995 ZC 420 C10	M_14_DERSLİK_0.995 ZC 420 C15	M_14_DERSLİK_0.995 ZC 420 C20
M_14_DERSLİK_0.995 ZD 220 C10	M_14_DERSLİK_0.995 ZD 220 C15	M_14_DERSLİK_0.995 ZD 220 C20	M_14_DERSLİK_0.995 ZD 420 C10
M_14_DERSLİK_0.995 ZD 420 C15	M_14_DERSLİK_0.995 ZD 420 C20	M_14_DERSLİK_0.995 ZE 220 C10	M_14_DERSLİK_0.995 ZE 220 C15
M_14_DERSLİK_0.995 ZE 220 C20	M_14_DERSLİK_0.995 ZE 420 C10	M_14_DERSLİK_0.995 ZE 420 C15	M_14_DERSLİK_0.995 ZE 420 C20

Çizelge 7.85’ de 14 derslikli okul binası tiplerinin perde ve kolon mantosu ilave edilerek güçlendirildiği durumlarının özetleri vardır.

Çizelge 7.85. 14 derslikli okul binalarının perde ve kolon mantosu ilave edilerek güçlendirildiği durumlarının özetleri

Model Adı	Eklenen Elemanlar
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+ 6 Kolon Mantosu(1)
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+1 Perde frp
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+4 Perde frp
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+ 8 Kolon Mantosu (1)
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+4 Kolon Mantosu(1)
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+1 Perde frp
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+ 6 Kolon Mantosu (1)
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+4 Kolon Mantosu(1)
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+4 Perde frp
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+ 13 Kolon Mantosu (1)
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+8 Kolon Mantosu(1)
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+4 Kolon Mantosu(1)+1 Perde frp
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+ 11 Kolon Mantosu (1)
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+6 Kolon Mantosu(1)
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+4 Kolon Mantosu(1)+4 Perde frp
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+8 Kolon Mantosu (1)
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+6 Kolon Mantosu (1)
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+4 Kolon Mantosu (1)
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+6 Kolon Mantosu (1)+ 3 kiriş frp
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+6 Kolon Mantosu (1)
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+2 Kolon Mantosu (1)
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+9 Kolon Mantosu(1)
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+6 Kolon Mantosu (1)
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+5 Kolon Mantosu (1)
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+8 Kolon Mantosu (1)+ 3 kiriş frp
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+6 Kolon Mantosu (1)
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+3 Kolon Mantosu (1)
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+11 Kolon Mantosu (1)
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+9Kolon Mantosu (1)
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+6Kolon Mantosu (1)
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	4 Perde Mantosu+1 Perde+9Kolon Mantosu (1)
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	4 Perde Mantosu+1 Perde+8 Kolon Mantosu (1)
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	4 Perde Mantosu+1 Perde+5 Kolon Mantosu (1)

Çizelge 7.85’ de, parantez içi gösterim; ilgili güçlendirme elemanının yapının kaç katında kullanıldığını ifadelendirmektedir

7.3.2.1. x ve y yönündeki kütle katılım oranlarının karşılaştırılması

TBDY 2018’e göre x ve y yönündeki kütle katılım oranının %70’den büyük olması istenmektedir. Perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki kütle katılım oranları Çizelge 7.86’ da gösterilmektedir.

Çizelge 7.86. Perde ve kolon mantosu edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki kütle katılım oranları

Model Adı	Güçlendirme- KKO _x (%)	Güçlendirme- KKO _y (%)
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	83,7	83,8
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	83,1	83,4
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	83,3	83,5
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	82,8	82,8
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	83,1	83,4
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	83,3	83,5
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	83,7	83,8
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	83,1	83,4
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	83,3	83,5
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	81,8	82,0
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	83,1	83,4
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	83,3	83,5
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	83,7	83,8
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	83,1	83,4
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	83,3	83,5
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	82,6	83,2
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	83,1	83,4
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	83,3	83,5
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	80,7	81,8
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	82,7	83,0
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	83,0	83,1
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	79,4	80,4
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	81,9	82,6
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	82,4	82,9
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	81,0	81,9
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	82,7	83,0
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	83,0	83,1
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	79,6	80,8
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	81,9	82,6
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	82,4	82,9
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	80,6	81,7
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	82,7	83,0
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	83,0	83,1
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	81,0	81,0
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	81,5	82,4
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	81,9	82,7

TBDY 2018'e göre, yapılarda x ve y doğrultularındaki birinci mod kütle katılım oranlarının her iki yönde de %70'in üzerinde olması gerekmektedir. Çizelge 7.86' da görüldüğü gibi bu kapsamda oluşturulan tüm yapısal modellerde söz konusu sınır değerin sağlanmasına özen gösterilmiştir.

7.3.2.2. x ve y yönündeki periyot değişimlerinin karşılaştırılması

Perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki periyotları Çizelge 7.87.'de gösterilmektedir.

Çizelge 7.87. Perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki periyotlar

Model Adı	Güçlendirme- T _x (sn)	Güçlendirme- T _y (sn)
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,298	0,242
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,311	0,250
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,294	0,237
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,287	0,235
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,311	0,250
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,294	0,237
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,298	0,242
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,311	0,250
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,294	0,237
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,280	0,232
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,311	0,250
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,294	0,237
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,298	0,242
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,311	0,250
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,294	0,237
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,269	0,228
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,317	0,250
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,294	0,237
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	0,299	0,249
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	0,294	0,240
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	0,284	0,229
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	0,248	0,220
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	0,264	0,225
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	0,280	0,227
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	0,292	0,247
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	0,293	0,238
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	0,284	0,229
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	0,250	0,222
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	0,264	0,225
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	0,280	0,227
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,288	0,245
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,293	0,238
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,284	0,229
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,234	0,206
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	0,261	0,224
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	0,268	0,222

Yapıların dinamik davranışlarının değerlendirilmesinde temel titreşim periyotları önemli bir parametre olup, bu çalışmada x ve y yönlerindeki birinci mod periyotları hem mevcut durumda hem de güçlendirme sonrası durum için karşılaştırılmıştır. Güçlendirme uygulamaları sonrasında periyot değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bu da yapı rijitliğindeki artışın bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Çizelge 7.87’ de görüldüğü gibi elde edilen sonuçlar, yapılan güçlendirme müdahalelerinin yapının dinamik özelliklerine etkisini ortaya koymak açısından önemli bulgular sunmuştur.

7.3.2.3. Spektral deplasman değişimlerinin karşılaştırılması

Perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasmanlar Çizelge 7.88’ de, mevcut durum ve güçlendirilmiş durumun kıyaslandığı spektral deplasman değişimi (S_d^{son}/S_d^{ilk}) Çizelge 7.89’ da gösterilmektedir.

Çizelge 7.88. 14 derslikli okul binasına perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasmanları

Model Adı	S_d-x (mm)	S_d-y (mm)
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	10,05	8,05
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	16,76	11,20
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	16,65	12,05
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	16,74	12,11
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	16,90	11,28
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	16,74	12,11
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	16,97	12,21
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	17,26	11,41
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	16,97	12,21
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	17,13	12,39
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	17,21	11,51
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	17,13	12,39
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	19,26	14,74
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	19,27	12,67
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	20,26	14,74
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	18,98	13,70
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	19,03	12,71
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	18,98	13,70
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	56,32	46,15
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	60,31	48,98
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	56,32	46,15
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	52,71	39,20
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	60,22	46,91
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	52,71	39,20
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	60,14	41,13
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	12,01	8,91
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	60,14	41,13
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	53,69	37,86
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	60,27	40,52
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	53,69	37,86
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	56,44	27,46
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	67,94	36,72
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	56,44	27,46
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	38,66	19,42
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	36,88	19,77
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	38,66	19,42

Çizelge 7.89. 14 derslikli okul binasına perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasman değişimi (S_d^{son}/S_d^{ilk})

Model Adı	S_d^{son}/S_d^{ilk} (x)	S_d^{son}/S_d^{ilk} (y)
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,94	0,94
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,79	0,68
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,91	0,83
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,65	0,59
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,81	0,68
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,92	0,84
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,99	0,90
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,81	0,67
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,91	0,83
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,65	0,60
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,80	0,68
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,92	0,83
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,99	0,97
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,79	0,67
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,98	0,90
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,65	0,58
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,79	0,08
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,91	0,83
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	0,82	0,77
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	0,78	0,73
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	0,79	0,74
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	0,60	0,52
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	0,78	0,70
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	0,75	0,64
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	0,59	0,47
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	0,13	0,12
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	0,73	0,66
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	0,54	0,48
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	0,71	0,63
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	0,71	0,68
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,56	0,39
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,85	0,65
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,82	0,58
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,48	0,34
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	0,57	0,46
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	0,72	0,54

Çalışmada, yapıların mevcut ve güçlendirilmiş durumlarına ait x ve y yönlerindeki spektral deplasman değerleri karşılaştırılarak güçlendirme uygulamalarının yatay yer değiştirme taleplerine etkisi incelenmiştir. Spektral deplasman, yapının sismik etkinlikler karşısındaki deplasman taleplerini yansıtan önemli bir parametre olup, güçlendirme sonrası elde edilen değerler yapısal rijitliğin arttığını ve deplasman taleplerinde azalma sağlandığını göstermektedir. Bunun nedeni, güçlendirme ile yapının rijitliğinin artması ve doğal periyodunun kısılmasıdır. Çizelge 7.89’ da görüldüğü gibi bu kapsamda yapılan karşılaştırmalar, güçlendirme stratejilerinin yapı performansı üzerindeki etkilerini değerlendirme açısından önemli bulgular sunmuştur.

7.3.2.4. Spektral ivme değişimlerinin karşılaştırılması

Perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivmeler Çizelge 7.90’ da, mevcut durum ve güçlendirilmiş durumun kıyaslandığı spektral ivme değişimi (S_a^{son}/S_a^{ilk}) Çizelge 7.91’ de gösterilmektedir.

Çizelge 7.90. 14 derslikli okul binasına perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivmeleri

Model Adı	S_a-x (g)	S_a-y (g)
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,68	0,76
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,66	0,73
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,63	0,71
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,76	0,78
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,71	0,80
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,76	0,78
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,59	0,72
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,60	0,74
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,62	0,72
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,70	0,79
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,73	0,81
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,76	0,79
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,58	0,74
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,62	0,77
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,64	0,74
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,73	0,84
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,77	0,86
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,80	0,84
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	1,54	1,58
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	1,64	1,69
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	1,59	1,69
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	1,76	1,99
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	1,86	1,96
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	1,88	1,90
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1,22	1,29
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1,25	1,27
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1,19	1,23
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	1,44	1,45
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	1,39	1,45
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1,35	1,45
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,81	1,18
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,79	1,04
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,84	1,18
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,99	1,32
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1,03	1,34
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1,09	1,32

Çizelge 7.91. 14 derslikli okul binasına perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivme değişimi (S_a^{son}/S_a^{ilk})

Model Adı	S_a^{son}/S_a^{ilk} (x)	S_a^{son}/S_a^{ilk} (y)
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	1,02	1,02
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	1,04	1,14
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	1,05	1,06
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	1,01	1,06
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	1,00	1,06
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	1,04	1,01
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	1,11	1,18
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	1,06	1,13
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	1,02	1,07
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	1,02	1,07
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	1,01	1,06
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	1,01	1,01
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	1,06	1,16
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	1,05	1,13
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	1,02	1,02
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	1,01	1,06
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	1,01	1,05
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	1,01	1,00
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	1,06	1,02
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	1,04	1,02
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	1,02	1,03
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	1,04	1,02
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	1,01	1,03
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	1,04	1,02
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1,02	1,02
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1,06	1,06
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1,02	1,08
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	1,03	1,06
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	1,04	1,04
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1,05	1,00
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	1,01	1,22
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1,02	1,02
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	1,02	1,12
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	1,02	1,14
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1,01	1,12
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1,03	1,07

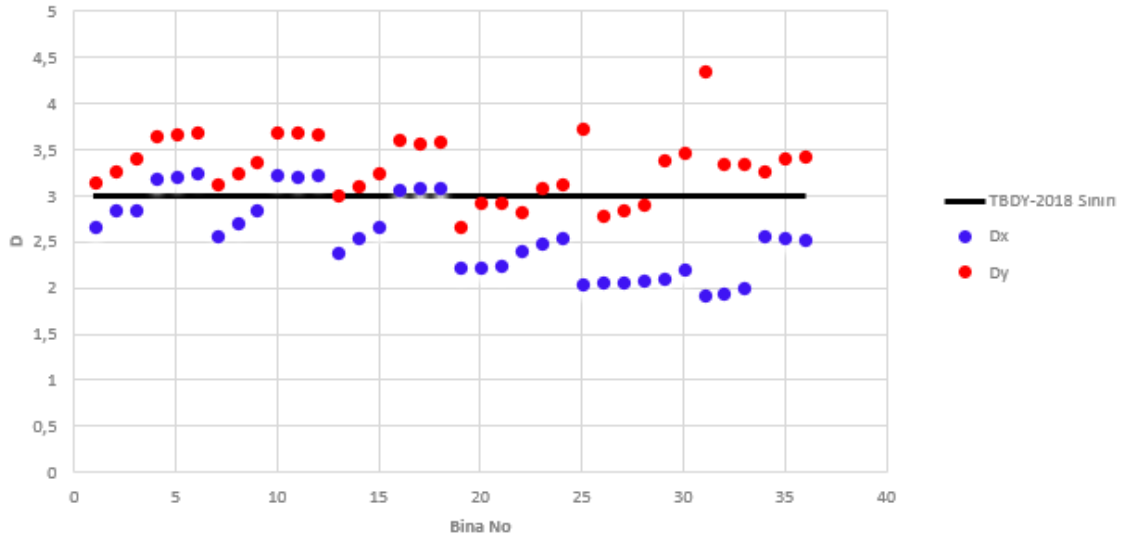
Yapıların sismik davranışlarının değerlendirilmesinde önemli bir parametre olan spektral ivme değerleri, bu çalışmada hem mevcut hem de güçlendirilmiş durumlar için x ve y yönlerinde ayrı ayrı incelenmiştir. Spektral ivme, yapının dinamik karakteristiğini ve yer hareketine karşı vereceği tepkiyi yansıttığından, bu değerlerdeki değişim güçlendirme uygulamalarının etkinliğini ortaya koymaktadır. Güçlendirme sonrası spektral ivme değerlerinde gözlenen artış, yapı rijitliğindeki yükselmeye ve buna bağlı olarak doğal periyodun azalmasına işaret etmekte olup, bu durum yapıların deprem etkilerine karşı daha kararlı hale geldiğini göstermektedir. Çizelge 7.91’ de görüldüğü gibi elde edilen sonuçlar, güçlendirme stratejilerinin yapının sismik yanıtı üzerindeki etkisini değerlendirme açısından önemli katkılar sağlamaktadır.

7.3.2.5. Dayanım fazlalığı değişimlerinin karşılaştırılması

Perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı (D) değerleri Çizelge 7.92’ de, tüm tiplerdeki x ve y yönündeki dayanım fazlalığı grafiği Şekil 7.10’ da ve dayanım fazlalığı değişimi ise (Dson/Dilk) Çizelge 7.93’ de gösterilmektedir.

Çizelge 7.92. 14 derslikli okul binasına perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı (D) değerleri

Model Adı	V _{b-x}	V _{b-y}	V _{t-x} (ton)	V _{t-y} (ton)	D (x)	D (y)
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	1138,65	1369,06	425,61	435,50	2,68	3,14
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	1211,50	1424,62	426,13	435,88	2,84	3,27
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	1215,23	1480,98	425,98	435,44	2,85	3,40
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	1340,09	1571,27	421,00	430,21	3,18	3,65
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	1367,01	1598,99	426,13	435,88	3,21	3,67
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	1384,04	1605,39	425,98	435,44	3,25	3,69
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	1101,79	1377,87	429,95	440,06	2,56	3,13
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	1168,02	1433,72	430,41	440,38	2,71	3,26
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	1221,48	1484,80	430,06	440,05	2,84	3,37
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	1365,54	1605,02	423,95	435,78	3,22	3,68
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	1376,77	1624,46	430,41	440,38	3,20	3,69
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	1388,22	1613,01	430,06	440,05	3,23	3,67
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	1118,07	1437,77	466,99	478,66	2,39	3,00
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	1189,98	1490,63	467,37	479,00	2,55	3,11
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	1247,38	1553,02	467,10	478,69	2,67	3,24
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	1426,81	1716,17	465,00	476,59	3,07	3,60
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	1443,49	1712,91	467,37	479,00	3,09	3,58
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	1445,53	1717,21	467,10	478,69	3,09	3,59
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	2590,73	3197,74	1161,67	1202,46	2,23	2,66
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	2587,70	3497,74	1165,51	1198,00	2,22	2,92
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	2607,63	3492,35	1165,81	1195,54	2,24	2,92
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	2881,52	3491,49	1195,24	1230,91	2,41	2,84
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	2915,76	3737,60	1172,95	1209,05	2,49	3,09
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	2975,89	3732,60	1164,67	1195,64	2,56	3,12
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1976,13	3737,79	970,25	1001,89	2,04	3,73
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1982,47	2751,36	957,13	985,36	2,07	2,79
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1990,32	2824,47	966,28	991,57	2,06	2,85
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	2041,93	2952,14	982,05	1017,86	2,08	2,90
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	2050,44	3406,88	972,01	1002,55	2,11	3,40
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	2130,50	3440,41	965,00	991,53	2,21	3,47
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	1473,18	3469,08	769,89	798,45	1,91	4,34
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1475,59	2630,70	762,02	785,92	1,94	3,35
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	1538,12	2650,04	769,46	791,01	2,00	3,35
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	2081,09	2728,85	810,00	833,91	2,57	3,27
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1957,80	2727,56	771,89	798,83	2,54	3,41
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1952,81	2746,00	771,29	798,42	2,53	3,44



Şekil 7.10. Binaların x ve y yönündeki dayanım fazlalığı grafiği

TBDY 2018 kapsamında doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılarak yapılan değerlendirmelerde, yapıların güvenlik düzeyini yansıtan dayanım fazlalığı katsayısı (D), deprem etkileri altındaki yapısal performansın belirlenmesinde kritik bir parametre olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, x ve y yönlerinde hesaplanan dayanım fazlalığı katsayısının, güçlendirme uygulamaları sonrasında anlamlı ölçüde arttığı gözlemlenmiştir. Söz konusu artış, yapıların yatay taşıma kapasitesinde sağlanan iyileşmeyi ve buna bağlı olarak güvenlik düzeyinde elde edilen yükselmeyi açık biçimde ortaya koymaktadır. Ayrıca, TBDY 2018’ de tanımlanan değerinin genel olarak 2 ila 4 arasında sonuçlar elde edilmiş olması, güçlendirme uygulamalarının yeterli düzeyde süneklik ve dayanım sağladığını göstermektedir. Şekil 7.10’ da sunulan veriler doğrultusunda, uygulanan güçlendirme stratejilerinin yapıların sismik performansını artırmada etkili olduğu sonucuna varılmaktadır.

Çizelge 7.93. 14 derslikli okul binasına perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı değişimi (D_{son}/D_{ilk})

Model Adı	D_{son}/D_{ilk} (x)	D_{son}/D_{ilk} (y)
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	7,96	10,79
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	8,73	10,76
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	8,26	11,74
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	11,82	13,82
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	10,98	14,29
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	11,58	14,63
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	6,42	9,61
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	7,33	10,70
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	8,17	11,53
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	10,46	13,78
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	10,98	14,24
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	11,47	14,59
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	5,54	8,68
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	6,37	9,64
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	7,08	10,58
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	9,43	12,93
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	10,09	13,40
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	10,50	13,72
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	4,43	6,04
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	4,83	7,12
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	4,85	7,06
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	6,20	8,17
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	6,37	8,59
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	6,39	8,51
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	4,04	8,27
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	4,01	5,86
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	3,95	5,68
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	4,79	6,92
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	4,63	8,21
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	4,66	8,75
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	3,13	9,13
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	3,08	7,47
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	3,38	7,69
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	5,11	8,33
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	5,31	8,95
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	5,51	9,29

Bu çalışmada, taşıyıcı sistem performansında meydana gelen değişimi daha net değerlendirebilmek amacıyla, x ve y yönlerindeki dayanım fazlalığı katsayısının (D) güçlendirme öncesi (D_{ilk}) ve sonrası (D_{son}) değerleri oranlanarak incelenmiştir. Çizelge 7.93’ de görüldüğü gibi x ve y yönünde, yapıların güçlendirme öncesine kıyasla çok daha yüksek taşıma kapasitesine ulaştığını ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, uygulanan güçlendirme stratejilerinin, yapının sismik performansını artırmakta oldukça

etkili olduğunu ve yapısal güvenlik açısından anlamlı iyileşmeler sağladığını göstermektedir.

7.3.2.6. Güçlendirme maliyeti ve yeniden yapım maliyetlerinin karşılaştırılması

Perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası Güçlendirme Maliyeti / Yeniden Yapım Maliyeti (G_{mal} / YY_{mal}) oranı Çizelge 7.94’ de gösterilmektedir.

Çizelge 7.94. Perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası Güçlendirme Maliyeti / Yeniden Yapım Maliyeti (G_{mal} / YY_{mal}) oranı

Model Adı	Toplam Maliyet (\$)	G_{mal} / YY_{mal} (%)
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	54736,25	20,13
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	49166,96	18,08
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	49970,96	18,37
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	49166,96	18,08
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	49166,96	18,08
PM_14_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	52382,98	19,26
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	56592,68	20,81
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	52879,82	19,44
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	49970,96	18,37
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	54736,25	20,13
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	52879,82	19,44
PM_14_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	52382,98	19,26
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	51951,60	22,52
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	56592,68	20,81
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	53683,83	19,74
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	59377,33	21,83
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	54736,25	20,13
PM_14_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	56095,85	20,63
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	56592,68	20,81
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	54736,25	20,13
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	52879,82	19,44
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	57148,27	21,01
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	54736,25	20,13
PM_14_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	51023,39	18,76
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	57520,90	21,15
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	54736,25	20,13
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	53808,04	19,79
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	59004,71	21,70
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	54736,25	20,13
PM_14_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	51951,60	19,10
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	59377,33	21,83
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	57520,90	21,15
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	54736,25	20,13
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	57520,90	21,15
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	56592,68	20,81
PM_14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	53808,04	19,79

Çizelge 7.94’ de yapılan hesaplamalar üzerinden (G_{mal} / YY_{mal}) oranları karşılaştırılmıştır. Bu oranlara bakıldığında, alternatif güçlendirme çözümlerinin maliyetlerinin, yeniden yapım maliyetinin %40'ının altında kaldığı gözlemlenmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda, güçlendirme önerilerinin ekonomik açıdan uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

7.3.3. 22 derslikli okul binası tiplerinin betonarme perde ve kolon mantosu ilave edilerek güçlendirmesi

Çizelge 7.95’ de 22 derslikli okul binası tiplerinin betonarme perde ve kolon mantosu ilave edilerek STA4CAD programı ile güçlendirildiği durumlar gösterilmiştir.

Çizelge 7.95. 22 derslikli okul binası tiplerinin betonarme perde ilave edilerek güçlendirmesi

PM_22_DERSLİK_0.295_ZC 220 C10	PM_22_DERSLİK_0.295_ZC 220 C15	PM_22_DERSLİK_0.295_ZC 220 C20	PM_22_DERSLİK_0.295_ZC 420 C10
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC 420 C15	PM_22_DERSLİK_0.295_ZC 420 C20	PM_22_DERSLİK_0.295_ZD 220 C10	PM_22_DERSLİK_0.295_ZD 220 C15
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD 220 C20	PM_22_DERSLİK_0.295_ZD 420 C10	PM_22_DERSLİK_0.295_ZD 420 C15	PM_22_DERSLİK_0.295_ZD 420 C20
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE 220 C10	PM_22_DERSLİK_0.295_ZE 220 C15	PM_22_DERSLİK_0.295_ZE 220 C20	PM_22_DERSLİK_0.295_ZE 420 C10
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE 420 C15	PM_22_DERSLİK_0.295_ZE 420 C20	PM_22_DERSLİK_0.995_ZC 220 C10	PM_22_DERSLİK_0.995_ZC 220 C15

PM_22_DERSLİK_0.995_ ZC 220 C20	PM_22_DERSLİK_0.995_ ZC 420 C10	PM_22_DERSLİK_0.995_ ZC 420 C15	PM_22_DERSLİK_0.995_ ZC 420 C20
PM_22_DERSLİK_0.995_ ZD 220 C10	PM_22_DERSLİK_0.995_ ZD 220 C15	PM_22_DERSLİK_0.995_ ZD 220 C20	PM_22_DERSLİK_0.995_ ZD 420 C10
PM_22_DERSLİK_0.995_ ZD 420 C15	PM_22_DERSLİK_0.995_ ZD 420 C20	PM_22_DERSLİK_0.995_ ZE 220 C10	PM_22_DERSLİK_0.995_ ZE 220 C15
PM_22_DERSLİK_0.995_ ZE 220 C20	PM_22_DERSLİK_0.995_ ZE 420 C10	PM_22_DERSLİK_0.995_ ZE 420 C15	PM_22_DERSLİK_0.995_ ZE 420 C20

Çizelge 7.96' da 22 derslikli okul binası tiplerinin perde ve kolon mantosu ilave edilerek güçlendirildiği durumlarının özetleri vardır.

Çizelge 7.96. 22 derslikli okul binalarının perde ve kolon mantosu ilave edilerek güçlendirildiği durumlarının özetleri

Model Adı	Eklenen Elemanlar
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	2 Perde+2 Perde Mantosu+2Kolon Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	2 Perde+2 Perde Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	2 Perde+2 Perde Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	2 Perde+2 Perde Mantosu+2Kolon Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	2 Perde+2 Perde Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	2 Perde+2 Perde Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	2 Perde+2 Perde Mantosu+3Kolon Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	2 Perde+2 Perde Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	2 Perde+2 Perde Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	2 Perde+2 Perde Mantosu+2Kolon Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	2 Perde+2 Perde Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	2 Perde+2 Perde Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	2 Perde+2 Perde Mantosu+3Kolon Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	2 Perde+2 Perde Mantosu+2Kolon Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	2 Perde+2 Perde Mantosu+2Kolon Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	2 Perde+2 Perde Mantosu+2Kolon Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	2 Perde+2 Perde Mantosu+2Kolon Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	2 Perde+2 Perde Mantosu+2Kolon Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	3 Perde+2 Perde Mantosu+8 Kolon Manto
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	3 Perde+2 Perde Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	3 Perde+2 Perde Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	3 Perde+2 Perde Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	3 Perde+2 Perde Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	3 Perde+2 Perde Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	3 Perde+2 Perde Mantosu+8 Kolon Manto
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	3 Perde+2 Perde Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	3 Perde+2 Perde Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	3 Perde+2 Perde Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	3 Perde+2 Perde Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	3 Perde+2 Perde Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	3 Perde+2 Perde Mantosu+10 Kolon Manto
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	3 Perde+2 Perde Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	3 Perde+2 Perde Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	3 Perde+2 Perde Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	3 Perde+2 Perde Mantosu
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	3 Perde+2 Perde Mantosu

7.3.3.1. x ve y yönündeki kütle katılım oranlarının karşılaştırılması

TBDY 2018'e göre x ve y yönündeki kütle katılım oranının %70'den büyük olması istenmektedir. Perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki kütle katılım oranları Çizelge 7.97' de gösterilmektedir.

Çizelge 7.97. Perde ve kolon mantosu edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki kütle katılım oranları

Model Adı	Güçlendirme- KKO _x (%)	Güçlendirme- KKO _y (%)
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	87,2	81,5
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	87,0	83,2
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	86,7	84,6
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	87,3	81,5
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	87,0	83,2
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	86,7	84,6
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	87,2	81,5
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	87,0	83,2
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	86,7	84,6
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	87,3	81,5
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	87,0	83,2
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	86,7	84,6
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	87,2	81,5
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	87,0	83,2
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	86,7	84,6
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	87,3	81,5
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	87,0	83,2
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	86,7	84,6
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	88,5	88,7
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	88,6	89,3
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	88,6	88,9
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	84,9	88,1
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	88,6	89,3
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	88,6	88,9
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	88,5	88,7
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	88,6	89,3
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	88,6	88,9
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	84,9	88,1
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	88,6	89,3
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	88,6	88,9
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	88,5	88,7
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	88,6	89,3
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	88,6	88,9
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	85,7	88,0
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	88,6	89,3
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	88,6	88,9

TBDY 2018'e göre, yapılarda x ve y doğrultularındaki birinci mod kütle katılım oranlarının her iki yönde de %70'in üzerinde olması gerekmektedir. Çizelge 7.97' de görüldüğü gibi bu kapsamda oluşturulan tüm yapısal modellerde söz konusu sınır değerin sağlanmasına özen gösterilmiştir.

7.3.3.2. x ve y yönündeki periyot değişimlerinin karşılaştırılması

Perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki periyotları Çizelge 7.98' de gösterilmektedir.

Çizelge 7.98. Perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki periyotlar

Model Adı	Güçlendirme- T _x (sn)	Güçlendirme- T _y (sn)
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,213	0,177
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,199	0,168
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,190	0,162
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,212	0,177
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,199	0,168
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,190	0,162
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,213	0,177
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,199	0,168
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,190	0,162
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,212	0,177
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,199	0,168
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,190	0,162
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,213	0,177
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,199	0,168
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,190	0,162
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,212	0,177
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,199	0,168
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,190	0,162
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	0,083	0,082
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	0,082	0,081
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	0,082	0,081
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	0,083	0,082
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	0,082	0,081
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	0,082	0,081
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	0,083	0,082
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	0,082	0,081
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	0,082	0,081
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	0,083	0,082
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	0,082	0,081
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	0,082	0,081
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,083	0,082
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,082	0,081
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,082	0,081
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,083	0,082
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	0,082	0,081
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	0,082	0,081

Yapıların dinamik davranışlarının değerlendirilmesinde temel titreşim periyotları önemli bir parametre olup, bu çalışmada x ve y yönlerindeki birinci mod periyotları hem mevcut durumda hem de güçlendirme sonrası durum için karşılaştırılmıştır. Güçlendirme uygulamaları sonrasında periyot değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bu da yapı rijitliğindeki artışın bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Çizelge 7.98’ de görüldüğü gibi elde edilen sonuçlar, yapılan güçlendirme müdahalelerinin yapının dinamik özelliklerine etkisini ortaya koymak açısından önemli bulgular sunmuştur.

7.3.3.3. Spektral deplasman değişimlerinin karşılaştırılması

Perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasmanlar Çizelge 7.99’ da, mevcut durum ve güçlendirilmiş durumun kıyaslandığı spektral deplasman değişimi (S_d^{son}/S_d^{ilk}) Çizelge 7.100’ de gösterilmektedir.

Çizelge 7.99. 22 derslikli okul binasına perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasmanları

Model Adı	S _d -x (mm)	S _d -y (mm)
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	8,21	6,63
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	7,20	5,90
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	8,21	6,63
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	8,18	6,54
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	7,25	5,87
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	8,18	6,54
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	8,38	6,66
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	7,24	5,93
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	8,38	6,66
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	8,27	7,74
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	7,30	5,93
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	8,27	6,47
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	9,39	7,52
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	8,10	6,59
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	9,39	7,52
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	9,34	7,48
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	8,11	6,68
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	9,34	7,48
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	44,66	32,96
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	39,10	28,96
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	44,66	32,96
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	34,63	28,65
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	6,09	4,97
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	34,63	28,65
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	54,92	37,73
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	34,68	23,64
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	30,92	37,73
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	29,41	21,84
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	27,45	18,92
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	29,41	21,84
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	27,76	15,64
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	20,97	13,26
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	27,76	15,64
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	17,48	13,43
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	17,11	13,04
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	17,48	13,43

Çizelge 7.100. 22 derslikli okul binasına perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral deplasman değişimi (S_d^{son}/S_d^{ilk})

Model Adı	S_d^{son}/S_d^{ilk} (x)	S_d^{son}/S_d^{ilk} (y)
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,43	0,35
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,46	0,38
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,60	0,49
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,43	0,35
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,60	0,49
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,79	0,63
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,42	0,34
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,45	0,37
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,60	0,48
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,43	0,40
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,60	0,48
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,77	0,60
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,42	0,35
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,45	0,37
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,60	0,48
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,42	0,34
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,59	0,48
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,79	0,62
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	0,71	0,51
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	0,69	0,51
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	0,74	0,55
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	0,56	0,46
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	0,11	0,09
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	0,58	0,48
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	0,77	0,53
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	0,56	0,40
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	0,56	0,72
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	0,46	0,36
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	0,54	0,38
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	0,66	0,51
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	0,45	0,26
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	0,43	0,28
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	0,67	0,38
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	0,40	0,32
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	0,51	0,42
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	0,65	0,53

Çalışmada, yapıların mevcut ve güçlendirilmiş durumlarına ait x ve y yönlerindeki spektral deplasman değerleri karşılaştırılarak güçlendirme uygulamalarının yatay yer değiştirme taleplerine etkisi incelenmiştir. Spektral deplasman, yapının sismik etkinlikler karşısındaki deplasman taleplerini yansıtan önemli bir parametre olup, güçlendirme sonrası elde edilen değerler yapısal rijitliğin arttığını ve deplasman taleplerinde azalma sağlandığını göstermektedir. Bunun nedeni, güçlendirme ile yapının rijitliğinin artması ve doğal periyodunun kısalmasıdır. Çizelge 7.100’ de görüldüğü gibi bu kapsamda yapılan karşılaştırmalar, güçlendirme stratejilerinin yapı performansı üzerindeki etkilerini değerlendirme açısından önemli bulgular sunmuştur.

7.3.3.4. Spektral ivme değişimlerinin karşılaştırılması

Perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivmeler Çizelge 7.101’ de, mevcut durum ve güçlendirilmiş durumun kıyaslandığı spektral ivme değişimi (S_a^{son}/S_a^{ilk}) Çizelge 7.102’ de gösterilmektedir.

Çizelge 7.101. 22 derslikli okul binasına perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivmeleri

Model Adı	S _a -x (g)	S _a -y (g)
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	0,72	0,74
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	0,74	0,77
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	0,72	0,74
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	0,80	0,82
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	0,82	0,83
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	0,80	0,82
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	0,73	0,74
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	0,75	0,78
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	0,73	0,74
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	0,81	0,83
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	0,83	0,84
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	0,81	0,83
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	0,77	0,80
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	0,80	0,83
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	0,77	0,80
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	0,89	0,91
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	0,90	0,94
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	0,89	0,91
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	1,49	1,67
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	1,49	1,81
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	1,49	1,67
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	1,73	2,07
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	1,72	1,74
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	1,63	2,07
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1,35	1,35
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1,34	1,70
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1,21	1,35
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	1,58	1,85
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	1,70	1,90
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1,58	1,85
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	1,08	1,27
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1,20	1,34
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	1,08	1,27
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	1,35	1,47
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1,44	1,57
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1,35	1,47

Çizelge 7.102. 22 derslikli okul binasına perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası x ve y yönündeki spektral ivme değişimi (S_a^{son}/S_a^{ilk})

Model Adı	S_a^{son}/S_a^{ilk} (x)	S_a^{son}/S_a^{ilk} (y)
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	1,50	1,54
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	1,61	1,52
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	1,47	1,39
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	1,37	1,29
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	1,06	1,10
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	1,02	1,09
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	1,68	1,54
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	1,61	1,51
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	1,48	1,39
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	1,38	1,29
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	1,06	1,09
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	1,00	1,07
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	1,74	1,62
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	1,69	1,56
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	1,54	1,44
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	1,46	1,34
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	1,06	1,12
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	1,02	1,08
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	1,05	1,07
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	1,03	1,16
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	1,15	1,28
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	1,01	1,15
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	1,01	1,01
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	1,10	1,39
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	1,30	1,16
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	1,30	1,53
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	1,20	1,19
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	1,35	1,46
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	1,48	1,42
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	1,27	1,33
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	1,58	1,34
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	1,50	1,34
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	1,25	1,23
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	1,33	1,32
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	1,32	1,35
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	1,21	1,24

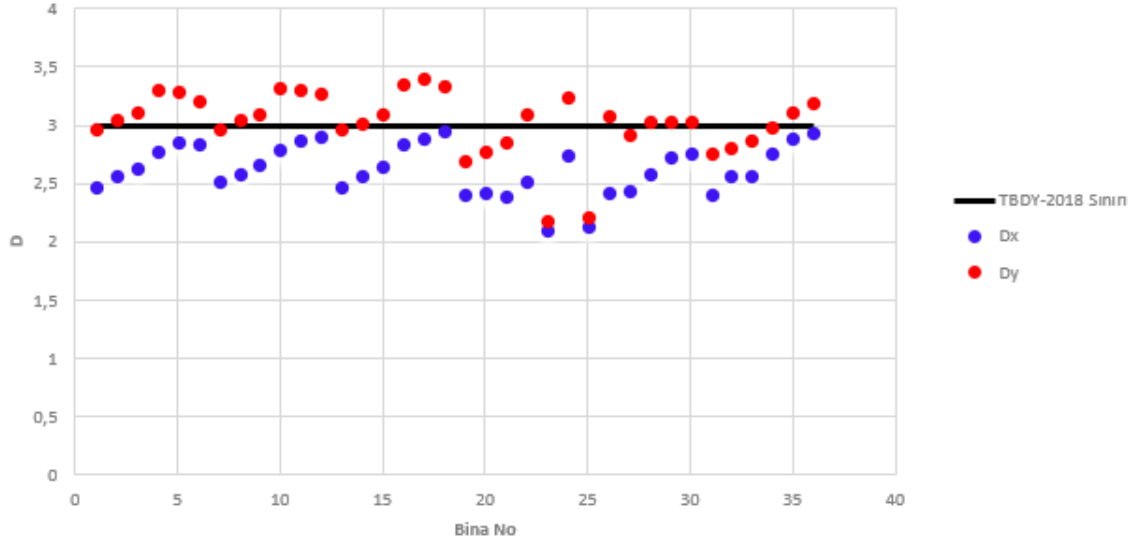
Yapıların sismik davranışlarının değerlendirilmesinde önemli bir parametre olan spektral ivme değerleri, bu çalışmada hem mevcut hem de güçlendirilmiş durumlar için x ve y yönlerinde ayrı ayrı incelenmiştir. Spektral ivme, yapının dinamik karakteristiğini ve yer hareketine karşı vereceği tepkiyi yansıttığından, bu değerlerdeki değişim güçlendirme uygulamalarının etkinliğini ortaya koymaktadır. Güçlendirme sonrası spektral ivme değerlerinde gözlenen artış, yapı rijitliğindeki yükselmeye ve buna bağlı olarak doğal periyodun azalmasına işaret etmekte olup, bu durum yapıların deprem etkilerine karşı daha kararlı hale geldiğini göstermektedir. Çizelge 7.102’ de görüldüğü gibi elde edilen sonuçlar, güçlendirme stratejilerinin yapının sismik yanıtı üzerindeki etkisini değerlendirme açısından önemli katkılar sağlamaktadır.

7.3.3.5. Dayanım fazlalığı değişimlerinin karşılaştırılması

Perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı (D) değerleri Çizelge 7.103' de, tüm tiplerdeki x ve y yönündeki dayanım fazlalığı grafiği Şekil 7.11' de ve dayanım fazlalığı değişimi ise (Dson/Dilk) Çizelge 7.104' de gösterilmektedir.

Çizelge 7.103. 22 derslikli okul binasına perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı (D) değerleri

Model Adı	V _{b-x}	V _{b-y}	V _{t-x} (ton)	V _{t-y} (ton)	D (x)	D (y)
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	1055,88	1237,55	426,94	416,56	2,47	2,97
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	1085,80	1282,32	422,00	419,81	2,57	3,05
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	1104,37	1315,48	418,70	423,25	2,64	3,11
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	1184,66	1377,15	426,79	417,22	2,78	3,30
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	1204,91	1380,20	422,00	419,81	2,86	3,29
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	1189,40	1359,93	418,70	423,25	2,84	3,21
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	1071,74	1240,36	426,79	418,39	2,51	2,96
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	1089,92	1286,57	422,43	421,86	2,58	3,05
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	1118,13	1317,40	419,51	425,49	2,67	3,10
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	1194,23	1394,63	426,61	419,00	2,80	3,33
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	1215,23	1392,43	422,43	421,86	2,88	3,30
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	1217,95	1392,24	419,51	425,49	2,90	3,27
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	1137,45	1344,26	461,22	453,10	2,47	2,97
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	1173,15	1381,11	456,74	457,07	2,57	3,02
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	1200,68	1430,02	453,72	461,17	2,65	3,10
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	1307,80	1520,22	461,01	453,75	2,84	3,35
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	1319,01	1555,23	456,74	457,07	2,89	3,40
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	1340,53	1538,17	453,72	461,17	2,95	3,34
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	3791,88	4377,71	1571,71	1629,00	2,41	2,69
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	3772,80	4599,56	1554,98	1659,99	2,43	2,77
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	3680,52	4793,02	1544,16	1675,70	2,38	2,86
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	4011,11	5118,57	1588,81	1656,77	2,52	3,09
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	3591,63	4722,11	1703,89	2171,79	2,11	2,17
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	4235,34	5434,87	1544,16	1675,70	2,74	3,24
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	3489,62	3842,95	1633,03	1736,82	2,14	2,21
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	3250,97	4418,20	1344,15	1437,08	2,42	3,07
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	3001,20	4124,99	1231,50	1411,88	2,44	2,92
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	3544,73	4344,46	1369,10	1434,05	2,59	3,03
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	3667,74	4354,98	1344,15	1437,08	2,73	3,03
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	3683,25	4398,38	1336,61	1450,66	2,76	3,03
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	2779,83	3312,86	1154,74	1202,02	2,41	2,76
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	2941,10	3425,64	1146,49	1223,47	2,57	2,80
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	2935,65	3538,33	1141,13	1234,55	2,57	2,87
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	3217,39	3717,33	1167,39	1242,77	2,76	2,99
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	3306,20	3813,69	1146,49	1223,47	2,88	3,12
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	3342,15	3950,55	1141,13	1234,55	2,93	3,20



Şekil 7.11. Binaların x ve y yönündeki dayanım fazlalığı grafiği

TBDY 2018 kapsamında doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılarak yapılan değerlendirmelerde, yapıların güvenlik düzeyini yansıtan dayanım fazlalığı katsayısı (D), deprem etkileri altındaki yapısal performansın belirlenmesinde kritik bir parametre olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, x ve y yönlerinde hesaplanan dayanım fazlalığı katsayısının, güçlendirme uygulamaları sonrasında anlamlı ölçüde arttığı gözlemlenmiştir. Söz konusu artış, yapıların yatay taşıma kapasitesinde sağlanan iyileşmeyi ve buna bağlı olarak güvenlik düzeyinde elde edilen yükselmeyi açık biçimde ortaya koymaktadır. Ayrıca, TBDY 2018’ de tanımlanan D değerinin genel olarak 2 ila 3,5 arasında sonuçlar elde edilmiş olması, güçlendirme uygulamalarının yeterli düzeyde süneklik ve dayanım sağladığını göstermektedir. Şekil 7.11’ de sunulan veriler doğrultusunda, uygulanan güçlendirme stratejilerinin yapıların sismik performansını artırmada etkili olduğu sonucuna varılmaktadır.

Çizelge 7.104. 22 derslikli okul binasına perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası dayanım fazlalığı değişimi (D_{son}/D_{ilk})

Model Adı	D_{son}/D_{ilk} (x)	D_{son}/D_{ilk} (y)
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	4,52	6,75
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	4,44	7,20
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	4,77	7,56
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	6,17	9,97
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	9,96	13,81
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	10,12	13,61
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	3,86	6,26
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	4,20	6,78
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	4,56	7,13
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	5,85	9,44
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	10,17	14,27
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	10,68	14,29
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	3,36	5,60
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	3,71	6,04
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	4,02	6,44
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	5,33	8,67
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	10,00	14,47
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	10,50	14,37
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	4,30	6,67
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	4,39	6,81
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	3,30	4,93
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	5,42	8,78
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	4,52	5,93
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	4,32	6,39
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	3,41	4,92
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	3,85	6,57
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	3,83	6,40
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	4,68	7,32
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	4,80	7,79
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	5,32	8,12
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	3,19	6,31
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	4,01	6,82
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	4,35	7,23
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	5,46	8,11
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	6,18	8,82
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	6,47	9,30

Bu çalışmada, taşıyıcı sistem performansında meydana gelen değişimi daha net değerlendirebilmek amacıyla, x ve y yönlerindeki dayanım fazlalığı katsayısının (D) güçlendirme öncesi (D_{ilk}) ve sonrası (D_{son}) değerleri oranlanarak incelenmiştir. Çizelge 7.104' de görüldüğü gibi x ve y yönünde, yapıların güçlendirme öncesine kıyasla çok daha yüksek taşıma kapasitesine ulaştığını ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, uygulanan güçlendirme stratejilerinin, yapının sismik performansını artırmakta oldukça

etkili olduğunu ve yapısal güvenlik açısından anlamlı iyileşmeler sağladığını göstermektedir.

7.3.3.6. Güçlendirme maliyeti ve yeniden yapım maliyetlerinin karşılaştırılması

Perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası Güçlendirme Maliyeti / Yeniden Yapım Maliyeti (G_{mal} / YY_{mal}) oranı Çizelge 7.105’ de gösterilmektedir.

Çizelge 7.105. Perde ve kolon mantosu ilave edilerek yapılan güçlendirme sonrası Güçlendirme Maliyeti / Yeniden Yapım Maliyeti (G_{mal} / YY_{mal}) oranı

Model Adı	Toplam Maliyet (\$)	G_{mal} / YY_{mal} (%)
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C10	44293,78	12,95
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C15	42437,35	12,41
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_220_C20	42437,35	12,41
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C10	44293,78	12,95
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C15	42437,35	12,41
PM_22_DERSLİK_0.295_ZC_420_C20	42437,35	12,41
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C10	45222,00	13,22
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C15	42437,35	12,41
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_220_C20	42437,35	12,41
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C10	44293,78	12,95
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C15	42437,35	12,41
PM_22_DERSLİK_0.295_ZD_420_C20	42437,35	12,41
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C10	45222,00	13,22
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C15	44293,78	12,95
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_220_C20	44293,78	12,95
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10	44293,78	12,95
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C15	44293,78	12,95
PM_22_DERSLİK_0.295_ZE_420_C20	44293,78	12,95
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C10	61765,65	18,06
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C15	54339,93	15,89
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_220_C20	54339,93	15,89
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C10	54339,93	15,89
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C15	54339,93	15,89
PM_22_DERSLİK_0.995_ZC_420_C20	54339,93	15,89
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C10	61765,65	18,06
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C15	54339,93	15,89
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_220_C20	54339,93	15,89
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C10	54339,93	15,89
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C15	54339,93	15,89
PM_22_DERSLİK_0.995_ZD_420_C20	54339,93	15,89
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C10	63622,09	18,60
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C15	54339,93	15,89
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_220_C20	54339,93	15,89
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10	54339,93	15,89
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C15	54339,93	15,89
PM_22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C20	54339,93	15,89

Çizelge 7.105’ de yapılan hesaplamalar üzerinden (G_{mal} / YY_{mal}) oranları karşılaştırılmıştır. Bu oranlara bakıldığında, alternatif güçlendirme çözümlerinin maliyetlerinin, yeniden yapım maliyetinin %40'ının altında kaldığı gözlemlenmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda, güçlendirme önerilerinin ekonomik açıdan uygun olduğu sonucuna varılmıştır.



8. TARTIŞMA

Bu tez kapsamında incelenen yapılar, afet sonrası lojistik destek ve koordinasyon işlevlerini sürdürebilecek özellikte olması gereken kamuya ait okul binalarıdır. Türkiye gibi aktif deprem kuşağında yer alan ülkelerde, bu tür yapıların sismik performanslarının değerlendirilmesi ve gerektiğinde güçlendirilmesi, hem can güvenliği hem de afet sonrası sürdürülebilirlik açısından büyük önem taşımaktadır. Literatürde bu konuda yapılan çalışmaların büyük bir kısmı belirli yapı örnekleri üzerinden gerçekleştirilmiş olup, çoğunlukla tekil bina modelleri üzerinde durulmuştur. Örneğin, Cosgum ve ark. (2024) detaylı bir kırılma analizini yalnızca tek bir bina modeli üzerinden gerçekleştirmiştir. Öte yandan, Öztürk ve ark. (2023) gibi araştırmacılar Kahramanmaraş depremleri sonrasında hasar gören okul binaları üzerinde genel değerlendirmeler yaparken, Wibowo ve ark. (2024) benzer bir çalışmayı Endonezya'da yürütmüştür. Bunun yanı sıra, Mehrjoo ve Aval (2024) ise okul binalarındaki güçlendirme stratejilerine odaklanarak önemli bulgular sunmuştur.

Son yıllarda yapılan araştırmalar bu binaların sismik kırılma özelliklerinin belirlenmesine yönelik hızlı analiz tekniklerine yönelmiştir. Örneğin, S. Karafagka ve ark. (2024), okul binaları için hızlı bir kırılma değerlendirme yöntemi geliştirmiş; Zain ve ark. (2024) ise yapay zekâ tabanlı modelleme ile benzer analizler gerçekleştirmiştir. Ancak bu çalışmalarda mevcut ve güçlendirilmiş yapıların karşılaştırmalı performans analizine yeterince yer verilmediği görülmektedir.

Bu tez çalışmasında ise, literatürdeki bu boşluğu dolduracak şekilde, farklı yapı tipolojilerine sahip 8, 14 ve 22 derslikli üç okul binasının mevcut halleri ile üç farklı güçlendirme stratejisi altında yapısal performansları kapsamlı bir biçimde değerlendirilmiştir. Güçlendirme yöntemleri olarak; yalnızca betonarme perde ilavesi, yalnızca kolon mantolama ve her iki yöntemin birlikte uygulandığı hibrit sistemler tercih edilmiştir. Ayrıca, yerel taşıyıcı sistem yetersizliklerinin giderilmesinde FRP sarım yöntemi de uygulanarak performansa katkısı analiz edilmiştir.

Modelleme çalışmaları STA4CAD yazılımı aracılığıyla gerçekleştirilmiş ve değerlendirmeler TBDY 2018 esas alınarak, 2475 yıl dönüş periyoduna sahip DD-1 deprem düzeyine göre yapılmıştır. Ankara/Çankaya ve Sakarya/Adapazarı bölgelerine ait yer ivmesi değerleri ($PGA = 0.295 \text{ m/s}^2$ ve 0.995 m/s^2) doğrultusunda; zemin sınıfı (ZC, ZD, ZE), donatı sınıfı (S220, S420) ve beton dayanımı (10, 15, 20 MPa) gibi parametreler çeşitlendirilerek toplam 432 yapı modeli oluşturulmuştur.

Yapılan doğrusal olmayan statik itme analizlerinde periyot değişimi (T_{1son}/T_{1ilk}), dayanım fazlalığı oranı (D_{son}/D_{ilk}), spektral ivme (S_a^{son}/S_a^{ilk}) ve spektral deplasman (S_d^{son}/S_d^{ilk}) performans kriterleri olarak kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, mevcut yapılar DD-1 düzeyindeki deprem etkisine karşı "Kontrollü Hasar" performans hedefine ulaşamamıştır. Bu durum, ciddi yapısal bütünlük kayıpları ve can güvenliği riski oluşturduğunu göstermektedir. Ancak güçlendirme stratejileri, taşıyıcı sistemin yatay dayanım kapasitesi ve sünekliğini anlamlı şekilde artırmıştır.

Özellikle betonarme perde ilavesi, yapının yatay rijitliğini artırarak burulma düzensizliklerini azaltmış; kolon mantolama ise düşey taşıyıcı sistemin kesit kapasitesini artırarak sünekliği geliştirmiştir. FRP sarımı ise yerel taşıyıcı sistem zafiyetlerinin giderilmesinde etkin rol oynamıştır. Bu müdahalelerin birleşiminden oluşan hibrit sistemin, hem yapısal hem de mimari bütünlüğü koruyan bir çözüm sunduğu belirlenmiştir.

Dayanım fazlalığı oranı (D_{son}/D_{ilk}), yapılan güçlendirmenin etkinliğini ölçmede temel kriterlerden biri olarak değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, Türkiye’de Arslan ve Erkan (2011), henüz 2007 Deprem Yönetmeliği’nde tanımlı olmayan dayanım fazlalığı katsayısının betonarme yapılar için 2.11 ile 2.64 arasında olması gerektiğini çeşitli model çalışmalarıyla göstermiştir. TBDY 2018 ile birlikte bu konuya yönelik ayrı bir bölüm eklenmiş ve taşıyıcı sistem tipine bağlı olarak bu katsayının 2.5 ile 3.0 arasında olması gerektiği belirtilmiştir. Ancak güçlendirilmiş yapılar için benzer bir kıstas tanımlanmamıştır. Bu nedenle, bu tez çalışmasında önerildiği üzere, güçlendirme sonrasında da dayanım fazlalığı katsayısının belirlenmesi, güçlendirmenin yeterliliği hakkında somut bir değerlendirme sunmak açısından büyük önem arz etmektedir. Zira her güçlendirme stratejisi, yapının dayanım fazlalığına farklı düzeylerde etki etmektedir ve bu parametre, doğru stratejinin seçiminde kilit rol oynayabilir.

Karşılaştırmalı performans değerlendirmeleri sonucunda aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır:

- Periyot Değişimi: Tüm okul tiplerinde periyot değişimini en fazla azaltan güçlendirme türü, perde + kolon mantolama yöntemi olmuştur. Bu durum, ilgili yöntemin yapının rijitliğini en fazla artıran müdahale olduğunu göstermektedir.
- Spektral Deplasman: 8 derslikli binalarda spektral deplasman en yüksek seviyedeyken, sırasıyla 22 ve 14 derslikli binalar daha düşük değerlere ulaşmıştır. Güçlendirme türlerine göre değerlendirmede, her bir yapı tipi için

farklı sonuçlar elde edilmiş, bu da strateji etkilerinin yapı tipine bağlı olarak değiştiğini göstermiştir.

- Spektral İvme: En yüksek spektral ivme değerleri 8 derslikli, ardından 22 ve 14 derslikli binalarda elde edilmiştir. Güçlendirme stratejilerine göre değerlendirmeler, yapının titreşim özelliklerine etkilerin değişken olduğunu ortaya koymuştur.
- Dayanım Fazlalığı Oranı: En yüksek ortalama dayanım fazlalığı oranı 14 derslikli, ardından 22 ve 8 derslikli yapılarda elde edilmiştir. Güçlendirme türleri açısından, hibrit sistemlerin genellikle en yüksek D oranlarına ulaştığı gözlemlenmiştir.
- Ekonomik Değerlendirme: Güçlendirme maliyetleri, yeniden yapım maliyetine kıyasla oldukça düşük kalmıştır. 8 ve 14 derslikli binalarda en ekonomik yöntem kolon mantolama olurken, 22 derslikli yapılarda en düşük maliyet yalnızca perde ilavesi uygulamasında elde edilmiştir. Bu farklılık, yapı büyüklüğü ve uygulama miktarlarıyla doğrudan ilişkilidir.

Tüm bu bulgular doğrultusunda, hem yapısal hem ekonomik açıdan en uygun güçlendirme stratejisinin yapı bazında belirlenmesi gerektiği ve dayanım fazlalığı katsayısının bu karar sürecinde temel bir kriter olarak ele alınmasının önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

9.1 Sonuçların İncelenmesi

Türkiye'nin aktif tektonik kuşakta yer alması ve mevcut yapı stokunun önemli bir kısmının mühendislik hizmeti almadan veya yetersiz denetimle inşa edilmiş olması, afet riskini artıran temel faktörler arasında yer almaktadır. Bu risk, özellikle afet sonrası hizmet vermesi beklenen kamu binalarında daha kritik bir hâl almaktadır. Bu çalışmanın temel motivasyonu, söz konusu binaların sismik performanslarının gerçekçi parametrelerle değerlendirilmesi ve farklı güçlendirme stratejilerinin hem yapısal hem ekonomik etkilerinin bütüncül biçimde ortaya konmasıdır.

Bu kapsamda, ülkemizde yaygın olarak kullanılan tip projeler üzerinden seçilmiş 8, 14 ve 22 derslikli üç farklı betonarme okul binası, TBDY 2018 kapsamında değerlendirilmiş; hem mevcut halleriyle hem de üç farklı güçlendirme senaryosu (perde ilavesi, kolon mantolama ve her ikisinin birlikte uygulandığı hibrit sistem) altında analiz edilmiştir. Ayrıca yerel düzeyde yetersiz kalan elemanlarda FRP sarımı ile ilave dayanım sağlanmıştır.

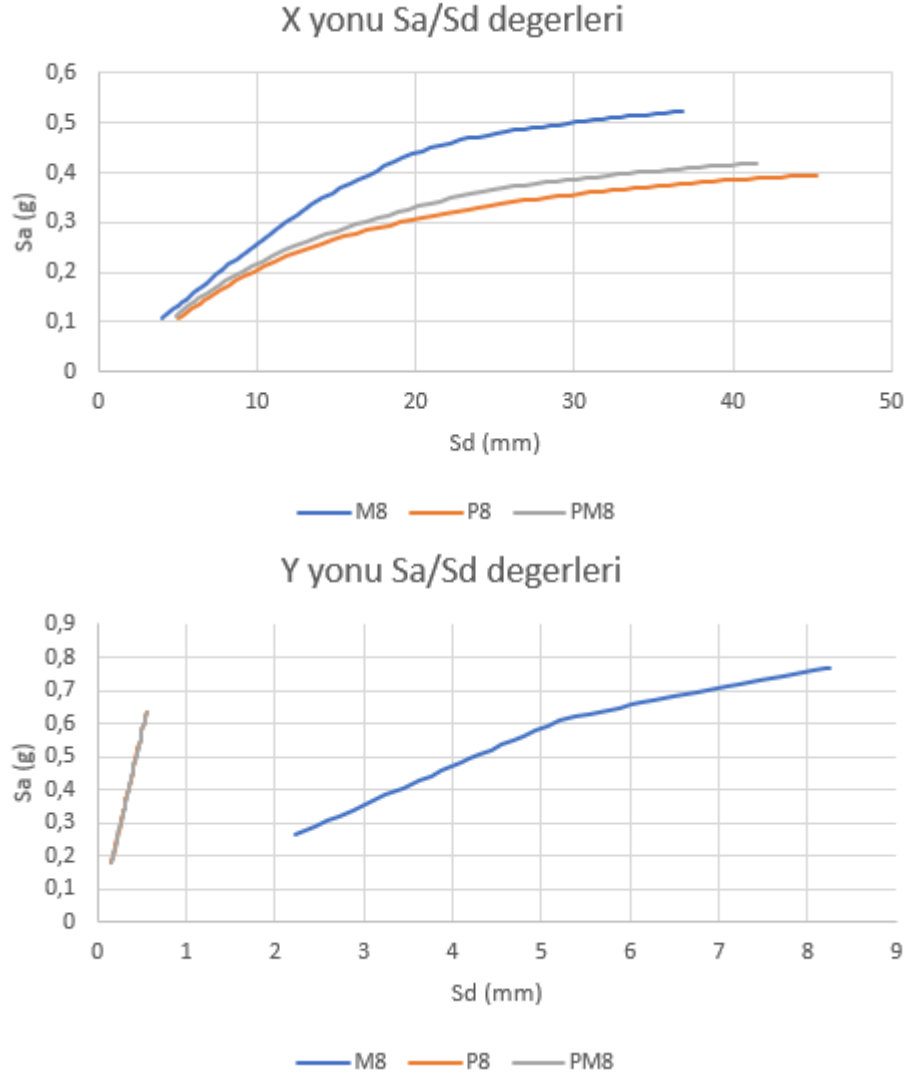
FRP ile güçlendirme uygulamalarında lif yerleşim yönünün yapısal performans üzerinde belirleyici olduğu görülmüştür. Tek yönlü lif yerleşimi, eksenel zorlanmanın baskın olduğu elemanlarda yeterli performans artışı sağlarken; çok eksenli zorlanmalara maruz kalan bölgelerde çapraz yerleşimlerin daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Özellikle giriş uçları ve kolon-giriş birleşim bölgelerinde kesme dayanımını artırmak amacıyla çapraz lif yerleşimi önerilmektedir. Kolon sarımlarında çevresel yöndeki tek yönlü sarımlar sünekliği artırsa da, yüksek deprem riski taşıyan yapılarda düşey liflerle birlikte çift yönlü uygulamalar tercih edilmelidir. Ayrıca, kullanılan FRP malzemesinin birim ağırlığı da uygulama detaylarını ve yapıya getirdiği ek yükü etkilediğinden, malzeme seçimi aşamasında dikkate alınması gereken önemli bir parametredir. FRP uygulamalarında lif yönelimi; yükleme türü, eleman tipi, malzeme özellikleri ve performans hedeflerine göre dikkatle belirlenmeli; uygulama kararları üretici teknik dokümanları ve güncel literatür ışığında şekillendirilmelidir.

Çalışmanın orijinal yönlerinden biri, yalnızca taşıyıcı sistem düzeyindeki yapısal değişikliklerin değerlendirilmesiyle sınırlı kalınmayıp; farklı zemin sınıfları, donatı türleri ve beton dayanımları gibi değişkenlerin de hesaba katıldığı geniş kapsamlı bir parametrik analiz yapılmış olmasıdır. Bu doğrultuda, Ankara/Çankaya ve

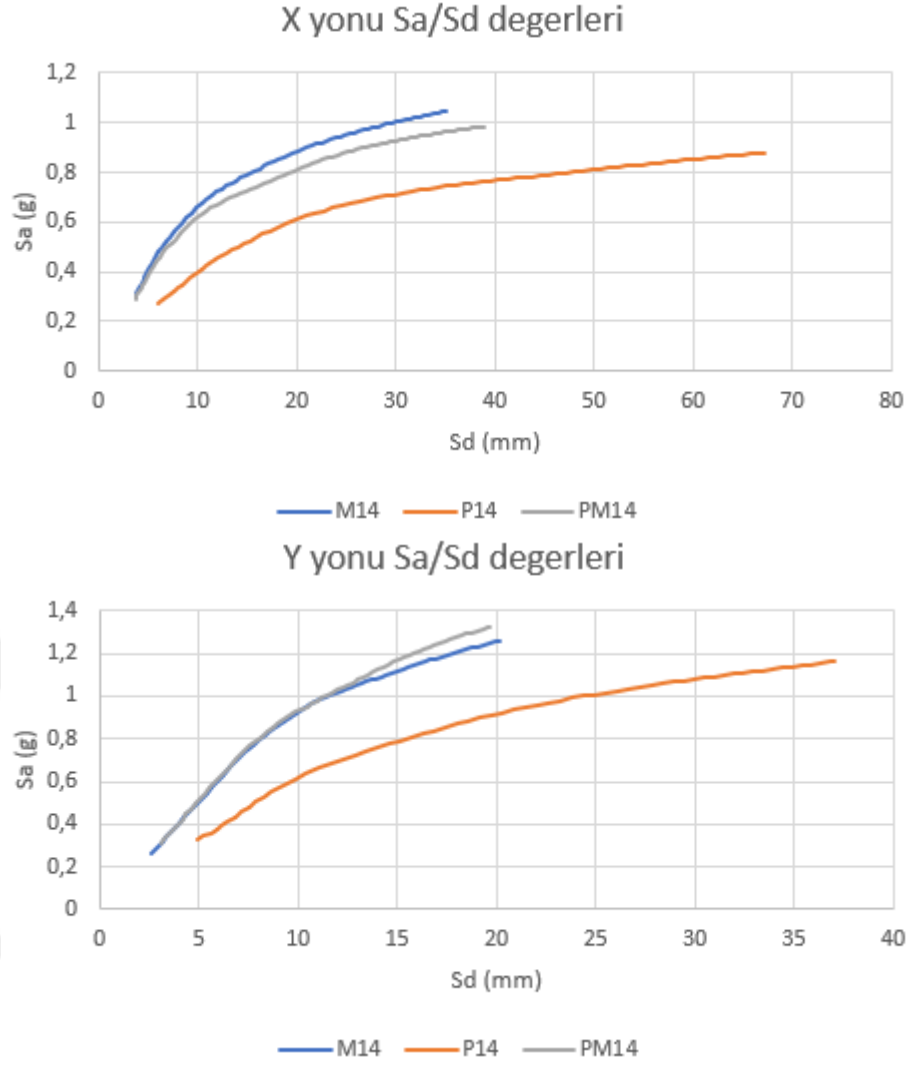
Sakarya/Adapazarı gibi farklı sismik tehlike düzeyine sahip iki yerleşim bölgesi için, toplamda 432 yapı modeli üzerinde doğrusal olmayan statik itme analizleri gerçekleştirilmiştir.

Analiz sonuçları, mevcut yapıların DD-1 düzeyindeki deprem etkisi altında yeterli performans düzeyine ulaşamadığını göstermiştir. Güçlendirme uygulamaları ise taşıyıcı sistemin yatay dayanım kapasitesinde, rijitliğinde ve sünekliğinde anlamlı artışlar sağlamıştır. Özellikle hem perde ilavesi hem de kolon mantolama uygulamasını içeren hibrit güçlendirme yöntemi, en yüksek performans iyileştirmesini sağlamış ve hedeflenen "Kontrollü Hasar" düzeyine ulaşılmasına olanak tanımıştır.

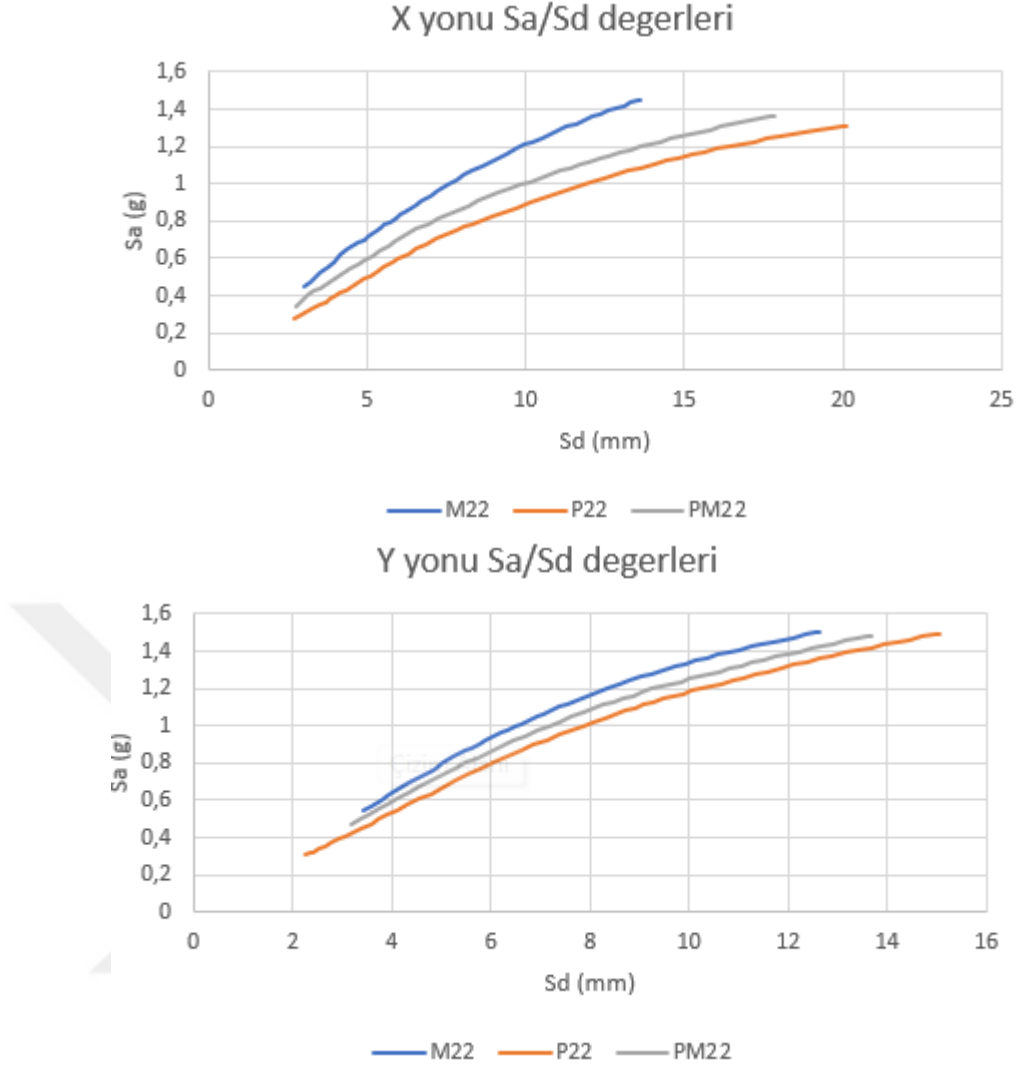
Yapılan analizler sonucunda, 8, 14 ve 22 derslikli okul binası güçlendirme modelleri arasından her biri için en kritik performans gösteren üç yapı belirlenmiştir. Bu yapıların x ve y yönlerine ait spektral deplasman (S_d) – spektral ivme (S_a) ilişkisini gösteren grafikler aşağıda sunulmuştur. Şekil 9.1’de, 8 derslikli yapı grubunda en kritik olarak değerlendirilen model (8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10) için her iki yönlü S_a – S_d ilişkisi yer almaktadır. Benzer şekilde, Şekil 9.2’de 14 derslikli güçlendirilmiş modeller arasından seçilen en kritik modelin (14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10), Şekil 9.3’te ise 22 derslikli yapı grubunun en kritik modelinin (22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10) spektral tepki grafikleri sunulmuştur.



Şekil 9.1. 8_DERSLİK_0.295_ZE_420_C10 için x ve y yönündeki S_a-S_d ilişkisi grafiği



Şekil 9.2. 14_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10 için x ve y yönündeki S_a – S_d ilişkisi grafiği



Şekil 9.3. 22_DERSLİK_0.995_ZE_420_C10 için x ve y yönündeki S_a-S_d ilişkisi grafiği

Bu grafikler, güçlendirme sonrası yapısal performanstaki değişimi S_a-S_d düzleminde incelemek adına önemli birer gösterge niteliği taşımaktadır. Gelecek çalışmalarda, bu tür grafiklerin karşılaştırmalı olarak daha fazla model üzerinden değerlendirilmesi, güçlendirme etkinliğinin daha kapsamlı bir şekilde analiz edilmesine olanak sağlayacaktır.

Bu bulgular, yalnızca mühendislik açısından değil, kamu yatırımlarının ekonomik sürdürülebilirliği açısından da kritik önem taşımaktadır. Ekonomik analiz sonuçları, güçlendirme maliyetlerinin yeniden yapım maliyetlerine kıyasla oldukça düşük kaldığını ve mevcut yapıların afet öncesi güçlendirilmesinin maliyet etkin bir çözüm olduğunu ortaya koymuştur.

Sonuç olarak, bu tez çalışması, hem mühendislik pratiğine hem de politika yapıcılara yol gösterici olabilecek düzeyde çok yönlü bir değerlendirme sunmaktadır. Literatürde sınırlı sayıda bulunan, okul binalarına yönelik güçlendirme senaryolarını bu kadar geniş parametre aralığında değerlendiren çalışmalardan biri olması açısından orijinal bir katkı sunmaktadır. Ayrıca, analiz edilen güçlendirme senaryoları yapı özelinde değil, tip projeler üzerinden modellendiği için, benzer yapı stoğuna sahip diğer kamu binalarına da genellenebilir öneriler geliştirilmiştir. Bu yönüyle, çalışmanın mühendislik uygulamaları açısından doğrudan uygulanabilir nitelikte çıktılar sunduğu değerlendirilmektedir.

9.2 Öneriler

Bu çalışmanın bulguları ışığında, deprem riski taşıyan bölgelerdeki okul binalarının güçlendirilmesi için aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir:

1. Güçlendirme Yöntemlerinin Yaygınlaştırılması: Bu çalışmada önerilen güçlendirme tekniklerinin, özellikle deprem riski yüksek bölgelerdeki okul binalarında yaygın bir şekilde uygulanması önemlidir. Betonarme perde ve kolon mantolama gibi güçlendirme yöntemleri, yapının taşıma kapasitesini artırarak, deprem anındaki performansını iyileştirmekte etkili olmuştur. Bu tekniklerin Türkiye genelinde yaygınlaştırılması, okul binalarının güvenliğini artıracak ve olası deprem risklerine karşı daha dayanıklı yapılar oluşturulmasına olanak sağlayacaktır.
2. Dinamik Davranışların Detaylı İncelenmesi: Yapıların deprem etkileri altındaki dinamik davranışlarının daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Yapısal analizlerde, yalnızca statik değil, dinamik etkilerin de göz önünde bulundurulması, daha güvenli ve verimli güçlendirme çözümleri elde edilmesini sağlayacaktır. Dinamik analizler, özellikle yapının deprem esnasındaki titreşimlerini daha doğru bir şekilde modelleyerek, gerçekçi güçlendirme stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olacaktır.
3. Mimari ve Yapısal Uyumun Sağlanması: Güçlendirme projelerinde, mimari kısıtlamalar ile yapısal güvenlik arasındaki dengeyi sağlamak oldukça önemlidir. Yapısal güçlendirme, mimari tasarıma zarar vermeden uygulanmalıdır. Bu noktada, mühendislik çözümleriyle birlikte mimar ve mühendis ekiplerinin iş birliği yaparak, hem yapısal güvenliği hem de estetik bütünlüğü göz önünde

bulundurması gereklidir. Mimari kısıtlamalar nedeniyle güçlendirme işlemleri zorlayıcı olabilir, ancak uygun tasarım ve planlama ile bu kısıtlamalar aşılabılır.

4. Ekonomik Etkinlik ve Maliyet Analizleri: Güçlendirme maliyetlerinin, yeniden inşa maliyetleriyle karşılaştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Yapı güçlendirme yöntemlerinin maliyet etkinliği, karar verme süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, güçlendirme ve yeniden inşa maliyetlerinin detaylı bir şekilde ekonomik analizlerinin yapılması önemlidir. Bu analizler, hangi çözümün daha verimli olduğunu belirlemede yardımcı olacak ve bütçeye en uygun seçeneklerin tercih edilmesini sağlayacaktır.
5. Eğitim Sürekliliği ve Uygulama Planlaması: Okul binalarının güçlendirilmesi sırasında, eğitim faaliyetlerinin kesintiye uğramaması için uygun bir planlama yapılmalıdır. Güçlendirme işlemleri, okul binalarının işlevselliğini kaybetmeden, eğitim sürecinin devamını sağlamalıdır. Bu noktada, güçlendirme çalışmalarının aşamalı olarak gerçekleştirilmesi, öğrencilerin ve öğretmenlerin eğitim süreçlerine devam edebilmeleri için önemli bir faktördür. Planlama sırasında okulun işlevselliği göz önünde bulundurularak, en uygun uygulama yöntemleri seçilmelidir.
6. Güçlendirme Yöntemi Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Kriterler: Güçlendirme yöntemi seçimi, sadece yapısal ihtiyaçlara göre yapılmamalıdır. Yapının kullanım amacı, mimari kısıtlamalar, bütçe ve uygulama süresi gibi faktörler de göz önünde bulundurulmalıdır. Betonarme perde ilavesi, özellikle yüksek burulma düzensizliği ve düşük yatay rijitlik gibi problemleri olan yapılarda tercih edilmelidir. Kolon mantolama yöntemi ise, kolon elemanlarının yetersiz kaldığı durumlarda tercih edilmelidir. Ayrıca, FRP sarımı, yerel zayıflıkları giderme noktasında özellikle kirişlerde etkili bir çözüm sunmaktadır.
7. Bu çalışmada yer almayan kanat perde uygulamalarının da güçlendirme stratejilerine dahil edilmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir. Kanat perdeler, kolon bitişiğinde konumlanarak yapıya ek rijitlik ve enerji sönümleme kapasitesi kazandırmakta olup, mevcut modellerde incelenmeyen bir alternatiftir. Gelecek araştırmalarda bu perde tipi üzerine sayısal ve deneysel analizler gerçekleştirilerek, yapısal performans ve ekonomik verimlilik açısından potansiyel katkıları değerlendirilmelidir.
8. Malzeme Uyumu ve Analizlerin Doğruluğu: Güçlendirme uygulamalarında kullanılacak malzemelerin, yapının mevcut malzeme özellikleriyle uyumlu

olması sağlanmalıdır. Bu, yapısal güvenliğin sağlanabilmesi için kritik öneme sahiptir. Betonarme perde ve kolon mantolarında C30 beton sınıfı ile S420 çelik donatının kullanılması, önerilen güçlendirme tekniklerinin etkinliğini artıracaktır. Ayrıca, analizlerde kullanılan yöntemlerin doğruluğu, yapıya ait numunelerle desteklenmeli ve sonlu eleman modellemeleri gibi detaylı performans değerlendirmeleri yapılmalıdır.

Sonuç olarak, bu çalışma, deprem riski taşıyan okul yapılarının güçlendirilmesi için etkili mühendislik çözümleri sunmuş ve bu çözümlerin, yapı güvenliğini ve dayanıklılığını artırarak can güvenliğini sağlamada kritik bir rol oynadığını göstermiştir. Güçlendirme tekniklerinin, gelecekteki inşaat projelerinde daha geniş bir şekilde uygulanması, deprem riski altındaki yapılar için güvenli bir çözüm sunacaktır.



KAYNAKLAR

Altan, M. F., Cansız, S., Kaya, O., Turna, Ç. (2020). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine Göre Mevcut Betonarme Bina Performansının Ve Zemin Etkileşiminin Değerlendirilmesi. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 7(2), 1004-1014. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.727437>

Altın, M. (2009). Aynı İki Tip Okul Binasının Güçlendirme Öncesi Ve Sonrası Karşılaştırılması. Engineering Sciences, 4(4), 504-517. <https://doi.org/10.12739/nwsaes.v4i4.5000067122>

Afzali, M. F. ,2018, Mevcut Bir Betonarme Okul Binasının Betonarme Perdelerle Güçlendirme Alternatiflerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Arslan, M. H., & Erkan, İ. H. (2011). Betonarme binaların deprem yükü azaltma katsayısı üzerine yeni bir bakış. Engineering Sciences, 6, 1486–1497.

Aydoğan, M. ve Güler K. ,2003, Ders Notları, Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi Dersi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi İstanbul.

Bawary, M. S. ,2018, Betonarme Binaların Farklı Güçlendirme Yöntemleri ile Yapısal Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Coşkun, M. E., Gürsoy, Ş., & Garip, Z. Ş. (2023). Betonarme bir okul binasında güçlendirme ilkelerinin 2007 ve 2018 Türk deprem yönetmeliklerine göre karşılaştırılması. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 13(1), 127-144. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.1170731>

Çaycı, B. T., & Eldemir, O. (2021). TBDY-2018 ve DBYBHY-2007 Deprem Yönetmelikleri Performans Seviyelerinin Karşılaştırılması. Mühendislik Bilimleri Ve Tasarım Dergisi, 9(4), 1386-1397. <https://doi.org/10.21923/jesd.876935>

Çevik, M.Ö. ,2003, Betonarme Yapıların Onarım ve Güçlendirme Yöntemlerinin ve Bir Konut Yapısının Güçlendirme Projesinin Hazırlanarak Güçlendirme Sonrası Dinamik Karakteristiklerindeki Değişkenlerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Dalyan, İ., & Şahin, B. (2019). Mevcut Betonarme Bir Binanın 2007 ve 2018 Deprem Yönetmeliklerine Göre Deprem Yükleri Altındaki Taşıyıcı Sistem Performansının Değerlendirilmesi. Türk Deprem Araştırma Dergisi, 1(2), 134-147. <https://doi.org/10.46464/tdad.631998>

DBYBHY (2007), “Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik”, Çevre Şehircilik Bakanlığı. Ankara.

Elmas, M., & Çalışkan, H. (2003). Betonarme Yapıların Güçlendirme Teknikleri. Sakarya University Journal of Science, 7(2), 25-30. <https://doi.org/10.16984/saufbed.72563>

Gökçe, T., Karayel, V., Çalım, F., Rifai, Ş., vd. (2023). Betonarme Binaların Mevcut Deprem Performansının Belirlenmesi İçin TBDY-2018’ de Önerilen Doğrusal Hesap Yönteminin Uygulanması Üzerine Bir İrdeleme. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 27(3), 337-350. <https://doi.org/10.19113/sdufenbed.1150536>

Gökçeoğlu, U., & Değer, Z. (2023). Betonarme Yüksek Binaların TBDY 2018’e Göre Performansa Dayalı Tasarımı – Örnek Uygulama. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 11(2), 535-550. <https://doi.org/10.21923/jesd.1072033>

Dinçer, F., & Mert, N. (2014). Betonarme okul binasının TDY 2007’ye göre nonlinear statik analizi. Sakarya University Journal of Science, 18(1), 1-9. <https://doi.org/10.16984/saufbed.65528>

Doğan, O., Genç, Y., Doğan, F., Mert, N. (2022). Kırıkkale İli Özelindeki Betonarme Konutların DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 Yönetmeliklerine Göre

Depremesel Açıdan Mukayesesi. International Journal of Engineering Research and Development, 14(2), 829-843. <https://doi.org/10.29137/umagd.1112001>

Kavşut, N. ,2012, Depremde Hasar Gören Yapıların Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Kap, T., Özgan, E., & Uzunoğlu, M. M. (2017). Betonarme Bir Okul Binasının 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Performans Analizi. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 6(1), 1-10.

Karaca, H. (2021). 2007 ve 2018 Deprem Yönetmelikleri Kullanılarak Farklı Zeminlere Göre ve Farklı Kentler İçin Elde Edilen Tasarım İvmelerinin Karşılaştırılması, Kapadokya Örneği. Afet Ve Risk Dergisi, 4(1), 42-52. <https://doi.org/10.35341/afet.828828>

Karaca, N. (2022). Mevcut Betonarme Bir Okul Binasının Deprem Güvenliğinin İncelenmesi ve Tbdy-2018'e Göre Alternatif Güçlendirme Yöntemlerinin Araştırılması ve Çözüm Önerileri (Master's thesis, Konya Teknik Üniversitesi).

Kaya, M. ,2017, Betonarme Bir Okul Binasının 2007 Deprem Yönetmeliğine Göre Performansının Belirlenmesi ve Güçlendirme Alternatiflerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

Küçükaslan, N., & Altan, M. F. (2021). Güçlendirilen Mevcut Bir Yapının Tdy 2007 ile 2018 Yeni Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine Göre Performansının Tekrar İncelenmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Uluslararası Mühendislik Teknolojileri Ve Uygulamalı Bilimler Dergisi, 4(1), 18-36.

M. Mehrjoo, S.B.B. Aval, Proposing new design and retrofitting objectives for seismic design of hospital structures: a case study of Imam Khomeini Hospital in Eslamabad-e Gharb, Bull. Earthq. Eng. (2024), <https://doi.org/10.1007/s10518-024-01892-2>.

Muhammad Zain, Ulrike Dackermann, Lapyote Prasittisopin, Machine learning (ML) algorithms for seismic vulnerability assessment of school buildings in high-intensity seismic zones, Structures, Volume 70, 2024.

Orak, M. S., & Celep, Z. (2017). Gedikbulak Okul Binasının Sismik Performansı Hakkında. Teknik Dergi, 28(2), 7889-7896. <https://doi.org/10.18400/tekderg.304103>

Öztürk, M., Arslan, M. H., Doğan, G., Ecemiş, A. S., & Arslan, H. D. (2023). School buildings performance in 7.7 Mw and 7.6 Mw catastrophic earthquakes in southeast of Turkey. Journal of Building Engineering, 79, 107810.

Özuygur, A. R., & Dilsiz, A. (2021). Rijit Bodrumlu Binaların TBDY 2018'e Göre Tasarımına Yönelik Bir Değerlendirme. International Journal of Engineering Research and Development, 13(1), 243-249. <https://doi.org/10.29137/umagd.807186>.

Pujol, S., Irfanoglu, A., & Puranam, A. (2022). Drift-driven design of buildings: Mete Sozen's works on earthquake engineering. CRC Press.

S. Karafagka, E. Riga, G. Oikonomou, A. Karatzizou, S. Fotopoulou, D. Pitilakis, K. Pitilakis, RiskSchools: a prioritization-based system for the risk assessment of school buildings combining rapid visual screening smartphone app and detailed vulnerability analysis, Bull. Earthq. Eng. 22 (2024) 2951–2980, <https://doi.org/10.1007/s10518-024-0>

Seçkin, A., & Doran, B. (2023). Betonarme Perdelerin Kesme Güvenliğinin TBDY-2018'e Göre İncelenmesi. Turkish Journal of Civil Engineering, 34(5), 107-128. <https://doi.org/10.18400/tjce.1235472>

Şirin, C. ,2006, Yapılarda Oluşan Hasar Biçimleri ve Nedenleri ve Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi Teknikleri ile Bir Yapının Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

T. Cosgum, O. Ceylan, M.M. Nasery, O. " Güler, B. Sayin, O. Uzdil, C. Akcay, Seismic performance assessment and retrofitting proposal for a historic masonry school building (Bursa, Türkiye), Case Stud. Constr. Mater. 18 (2024) e02087, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02087>.

TBDY (2018), "Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği", Çevre Şehircilik Bakanlığı. Ankara.

Türk Standardı (TS498), Eylül 2021 - Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri -Türk Standardları Enstitüsü - Bakanlıklar/Ankara

Türk Standardı (TS500), Şubat 2000 - Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları -Türk Standardları Enstitüsü - Bakanlıklar/Ankara

Uluöz, D. ,2010, Mevcut Binaların Güçlendirme Maliyetlerine Etki Eden Parametreler, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Ünsal, İ., & Şahan, M. F. (2021). TBDY 2018 Yönetmeliğinde Verilen Süneklik Düzeyi Yüksek Betonarme Taşıyıcı Sistemler için Maliyet ve Deprem Performansı Bakımından Bir Karşılaştırma. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 36(2), 509-522. <https://doi.org/10.21605/cukurovaumfd.982837>

Yakar, T. ,2001, Betonarme ve Çelik Yapı Elemanlarıyla Güçlendirilen Çok Katlı Bir Betonarme Yapının Güçlendirme Maliyetlerinin Kıyaslanması, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yalın, M., & Ulutaş, H. (2021). Mevcut okul türü bir binanın deprem performansının 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerine göre değerlendirilmesi. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 10(2), 648-661. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.896637>

Yerci, N. ,2001, Betonarme Binalarda Onarım, Güçlendirme ve Bir Betonarme Yapının Güçlendirme Yönünden İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yıldırım, M. ,2008, Deprem Etkisindeki Betonarme Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, M.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.

Yiğit, Y. ,2002, Betonarme Yapılarda Onarım ve Güçlendirme Yöntemleri ve Bir Güçlendirme Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yüzbaşı, J., & Yerli, H. R. (2018). Betonarme Yapıların Deprem Etkisi Altında Performans Analizlerinin Yapılması ve Güçlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 33(2), 273-286. <https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.510083>.

Zolmaz, Y. ,2019, Mevcut Betonarme Bir Binanın Perdelerle Güçlendirilmesi ve Yapısal Performansının TBDY-2018'e Göre Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Wibowo, H. A., Meilano, I., & Virtriana, R. (2024). Assessing Potential Earthquake-Induced Structural Damage and Losses in School Buildings, West Java, Indonesia. Papers in Applied Geography, 10(2), 138–153. <https://doi.org/10.1080/23754931.2024.2323719>