

**T.C.
UŞAK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**FARKLI TEMEL VE ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN BİNA TAŞIYICI SİSTEM
DAVRANIŞLARINA ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nuray YAŞAR

OCAK, 2022

UŞAK

**T.C.
UŞAK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**FARKLI TEMEL VE ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN BİNA TAŞIYICI SİSTEM
DAVRANIŞLARINA ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nuray YAŞAR

UŞAK, 2022

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Nuray YAŞAR



FARKLI TEMEL VE ZEMİN ÖZELLİKLERİNİN BİNA TAŞIYICI SİSTEM DAVRANIŞLARINA ETKİSİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Nuray Yaşar

**UŞAK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

Ocak 2022

ÖZET

Yapıların sismik tasarım ve performans düzeylerinin belirlenmesinde uygulama kolaylığı nedeniyle bina tabanında ankastre mesnet tanımı yapılarak zemin davranışının etkisi genellikle göz ardı edilmektedir. Zeminde meydana gelen deformasyonlar ve temel dönmelerinin yapı davranışını ciddi oranda değiştirebildiğini literatürde yapılan çalışmalar göstermektedir. Bu değişimi incelemek amacıyla betonarme yapıları esas alan bir çalışma planlanmıştır. Ülkemizde mevcut betonarme yapıların karakteristik özelliklerini yansıtan farklı temel tip ve boyutlarına sahip ve farklı rijitlikte zeminler üzerinde inşa edilmiş 25 farklı bina türü yapı dikkate alınmıştır. Binalar TS-500 ve TBDY-2018 esas alınarak tasarlanmış olup, üç boyutlu analiz modelleri SAP2000 programı kullanılarak hazırlanmıştır. Tamamı dolgu duvarlı olarak tasarlanan modellerde, dolgu duvar etkisi eşdeğer çapraz basınç çubuğu şeklinde tanımlanmıştır. Tüm modellerde doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi kullanılarak analizler yapılmıştır. Binaların yatay dayanım, periyot ve deplasman talebi değerlerinin ankastre temel kabulüne göre değişimi incelenmiş ve hasar durumu değerlendirilmesi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre bina periyot ve deplasman taleplerinde en ideal durumda dahi yaklaşık %15 artış görülmektedir. Temel boyutları ve zemin rijitliği açısından elverişsiz koşullarda bu artışın %82'ye ulaşması mümkündür. Farklı temel durumlarının yapıda

hasar dağılımı üzerindeki etkisi genel olarak %10'un altındadır. Yatay dayanım üzerindeki etkisi ise yönetmeliğe uygun temel boyutlarında daha kısıtlı olarak %2'den düşük seviyededir.

Anahtar Kelimeler : Boşluklu ve boşluksuz dolgu duvarlı çerçeve, eşdeğer basınç çubuğu, doğrusal elastik olmayan analiz, zemin yapı etkileşimi, zemin yatak katsayısı.

Sayfa Adedi : 88

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Hayri Baytan ÖZMEN

EFFECT OF DIFFERENT FOUNDATION AND SOIL PROPERTIES ON BUILDING STRUCTURAL SYSTEM

(M.Sc. Thesis)

Nuray Yaşar

**UŞAK UNIVERSITY
GRADUATE EDUCATION INSTITUTE
Department of Civil Engineering**

January 2022

ABSTRACT

The effect of foundation behavior is neglected by accepting the foundation as infinitely rigid at the base of the buildings as it is practical in seismic design and performance evaluation. Studies in the literature shows that the deformations and rotations in the foundation can significantly change the behavior of the structure. In order to examine this change, a study based on reinforced concrete buildings has been planned. 25 different types of buildings, which have different foundation types and dimensions reflecting the characteristic features of existing reinforced concrete buildings in our country and built on soils with different stiffness are taken into account. Buildings are designed on the basis of TS-500 and TBDY-2018 and three-dimensional models are prepared using the SAP2000 program. The behavior of infill walls is defined by equivalent compression struts. All models are evaluated using nonlinear static analysis. The differences of the horizontal strength, period and displacement demand values of the buildings according to the fixed base assumption is examined and the damage situation is evaluated. According to the results of the analysis, an increase of approximately 15% is observed in the building period and displacement demands, even in the most ideal situation. It is possible for this increase to reach 82% in unfavorable conditions in terms of foundation dimensions and soil stiffness. The effect of different foundation conditions on the damage distribution in

the structure is generally below 10%. The effect on the horizontal strength is less than 2% for the foundation dimensions in accordance with the seismic code.

Keywords : Cavity and cavity-free fill wall frame, equivalent compression strut, nonlinear elastic analysis, soil-structure interaction, soil subgrade reaction modulus.

Number of pages : 88

Advisor : Assoc. Prof. Dr. Hayri Baytan ÖZMEN



TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans eğitim dönemlerim ile mesleki kariyerimde benim için çok önemli ve özel bir yeri olan, bana yeni bakış açıları kazandıran bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde değerli yardım ve katkılarını esirgemeyen, engin bilgi birikimi ve tecrübesine her zaman ihtiyaç duyduğum ve duyacağım tez danışmanım, değerli hocam Sayın Doç. Dr. Hayri Baytan ÖZMEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda modelleme aşamasında kıymetli zamanını ayırıp, yapmış olduğu katkılar ve değerli görüşleri için Sayın Prof. Dr. Kutlu DARILMAZ' a ve meslektaşım M. Furkan ERDOĞAN' a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tezimi yazdığım süre zarfında manevi destekleri ile beni yalnız bırakmayan her zaman destekçilerim olan sevgili arkadaşlarım Büşra AGAHOĞLU, Gamze PAÇACI ve Reyhan TEKDEMİR 'e ve kıymetli meslektaşlarım Betül AKKOYUN, Emine ARSLAN, Ebru KARA, Hakkı ŞAHİN, Kübra ÇİMEN ve Naile Gül TARAKÇI' ya teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmayı bitirmemi en çok arzu eden, her konuda varlıklarını yanımda hissettiren yıllarını çocuklarının eğitime adayan anneme ve babama, her zaman destekçim olan kardeşlerim Ramazan YAŞAR, Kübra YAŞAR ve Perüze Eda YAŞAR' a maddi manevi tüm desteklerinden dolayı teşekkürü bir borç bilirim. Haklarının ödenmez olduğunu ifade etmek ve hiçbir teşekkür cümlesinin de kafi gelemeyeceğini belirtmek istiyorum.

Tez savunmamda kıymetli zamanlarını ayırıp jüride bulunmayı kabul eden Dr. Öğr. Üyesi Abdullah FETTAHOĞLU ve Dr. Öğr. Üyesi Bayram Tanık ÇAYCI' ya yapmış oldukları katkılar ve değerli görüşleri için teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. DEPREM ETKİSİ ALTINDA TASARIM YAKLAŞIMLARI	7
2.1. Tbdy 2018’de Dayanıma Göre Tasarım Yaklaşımı	7
2.2. Tbdy 2018’ de Şekil değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım Yaklaşımı ...	8
2.2.1. Doğrusal Olmayan Davranış	8
2.2.2. Plastik Mafsal Kavramının İrdelenmesi	9
2.2.2.1. Yığılı Plastik Davranış Modeli	9
2.2.2.2. Yayılı Plastik Davranış Modeli.....	11
3. 7 KATLI BETONARME YAPININ TASARIMI.....	13
3.1. Yapı Genel Bilgileri	13
3.1.1. Malzeme Özellikleri	13
3.2. Deprem Parametreleri	14
3.2.1. Bina Önem Katsayısı ve Bina Kullanım Sınıfı.....	17
3.2.2. Deprem Tasarım Sınıfı	18
3.2.3. Bina Yükseklik Sınıfı	18
3.3. Taşıyıcı Sistem Bilgileri.....	19

3.3.1. Kolon ve Kirişlerin Boyutlandırılması	20
3.3.2. Döşemeler.....	20
3.3.3. Dolgu Duvar Özelliklerinin Belirlenmesi	21
3.3.3.1. Diyagonal Eşdeğer Basınç Çubuğu Yöntemi	21
3.3.3.2. Boşluklu Tuğla Dolgu Duvar.....	24
3.4. Yükler.....	26
3.5. Yapının 3 Boyutlu Analiz Modelinin Kurulması.....	26
3.5.1. Kolon ve Kirişlerin Modellenmesi	28
3.5.2. Duvar Modellenmesi	30
3.5.2.1. Boşluksuz Tuğla Dolgu Duvarın Modellenmesi	31
3.5.2.2. Boşluklu Tuğla Dolgu Duvarın Modellenmesi.....	31
3.6. Etkin Kesit Rijitliklerinin Tanımlanması	32
3.7. Yük Kombinasyonlarının Tanımlanması	34
3.8. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısının Belirlenmesi	36
3.9. Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü.....	37
3.10. Yapısal Düzensizliklerin Kontrolü.....	39
4. 7 KATLI YAPININ PERFORMANSININ BELİRLENMESİ.....	42
4.1. Kesit Hasar Bölgeleri	42
4.2. Plastik Mafsal Özelliklerinin Belirlenmesi	43
4.3. Temel Özellikleri ve Modellenmesi.....	50
5. ARTIMSAL İTME ANALİZLERİNİN SAP2000'DE TANIMLANMASI.....	55
5.1. Depremin Modal Yerdeğiştirme Talebinin Doğrusal Olmayan Spektral Yerdeğiştirme Olarak Elde Edilmesi	59
6. ANALİZ SONUÇLARI.....	61
6. 1. Periyot Değişimi.....	65
6. 2. Artımsal İtme Analizlerinin Sonucunda Tepe Yerdeğiştirmesi-Taban.....	69

Kesme Kuvveti Eğrilerinin Elde Edilmesi	69
6.3. Hasar Durumu	72
6. 4. Talep Değişimi	77
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	80
KAYNAKLAR	83
ÖZGEÇMİŞ	88



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları.....	16
Çizelge 3.2. 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları	17
Çizelge 3.3. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları.....	17
Çizelge 3.4. Deprem tasarım sınıfları	18
Çizelge 3.5. Bina yükseklik aralıkları ve sınıfları.	19
Çizelge 3.6. Kolon kesitleri	20
Çizelge 3.7. FEMA 356 (2000) 'ya göre dolgu duvar basınç dayanımları.....	23
Çizelge 3.8. Eşdeğer basınç çubuklarına ait parametreler	24
Çizelge 3.9. Kullanılan bina modellerinin özellikleri.....	28
Çizelge 3.10. Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları ...	32
Çizelge 3.11. Bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfları.....	36
Çizelge 3.12. Hareketli yük kütle katılım katsayısı	38
Çizelge 3.13. Eşdeğer deprem yükünün katlara dağıtılması.....	38
Çizelge 3.14. Göreli kat ötelemeleri kontrolü.....	39
Çizelge 3.15. Burulma düzensizliği kontrolü	40
Çizelge 3.16. İkinci mertebe etkileri kontrolü	41
Çizelge 4.1. Çeşitli zemin için yatak katsayısı değerleri (Bowles, 1996)	51
Çizelge 4.2. Model isimlendirmesi	52
Çizelge 6.1. Modellerin X ve Y yönlerine ait periyot değerleri ve değişim oranları	65
Çizelge 6.2. Modellere ait yatay dayanım oran ve değişimleri	68
Çizelge 6.3. Modellerin plastik mafsal hasar durumu dağılımı	73
Çizelge 6.4. Modellerin plastik mafsal hasar durumu dağılımı	75
Çizelge 6.5. Bina modelleri çatı deplasman talebi değerleri ve referans modele göre değişim oranları	77

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Düzlem bir çubuk eleman için moment – eğrilik diyagramı (Özer, 2009).....	10
Şekil 2.2. Sürekli bir kiriş için mesnet bölgesi plastik eğrilikleri (Celep, 2014).....	11
Şekil 3.1. Bina kalıp planı.....	14
Şekil 3.2. TDTH web uygulamasına verilerin tanımlanması.....	15
Şekil 3.3. Deprem tasarım parametreleri	15
Şekil 3.4. Yatay yüke maruz çerçevedeki dolgu duvarın modellenmesi (Akyürek,.....	22
Şekil 3.5. Dolgu duvarın eşdeğer basınç çubuğu olarak modellenmesi (DBYBHY, 2007)	23
Şekil 3.6. Diyagonalin boşluktan geçmesi durumunda, boşluk oranına bağlı olarak rijitlik azaltma faktörü değerleri grafiği (Asteris,2003).....	25
Şekil 3.7. Boşluğun konumuna göre, boşluk oranına bağlı olarak rijitlik azaltma faktörü değerleri grafiği (Asteris, 2003).....	25
Şekil 3.8. Referans modele ait kalıp planı	27
Şekil 3.9. C44/44 tip kolonun programa tanımlanması	29
Şekil 3.10. C30/150 kolonunun programa tanımlanması	29
Şekil 3.11. Dolgu duvar malzeme tanım parametreleri	30
Şekil 3.12. X doğrultusunda rijitliği azaltılmamış iç duvarın programa tanımlanması ..	31
Şekil 3.13. X doğrultusunda rijitliği azaltılmış dış duvarın programa tanımlanması	32
Şekil 3.14. C44x44 kolonunun etkin kesit rijitliği çarpanının tanımlanması	33
Şekil 3.15. B30/70 kirişinin etkin kesit rijitliği çarpanının tanımlanması	33
Şekil 3.16. Yapının 3 boyutlu analiz modeli	34
Şekil 3.17. Deprem etkisini içeren yük birleşimlerinin tanımlanması.....	35
Şekil 4.1. TBDY-2018’de tanımlı kesit hasar bölgeleri	42
Şekil 4.2. Kolon mafsallık özelliklerinin tanımlanması.....	43
Şekil 4.3. Farklı eksenel yük ve etkileşim yüzeyleri için kolon mafsallık tanımı	44
Şekil 4.4. Kolon mafsallık için karşılıklı etkileşim diyagramının tanımlanması.....	45
Şekil 4.5. Kolon uçlarına plastik mafsallık atanması.....	45
Şekil 4.6. Kiriş mafsallık özelliklerinin tanımlanması.....	46
Şekil 4.7. Kiriş uçlarına plastik mafsallık atanması.....	47
Şekil 4.8. Örnek eksenel yük mafsallık X yönü.....	47

Şekil 4.9. Örnek aksenal yük mafsalı Y yönü.....	48
Şekil 4.10. Plastik mafsalların eşdeğer basınç çubuklarının orta noktalarına atanması .	48
Şekil 4.11. 7 Katlı betonarme çerçevesel duvarlı sistemde tanımlanan plastik mafsallar	49
Şekil 4.12. 7 Katlı betonarme çerçevesel duvarlı sistemde elemanlara tanımlanan plastik mafsallar.....	50
Şekil 4.13. Yatak katsayısının tanımı	53
Şekil 4.14. R60/YK45000 modeli.....	54
Şekil 4.15. STR/YK45000 modeli	54
Şekil 5.1. X doğrultusuna ait user seismic load pattern iletişim kutusu	56
Şekil 5.2. <i>duseypush</i> durumu için load case data iletişim kutusu	57
Şekil 5.3. <i>pushx</i> load case data iletişim kutusu	58
Şekil 5.4. <i>pushy</i> load case data diyalog kutusu	58
Şekil 5.5. Referans modele ait X doğrultusu için spektral yer değiştirme-modal yer değiştirme eğrisi.....	60
Şekil 5.6. Referans modele ait Y doğrultusu için spektral yer değiştirme-modal yer değiştirme eğrisi.....	60
Şekil 6.1. Çerçevesel-duvarlı referans model sistem göçme mekanizması	62
Şekil 6.2. Çerçevesel-duvarlı R60/YK45000 modele ait sistem göçme mekanizması.....	62
Şekil 6.3. Çerçevesel-duvarlı R40/YK11200 modele ait sistem göçme mekanizması.....	63
Şekil 6.4. Çerçevesel-duvarlı R80/YK80000 modele ait sistem göçme mekanizması.....	63
Şekil 6.5. Çerçevesel-duvarlı STR/YK45000 model sistem göçme mekanizması	64
Şekil 6.6. Çerçevesel-duvarlı STK/YK11200 model sistem göçme mekanizması.....	64
Şekil 6.7. Çerçevesel-duvarlı STC/YK80000 model sistem göçme mekanizması	65
Şekil 6.8. Modellere ait X ve Y yönü baskın periyot değerleri	67
Şekil 6.9. 7 Katlı betonarme çerçevesel binanın farklı temel ve yatak katsayılarına ait X doğrultusundaki kapasite eğrileri.....	69
Şekil 6.10. 7 Katlı betonarme çerçevesel binanın farklı temel ve yatak katsayılarına ait Y doğrultusundaki kapasite eğrileri.....	70
Şekil 6.11. 7 Katlı betonarme çerçevesel binanın yatak katsayısı 45,000 kN/m ³ için farklı temel tiplerine ait X doğrultusundaki kapasite eğrileri.....	70
Şekil 6.12. 7 Katlı betonarme çerçevesel binanın yatak katsayısı 45,000 kN/m ³ için farklı temel tiplerine ait X doğrultusundaki kapasite eğrileri.....	71

Şekil 6.13. 7 Katlı betonarme çerçevesel binanın yatak katsayısı 45,000 kN/m ³ için farklı temel tiplerine ait X doğrultusundaki kapasite eğrileri.....	71
Şekil 6.14. 7 Katlı betonarme çerçevesel binanın yatak katsayısı 45,000 kN/m ³ için farklı temel tiplerine ait X doğrultusundaki kapasite eğrileri.....	72
Şekil 6.15. Modellerde ait plastik mafsal durumu dağılımı.....	74
Şekil 6.16. Modellerde ait plastik mafsal hasar durumu dağılımı	74
Şekil 6.17. Modellerde ait plastik mafsal durumu dağılımı.....	76
Şekil 6.18. Modellerde ait plastik mafsal hasar durumu dağılımı	76
Şekil 6.19. X Doğrultusuna ait deplasman talebi değişimi oranları	78
Şekil 6.20. Y Doğrultusuna ait deplasman talebi değişimi oranları	79



SİMGELER ve KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simge	Açıklama
aa	Eşdeğer basınç çubuğunun genişliği
c_h	İkinci mertebe hesabında kullanılan ampirik katsayı
D	Dayanım fazlalığı katsayısı
e	% 5'lik dışmerkezlik
E	Deprem yükü
E_c	Beton elastisite modülü
E_d	Dolgu duvarın elastisite modülü
E_s	Donatı çeliği elastisite modülü
E_d^(H)	Doğrultu birleştirmesi uygulanmış tasarıma esas yatay deprem etkisi
E_d^(X)	(X) Doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi
E_d^(Y)	(Y) Doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi
E_d^(Z)	(Z) Doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi
f_m	Duvar basınç dayanımı
f_{ck}	Beton karakteristik basınç dayanımı
f_{yk}	Donatı çeliği karakteristik akma gerilmesi
F₁	1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
F_{IE}^(X)	(X) Deprem doğrultusunda i'inci kat kütle merkezine etkileyen eşdeğer deprem yükü
F_s	Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
g	Yerçekimi ivmesi
G	Sabit yük etkisi
h_d	Dolgu duvarının yüksekliği

H_i	Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölüm'de i'inci katın üst bölümün tabanından itibaren ölçülen yüksekliği
h_k	Kolon boyu
H_N	Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölüm'ünün toplam yüksekliği
I	Bina önem katsayısı
I_k	Kolonun atalet momenti
k_s	Yatak katsayısı
n	Hareketli yük katılım katsayısı
N	Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölüm'deki toplam kat sayısı
m_i	i'inci katın toplam kütlesi
M_{ib}^(X)	i'inci katta (X) deprem doğrultusuna dik doğrultuda ek dışmerkezlilik etkisine karşı gelen ek kat burulma momenti
M_{ib}^(Y)	i'inci katta (Y) deprem doğrultusuna dik doğrultuda ek dışmerkezlilik etkisine karşı gelen ek kat burulma momenti
m_j^(S)	Tipik sonlu eleman düğüm noktası j'ye etkileyen tekil kütle
m_t	Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölüm'ünün toplam kütlesi
r_d	Dolgu duvarı köşegen uzunluğu
R	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
S_{aR}(T)	Azaltılmış tasarım spektral ivmesi
S_S	Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
S₁	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
t_d	Dolgu duvar kalınlığı
T	Doğal titreşim periyodu
T_p^(X)	(X) deprem doğrultusunda binanın hakim doğal titreşim periyodu
V_{tE}^(X)	(X) deprem doğrultusunda binanın tümüne etkileyen toplam eşdeğer deprem yükü

V_i	Deprem doğrultusunda i 'inci kattaki azaltılmış kat kesme kuvveti
$W_{Gj}^{(S)}$	Tipik sonlu eleman düğüm noktası j 'ye etkiyen tekil sabit ağırlık
W_i	i 'inci kata etkiyen toplam ağırlık
$W_j^{(S)}$	Tipik sonlu eleman düğüm noktası j 'ye etkiyen tekil ağırlık
$W_{Qj}^{(S)}$	Tipik sonlu eleman düğüm noktası j 'ye etkiyen tekil ek (hareketli) ağırlık
q_a	Temel taban basıncı
Q	Hareketli yük etkisi
θ	Eşdeğer basınç çubuğunun yatay ile olan açısı
η_{bi}	i 'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği katsayısı
$(EI)_e$	Yığılı plastik davranışa göre modellenen kolon, kiriş, bağ kirişi ve perdenin etkin kesit rijitliği
$\Delta F_{NE}^{(X)}$	(X) Deprem doğrultusunda binanın N 'inci katına etkiyen ek eşdeğer deprem yükü
$\Delta_i^{(X)}$	(X) Deprem doğrultusunda herhangi bir kolon veya perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden azaltılmış görelî kat ötelemesi
ϕ	Deprem doğrultusunda her bir i 'inci kat için tanımlanan ikinci mertebe gösterge değeri
\emptyset	Donatı çapı
λ_d	Eşdeğer basınç çubuğu katsayısı
λ_{grafik}	Rijitlik azaltma faktörü
λ_x	(X) Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılmasında kullanılan ampirik katsayı
γ_{mc}	Beton malzeme güvenlik katsayısı
γ_{ms}	Donatı çeliği malzeme güvenlik katsayısı
κ	İzin verilen görelî kat ötelemelerinin tanımında betonarme ve çelik taşıyıcı sistemler için farklı olarak kullanılan katsayı
τ_d	Dolgu duvarının kayma dayanımı

Kısaltma	Açıklama
BYS	Bina yükseklik sınıfı
BKS	Bina kullanım sınıfı
DBYBHY	Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik
DD	Deprem yer hareketi düzeyi
DTS	Deprem tasarım sınıfı
FEMA	Federal emergency management agency
GÖ	Göçme öncesi hasar
KH	Kontrollü hasar
PGA	En büyük yer ivmesi
PGV	En büyük yer hızı
SH	Sınırlı hasar
ŞGDT	Şekil değiştirmeye göre tasarım
TBDY	Türkiye bina deprem yönetmeliği
TS	Türk standartı
TS-498	Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri
TS-500	Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları
ZC	Yerel zemin sınıfı

1. GİRİŞ

İnşaat mühendisliği uygulamacıları arasında radye temel tipinin adeta her soruna çözüm sağlayan bir özellikte olduğuna inanılmaktadır. Hâlbuki bu temel tipinde özellikle betonarme radye derinliğinin az olduğu durumlarda kolon elemanlar için ankastre mesnet kabulünün ne derecede sağlandığı belirsizdir. Çalışma kapsamında radye ve sürekli temelerde ankastre temel kabulünün geçerliliği sorgulanmıştır. Ankastre mesnet kabulünün sağlanamaması durumunda yapı elemanlarının kuvvet taşıma mekanizmasında ve beklenen deformasyon değerlerinde önemli ölçüde değişim ve artış olabilir. Yapılan çalışmada farklı temel ve zemin durumu için yapılan ankastre temel kabulünün hangi durumlarda ne ölçüde sağlanabileceği ile ilgili bilgiler sunularak binalar için tehlikeli olabilecek imalat durumlarının engellenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçların, var olan betonarme yapı stoğunun deprem davranışının anlaşılmasına katkıda bulunması amaçlanmaktadır.

Tasarlanan veya uygulaması yapılan betonarme yapıların deprem esnasındaki davranışlarının doğru bir şekilde tahmin edilebilmesi ve davranışının yeterli düzeyde anlaşılabilmesi gerekmektedir. Bu durum, araştırmacıları tasarım aşamasında yönlendirecek yönetmeliklerin ötesinde tasarım kavramlarının detaylı incelenmesini gerektirir çünkü bazı durumlarda yönetmeliklerde bulunmayan konularda yaklaşımlar geliştirilmesi veyahut tasarım kabulleri yapılması gerekli olabilir. Zemin-temel-yapı etkileşimi de sözü edilen tip konulardan biri olup, 1970'lerden beri araştırılmasına rağmen, tasarım ve uygulamada yaygın olarak dikkate alınan bir konu henüz olamamıştır.

Ülkemizde özellikle 2007 Deprem Yönetmeliği ile birlikte, yapı zemin etkileşimi konusunun hesaplamalarda yer alması gündeme gelmiştir. Deprem yönetmeliğinin yeni düzenlenmiş olan güçlendirme ile ilgili bölümünde bu konuya değinilmiş ve zemin koşullarının yapı çözümlemesinde dikkate alınmasının uygun olacağı ifade edilmiştir (Anonim, 2007).

Deprem zararlarının etkin şekilde azaltılabilmesi için yapıların deprem davranışlarının gerçekçi olarak belirlenmesi, inşaat mühendisliğinde oldukça öneme sahip bir konudur. Yapı sistemlerinin deprem davranışlarının eksiksiz bir şekilde

belirlenmesi, yapıların önemli bir parçası olan temellerin modellenmesi ve zemin özelliklerinin hesaplamalara eklenmesiyle ilişkilendirilebilir (Gülkan, 1992).

Günümüzde yönetmelikler tasarımcıların zemin yapı etkileşimini dikkate almadan tasarım yapmasına izin vermektedir. Bununla beraber güncellenen yönetmeliklerde zemin yapı ilişkisi daha fazla yer bulmaktadır. Yönetmeliklerin zemin yapı ilişkisini dikkate alma şekli, tasarımcıya hangi durumlarda zemin yapı etkileşiminin dikkate alınması gerektiğini belirterek yapılmaktadır. Yönetmeliklerde zemin sınıflarına bağlı olarak verilen geleneksel ivme spektrumları ise serbest zemin yüzeyindeki depremi tanımlar. Bu durum zemin özelliklerinin yapıya olan etkisini tanımlarken yapının zemine olan etkisini tanımlamaz. Yani etkileşim tek yönlüdür, karşılıklı değildir (Aydınoglu, 1977).

Yapı tasarımlarında genel kabul zemine bağlanan kolonların, sabit veyahut ankastre mesnetler halinde modellenmesi şeklindedir. Bu modelleme yaklaşımında zeminin üst yapıya etkisi tam anlamıyla incelenemez. Yapı-zemin etkileşimi hesaba katılarak yapılan çözümlerinde yapı periyodunun ve buna bağlı olarak tesir eden yatay yüklerin zemin özelliklerine bağlı olarak değiştiği fark edilir. Zemini rijit bir ortam kabulü ile yapı zemin etkileşimi ihmal edilerek yapılan çözümlerinin zemin koşullarının kötü olduğu durumlarda yetersiz kaldığı Korkmaz ve Demir (2012) tarafından yapılan araştırma sonucu elde edilen doğrusal olmayan statik itme çözümleri ile de desteklenmektedir (Korkmaz ve Demir, 2012).

Betonarme yapıların tasarımında genel olarak iki farklı yaklaşım kullanılmaktadır. Bu yaklaşımlardan birinde temel zemini rijit dikkate alınarak tabanda kolonların ankastre olduğu kabul edilmekte, üst yapıdan aktarılan gerilmelere maruz kalan ve kaldığı etkilere karşı tepki oluşturan zemin etkisi dikkate alınmamaktadır. Sadece temel tasarımında zemin tesirleri göz önünde bulundurulmaktadır. Zemin tesirleri ihmal edilerek yapılan bir üst yapı tasarımının yeterli olmayacağı söylenebilir. Yapı zemin etkileşiminin betonarme yapıların tasarımına etkisinin ihmal edilemeyecek düzeydedir (Kılıçer, 2016).

Matematik modelin kompleks olması nedeniyle zemin-yapı etkileşimi çözümlerinde yapı elastik ve tek serbestlik dereceli olarak karakterize edilmekte ve analizler bu kabule göre yapılmaktadır. Fakat özellikle dinamik yükleme etkisi altında

elastik yapı kabulü zemin-yapı etkileşimi çözümlerinin doğru değerlendirilmesini güçleştirmektedir (Çaycı ve ark., 2017).

Yapılan çalışmada farklı temel ve zemin özelliklerinin bina taşıyıcı sistem davranışlarına etkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda; tüm katlarında dolgu duvarların da modellenmeye dâhil edildiği 7 katlı çerçeve model, referans kabul edilerek dört farklı zemin rijitliği ve 6 farklı temel kesiti ile her iki yönde zeminin yer değiştirme ve dönme rijitlikleri dikkate alınarak modellenmiştir. Bina modelleri yönetmelik gereklerine uygun olarak seçilmiş kesitlere sahip radye ve sürekli temelli olarak oluşturulmuştur. Daha sonrasında radye ve sürekli temele sahip binaların yönetmelik sınırlarının altında ve üstünde temel boyutlarına sahip olacak şekilde tekrar modelleri hazırlanmıştır. Literatürde yapılan çalışmalar zemin yatak katsayısı değişiminin yapı performansını etkilediğini net bir şekilde ortaya koyması nedeniyle (Avcıoğlu, 2015) oluşturulan modellerin düşey yatak katsayısı 11.200, 25.000, 45.000, 80.000 kN/m³ olan farklı zeminler için analizleri yapılmış yapı özellikleri ve kapasite eğrileri karşılaştırılmıştır.

LİTERATÜR ÖZETLERİ

Mamuk, (2010). yılında yaptığı çalışmasında; 8 katlı katı 3 boyutlu modellenmiş sistem ve aynı boyutlarda Winkler Modeli ile hazırlanan sistemlerde yapı zemin etkileşimi araştırmıştır. Ek olarak gerçek bir sondaj raporundan ulaşılan verilerle modellenen yapı zemin etkileşiminin; bilgisayar programlarında kullanılan yatak katsayısı yöntemiyle elde edilmiş sistem ile karşılaştırmasını yapmıştır. Çalışma sonucunda; yapı zemin etkileşimi göz ardı edilen çalışmalarda zemin burulması etkisinin ihmal edilmesinde kaynaklanan eksikliğe dikkat çekilmiştir (İçöz, 2020).

Renzi ve ark. (2013), çalışmalarında betonarme çerçevesel bir binanın zemine ankastre bağlı ve zemin yapı etkileşimi altında davranışını incelemiştir. Radye temelli 20 katlı betonarme çerçevesel yapı tek serbestlik dereceli sisteme dönüştürülerek analiz yapılmıştır. Tek serbestlik dereceli sistemin zemin yapı ilişkisi yay ve sönüm elemanları ile sağlanmıştır. Analizlerde 3 adet zemin dikkate alınmıştır. Çalışmalarının sonucunda; zemin yapı etkileşiminin yapının periyodunu ve sönümünü arttırdığı, bu değişkenlere bağlı olarak yanal deplasmanı, ikinci mertebe etkilerini ve yapının deprem talebini

arttırdığını, yapının davranışını önemli derecede etkilediğini ve yapının narinlik oranının zemin yapı etkileşiminde önemli olduğunu belirtmişlerdir (Ethemoglu, 2020).

Çetinkaya ve ark., tarafından 2017 yılında yapılan çalışma sonucunda yapının zemine rijit bağlı olması durumunun yapı-zemin etkileşimli duruma göre dikkate alınacak tasarım kuvvetinin %40 a kadar azaldığını gözlemlenmiştir. Zayıf zemin üzerine konulan düşük periyoda sahip yapılarda tasarım kuvveti üzerindeki değişimlerin ciddi boyutlara ulaşacağına dikkat çekerek binaların tasarım hesaplarında kullanılan davranış spektrum eğrilerinin yapı-temel-zemin etkileşim etkileri göz önünde bulundurularak düzenlenmesi ve bu şekilde kullanılmasını araştırmacılar tarafından önerilmiştir (Çetinkaya ve ark., 2017).

Anand ve Kumar, çalışmalarında geleneksel olarak zemin yapı etkileşiminin yararlı olarak düşünüldüğü, yönetmeliklerin zemin yapı etkileşimi dikkate almama veya deprem yükünü azaltarak kullanma yönünde hazırlandığını belirttikten sonra zemin yapı etkileşiminin yapıyı esneklettiğini ve buna bağlı olarak yapının periyot ve sönümünün arttığını eklemiştir (Anand ve Kumar, 2018).

Tomeo ve ark. (2018), çalışmalarında zemin yapı etkileşimi altında betonarme çerçevelerin davranışları incelenmiş ve çalışmada zemine ankastre bağlı 4 ve 8 katlı modeller ve 21 deprem kaydı kullanılarak görece iyi ve kötü zeminler dikkate alarak analizler yapmıştır. Zemin yapı ilişkisi yaylar tarafından sağlanmıştır. Çalışmalarının sonucunda, zemin yapı etkileşiminin özellikle yumuşak zeminlerdeki betonarme çerçeveler için önemli olduğunu, zemin yapı ilişkisinin deprem talebini azalttığını ve yanal deplasmanı arttırdığını belirtmiştir (Ethemoglu, 2020).

Çaycı ve ark., 2021 yılında yapmış oldukları çalışmanın amacı zemin-yapı etkileşimi ve zemin rijitliğindeki değişimin sismik talepler üzerindeki etkilerinin araştırılmasıdır. Yapısal analizlerde genel olarak temeller ankastre kabul edilerek çözüm yapılmakta ve temellerde yer değiştirme ve dönme olmadığı kabul edilmektedir. Oysa, yapı sistemlerinin statik yükler altındaki çözümlerinde dahi temellerde çökme ve dönmeler oluşmaktadır. Yapılara etkiyen deprem gibi dinamik bir yükleme durumunda yapı, zemin ile birlikte hareket etmekte hatta bazen yapı ve zemin zıt yönde hareket etmekte ve temeller dinamik yükleme boyunca zemin üzerinde farklı konumlarda bulunabilmektedir (Çaycı ve ark., 2021).

Çağlar ve ark., 2005 yılında yapmış oldukları çalışmalarının amacı, sismik etki altında betonarme yapıların davranışına zemin niteliklerinin etkisini araştırmaktır. Bu amaçla, zemin-yapı modeli kurulurken aynı rijitliğe sahip 5 farklı betonarme yapının 6 farklı zemin durumu için deprem etkisi altındaki davranışı incelenmiştir. Ek olarak yer altı su seviyesinin etkisi de çalışma kapsamında araştırılmıştır (Çağlar ve ark., 2005).

Karabörk, çalışmasında, zemin özelliklerinin deprem etkisindeki betonarme yapıların dinamik davranışına olan etkisi araştırmıştır. Bu kapsamda SAP2000 bilgisayar paket programında aynı plan ve rijitliğe sahip 3, 6 ve 10 katlı bina modelleri kurulmuştur. Zemin üç boyutlu katı eleman olarak tanımlanmış olup katı elemana zemini temsil edebilecek iki farklı zemin türü için o zeminlere ait farklı karakteristikler tanımlanmıştır. Çalışma sonucunda farklı modeller için elde edilen yer değiştirmeler, iç kuvvetler ve periyot değerleri incelenmiştir (Karabörk, 2009).

Aydemir, araştırması kapsamında zemin yapı etkileşiminin deprem yükü azaltma katsayısına olan etkisini incelemiştir. Bina modelleri 3, 6 ve 9 katlı 3 açıklı düzlem çerçeveli olarak belirlenmiştir. Çalışmada 4 farklı zemin sınıfı dikkate alınmış ve analizlerde 64 adet deprem kaydı kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda özetle tüm zemin sınıflarında zemin yapı etkileşimli durumda deprem yükü azaltma katsayısının azaldığı tesbit edilmiştir (Aydemir, 2012).

Lu ve ark. (2016), çalışmalarında zemin yapı etkileşimi altında yapıların performansını araştırmışlardır. Çalışmalarında 1, 5, 10,15 ve 20 katlı bina modelleri ve 3 adet zeminin dikkate alındığı çelik ve betonarme yapılar kullanılmıştır. Çalışmalarının sonucunda; zemin yapı etkileşiminin yapının dayanım talebini azalttığını, rijit yapılar için, yönetmeliklerdeki deprem yükü etkime biçimlerinin zemin yapı etkileşimli durumda uzun periyotlu yapılar için geçerli olduğu ve kısa periyotlu yapılar için geçerli olmadığını belirtmişlerdir (Ethemoğlu, 2020).

Kılıçer ve Özgan çalışmalarında, 1999 Kocaeli deprem kaydı alınarak 12 katlı betonarme bir yapı örneği, rijit temel kabulüyle, Winkler ve Geliştirilmiş Vlasov modelleri ile analiz edilmiştir. Matlab programı aracılığıyla yazılan bir ara yüz ile SAP2000 ve Matlab programlarının eş zamanlı veri alışverişi sağlanmış ve bu sayede SAP2000 programının oluşturamadığı geliştirilmiş vlasov modeli entegre edilerek analizler gerçekleştirilebilmiştir. Çalışmalarının sonucunda; yapı-zemin etkileşiminin

sadece temel tasarımında dikkate alınması gereken bir husus olmadığını aynı zamanda üst yapıda da son derece önemli etkilere sahip olduğu belirtilmiştir (Kılıçer ve Özgan, 2018).

Bozkurt, çalışmasında yatak katsayısına dayalı yöntemlerle yapılan yayılı temel boyutlandırma, geoteknik anlamda temel tasarımı için yeterliliğini araştırmıştır. Çalışmalarının sonucunda; yapılacak çalışmalarda yatak katsayısının kullanıldığı Winkler ve iki parametrelili Vlasov modelleri ile yayılı temellerin analizleri tekil kolon yükleri etkisinde veya üst yapı-temel etkileşimli yapılması tavsiye edilmektedir (Bozkurt, 2017).

Hassani ve ark. (2018), yılında çalışmalarında tek serbestlik dereceli sistemin zemin yapı etkileşimli ve zemine ankastre bağlı olarak elastik ve elastik olmayan deplasmanlarını araştırmışlardır. Çalışmalarının sonucunda; etkileşimli durumda periyodu çok kısa yapılar hariç elastik olmayan deplasmanın arttığı, periyodu çok küçük yapıların deprem yükü azaltma katsayısının artmasına ve azalmasına karşı hassas olmadığını, periyodu büyük olan yapıların deprem yükü azaltma katsayısının büyümesiyle elastik olmayan deplasmanlarının arttığını belirtmişlerdir (Ethemoglu, 2020).

Sarioğlu, çalışmasında; 4, 8 ve 12 katlı çerçeve bina modellerini 2 boyutlu tasarlayarak, 3 farklı yük deseni, 4 farklı zemin tipi ve 40 ivme kaydı için 45 statik ve 240 dinamik analiz gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmanın amacı düşük ve orta yükseklikte betonarme yapılarda statik ve dinamik analiz yöntemlerinin zemin-yapı etkileşimi ve ankastre mesnet kabulü dikkate alınarak incelenmesi gerektiğini vurgulamaktır (Sarioğlu, 2020).

Ethemoglu, çalışmasında zemin yapı etkileşiminin hasar olasılığı üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmış bu nedenle 3 adet (5, 10 ve 15 katlı) betonarme bina tasarlanmıştır. 3 adet zemin sınıfı ve her zemin sınıfında meydana gelmiş 7 adet deprem kaydı seçilmiştir. Doğrusal elastik olmayan artımsal dinamik analizleri etkileşimli ve etkileşimsiz durumlar için yapılmıştır ve binaların performans seviyeleri belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda özetle; Zemin yapı etkileşiminin yapıların hasar olasılığını arttırdığı, mevcut yapıların deprem performansının değerlendirilmesinde dikkate alınması gerektiği ulaşılan temel sonuçlar arasındadır (Ethemoglu, 2020).

2. DEPREM ETKİSİ ALTINDA TASARIM YAKLAŞIMLARI

2.1. Tbdy 2018'de Dayanıma Göre Tasarım Yaklaşımı

Doğal titreşim periyodu T olan sabit bir sönüm oranına sahip tek serbestlik dereceli bir sistem belirli bir deprem yer hareketi etkisinde çözüldüğünde bu periyoda bağlı olarak sistemde yerdeğiştirmeler ve ivme büyüklükleri bir fonksiyon ile ifade edilebilir. Bu fonksiyon davranış spektrumu olarak adlandırılır.

TBDY 2018 4.1'de dayanıma göre tasarım yaklaşım felsefesinin temel adımları belirtilmiştir. Bu adımlara göre; bu davranış spektrumu aracılığıyla yapıya etki eden elastik deprem yükleri belirlenir ve bu yükler belirli bir katsayıya bölünerek azaltılır. Bu katsayı deprem yükü azaltma katsayısıdır.

Deprem yükleri azaltılırken gözönünde bulundurulması gereken iki önemli husus aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir.

- Sistemin öngörülen süneklik kapasitesi
- Taşıyıcı sistem türü

Azaltılmış deprem yükleri altında sistemin deprem analizleri tamamlandıktan sonra sistemi oluşturan elemanlarda iç kuvvetler oluşur. Bu iç kuvvetler deprem etkileri haricinde sisteme etkiyen zati ve hareketli yükler gibi diğer yüklerle birleştirilir. Taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların beklenen performans hedefi için dayanım kapasiteleri belirlenir. Bu dayanım kapasiteleri, elemanlara etkiyen düşey ve yatay yüklerin birleştirilmesinden elde edilen dayanım talepleriyle karşılaştırılır. Dayanıma göre tasarımda sadece elemanların iç kuvvet taleplerini karşılaması yeterli değildir. Sistemin deprem analizleri sonucunda belirlenen görelî kat öteleme değerlerinin de izin verilen üst sınırı aşmaması gerekmektedir. Görelî kat ötelemelerinin izin verilen üst sınırları aşmadığı ve eleman dayanım kapasitelerinin elemanlara etki eden dayanım taleplerini karşılama konusunda yeterli olduğunun gösterilmesi ile dayanıma göre tasarım

tamamlanmış olur. Aksi durumda taşıyıcı sistem elemanlarının kesitleri değiştirilmeli ve analizler tekrarlanmalıdır.

2.2. Tbdy 2018' de Şekil değiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım Yaklaşımı

Şekil değiştirmeye göre tasarım yaklaşımında temel felsefe taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların dayanım kapasitelerinin doğrusal olmayan analizlerle belirlenmesine dayanır. Dayanıma göre tasarım yaklaşımında süneklik kapasitesinin tüm taşıyıcı sistem için taşıyıcı sistem türüne ve süneklik düzeyine bağlı olarak tek bir parametre olarak tanımlanması bir sakınca olarak görülmektedir (Aydınoglu ve diğ, 2009). TBDY 2018 5.1.1'de Şekil değiştirmeye göre tasarım yaklaşım aşamaları belirtilmiştir. Buna göre; önceden tasarımı yapılmış veya mevcut olan yapılarda taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan modelleme teknikleri ile iç kuvvet – şekil değiştirme ilişkileri belirlenir. Deprem yer hareketleri altında taşıyıcı sistem statik veya dinamik artımsal analizlere tabi tutulur. Gevrek davranışa karşı gelen dayanım talepleri ile sünek davranışa karşı gelen şekil değiştirme talepleri belirlenir. Belirlenen bu talepler beklenen performans hedefleri doğrultusunda dayanım ve şekil değiştirme talepleri ile karşılaştırılır. Mevcut binalarda, karşılaştırma sonucunda dayanım ve şekil değiştirme kapasitelerinin altında olduğu veya üstüne çıktığı durumlara göre değerlendirme tamamlanır. Yeni yapılacak veya güçlendirilmesi gereken mevcut yapılar için ise şekil değiştirme ve dayanım talepleri, bunlara karşı gelen şekil değiştirme ve dayanım kapasitelerinin altında olduğunda tasarım tamamlanır. Kapasitenin karşıladığından fazla talep olduğunda eleman kesitleri revize edilir ve hesap tekrarlanarak yeniden değerlendirme yapılır ve bu şekilde ŞGDT sonuçlandırılır.

2.2.1. Doğrusal Olmayan Davranış

Taşıyıcı sistem analizleri doğrusal davranış esas alınarak yapıldığında yer değiştirmeler küçük mertebelerde olmakta ve malzemelerin gerilme – şekil değiştirme bağıntıları doğrusal elastik olarak dikkate alınmaktadır. Yapıya etkiyen dış yükler servis

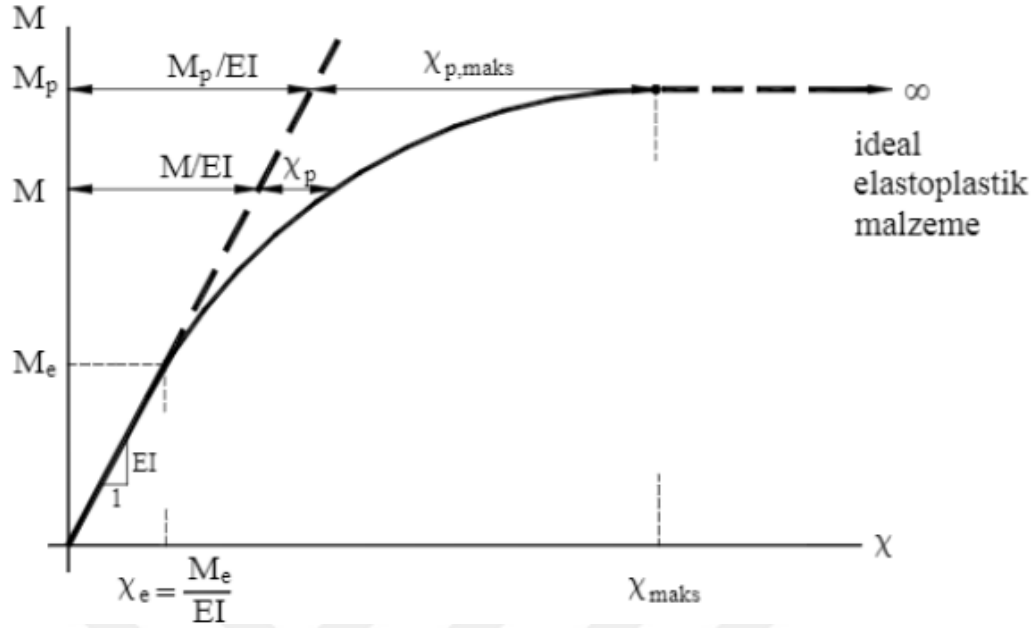
durumundaki yük sınırlarının aşılmasına neden olduğunda deplasmanlar küçük mertebelerden çıkararak ve gerilme – şekil değiştirme bağıntıları doğrusal elastik sınırların dışına çıkmaktadır. Çok küçük olmayan deplasmanların denge denklemleri ve geometrik uygunluk koşullarındaki etkileri düşünülerek, yapı malzemelerinin doğrusal olmayan davranışlarını gözönünde bulundurmak daha ekonomik ve gerçekçi çözümler sunmaktadır (Özer, 2009).

2.2.2. Plastik Mafsal Kavramının İrdelenmesi

Bir yapı sistemine deprem yüklerinin etkimesi sonucunda yapının taşıyıcı sistemini oluşturan elemanlar lineer sınırların üzerine çıkarak doğrusal olmayan davranış sergilerler. Doğrusal olmayan davranışın yapıdaki karşılığı hasar olarak nitelendirilebilir. Çok genel bir tabirle plastik mafsal plastikleşmenin yoğunlaştığı bölge olarak tanımlanabilir. TBDY 2018 ŞGDT yaklaşımları çerçevesinde plastik mafsalları yığılı plastik mafsal davranışı ve yayılı plastik mafsal davranışları olarak iki farklı şekilde sınıflandırmıştır.

2.2.2.1. Yığılı Plastik Davranış Modeli

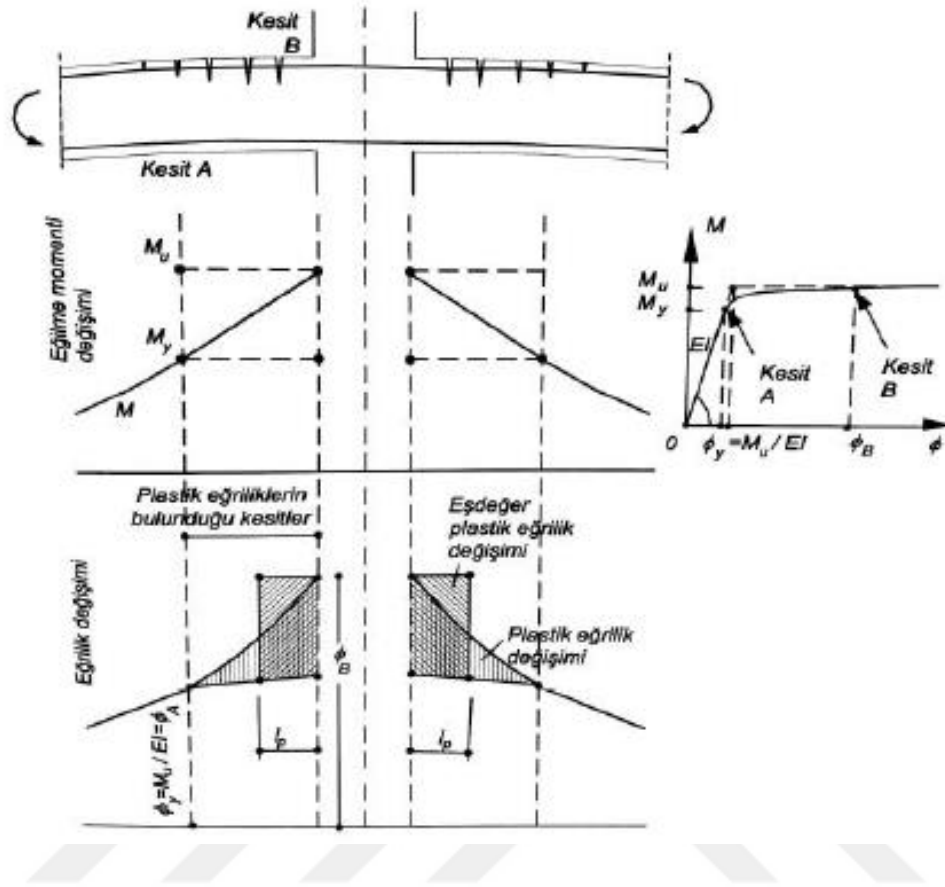
Sisteme etkiyen yükler altında belirli kesitlerde kalıcı şekil değiştirmeler oluşmaya başlar. Bu kalıcı şekil değiştirmelerin oluşmaya başladıkları kesitlerde belirli bir bölgede toplandıkları varsayılabilir. Bu kalıcı şekil değiştirmelerin yığıldıkları bölgelere plastik mafsal tanımlaması yapılmıştır. Kesitte oluşan plastik mafsallar haricindeki bölgelerde kesitin doğrusal elastik davrandığı varsayımı yapılabilmektedir. Bu hipotez yapı ve deprem mühendisliği literatüründe plastik mafsal hipotezi olarak geçmektedir (Özer, 2009). Plastik mafsal hipotezi yığılı plastik mafsal davranışını da temsil etmektedir. Düzlem bir çubuk eleman için moment – eğrilik diyagramı Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1. Düzlem bir çubuk eleman için moment – eğrilik diyagramı (Özer, 2009)

Plastik mafsalsın dönmesi ise kesitteki plastik eğrilik ile plastik mafsalsın boyunun çarpımına eşittir. Kesit üzerindeki dış yükler arttığında plastik mafsalsın dönme miktarı artar ve dönme kapasitesine eşit olursa, büyük kalıcı şekil değiştirmeler oluşmasından dolayı kesit kapasitesini yitirebilir. Yapıyı oluşturan taşıyıcı sistem elemanlarının bir veya daha çok kesitindeki plastik mafsals dönme değerlerinin dönme kapasitelerine eşit olması yapının göçmesine sebebiyet verecektir.

Sürekli bir kiriş için düşey yükler altında mesnet bölgesinde oluşan plastik eğrilikler ise Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Sürekli bir kiriş için mesnet bölgesi plastik eğrilikleri (Celep, 2014)

Şekil 2.2 incelendiğinde B kesitinde ortaya çıkan plastik eğriliklerin yığıldığı alan baz alınarak taralı bölgeye eşit olacak şekilde teşkil edilen yeni bir dikdörtgen bölge teşkil edilmiştir. Bu dikdörtgen bölgenin boyu plastik mafsal boyudur. Plastik mafsal boyu için özellikle eğilme etkisindeki elemanlarda literatürde birçok çalışma mevcuttur.

2.2.2.2. Yayılı Plastik Davranış Modeli

Yayıllı plastik davranış modelleri TBDY 2018 5.3.2.2'de tanımlandığı üzere elemanın tüm uzunluğu veya plastik şekil değiştirme bölgeleri boyunca lineer olmayan şekil değiştirmeleri yayılı bir başka ifadeyle sürekli gözönüne alacak şekilde kullanılabilir. Özellikle karmaşık kesitli betonarme perdelerde planda perde en kesiti

çeşitli hücelere ayrılabilir ve bu hücrelerin her birinde beton ve donatı temsil edilebilir. Bu temsil sırasında da betonun ve donatı çeliğinin gerilme – şekil değiştirme ilişkileri çevrimsel olarak gözönüne alınabilir.



3. 7 KATLI BETONARME YAPININ TASARIMI

3.1. Yapı Genel Bilgileri

Seçilen konut binasının tasarımı TBDY 2018 ve Türk Standardı 500 (TS-500, 2000)' e göre gerçekleştirilmiştir. Bina X ve Y doğrultusunda simetrik olup yatay ekseninde 4 m'lik düşey ekseninde 3 m'lik 5 açıklıktan oluşmaktadır (Şekil 3.1). Yapı tüm katlarda aynı yüksekliğe sahip olup kat yüksekliği 2,80 m'dir. 7 Katlı olarak tasarlanan yapının zemin üzerinden toplam yüksekliği 19,60 m'dir. Kullanım amacı konut olan yapının taşıyıcı sisteminin süneklik düzeyi yüksek moment aktaran betonarme çerçevelerden oluşturulması öngörülmüş olup binanın tasarımında, doğrusal hesap yöntemlerinden eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılmıştır.

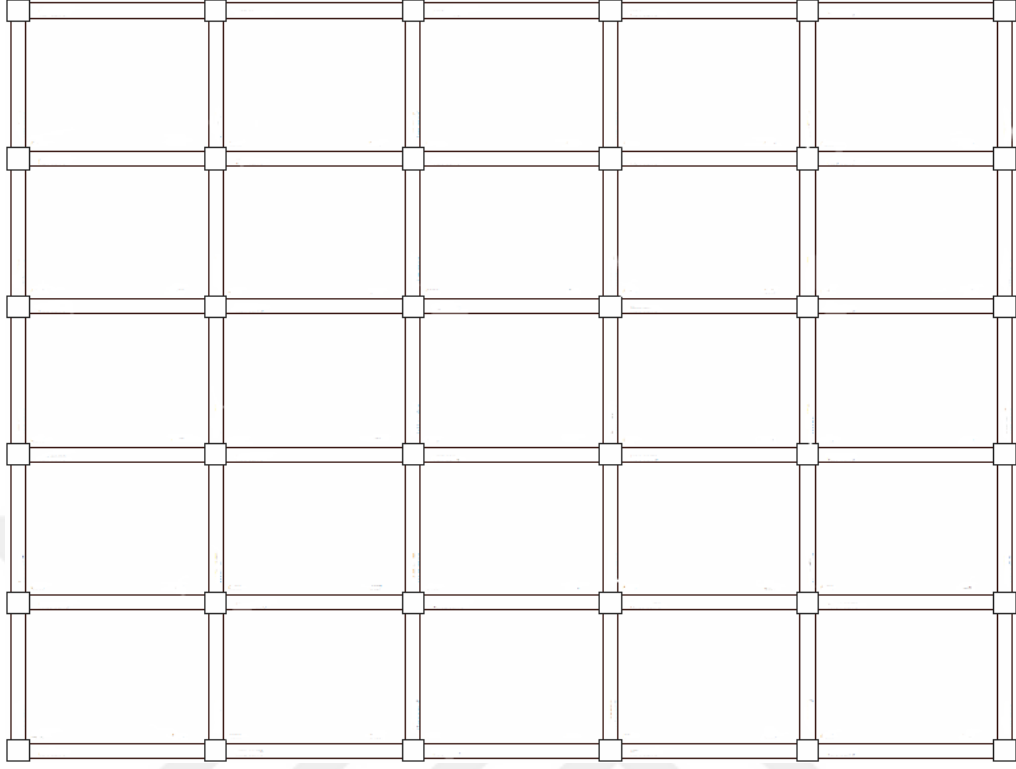
3.1.1. Malzeme Özellikleri

Taşıyıcı sistemlerin tasarlanmasında kullanılan malzeme özellikleri tüm yapı tiplerinde aynıdır. Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları yönetmeliğine (TS-500, 2000) göre bu malzemelerin mekanik özellikleri;

Analizlerde,

Beton sınıfı	: C30/37
Donatı çeliği sınıfı	: B420C
Beton elastisite modülü, (E_c)	: 32.000 MPa
Donatı çeliği elastisite modülü, (E_s)	: 200.000 MPa
Beton karakteristik basınç dayanımı (f_{ck})	: 30 MPa
Donatı çeliği karakteristik akma gerilmesi (f_{yk})	: 420 MPa
Beton malzeme güvenlik katsayısı, (γ_{mc})	: 1,5
Donatı çeliği malzeme güvenlik katsayısı, (γ_{ms})	: 1,15

olarak dikkate alınmıştır.



Şekil 3.1. Bina kalıp planı

3.2. Deprem Parametreleri

Çalışma kapsamında tasarımı ve değerlendirmesi yapılan binanın Türkiye’ de yüksek deprem riski bulunan yüksek nüfusa sahip İstanbul ili, 41.000511° enlem ve 28.865811° boylamlarına sahip Bahçelievler İlçesinde deprem yer hareketi düzeyi (DD-2) ve ZC zemin sınıfında bulunduğu varsayılmıştır. DD-2 deprem yer hareketi düzeyine ait deprem tasarım parametreleri Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından hazırlanan “Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması” internet sitesi aracılığıyla ulaşılmış olup siteye <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml> internet adresinden erişilebilmektedir. İlgili internet sitesinden deprem parametrelerine ulaşabilmek için yapının tasarımı düşünülen alanın enlem ve boylam koordinatları ile zemin sınıfının Şekil 3.2’de Türkiye deprem tehlike haritaları web arayüzüne doğru bir şekilde girilmesi gerekmektedir. Yapının yapılacağı bölgede zemin sınıfının ZC olduğu varsayılmıştır. Bu verilerin bahsedilen

internet sitesinde tanımlanması Şekil 3.2 'de, elde edilen parametreler ise Şekil 3.3'de verilmiştir.

Raporlama

Rapor Başlığı: 1

Deprem Yer Hareketi Düzeyi: DD-2

Yerel Zemin Sınıfı: ZC

Enlem: 41.000511

Boylam: 28.865811

Haritadan Nokta Seç

Düzenle

Değerleri Hesapla

Şekil 3.2. TDTH web uygulamasına verilerin tanımlanması

Rapor Başlığı:	1	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi:	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar
Enlem:	41.000511°	
Boylam	28.865811°	

Çıktılar

$$S_S = 1.096$$

$$S_1 = 0.301$$

$$S_{DS} = 1.315$$

$$S_{D1} = 0.451$$

$$PGA = 0.450$$

$$PGV = 27.500$$

Şekil 3.3. Deprem tasarım parametreleri

Ulaşılan parametrelerden S_S kısa periyot harita spektral ivme katsayısını, S_I 1.0 saniye periyodu için harita spektral ivme katsayısını, PGA en büyük yer ivmesini ve PGV ise en büyük yer hızını ifade etmektedir.

TBDY 2018 3.2.'de belirtildiği gibi harita spektral ivme katsayıları S_S ve S_I in belirlenmesinden sonra kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı S_{DS} ve 1.0 saniye periyot için tanımlanmış tasarım spektral ivme katsayısı S_{D1} in bulunması adımlarına geçilir. Bu işlem için denklem 3.1 ve denklem 3.2 'den yararlanılır.

$$S_{DS} = S_S F_S \quad (3.1)$$

$$S_{D1} = S_I F_I \quad (3.2)$$

Denklem 3.1 ve denklem 3.2'de belirtilen F_S ve F_I sırasıyla yerel zemin sınıflarına bağlı olarak TBDY 2018 2.3.3'te verilen yerel zemin etki katsayılarını göstermektedir. Yerel zemin etki katsayıları çizelge 3.1 ve 3.2'de belirtilmiştir. TDTH web arayüzünden alınan kısa periyot ve 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayıları daha önce Şekil 3.3 'de gösterildiği gibi sırasıyla $S_S = 1,096$ ve $S_I = 0.301$ olarak elde edilmişti. Çizelge 3.1 kullanılarak yerel zemin sınıfına da bağlı olarak kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı $F_S = 1.2$ olarak belirlenir. Çizelge 3.2. yardımıyla ise yerel zemin sınıfına bağlı olarak 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı $F_I = 1.5$ belirlenir.

Çizelge 3.1. Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_S					
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S = 1.25$	$S_S \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					

Çizelge 3.2. 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı F_1					
	$S_1 \leq 0.10$	$S_1 = 0.20$	$S_1 = 0.30$	$S_1 = 0.40$	$S_1 = 0.50$	$S_1 \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır (Bkz.16.5).					

3.2.1. Bina Önem Katsayısı ve Bina Kullanım Sınıfı

TBDY 3.1.2 yapının kullanım maksatlarına göre yapılara belirli bir önem katsayısı ve kullanım sınıfı belirlemiştir. Bina kullanım sınıfı tasarımı yapılacak yapının deprem tasarım sınıfının belirlenmesinde önem taşımaktadır.

Çizelge 3.3. Bina kullanım sınıfları ve bina önem katsayıları

Bina Kullanım Sınıfı	Binanın Kullanım Amacı	Bina Önem Katsayısı (I)
BKS = 1	Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar a) Deprem sonrasında hemen kullanılması gerekli binalar (Hastaneler, dispanserler, sağlık ocakları, itfaiye bina ve tesisleri, PTT ve diğer haberleşme tesisleri, ulaşım istasyonları ve terminalleri, enerji üretim ve dağıtım tesisleri, vilayet, kaymakamlık ve belediye yönetim binaları, ilk yardım ve afet planlama istasyonları) b) Okullar, diğer eğitim bina ve tesisleri, yurt ve yatakhaneler, askeri kışlalar, cezaevleri, vb. c) Müzeler d) Toksik, patlayıcı, parlayıcı, vb. özellikleri olan maddelerin bulunduğu veya depolandığı binalar	1.5
BKS = 2	İnsanların kısa süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar Alışveriş merkezleri, spor tesisleri, sinema, tiyatro, konser salonları, ibadethaneler, vb.	1.2
BKS = 3	Diğer binalar BKS=1 ve BKS=2 için verilen tanımlara girmeyen diğer binalar (Konutlar, işyerleri, oteller, bina türü endüstri yapıları, vb.)	1.0

Tez çalışmasında tasarımı yapılacak olan yapının kullanım amacı konut olup Çizelge 3.3 aracılığıyla bina önem katsayısının $I = 1.0$, bina kullanım sınıfının ise $BKS = 3$ olarak belirlenmektedir.

3.2.2. Deprem Tasarım Sınıfı

TBDY 2018 3.2’de belirtildiği üzere deprem etkisi altında yapılan analizlerde hesaba katılması gereken deprem tasarım sınıfları (DTS), DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısına ve binanın kullanım sınıfına bağlı olmak üzere verilmiştir. Deprem tasarım sınıfları Çizelge 3.4 ’te gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Deprem tasarım sınıfları

DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyinde Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı (S_{DS})	Bina Kullanım Sınıfı	
	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

Bu tez çalışması kapsamında tasarımı yapılacak olan yapının bina kullanım sınıfı $BKS = 3$ ve yatay elastik tasarım spektrumunun belirlenmesinde ulaşılan kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı $S_{DS} = 1.315 \geq 0.75$ olduğu için yapının deprem tasarım sınıfının $DTS = 1$ olduğuna Çizelge 3.4 yardımı ile ulaşılmaktadır.

3.2.3. Bina Yükseklik Sınıfı

Deprem tasarım sınıfı yapının yükseklik sınıfının belirlenmesinde da önemli bir parametredir. Çizelge 3.5’ de bina yükseklik sınıfları verilmiştir.

Çizelge 3.5. Bina yükseklik aralıkları ve sınıfları.

Bina Yükseklik Sınıfı	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları [m]		
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a	DTS = 4, 4a
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	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS = 5	$17.5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS = 6	$10.5 < H_N \leq 17.5$	$17.5 < H_N \leq 28$	
BYS = 7	$7 < H_N \leq 10.5$	$10.5 < H_N \leq 17.5$	
BYS = 8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10.5$	

Tez çalışmasında tasarımı yapılacak olan yapı yüksekliğinin 19,6 metre olması ve deprem tasarım sınıfının $DTS = 1$ olduğu için yapının bina yükseklik sınıfının $BYS = 5$ olduğu Çizelge 3.5 yardımı ile ulaşılmaktadır.

3.3. Taşıyıcı Sistem Bilgileri

Çalışma kapsamında kullanılan yapı modellerinin özelliklerinin belirlenmesinde mevcut yapılarla ilgili envanter çalışması (İnel ve ark., 2009) verileri kullanılmıştır. Düşük ve orta yükseklikteki yaklaşık 500 mevcut bina üzerinde yapılan envanter çalışması ile elde edilen bina özelliklerinin yansıtılması ile 6 ve üzeri katlı yapıları temsilen 7 katlı bina modelleri oluşturulmuştur. Detaylı saha ve arşiv araştırması sonucu yapı model özellikleri; kolon sayısı, kolon-kiriş ölçüleri, kat alanı, boşluksuz duvar oranı ve diğer parametreleriyle (bkz. Çizelge 3.9) ülkemizde 1998 sonrası yüksek deprem riski olan bölgelerde projelendirilmiş tipik binaları yansıtabilecek şekilde belirlenmiştir. Yapı modellerde kullanılan değerler envantere elde edilen yapısal parametrelerin ortalama değerlerine uygun şekilde seçilmiştir.

3.3.1. Kolon ve Kirişlerin Boyutlandırılması

Envanter çalışması verilerine (bkz. Çizelge 3.9) göre elde edilen değerler sonucunda 440x440 mm boyutlarında kolon ve 300x700 mm ebadında kiriş ile perde duvarı olmayan tipik kiriş-kolon betonarme çerçeveli yapı 7 katlı olarak modellenmiştir.

Taşıyıcı sistemler, yukarıda verilen özelliklere göre idacad v10.59 paket programı ile boyutlandırılmıştır. Bu boyutlandırma, TBDY 2018 ve TS-500'e uygun olarak yapılmıştır. Modellemede katlar arası geçişler sırasında kolonların ağırlık merkezlerinden geçen düşey eksenleri ve kirişlerin ağırlık merkezinden geçen eksen ile kolonların ağırlık merkezinden geçen eksen çakıştırılmıştır yani kolonlarda aksel eksantriste, kiriş-kolon birleşimlerinde eksantriste bulunmamaktadır.

Çizelge 3.6. Kolon kesitleri

Kolonların kesit özellikleri				
Yapılardaki Tüm Kolonlar	Boyut (mm)	Düşey Donatı	Enine Donatı	Boyuna Donatı Oranı
C44/44	440 / 440	14Ø14	Ø8/8/10/10	1,11
C30/150	300/ 1500	30Ø14	Ø8/8/10/9	1,03

3.3.2. Döşemeler

Modellemede döşeme düzleminde rijit diyafram tanımlanmış ve döşeme yükleri malzeme ve kesit özellikleri dikkate alınarak üçgen ve trapez yayılı yükler ile üzerinde bulunduğu kirişlere etkilmiştir. Döşemeler hem düzlem içi hem düzlem dışı yerdeğiştirmelere ilişkin serbestlik derecelerini içeren kabuk sonlu elemanlar (shell) ile modellenir, yapılacak çalışma kapsamında bu elemanların kabuk şeklinde modellenmesi analiz sürelerini uzatacağı göz önüne alınarak döşeme yükleri ilgili kirişlere aktararak modellerin oluşturulması uygun görülmüştür.

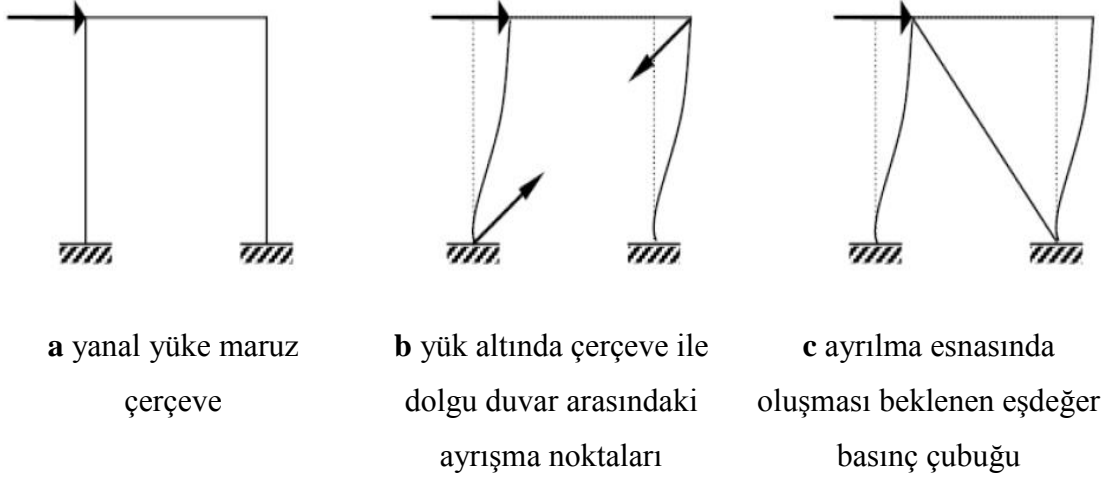
3.3.3. Dolgu Duvar Özelliklerinin Belirlenmesi

1950'li yılların ortalarından itibaren araştırmacılar dolgu duvarların modellemesinde çeşitli yöntemler geliştirmişlerdir. Bu yöntemler, mikro ve makro modeller olmak üzere iki ana bölümde toplanabilmektedir. Baloevic ve ark. (2016), yaptıkları deneysel çalışmada mikro ve makro modelleme sonuçlarının birbiriyle uyumlu olduğunu ifade etmişlerdir. Makro modelleme ile mikro modelleme kıyaslandığında makro modellemenin uygulama kolaylığı, analiz sürelerin kısa olması gibi sebeplerden olayı araştırmacılar yaptıkları çalışmalarında eşdeğer diyagonal basınç çubuğu yöntemini daha yaygın kullanmışlardır (Yelken, 2020). Bunun yanı sıra birçok yönetmelikte eşdeğer diyagonal basınç çubuğu yöntemi kullanılarak dolgu duvarların modellenebileceği ifadelendirilmiştir (DBYBHY, 2007), (FEMA 356, 2000).

Bu tez çalışması kapsamında, literatürde sıklıkla kullanılması ve modelleme kolaylığı sebebiyle tekli eşdeğer diyagonal basınç çubuğu modeli ele alınacaktır.

3.3.3.1. Diyagonal Eşdeğer Basınç Çubuğu Yöntemi

Dolgu duvarların taşıyıcı etkisi betonarme binaların tasarım ve çözümlerinde genellikle ihmal edilmektedir. Oysaki dolgu duvarların yapı davranışı üzerinde etkili olduğu yapılmış akademik araştırmalardan ve geçmişte yaşanan depremlerden alınan hasarlardan anlaşılmaktadır (Polyakov, 1950; Holmes, 1961; Yalçın, 1999; Dönmez, 2006; Beklen ve Çağatay, 2009; Güney, 2011; Bayrak ve Bikçe, 2019). Dolayısıyla, taşıyıcı sistem davranışının daha gerçekçi saptanması için yapılan hesaplamalarda yapıda bulunan dolgu duvarların modellemelerde dikkate alınmasının ve dolgu duvar özelliklerinin eksiksiz bir şekilde belirlenmesinin ne kadar elzem olduğunu göstermektedir (Akyürek ve ark., 2018).



Şekil 3.4. Yatay yüke maruz çerçevedeki dolgu duvarın modellenmesi (Akyürek, 2014)

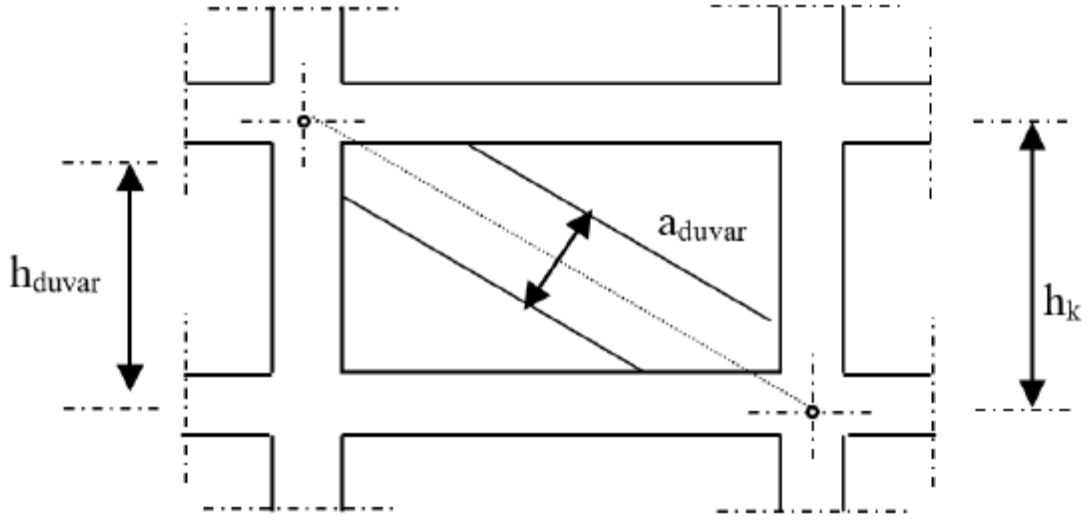
Yapılan çalışmada duvarların etkisi eşdeğer çapraz basınç çubukları kullanılarak yansıtılmıştır. Basınç çubuklarının özellikleri FEMA-356 ve TBDY 2018 dikkate alınarak belirlenmiştir. Eşdeğer basınç çubukların kalınlığı seçilen duvar kalınlığı olarak dikkate alınırken, çubukların genişliği TBDY 2018’de verilen bağımlılar (Denk. 3.3-3.5) ile hesaplanmıştır (TBDY, 2018).

$$a_d = 0.175(\lambda_d h_k)^{-0.4} r_d \quad (3.3)$$

$$\lambda_d = \left[\frac{E_d t_d \sin 2\theta}{4E_c I_k h_d} \right]^{1/4} \quad (3.4)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{h_d}{L_d} \right) \quad (3.5)$$

Burada a_d çubuk genişliğini, h_k kolon boyunu, r_d dolgu duvarı köşegen uzunluğunu, E_d ve E_c dolgu duvarın ve çevresindeki betonun elastisite modülünü, t_d dolgu duvar kalınlığını, h_d dolgu duvar yüksekliğini, θ dolgu duvar diyagonal açısını, I_k kolonun atalet momentini temsil etmektedir.



Şekil 3.5. Dolgu duvarın eşdeğer basınç çubuğu olarak modellenmesi (DBYBHY, 2007)

Dolgu duvarların tasarımında, kullanılacak malzemenin elastisite modülü ve basınç dayanımı için literatürde çok sayıda değer önerilmektedir (Çavdar ve ark., 2020). Ancak burada dikkat edilecek noktalar, duvarın elastisite modülünün eksiksiz ve doğru bir şekilde belirlenebilmesidir. Bu durum, harç dayanımını ve bununla birlikte işçilik kalitesinin belli standartlara getirilmesinin son derece önemli olduğunu vurgulamaktadır (Sayın ve Kaplan, 2005).

Çizelge 3.7. FEMA 356 (2000) 'ya göre dolgu duvar basınç dayanımları

	Güçlü Duvar (MPa)	Orta Duvar (MPa)	Zayıf Duvar (MPa)
Dolgu Duvar			
Basınç Dayanımı	6,3	4,2	2,1

Çalışmada kullanılan dolgu duvarın kalınlığı 20 cm, basınç dayanımı ve kesme dayanımı sırasıyla Çizelge 3.7'de verilen FEMA 356 (2000)'de orta dayanımlı durumlar için önerilen 600 psi (4,137 MPa) ve 10 psi (0,07 MPa) olarak dikkate alınmıştır. Dolgu duvarın elastisite modülü için ise FEMA 356 'de önerilen denklem 3.6 kullanılarak 2.275×10^6 kN/m² hesaplanmıştır.

$$E_{m=} = 550 \times f_m \quad (3.6)$$

Eşdeğer basınç çubuklarının boyutlandırılabilmesi için gerekli olan veriler Çizelge 3.8 ile sunulmuştur.

Çizelge 3.8. Eşdeğer basınç çubuklarına ait parametreler

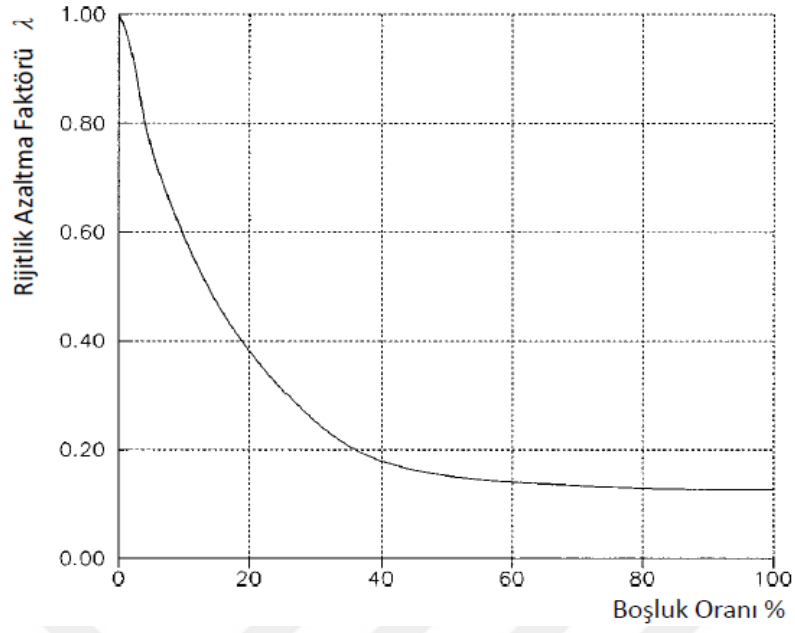
Konumu		H(m)	h _d (m)	t _a (m)	E _d (MPa)	E _c (MPa)	λ _d	a _d (mm)
X	İÇ DUVAR	2,80	2,10	0,20	2.275,35	32.000	0,000829	516,24
	DIŞ DUVAR	2,80	2,10	0,20	2.275,35	32.000	0,000829	92,92
Y	İÇ DUVAR	2,80	2,10	0,20	2.275,35	32.000	0,000854	408,88
	DIŞ DUVAR	2,80	2,10	0,20	2.275,35	32.000	0,000854	73,59

3.3.3.2. Boşluklu Tuğla Dolgu Duvar

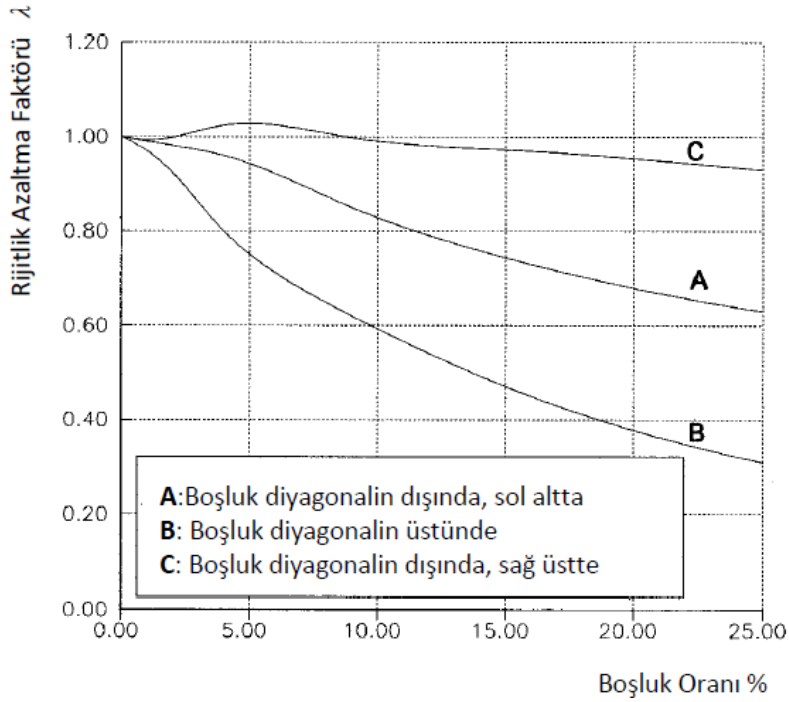
Dolgu duvarlar uygulamada bilindiği gibi bazı alanlarda tamamen dolu, bazı alanlarda ise kapı ve pencere boşlukları bulunmaktadır. Asteris (2003), bu konu ile ilgili yaptığı çalışmada, dolgu duvar rijitliğinde yapılacak azaltmayı, dolgu duvarda bırakılan boşluk yüzdesi (boşluk alanı/dolgu duvar alanı) bağlı olarak bir katsayıyla hesaba dâhil edecek şekilde, “Rijitlik Azaltma Faktörü (λ_{grafik})” tanımı ile önermiştir (Şekil 3.6)

Rijitlik Azaltma Faktörü (λ)

Rijitlik Azaltma Faktörü (λ_{grafik}) boşluk olması durumundaki rijitliğin boşluksuz durumdaki rijitliğe oranı olarak açıklanabilir. Hesaplanan eşdeğer basınç çubuğu genişliği (a_d) ile azaltma faktörünün çarpılması, duvar boşluğunun göz önünde bulundurulması için yaygın olarak kullanılan bir metottur.



Şekil 3.6. Diagonalin boşluktan geçmesi durumunda, boşluk oranına bağlı olarak rijitlik azaltma faktörü değerleri grafiği (Asteris,2003)



Şekil 3.7. Boşluğun konumuna göre, boşluk oranına bağlı olarak rijitlik azaltma faktörü değerleri grafiği (Asteris, 2003)

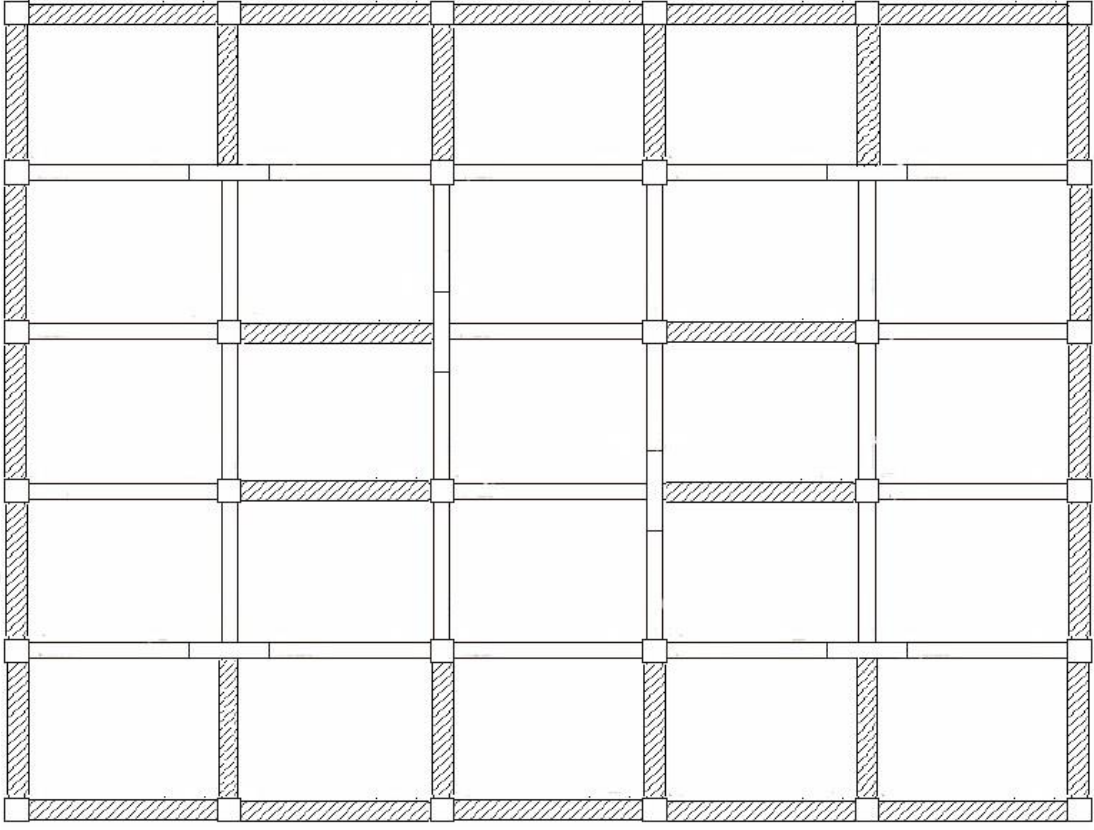
3.4. Yükler

Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yükler Yönetmeliğinden (TS498, 1987) döşemelerde hareketli yükler $q = 2\text{kN/m}^2$ alınmıştır. Ayrıca, dolgu duvar yükü 5 kN/m olarak dikkate alınmış ve ilgili kirişlere aktarılmıştır.

3.5. Yapının 3 Boyutlu Analiz Modelinin Kurulması

Seçilen konut binasının tasarımı TBDY 2018 ve Türk Standardı 500 (TS-500, 2000)' e göre gerçekleştirilmiştir. Bina modellerinin sismik davranış ve performanslarının belirlenmesi amacıyla doğrusal olmayan model TBDY 2018 göz önüne alınarak hazırlanmıştır (TBDY-2018, 2018). Bu şartlara göre, sönüm oranı özel durum belirtilmez ise %5 alınmalı, birbirine dik iki yatay doğrultu için deprem etkileri dikkate alınmalı ve yapının taşıyıcı sistem modeli daima  boyutlu olarak kurulmalıdır.

Çalışma kapsamında envanter çalışmasına göre eş boyutlu kolon kullanılarak hazırlanan modeller ile yapılan analizler sonucunda, sonuçların sınırlı oranda değiştiği görülmüştür. Bu sebeple kolon boyut ve rijitlik farkının yüksek düzeyde olmasının ankastre olmayan temelerde daha kritik durumlar doğuracağı düşünülerek 6 adet kolonun boyutları değiştirilmiş ve Şekil 3.8'da gösterildiği gibi yapıya simetrik bir şekilde yerleştirilip referans model yeniden belirlenmiştir. Revize edilen kolonların boyutları büyütülerek 300x1500 mm olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.8. Referans modele ait kalıp planı

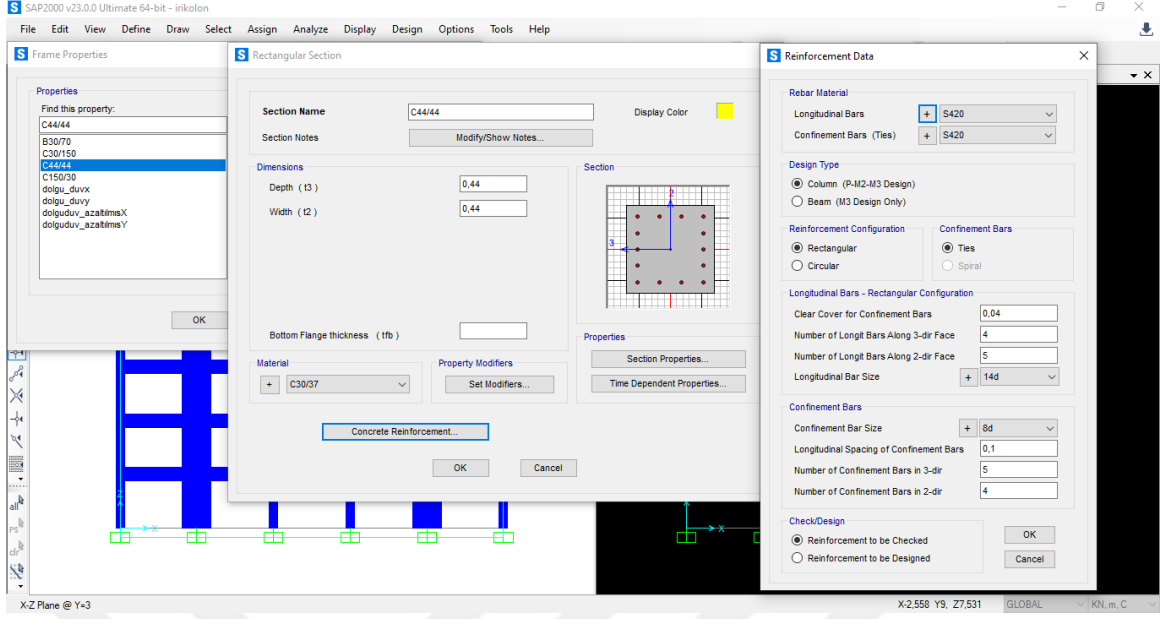
Referans model ait verilen kalıp planında taşıyıcı dolgu duvarlar taralı olarak gösterilmiştir.

Çizelge 3.9. Kullanılan bina modellerinin özellikleri

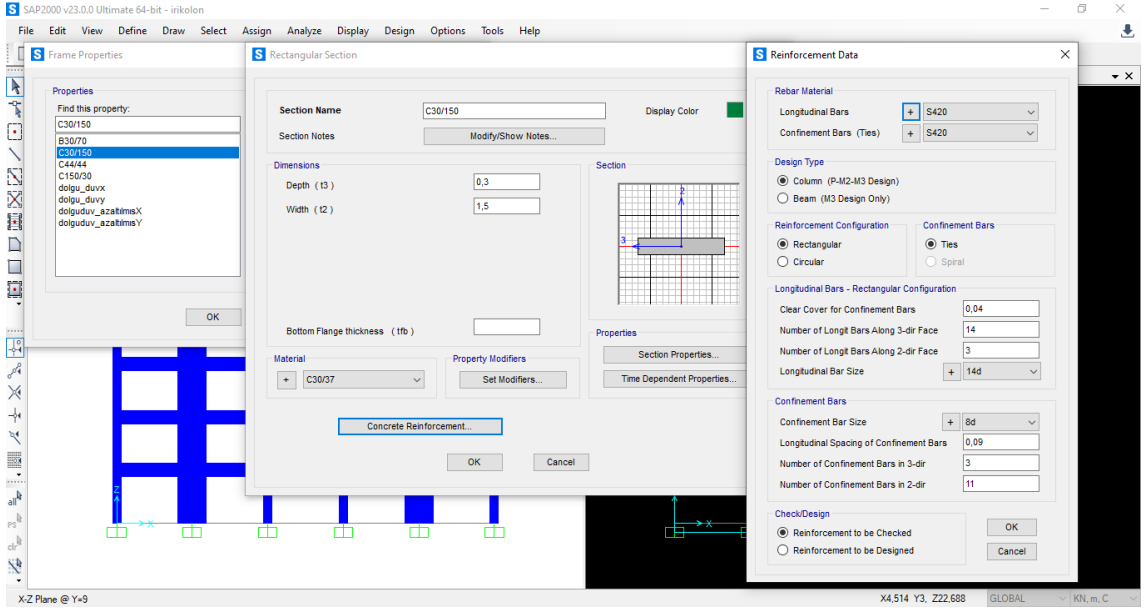
Özellik	Birim	Stok Ortalama	Model	
			Envanter Çalışması Sonucu Referans Model	Revize Referans Model
Beton Dayanımı	MPa	29	30	30
Çelik Dayanımı	MPa	416	420	420
Periyot	sn	-	T _x = 0,81593 T _y = 0,7806	T _x = 0,74597 T _y = 0,7418
Kat Yüksekliği	m	2,79	2,80	2,80
Toplam Kolon Alanı / Toplam Bina Alanı	%	2,31	2,320	2,836
X doğrultusunda Toplam Boşluksuz Duvar Uzunluğu / Toplam Kat Alanı	m/100m ²	4,06	4,75	7,79
Y doğrultusunda Toplam Boşluksuz Duvar Uzunluğu / Toplam Kat Alanı	m/100m ²	6,38	6,83	6,92
X doğrultusunda Toplam Boşluklu Duvar Uzunluğu / Toplam Kat Alanı	m/100m ²	-	11,87	11,87
Y doğrultusunda Toplam Boşluklu Duvar Uzunluğu / Toplam Kat Alanı	m/100m ²	-	8,53	8,53

3.5.1. Kolon ve Kirişlerin Modellenmesi

TBDY 2018 4.5.2.1’de gösterilen kiriş ve kolonlar için modelleme esasları çerçevesinde yapıda bulunan kiriş ve kolonlar çubuk sonlu elemanlar olarak modellenmiştir. Donatı bilgileri idecad programından alınmış 440x440 tip kolonları ve kesiti büyütülmüş olan 300x1500 kolonları SAP2000 programına Şekil 3.9 ve Şekil 3.10 gösterildiği gibi tanımlanmıştır.



Şekil 3.9. C44/44 tip kolonun programa tanımlanması

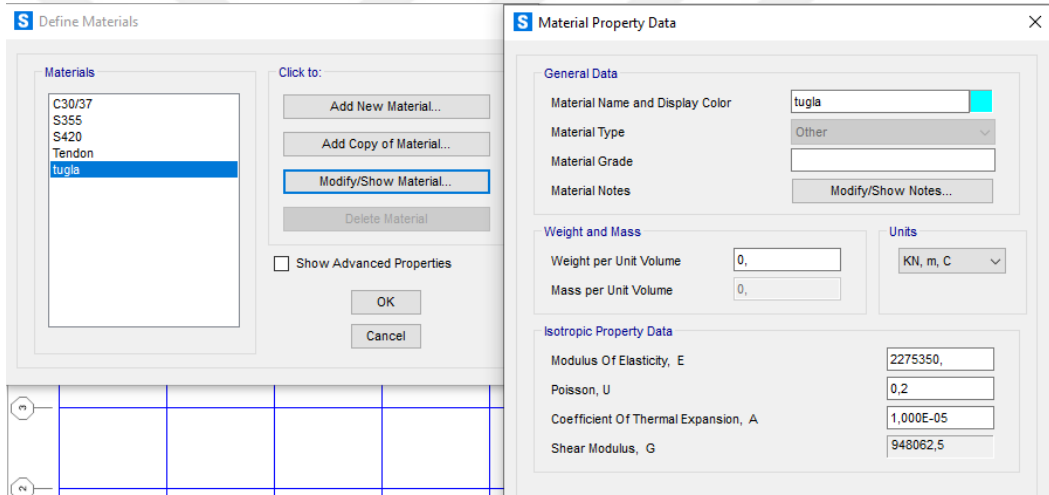


Şekil 3.10. C30/150 kolonunun programa tanımlanması

3.5.2. Duvar Modellenmesi

Daha önce yapılan analitik ve deneysel çalışmaların sonuçlarında görülmüştür ki dolgu duvarlar yük dağılımını değiştirirken, rijitlik ve ağırlık merkezini de değiştirebilmektedir. Söz konusu duvarların etkisi ile taşıyıcı sistem geometrisi simetrik olan yapılarda burulma düzensizliği oluşabilmektedir bu nedenle bina modelleri oluşturulurken dolgu duvarın yerleşimlerinde her iki doğrultuda da simetrik olmalarına özen gösterilmiştir. (bkz. Şekil 3.8)

Dolgu duvara ait malzeme özelliklerinin SAP2000 programına tanımlanış şekli Şekil 3.11’ de verilmiştir.

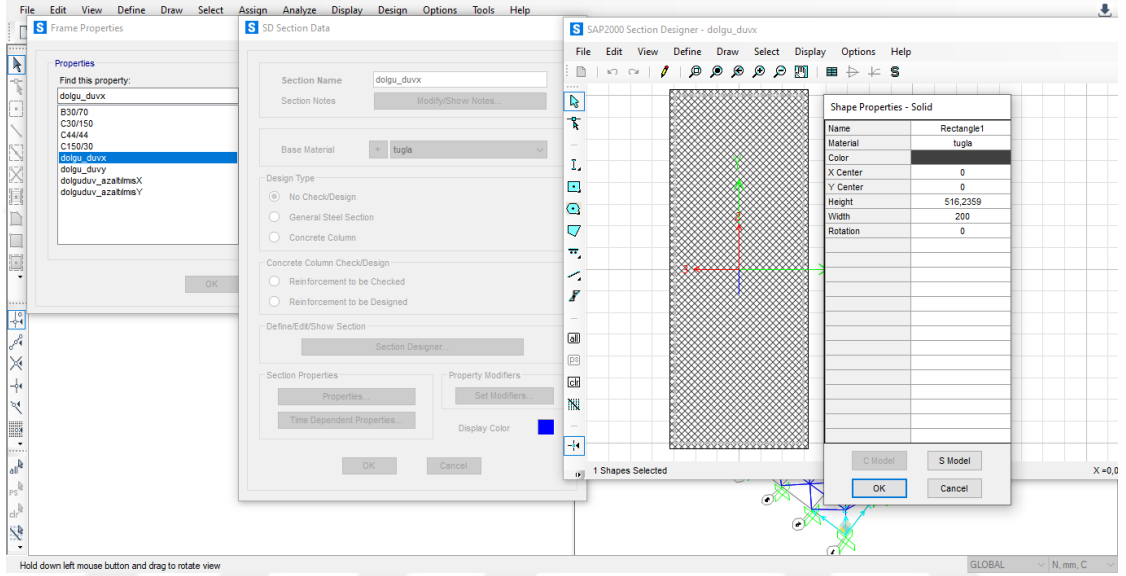


Şekil 3.11. Dolgu duvar malzeme tanım parametreleri

Duvar ağırlıkları, üzerinde buldukları kirişlere düzgün yayılı yük olarak etkilmiştir; ağırlıksız eşdeğer basınç çubukları sadece basınç etkisinde çalıştığı için eşdeğer basınç çubuklarının deprem yükü etkisinde çekme yükü almaları “*compression only*” ataması yapılarak engel olunmuştur.

3.5.2.1. Boşuksuz Tuğla Dolgu Duvarın Modellenmesi

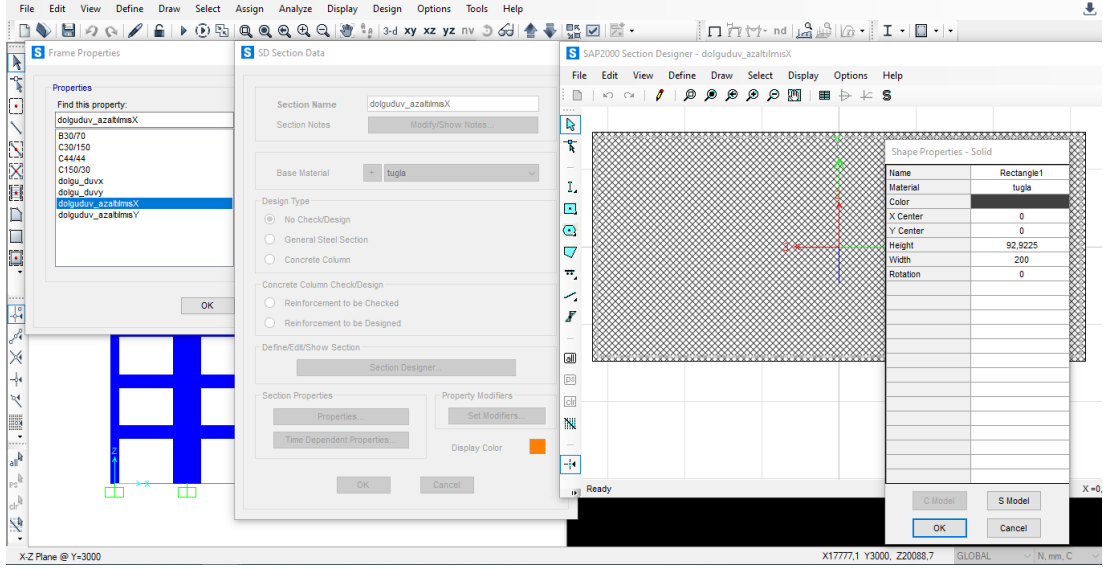
7 Katlı dolgu duvarlı çerçeve siteme ait modellemelerde iç kısımda bulunan duvarlar envanter çalışması (İnel ve ark., 2009) ile elde edilen boşuksuz duvar oranlarına göre kapı ve pencere bulunmayacak akslara Şekil 3.8’deki gibi simetrik yerleştirilmiştir.



Şekil 3.12. X doğrultusunda rijitliği azaltılmamış iç duvarın programa tanımlanması
/eşdeğer basınç çubuklarının tanımlanması

3.5.2.2. Boşuklu Tuğla Dolgu Duvarın Modellenmesi

Bu çalışmada tüm katlarda dış duvarlar için kapı pencere boşluğu olduğu varsayılarak bu duvarların rijitliği azaltılmıştır. Dolgu duvarda bırakılan boşluk yüzdesi (boşluk alanı/dolgu duvar alanı) %40 alınarak Asteris (Asteris, 2003)’ tarafından “B durumu” diye nitelenen bağıntıdan ilgili katsayı alınarak hesaba dâhil edilmiştir (Bkz. Şekil 3.7).



Şekil 3.13. X doğrultusunda rijitliği azaltılmış dış duvarın programa tanımlanması

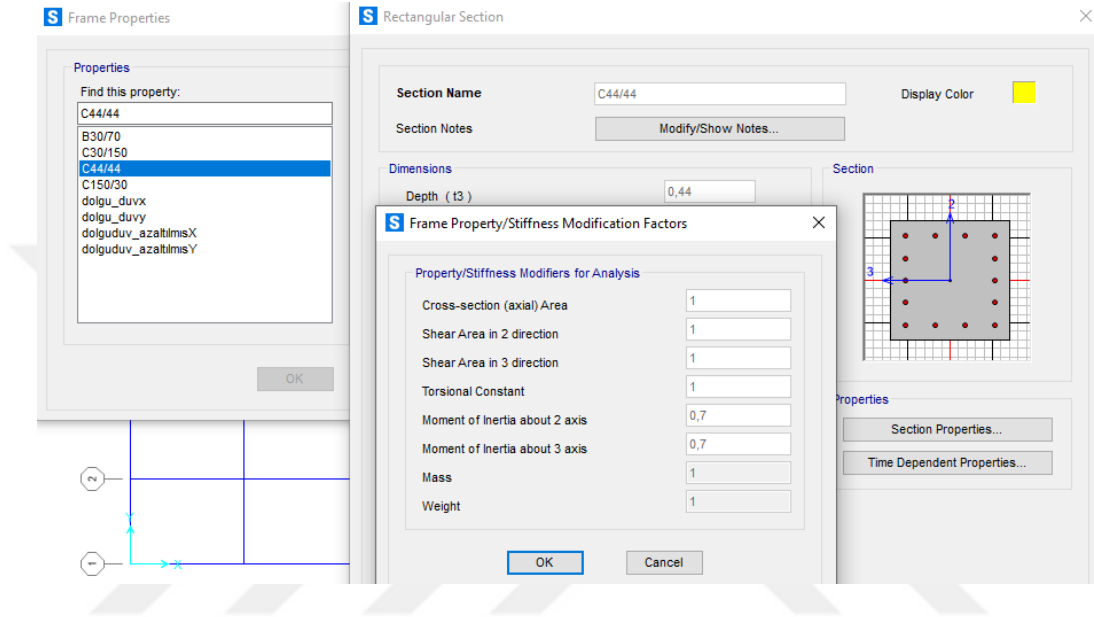
3.6. Etkin Kesit Rijitliklerinin Tanımlanması

TBDY 2018 4.5.8.1’de DGT yaklaşımı gereğince betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının brüt kesit rijitliği ile değil çatlatılmış kesit rijitlikleri ile dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir. Taşıyıcı sistem elemanlarının brüt kesit rijitliğine etkilenmesi gereken çarpanlar Çizelge 3.10’da verilmiştir.

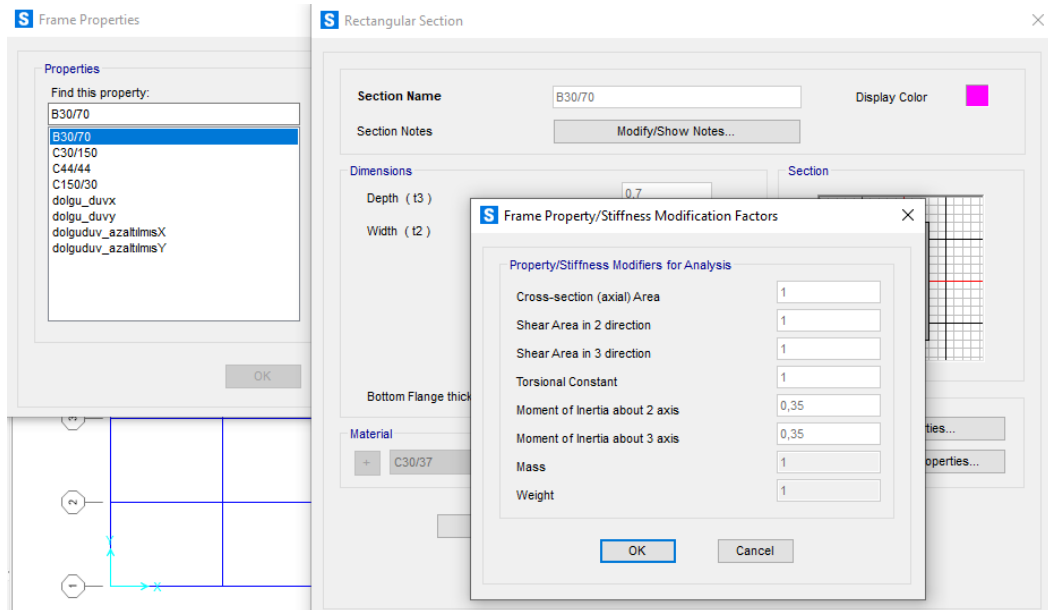
Çizelge 3.10. Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliği çarpanları

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
	Eksenel	Kayma
Perde – Döşeme (Düzlem İçi)		
Perde	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)	Eğilme	Kesme
Perde	0.25	1.00
Bodrum perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
Çubuk eleman	Eğilme	Kesme
Bağ kirişi	0.15	1.00
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	0.50

Çizelge 3.10 yardımı ile kolonların, kirişlerin ve perdelerin etkin kesit rijitlik çarpanları SAP2000 programı aracılığıyla analiz modeline tanımlanmıştır. Kolon elemanlarda çatlama kesit rijitliği değeri 0.70 EI, kiriş elemanlarda ise 0.35 EI olarak tanımlanmıştır. Tip olarak modellenmiş kolon ve kirişlerin etkin kesit rijitlik çarpanının analiz modeline veri girişleri sırasıyla Şekil 3.14 ve Şekil 3.15 da gösterilmiştir.



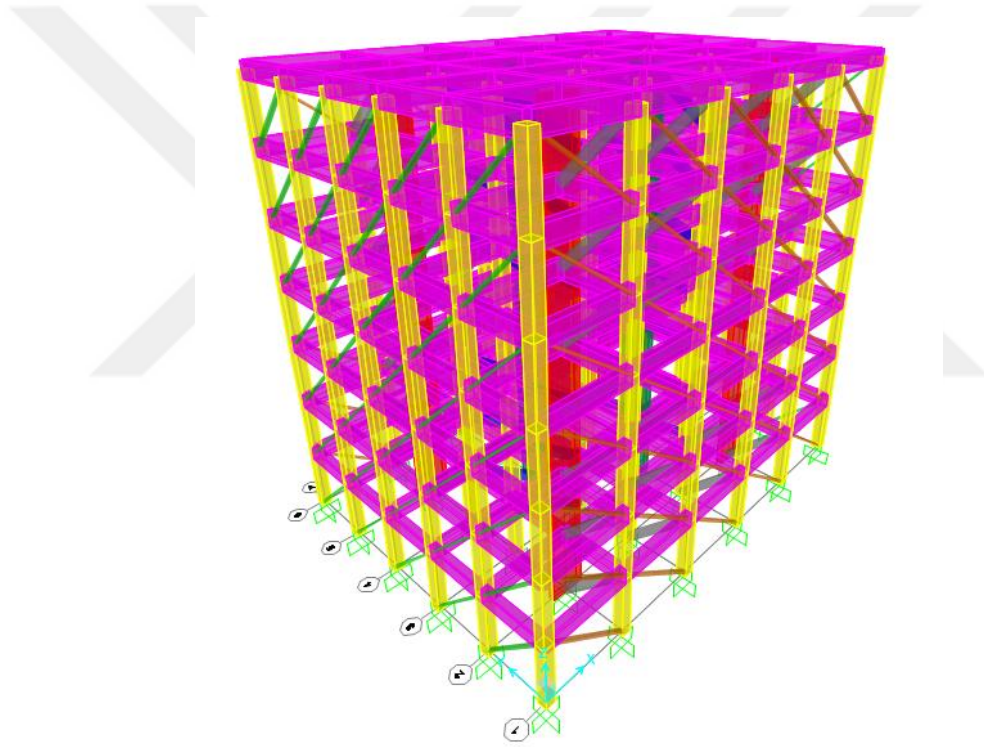
Şekil 3.14. C44x44 kolonunun etkin kesit rijitliği çarpanının tanımlanması



Şekil 3.15. B30/70 kirişinin etkin kesit rijitliği çarpanının tanımlanması

Celep, (2018) tarafından yapılan çalışmalar eğilme etkisi altındaki davranışta çatlamların oldukça önemli olması nedeniyle kayma etkilerindeki etkin rijitlik kayıplarının eğilme etkilerindeki rijitlik kayıplarına göre daha az olduğu göstermektedir (Celep, 2018; Kürkçü, 2019). Kesitte meydana gelebilecek çatlamların donatı ve betondaki doğrusal olmayan davranışın da dikkate alınmasını sağlama amacıyla TBDY 2018 4.5.8’de verilen betonarme elemanlar için etkin kesit rijitlik çarpanlarının ilgili elemanlara tanımlanmıştır.

Yapılan tanımlamalar sonucu referans modele ait üç boyutlu analiz modeli Şekil 3.16. da gösterilmiştir.



Şekil 3.16. Yapının 3 boyutlu analiz modeli

3.7. Yük Kombinasyonlarının Tanımlanması

TBDY 2018 4.4.2.1’de birbirine dik iki yatay doğrultuda etkiyen deprem kuvvetlerinin birlikte etkileşim bağıntısı belirtmiştir. Bu etkileşim denklem 3.7-3.8’de belirtilmiştir.

$$E_d^{(H)} = \pm E_d^{(X)} \pm 0,3E_d^{(Y)} \quad (3.7)$$

$$E_d^{(H)} = \pm 0,3E_d^{(X)} \pm E_d^{(Y)} \quad (3.8)$$

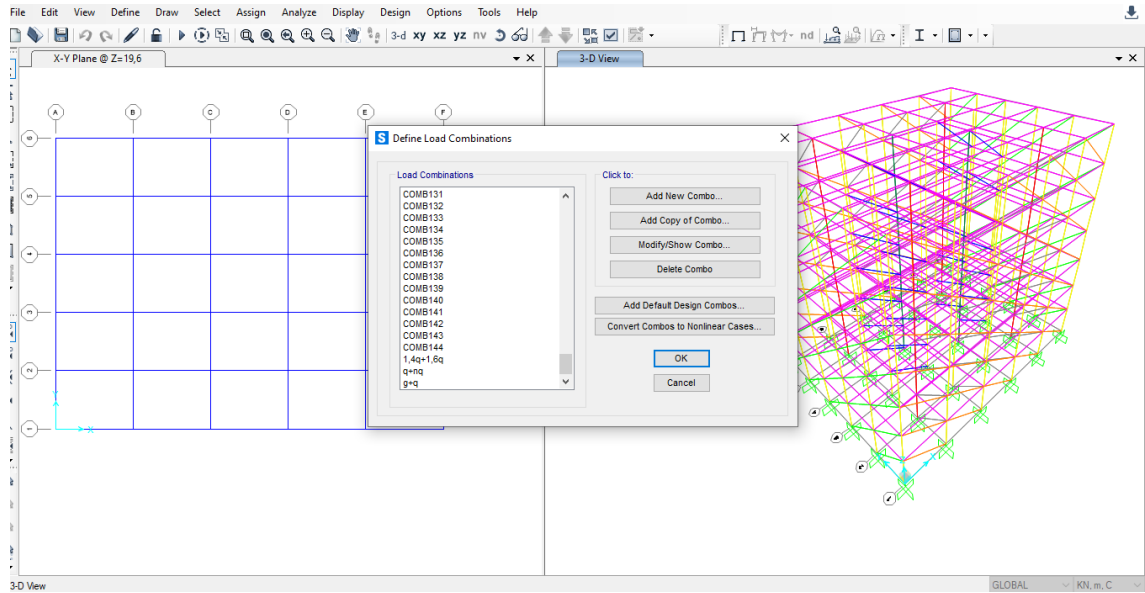
Yukarıda verilen denklem iki denklemde yer alan $E_d^{(X)}$ ve $E_d^{(Y)}$ birbirlerine dik (X) ve (Y) doğrultularına karşı gelen yatay deprem etkilerini, $E_d^{(H)}$ ise bu yatay deprem etkilerinin kombine edilmiş yatay deprem etkisini ifade etmektedir.

Yönetmeliğimiz gereğince tez çalışması kapsamında tasarımı yapılacak olan yapıda dikkate alınması gereken tasarım kombinasyonlarının belirlenmesi işlemleri aşağıda gösterilmiştir.

$$G + Q + 0,2S + E_d^{(H)} + 0,3E_d^{(Z)} \quad (3.9)$$

$$0,9G + H + E_d^{(H)} - 0,3E_d^{(Z)} \quad (3.10)$$

Bu birleşimlerdeki G, Q ve E simgeleri sırasıyla sabit yükü, hareketli yükü ve deprem yükünü göstermektedir.



Şekil 3.17. Deprem etkisini içeren yük birleşimlerinin tanımlanması

Yapının deprem hesabında, yönetmeliğimizce önerilen yöntemlerden biri olan eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılmıştır. Yapıya TBDY-2018 gereğince deprem etkileri 144 yük birleşimi ile hesaba dahil edilmiştir. Deprem etkilerini içeren kombinasyonlara ilaveten TS500 gereğince 1.4G + 1.6Q kombinasyonu da analizlere yardımcı olması için tanımlanmıştır.

3.8. Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısının Belirlenmesi

TBDY 2018 4.3.2’de taşıyıcı sistemi yerinde dökme betonarmeden oluşan yapılar için verilmiş olan taşıyıcı sistem davranış katsayıları çizelge 3.11’da verilmiştir.

Çizelge 3.11. Bina taşıyıcı sistemleri için taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve izin verilen bina yükseklik sınıfları

Bina Taşıyıcı Sistemi	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı <i>R</i>	Dayanım Fazlalığı Katsayısı <i>D</i>	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfları BYS
A. YERİNDE DÖKME BETONARME BİNA TAŞIYICI SİSTEMLERİ			
A1. Süneklik Düzeyi Yüksek Taşıyıcı Sistemler			
A11. Deprem etkilerinin tamamının moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar	8	3	BYS ≥ 3
A12. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdelerle karşılandığı binalar	7	2.5	BYS ≥ 2
A13. Deprem etkilerinin tamamının <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdelerle karşılandığı binalar	6	2.5	BYS ≥ 2
A14. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> bağ kirişli (boşluklu) betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	8	2.5	BYS ≥ 2
A15. Deprem etkilerinin moment aktaran <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme çerçeveler ile <i>süneklik düzeyi yüksek</i> boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar (Bkz.4.3.4.5)	7	2.5	BYS ≥ 2
A16. Deprem etkilerinin tamamının çatı düzeyindeki bağlantıları mafsallı olan ve yüksekliği 12 m’yi geçmeyen <i>süneklik düzeyi yüksek</i> betonarme kolonlar tarafından karşılandığı tek katlı binalar	3	2	–

Bu tez çalışması kapsamında dayanım fazlalığı katsayısı Çizelge 3.11 yardımı ile 3 alınmıştır.

3.9. Toplam Eşdeğer Deprem Yüğü

Herhangi bir deprem doğrultusu için (örneğin X doğrultusu) yapıya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükü bir başka ifadeyle taban kesme kuvveti TBDY 2018 4.7.1.1’de formülize edilmiştir. Toplam taban kesme kuvvetinin eşdeğer deprem yükü yöntemine göre katlara dağıtılmış hali ise TBDY 2018 4.7.2.3’te formülize edildiği gibi yapılacaktır.

$$V_t^{(X)} = m_t S_{aR}(T_p^{(X)}) \geq 0,04 m_t I S_{DS} g \quad (3.11)$$

$$m_t = \sum_{i=1}^N m_i \quad (3.12)$$

$$W_j^{(S)} = W_{Gj}^{(S)} + n W_{Qj}^{(S)} \quad ; \quad m_j^{(S)} = \frac{W_j^{(S)}}{g} \quad (3.13)$$

$$V_t^{(X)} = \Delta F_{NE}^{(X)} + \sum_{i=1}^N F_{iE}^{(X)} \quad (3.14)$$

$$\Delta F_{NE}^{(X)} = 0,0075 N V_{tE}^{(X)} \quad (3.15)$$

$$F_{iE}^{(X)} = (V_{tE}^{(X)} - \Delta F_{NE}^{(X)}) \frac{m_i H_i}{\sum_{j=1}^N m_j H_j} \quad (3.16)$$

Çizelge 3.12’e göre yapının kullanım maksatı işyeri, otel, konut, otopark ve hastane olması durumunda hareketli yük kütle katılım katsayısı 0.30 değeri alınmaktadır.

Çizelge 3.12. Hareketli yük kütle katılım katsayısı

Binanın Kullanım Amacı	n
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, ibadethane, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, otel, hastane, otopark, vb.	0.30

Tez çalışması kapsamında tasarlanan yapı konut yapısı olduğu için $n = 0.30$ alınmıştır. Toplam eşdeğer deprem yükünün ΔF_{NE} dışındaki kısmı N 'inci kat dahil olmak üzere bina katlarına Çizelge 3.13' de verildiği gibi dağıtılmıştır.

Çizelge 3.13. Eşdeğer deprem yükünün katlara dağıtılması

Kat	W_i	H_i	$W_i H_i$	$\frac{W_i H_i}{\sum_{i=1}^N W_t H_t}$	$F_{iE}^{(X)}$	$F_{iE}^{(Y)}$	$M_{ib}^{(X)}$	$M_{ib}^{(Y)}$
7	5.939	19,6	116.396	0,250	555	555	416	555
6	5.939	16,8	99.768	0,214	476	476	357	476
5	5.939	14,0	83.140	0,179	397	397	297	397
4	5.939	11,2	66.512	0,143	317	317	238	317
3	5.939	8,4	49.884	0,107	238	238	178	238
2	5.939	5,6	33.256	0,071	159	159	119	159
1	5.939	2,8	16.628	0,036	79	79	59	79

3.10. Yapısal Düzensizliklerin Kontrolü

Çalışma kapsamında TBDY-2018 gereğince plan ve düşey düzensizliklerinin tamamı kontrol edilmiş görelî kat ötelemeleri, burulma düzensizliği ve ikinci mertebe etkileri kontrolü okuyucuyla paylaşılmıştır. Deprem yükleri altında taşıyıcı elemanların kapasitelerinin kesite etkiyen kuvvetleri karşılamaya yetmesine ek olarak; hem taşıyıcı olmayan elemanlarda hasarın minimum seviyede kalmasını sağlamak hem de ikinci mertebe etkilerinin sınırlı kalmasını sağlamak amacıyla modern deprem yönetmeliklerinde katların görelî yer değiştirmelerinin sınırlandırılması gerektiği belirtilmiştir. TBDY-2018 4.9.1’de herhangi bir deprem doğrultusu için etkin görelî kat ötelemesinin belirlenişi matematiksel olarak gösterilmiştir. Bu şartlar altında görelî kat öteleme kontrolleri yapılmış olup Çizelge 3.14 de sunulmuştur.

Çizelge 3.18. Görelî kat ötelemeleri kontrolü

X Yönu	Kat No	(d _i) _{max}	(Δ _i) _{max}	h _i	(Δ _i) _{max} /h _i	0,008*κ*λ _x
	7	0,0222	0,0014	2,80	0,00049	0,00298
	6	0,0208	0,0023	2,80	0,00082	
	5	0,0185	0,0031	2,80	0,00110	
	4	0,0154	0,0037	2,80	0,00133	
	3	0,0117	0,0042	2,80	0,00149	
	2	0,0076	0,0044	2,80	0,00155	
	1	0,0032	0,0032	2,80	0,00114	
Y Yönu	Kat No	(d _i) _{max}	(Δ _i) _{max}	h _i	(Δ _i) _{max} /h _i	
	7	0,0225	0,0014	2,80	0,00051	0,00297
	6	0,0210	0,0024	2,80	0,00084	
	5	0,0187	0,0031	2,80	0,00112	
	4	0,0156	0,0037	2,80	0,00133	
	3	0,0118	0,0042	2,80	0,00149	
	2	0,0077	0,0043	2,80	0,00155	
	1	0,0033	0,0033	2,80	0,00119	

Çizelge 3.19. Burulma düzensizliği kontrolü

X Yönü	Kat No	(d _i)max	(d _i)min	(Δ _i)max	(Δ _i)min	(Δ _i)ort	nbi
	7	0,0222	0,0193	0,0014	0,0012	0,00128	
	6	0,0208	0,0181	0,0023	0,0020	0,00215	
	5	0,0185	0,0161	0,0031	0,0027	0,00289	
	4	0,0154	0,0134	0,0037	0,0032	0,00348	
	3	0,0117	0,0102	0,0042	0,0036	0,00390	
	2	0,0076	0,0066	0,0044	0,0038	0,00407	
	1	0,0032	0,0028	0,0032	0,0028	0,00299	
	Y Yönü	Kat No	(d _i)max	(d _i)min	(Δ _i)max	(Δ _i)min	
7		0,0225	0,0171	0,0014	0,0011	0,00127	
6		0,0210	0,0160	0,0024	0,0018	0,00208	
5		0,0187	0,0142	0,0031	0,0024	0,00276	
4		0,0156	0,0118	0,0037	0,0028	0,00329	
3		0,0118	0,0090	0,0042	0,0032	0,00366	
2		0,0077	0,0058	0,0043	0,0033	0,00382	
1		0,0033	0,0025	0,0033	0,0025	0,00292	

İkinci mertebe etki değerinin her iki deprem doğrultusu için ± %5 dış merkezliklerde göz önünde bulundurularak hesabı yapılmış ve Çizelge 3.16 'da verilmiştir.

Çizelge 3.20. İkinci mertebe etkileri kontrolü

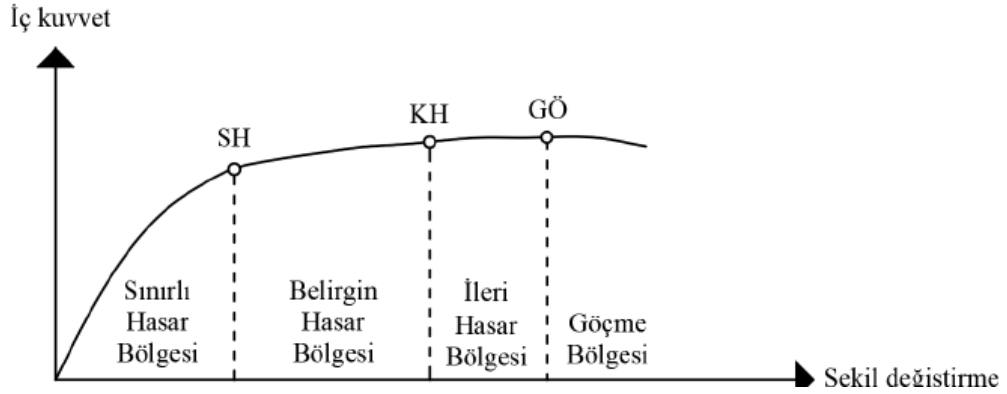
X Yönü	Kat No	W _i	∑W _i (kN)	(Δ _i) _{ort}	V _i	h _i	φ	φ _{max}	$\frac{0,12 * D}{Ch * R}$
	7	5831	5831	0,00128	545	2,80	0,00488	0,02419	0,090
	6	5831	11662	0,00215	1012	2,80	0,00885		
	5	5831	17493	0,00289	1402	2,80	0,01290		
	4	5831	23323	0,00348	1713	2,80	0,01692		
	3	5831	29154	0,00390	1947	2,80	0,02087		
	2	5831	34985	0,00407	2102	2,80	0,02419		
	1	5831	40816	0,00299	2180	2,80	0,01998		
	Y Yönü	Kat No	W _i	∑W _i (kN)	(Δ _i) _{ort}	V _i	h _i	φ	
7	5831	5831	5831	0,00127	545	2,80	0,00486	0,02273	0,090
6	5831	11662	11662	0,00208	1012	2,80	0,00855		
5	5831	17493	17493	0,00276	1402	2,80	0,01229		
4	5831	23323	23323	0,00329	1713	2,80	0,01598		
3	5831	29154	29154	0,00366	1947	2,80	0,01959		
2	5831	34985	34985	0,00382	2102	2,80	0,02273		
1	5831	40816	40816	0,00292	2180	2,80	0,01952		

4. 7 KATLI YAPININ PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

TBDY 2018 15.3.1’de sünek elemanlar için sınırlı hasar (SH), kontrollü hasar (KH) ve göçme öncesi hasar (GÖ) olmak üzere üç tip hasar durumu belirlenmiştir. Göçme öncesi hasar, hasarın meydana geldiği kesitte ileri düzeyde doğrusal olmayan davranışa karşılık gelmektedir. Kontrollü hasar, hasarın meydana geldiği kesitte kesit dayanımının güvenli olarak sağlanabileceği doğrusal olmayan davranışı ifadelendirmektedir. Sınırlı hasar ise hasarın meydana geldiği kesitte sınırlı miktarda doğrusal olmayan davranışa karşılık gelmektedir. Kesit hasar durumlarında yapılan bu sınıflandırma gevrek olarak hasar alan elemanlar için geçerli değildir.

4.1. Kesit Hasar Bölgeleri

TBDY 2018 15.3.2’de kesit hasar bölgeleri izin verilen kesit hasar sınırlarına göre tanımlanmıştır ve bu bölgeler Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. TBDY-2018’de tanımlı kesit hasar bölgeleri

TBDY-2018’de tanımlı kesit hasar bölgeleri Şekil 4.1’de yer almaktadır tanımlamalardan anlaşılacağı üzere anlaşılacağı üzere elemanın kritik kesitlerinde göçme öncesi hasar sınır değerinden daha fazla bir hasar var ise eleman göçme bölgesinde,

kontrollü hasar sınır değeri ile göçme öncesi hasar sınır değeri arasında bir hasar var ise eleman ileri hasar bölgesinde, sınırlı hasar sınır değeri ile kontrollü hasar sınır değeri arasında bir hasar var ise eleman belirgin hasar bölgesinde, hasarı sınırlı hasar sınır değerine erişmemiş bir hasar var ise eleman sınırlı hasar bölgesindedir.

4.2. Plastik Mafsal Özelliklerinin Belirlenmesi

Bina modellerinin sismik davranış ve performanslarının belirlenmesi amacıyla doğrusal olmayan model TBDY-2018 göz önüne alınarak hazırlanmıştır. Doğrusal elastik olmayan davranış elemanın uçlarına yerleştirilen plastik mafsallar yoluyla belirlenmiştir. Kolonların eğilme ve aksenal kuvvete maruz kalmaları nedeniyle iki uca plastik mafsal olarak programda tanımlı otomatik P-M2-M3 mafsalları uygulanmıştır. Kirişler aksenal yük düzeylerinin düşük olması ve eğilmeye çalışmaları nedeniyle iki uca plastik mafsal olarak programda tanımlı otomatik M3 mafsalları uygulanmıştır. Dolgu duvarlara P aksenal yük plastik mafsalı atanmıştır.

Kolon elemanlar için P-M2-M3 mafsalları ASCE 41-13 kriterleri doğrusunda otomatik olarak tanımlanmıştır.

Frame Hinge Property Data for 1H1 - Interacting P-M2-M3

Hinge Specification Type

Moment - Rotation

Moment - Curvature

Hinge Length

Relative Length

Scale Factor for Rotation (SF)

SF is Yield Rotation per ASCE 41-13 Eqn. 9-2 (Steel Objects Only)

User SF

1,

Load Carrying Capacity Beyond Point E

Drops To Zero

Is Extrapolated

Symmetry Condition

Moment Rotation Dependence is Circular

Moment Rotation Dependence is Doubly Symmetric about M2 and M3

Moment Rotation Dependence has No Symmetry

Requirements for Specified Symmetry Condition

1 Specify curves at angles of 0°, 90°, 180° and 270°.

2 If desired, specify additional intermediate curves where: 0° < curve angle < 360°.

Axial Forces for Moment Rotation Curves

Number of Axial Forces 2

Modify/Show Axial Force Values...

Curve Angles for Moment Rotation Curves

Number of Angles 16

Modify/Show Angles...

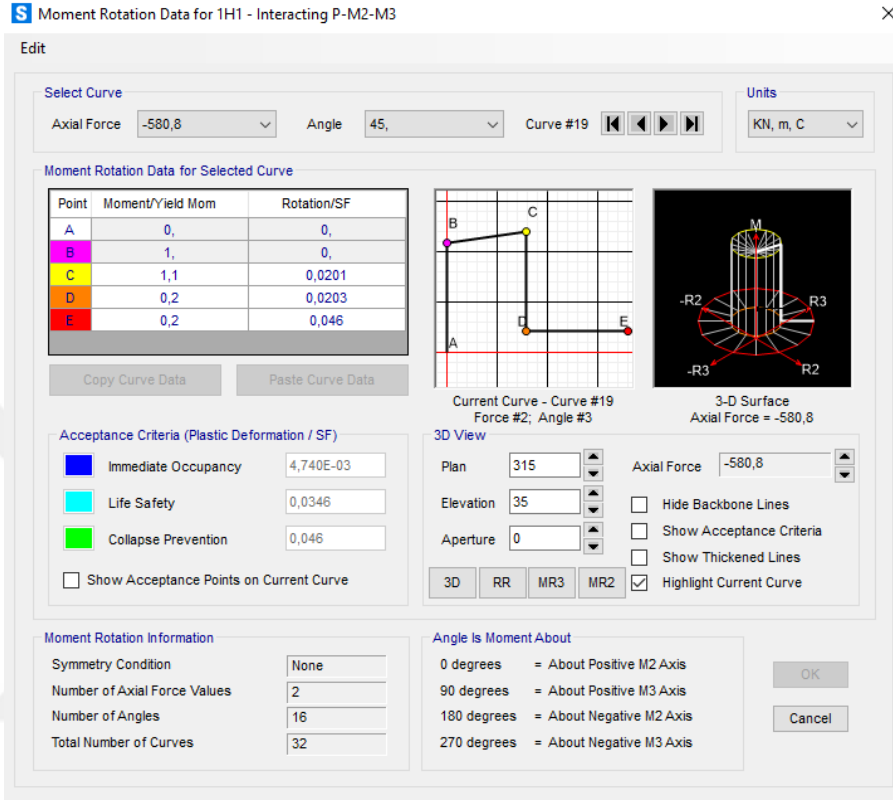
Modify/Show Moment Rotation Curve Data...

Modify/Show P-M2-M3 Interaction Surface Data...

OK Cancel

Şekil 4.2. Kolon mafsal özelliklerinin tanımlanması

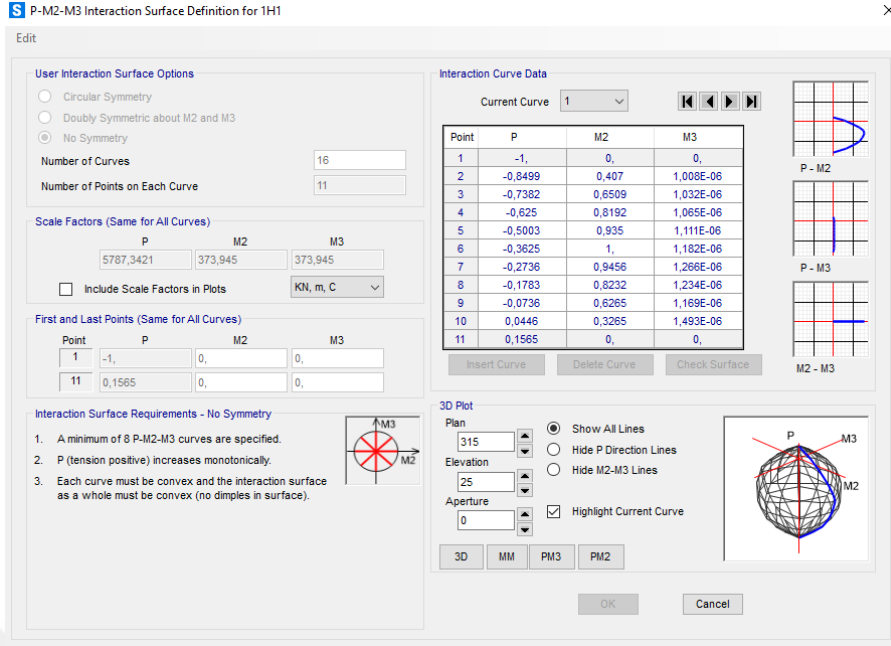
Kolon tiplerinin plastik mafsal bilgilerinin tanımlanması için gözönüne alınacak eksenel kuvvet ve kolon kesiti etkileşim yüzeylerinin açılarının sayısının değerlerinin tanımlanma şekli Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Farklı eksenel yük ve etkileşim yüzeyleri için kolon mafsal tanımı

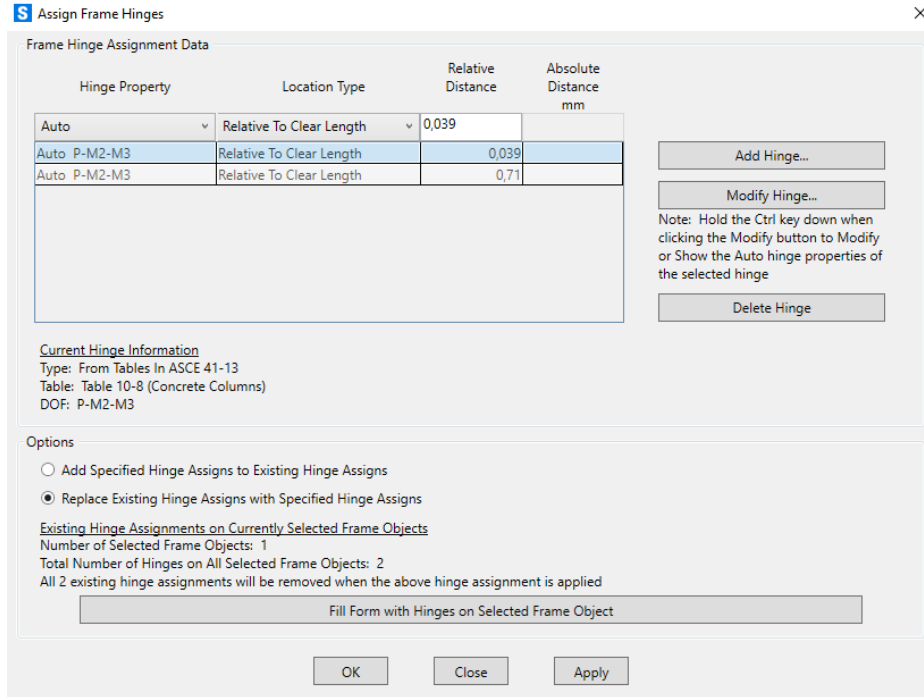
Kolon kesidi etkileşim yüzeyi ve eksenel kuvvet değerleri için moment – dönme değerlerinin SAP2000 ortamında veri girişlerinin gerçekleştirilmesi Şekil 4.3’de gösterilmiştir.

Kolon kesiti karşılıklı etkileşim diyagramının tanımlanması Şekil 4.4’de verilmiştir.



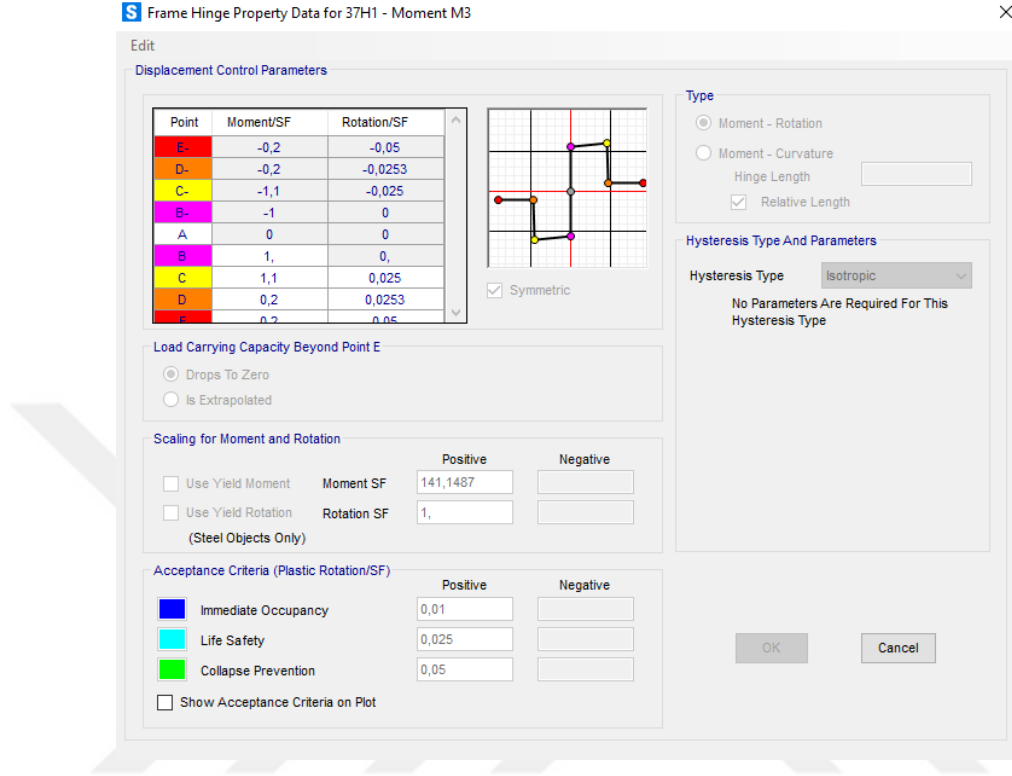
Şekil 4.4. Kolon mafsalı için karşılıklı etkileşim diyagramının tanımlanması

Plastik mafsal bilgileri tanımlanan kolon uçlarındaki yığılı plastik mafsalların kolonların üst ve alt uçlarına hangi noktalardan atandığı Şekil 4.5’de sunulmuştur.



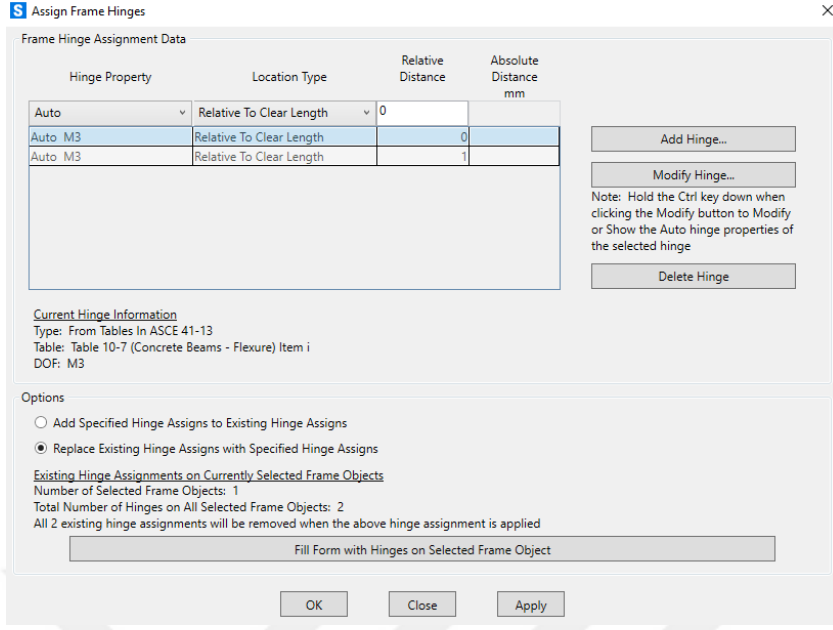
Şekil 4.5. Kolon uçlarına plastik mafsal atanması

Tek tip kirişlere ait moment – dönme değerlerinin SAP2000 ortamında tanımlanması Şekil 4.6’da gösterilmiştir.



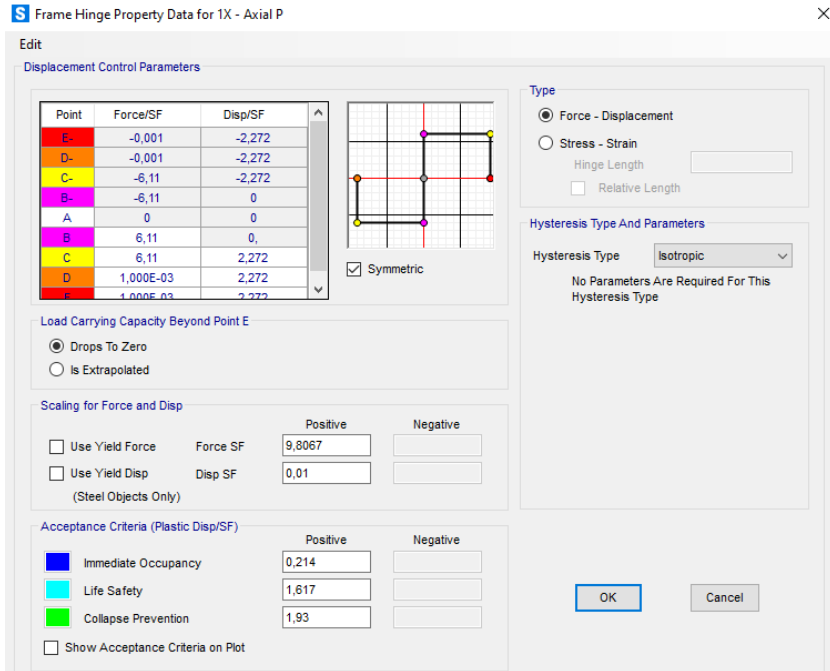
Şekil 4.6. Kiriş mafsallı özelliklerinin tanımlanması.

Plastik mafsallı bilgileri tanımlanan kiriş uçlarındaki yığılı plastik mafsalların kirişlerin her iki ucuna da atanması Şekil 4.7’de gösterilmiştir.

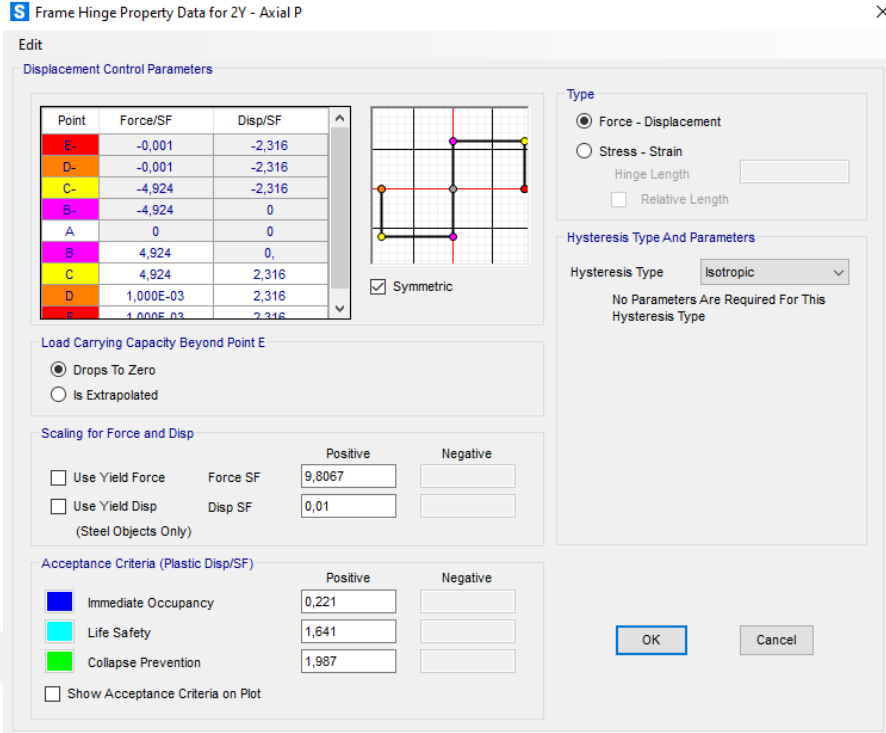


Şekil 4.7. Kiriş uçlarına plastik mafsal atanması

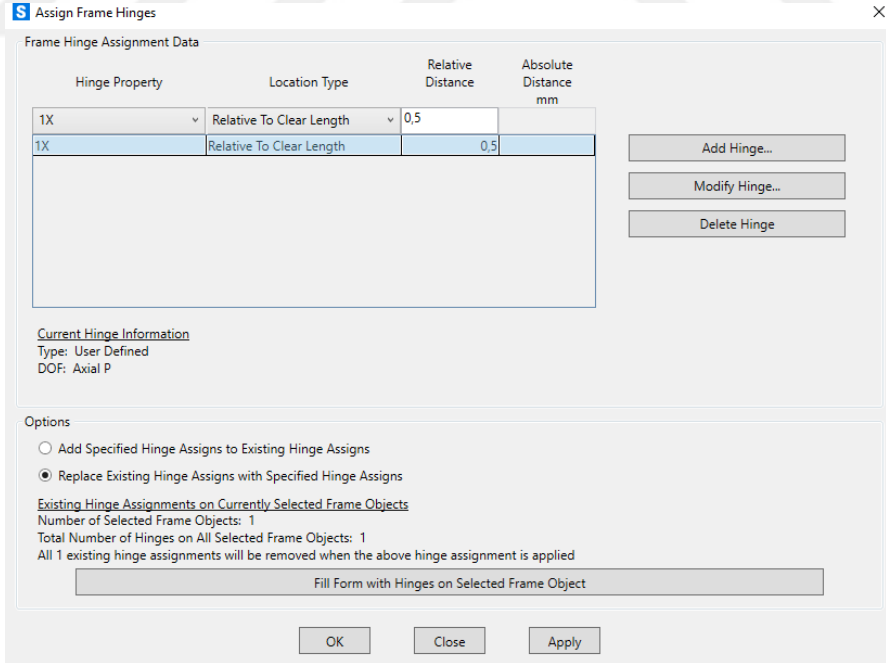
Dolgu duvarlı analizde kullanılacak olan duvar plastik mafsalları, farklı kesitlere sahip çubuklar için SAP2000 v.23.0.0 e deplasman kontrollü olarak tanımlanmış ve plastik mafsallar (normal kuvvet için) çubukların orta noktalarına atanmıştır (Şekil 4.10).



Şekil 4.8. Örnek eksenel yük mafsalı X yönü



Şekil 4.9. Örnek eksenel yük mafsalı Y yönü

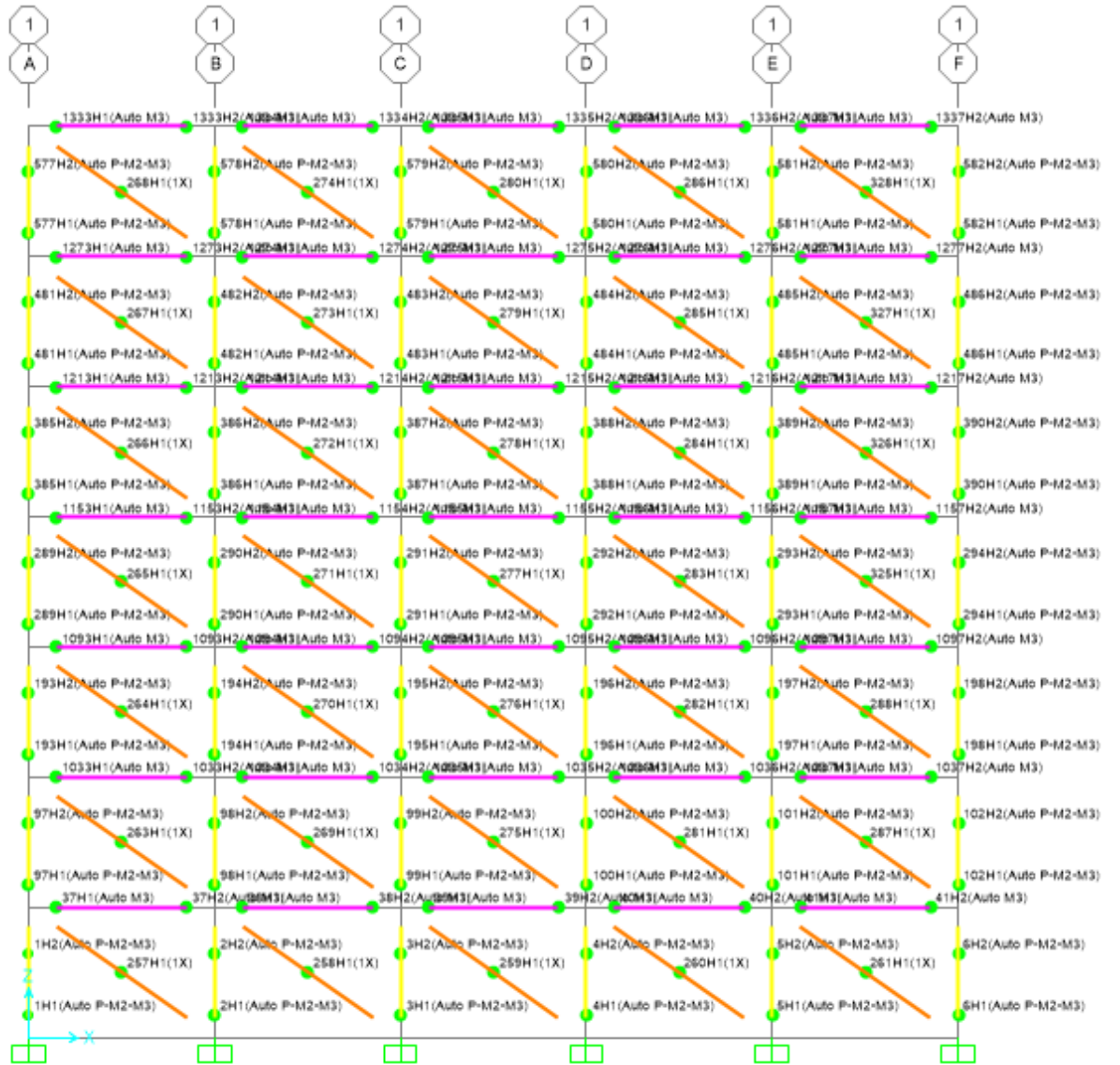


Şekil 4.10. Plastik mafsalların eşdeğer basınç çubuklarının orta noktalarına atanması

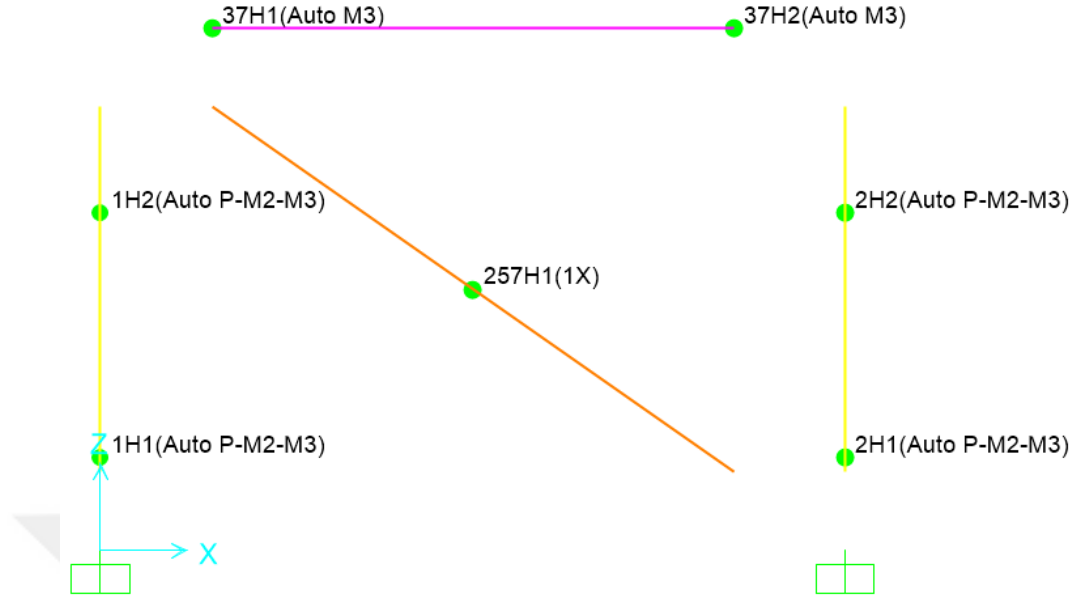
Plastik mafsal modeli SAP2000 programında ‘‘Axial P’’ eksenel basınc mafsalı olarak eŖdeęer basınc çubukların ortasına tanımlanmıŖtır.

ereveselerin ilgili diyagonalı boyunca ortadan tek plastik eksenel mafsalı olarak ve yatay yükün yönüne bağlı olarak sadece basınca alıŖacak Ŗekilde yerleŖtirilmiŖtir.

alıŖma kapsamında yedi katlı dolgu duvarlı betonarme ereve sistemden oluŖan modele doğrusal elastik olmayan davranıŖ dikkate alınarak elemanlara yerleŖtirilen plastik mafsallar Ŗekil 4.11 ve Ŗekil 4.12’de gsterilmiŖtir.



Ŗekil 4.11. 7 Katlı betonarme çerçeveli duvarlı sistemde tanımlanan plastik mafsallar



Şekil 4.12. 7 Katlı betonarme çerçeve duvarlı sistemde elemanlara tanımlanan plastik mafsallar

Üç boyutlu gösterimde yapılan plastik mafsallar tanımlarında görüntü karmaşıklığı nedeniyle tek bir aksa ait tanımlar gösterilmiş olup hangi elemanlara ne noktalarda tanımlamalar yapıldığının daha iyi anlaşılması için Şekil 4.12’de verilmiştir.

4.3. Temel Özellikleri ve Modellenmesi

Tüm katlarında dolgu duvarların da modellemeye dâhil edildiği 7 katlı çerçeve model, referans kabul edilerek dört farklı zemin rijitliği ve 6 farklı temel kesiti ile her iki yönde zeminin yer değiştirme ve dönme rijitlikleri dikkate alınarak modellenmiştir. Bina modelleri yönetmelik gereklerine uygun olarak seçilmiş makul ölçülerde kesitlere sahip radye ve sürekli temelli olarak oluşturulmuştur. Daha sonrasında radye ve sürekli temelli modellerin uygun kesitleri referans alınarak yönetmelik sınırlarının altında ve üstünde olacak şekilde tekrar modellenmiştir. Bu şekilde oluşturulan 8 model, radye ve sürekli temellerin yatak katsayısı 11.200, 25.000, 45.000, 80.000 kN/m³ alınarak analiz yapılmış periyod değerleri ve kapasite eğrileri kıyaslanmıştır.

Referans modellerin yatak katsayısı ve zemin taşıma gücü Bowles çizelgesinde (Bowles, 1966) ortalama bir zemin sınıfı olması düşünülerek yatak katsayısı 45.000 kN/m³ taşıma gücü 450 kN/m² alınmıştır.

Çizelge 4.1. Çeşitli zemin için yatak katsayısı değerleri (Bowles, 1996)

Zemin Türü	K _s (kN/m ³)
Gevşek kum	4.800 -16.000
Orta sıklıkta kum	9.600 – 80.000
Sıkı kum	64.000 – 128.000
Killi orta sıklıkta kum	32.000 – 80.000
Siltli orta sıklıkta kum	24.000 – 48.000
Killi zeminler :	
q _a ≤ 200 kPa	12.000 – 24.000
200 < q _a ≤ 800 kPa	24.000 – 48.000
q _a > 800 kPa	> 48.000

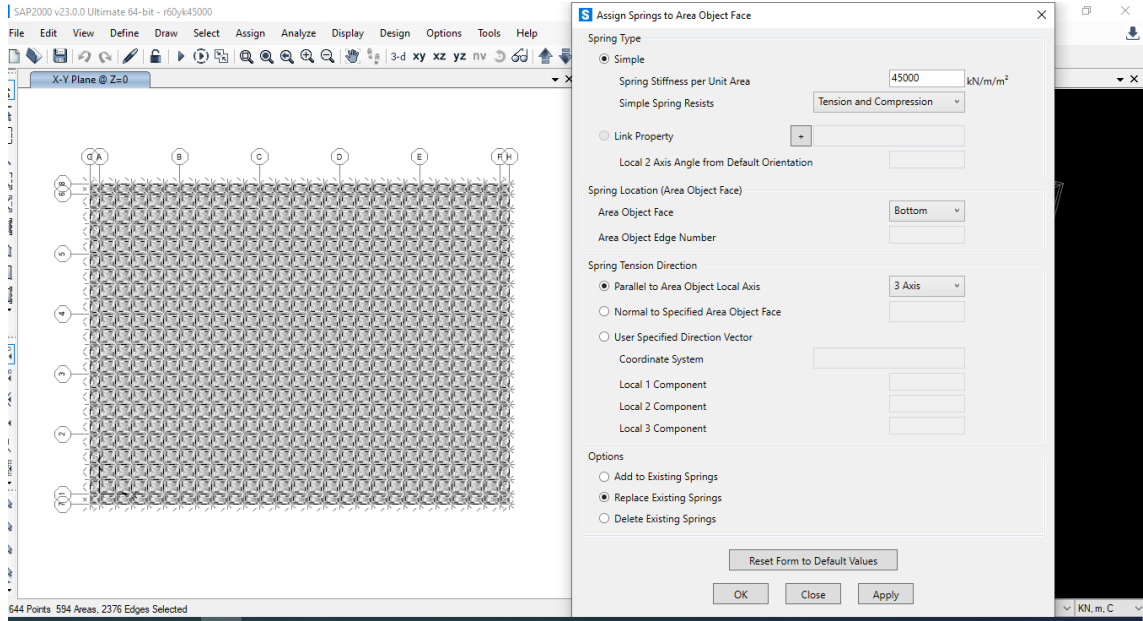
Modellerde kullanılan farklı temel ve yay sabitlerinin daha kolay anlaşılabilmesi için Çizelge 4.2’de gösterildiği gibi isimlendirilme yapılmıştır. Radye temeller için tüm modellerde bina kenarlarından 500 mm daha büyük yatay ve düşey plan boyutları kullanılmıştır. Sürekli temellerde yönetmelik şartları dikkate alınarak planda yatay yönde 400 mm, düşey yönde 300 mm yüksekliğinde temel kirişleri kullanılmıştır. Temel genişlik ve ampatman boyutları değişken olarak alınmış ve ilgili değerler çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.2. Model isimlendirmesi

Model Adı	Açıklama	Temel Kalınlığı	Yatak Katsayısı (kN/m³)
Referans Model	Referans model; ankastre mesnetli çerçeve modelidir.		
R40/YK11200 R40/YK25000 R40/YK45000 R40/YK80000	Yönetmelik sınırlarının altında tasarlanmış radye temelli model.	Radye temel yüksekliği = 400 mm	11.200 25.000 45.000 80.000
R60/YK11200 R60/YK25000 R60/YK45000 R60/YK80000	Yönetmelik sınırlarına uygun şekilde tasarlanmış radye temelli model.	Radye temel yüksekliği = 600 mm	11.200 25.000 45.000 80.000
R80/YK11200 R80/YK25000 R80/YK45000 R80/YK80000	Yönetmelik sınırlarının üstünde tasarlanmış radye temelli model.	Radye temel yüksekliği = 800 mm	11.200 25.000 45.000 80.000
STK/YK11200 STK/YK25000 STK/YK45000 STK/YK80000	Yönetmelik sınırlarının altında tasarlanmış sürekli temelli model.	Genişlik= 440 mm Ampatman = 0	11.200 25.000 45.000 80.000
STR/YK11200 STR/YK25000 STR/YK45000 STR/YK80000	Yönetmelik sınırlarına uygun şekilde tasarlanmış sürekli temelli model.	Genişlik= 640 mm Ampatman = 200 mm	11.200 25.000 45.000 80.000
STC/YK11200 STC/YK25000 STC/YK45000 STC/YK80000	Yönetmelik sınırlarının üstünde tasarlanmış sürekli temelli model.	Genişlik = 740 mm Ampatman = 400 mm	11.200 25.000 45.000 80.000

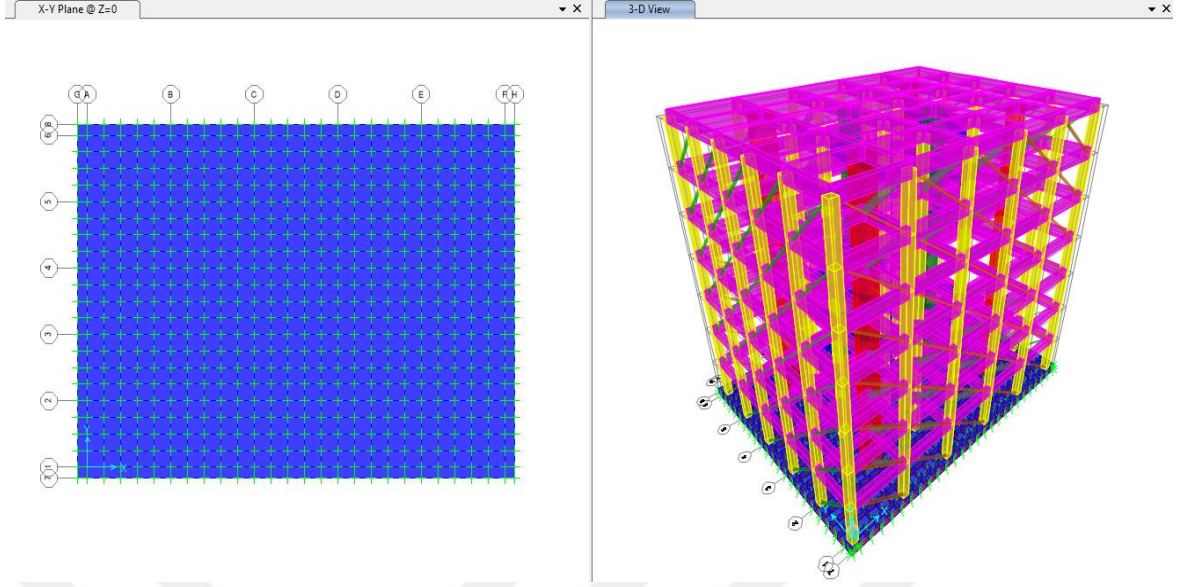
Modellemelerde bütün düşey taşıyıcı elemanların direkt olarak kalın bir plağa oturduğu kirişsiz (düz) radye temeller, SAP2000 programında shell eleman olarak tanımlanmıştır. Sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan çözümlemede gerçeğe en yakın

davranışın hesaplara katılması için tüm radye temelli modeller uygun sonuç alabilecek sayıda parçaya bölünmüştür ve hesaplama süresi göz önünde bulundurularak mesh aralığı 800 mm seçilmiştir. X ve Y eksenlerinde ötelenmeler kısıtlanmış olup, Z ekseninde etrafında ise burulmaya karşı tutulu olacak şekilde mesnet atamaları yapılmıştır.

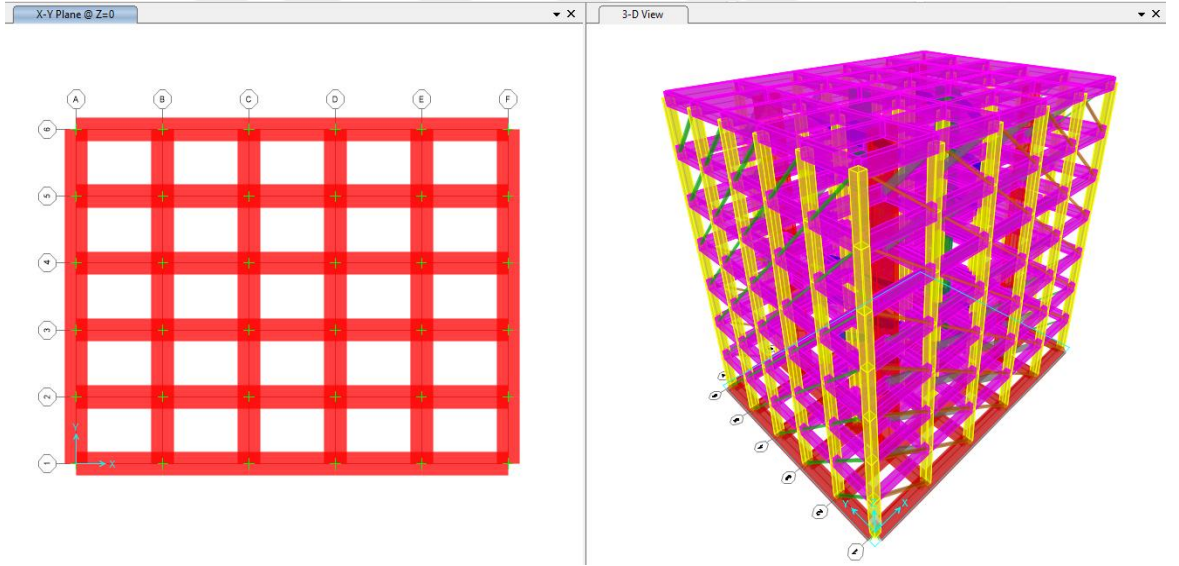


Şekil 4.13. Yatak katsayısının tanımı

Yönetmelik sınırlarına uygun şekilde referans yatak katsayısı 45.000 kN/m³ alınarak tasarlanmış radye temel ve sürekli temelli modeller Şekil 4.14 ve Şekil 4.15’ de verilmiştir.



Şekil 4.14. R60/YK45000 modeli

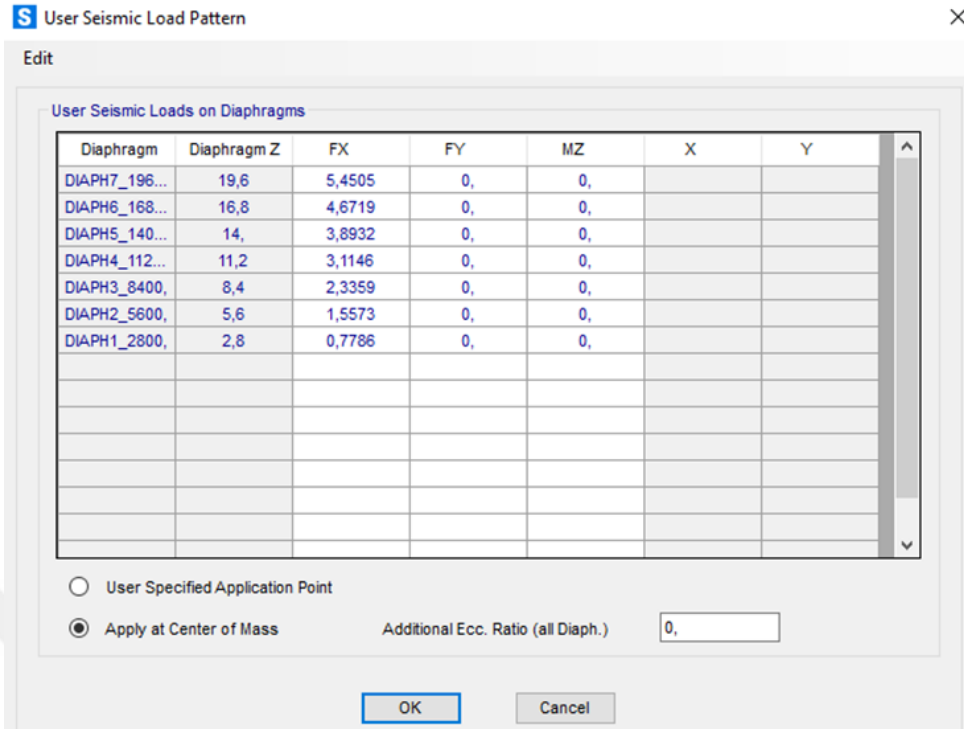


Şekil 4.15. STR/YK45000 modeli

5. ARTIMSAL İTME ANALİZLERİNİN SAP2000'DE TANIMLANMASI

SAP2000 programında doğrusal olmayan statik itme analizi durumunun nasıl tanımlandığı Çizelge 3.13'de belirtilen eşdeğer deprem yükü dağılımları kullanılarak aşağıda anlatılmıştır.

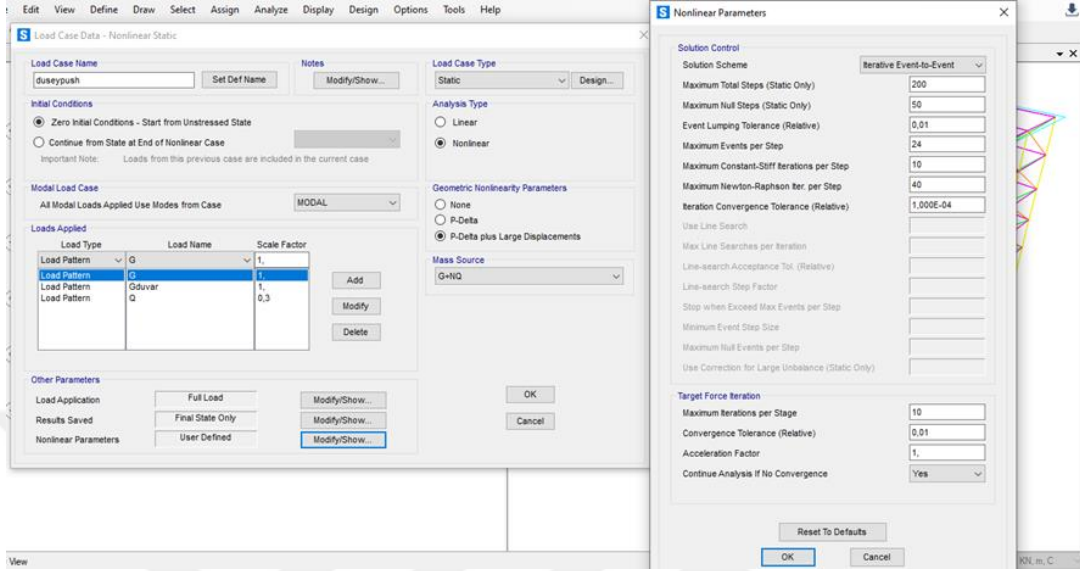
SAP2000 programında eşdeğer deprem yükü dağılımı için bir yük tanımlaması yapılmalı bu tanımlama program ara yüzünde bulunan, *Define (Tanımlama)* menüsünde yer alan *Load Patterns* seçeneği ile gelen ileti kutusu aracılığı ile yapılır. Bu işlemde sonra eşdeğer deprem yükü dağılımı için tanımlanan yük adına *quake* tipinde bir yük tanımlanmış olup, *Auto Lateral Load Pattern* kısmı *User Loads* olarak değiştirilmiştir. Yük tipi seçildikten sonra *Modify Lateral Load Pattern* butonuna tıklanarak Şekil 5.1'de gösterilen *User Seismic Load Pattern* ileti kutusunun açılması sağlanır. Ekranı gelen ileti kutusu aracılığı ile eşdeğer deprem yükü dağılımı tanımlanır. Bu tanımlama kat hizalarında ve kat kütle merkezlerinde yapılır. Daha önce hesaplanmış eşdeğer deprem yükü dağılımı, karşılık gelen katlara göre belirtilen yönlere dikkat edilerek ilgili sütuna girilir. Bu fiktif yüklerin kat kütle merkezlerine etkilebilmesi için ekrandaki ileti kutusunun altında bulunan *Apply at Center of Mass* seçeneği seçilir ve sağ alt köşede aktif olan *Additional Ecc. Ratio (all Diaph.)* kısmına 0 değeri yazılır. *Additional Ecc. Ratio* kısmına 0 girilerek kat kütle merkezine göre ek dışmerkezlilik oluşturulmamış olunur. OK butonuna tıklanarak ilgili tanımlama gerçekleştirilir.



Şekil 5.1. X doğrultusuna ait user seismic load pattern iletişim kutusu

İtme analizinde kullanılacak eşdeğer deprem yükü dağılımının tanımlanmasının ardından itme analizinin tanımlanmasına geçilir. Bu tanımlama için tekrar SAP2000 programı ana menüsünden *Define/Load Cases* seçeneği ile *Define Load Cases* penceresinin ekrana gelmesi sağlanır. İtme analizinin başlangıç koşulu için yapıdaki düşey yüklerin binaya etkilmiş olması gerekmektedir. Bu nedenle ilk olarak düşey yüklerin yapıya etkilmesini sağlayacak *duseypush* durumu tanımlanması gerekmektedir. *Define Load Cases* penceresindeki *Add New Load Case* butonuna tıklanara ekrana Şekil 5.2’de bulunan *Load Case Data* ileti kutusunun gelmesi sağlanır. Bu ileti kutusunda ise; sol üstte bulunan *Load Case Name* bölümüne itme analizinin adı yazılır. Sağ üst köşede bulunan *Load Case Type* bölümündeki *Static* seçeneği ve *Analysis Type* bölümündeki *Nonlinear* seçeneği seçilir. Bu tanımlamalar sayesinde daha önce sisteme girilen plastik mafsallarında analiz sırasında göz önüne alınacağı programa belirtilmiş olunur. *Geometric Nonlinearity Parameters* kısmında *P-Delta plus large displacements* seçeneği seçildiğinde yapılacak analizlerde doğrusal olmayan davranış için P-Delta ve büyük deformasyon etkileri dikkate alınmış olunur. *Initial Conditions* kısmından analiz başlangıç koşulu seçilir. Düşey yüklerden önce herhangi bir etki olmadığından dolayı sıfır

başlangıç koşulu (gerilmesiz durum) olarak tanımlama yapılır. *Modal Load Case* kısmındaki *MODAL* seçeneği seçili durumda bırakılır.



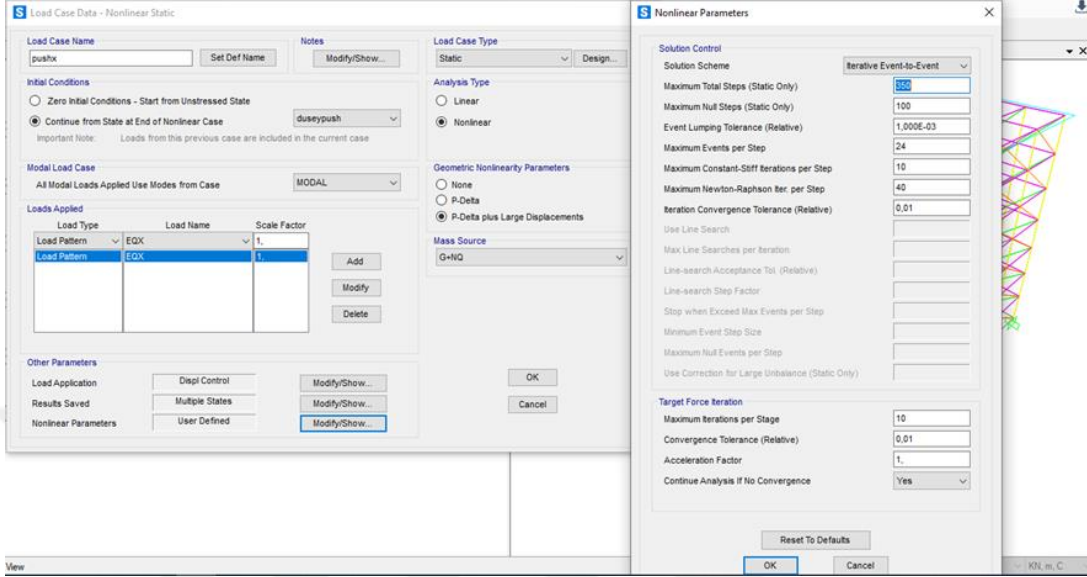
Şekil 5.2. *duseypush* durumu için load case data iletişim kutusu

Düşey yük tanımlarından yapıya yatay deprem yüklerinin etkilmesini sağlayacak yatay itme analizi durumunun tanımlanması gerekmektedir. Bu tanımlama için, *Define Load Cases* ileti penceresindeki *Add New Load Case* butonuna tıklanarak ekrana Şekil 5.3'de gösterilen *Load Case Data Diyalog* penceresinin gelmesi sağlanır. Bu ileti penceresinde *Load Case Name* bölümüne itme analizinin adı yazıldıktan sonra, *Load Case Type* bölümünde *Static*, *Analysis Type* bölümünde *Nonlinear* seçimleri yapılır.

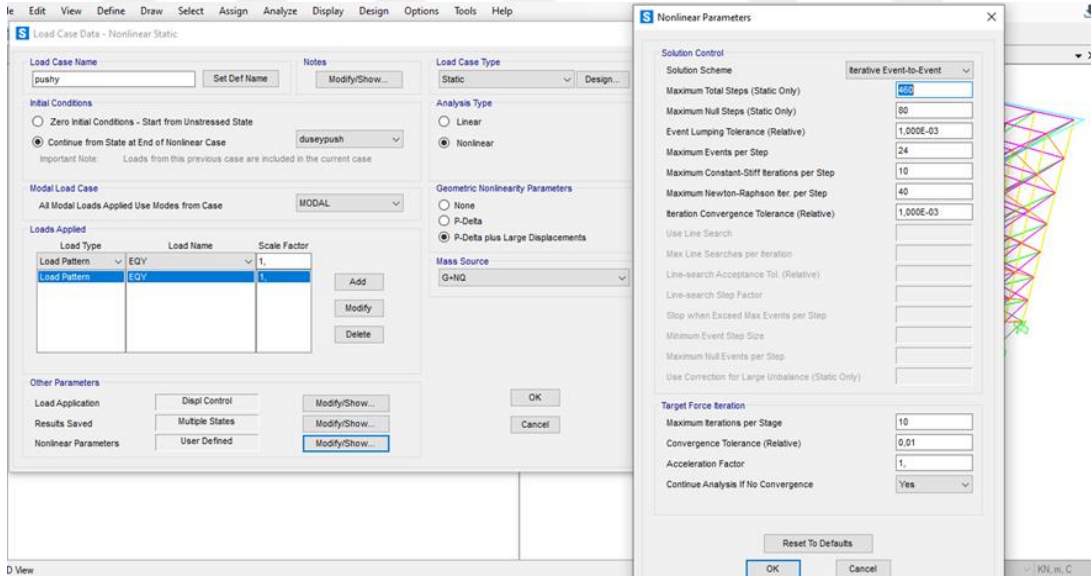
Geometric Nonlinearity Parameters bölümünde *P-Delta plus large displacements* seçeneği seçilir. Yatay yüklerin itme analizi sırasında adım adım arttırılarak uygulanmasından önce düşey yüklerin binaya etkilmiş olması gerekmektedir. Bu sebeple X-Y doğrultularına ait analizlerin başlangıç koşulu olarak *duseypush* analiz durumu seçilmiştir.

Modal Load Case kısmındaki *MODAL* seçeneği seçili durumda bırakılır. *Loads Applied* kısmına, itme analizi sırasında adım adım arttırılarak kullanılacak yük şablonu girilir. Bu yük şablonu sisteme daha önce X doğrultusu için *EQX*, Y doğrultusu için *EQY* olarak tanımlanmıştır. X yönü için yapılan tanımlamalarda *Load Type* kısmından *EQX* seçilir ve

buna karşılık *Scale factor* kısmına 1 değeri yazılır. *Other Parameters* bölümünde 3 adet ayar sekmesi bulunmaktadır.



Şekil 5.3. *pushx* load case data iletişim kutusu



Şekil 5.4. *pushy* load case data diyalog kutusu

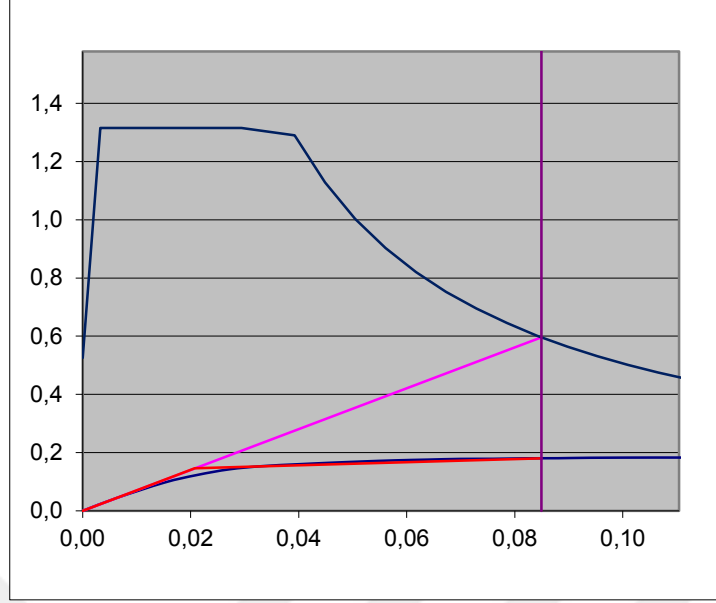
Nonlinear Parameters bölümünde, itme analizi sırasında SAP2000 programının ihtiyaç duyduğu bazı parametreler girilir. Şekil 5.3 ve Şekil 5.4' de tanımlanan bazı parametreler

gösterilmiştir. Bu parametrelerden bazıları yuvarlama sınırları, iterasyon sayıları, toplam hesap adımı sayıları ve plastik mafsalların yük boşalması tipinin seçilmesi gibi konuların detaylarını içerir. Y yönü içinde aynı işlem adımları gerçekleştirildiği için anlatılmamıştır ilgili diyalog kutusuna Şekil 5.4’de yer verilmiştir.

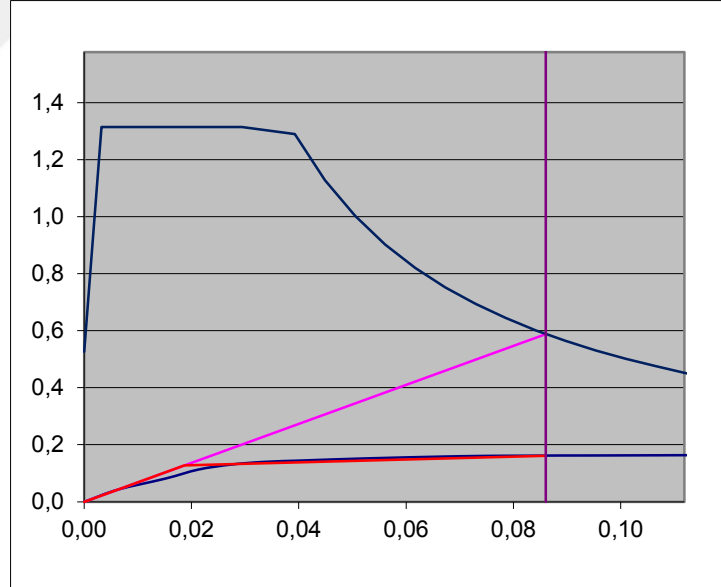
5.1. Depremin Modal Yerdeğiştirme Talebinin Doğrusal Olmayan Spektral Yerdeğiştirme Olarak Elde Edilmesi

Depremin modal yer değiştirme talebinin elde edilmesi, verilen deprem etkisi altında modal kapasite diyagramı tarafından temsil edilen modal tek serbestlik dereceli sistemin en büyük yer değiştirme hesabına karşı gelmektedir. Sistemdeki en büyük yer değiştirme, doğrusal olmayan, spektral yer değiştirme olarak tanımlanmıştır. Çalışmada, radye temel ve sürekli temel sistemine sahip yedi katlı dolgu duvarlı betonarme çerçeve sistemden oluşan 25 adet modelin farklı temel tip ve boyutlarına sahip ve farklı rijitlikte zeminler üzerinde inşa edilmiş durumları dikkate alınarak modellenmiş olup doğrusal olmayan statik itme analizine tabi tutulmuş ve kapasite eğrileri elde edilmiştir.

Taban kesme değeri, toplanmış kat kütleleri ve modal analizden elde edilen kat deplasmanların çarpımıyla bulunan değer oranında katlara X ve Y doğrultularında dağıtılmıştır. Yükler her kata kat hizalarında ağırlık merkezlerinden atanmıştır. Analizlerde doğrusal olmayan davranış için P-Delta ve büyük deformasyon etkileri dikkate alınmıştır. Deplasman talepleri, belirtilen şekilde elde edilen kapasite eğrilerinden 2018 Deprem Yönetmeliği Bölüm 5B.3’e göre hesaplanmıştır.



Şekil 5.5. Referans modele ait X doğrultusu için spektral yer değiştirme-modal yer değiştirme eğrisi



Şekil 5.6. Referans modele ait Y doğrultusu için spektral yer değiştirme-modal yer değiştirme eğrisi

6. ANALİZ SONUÇLARI

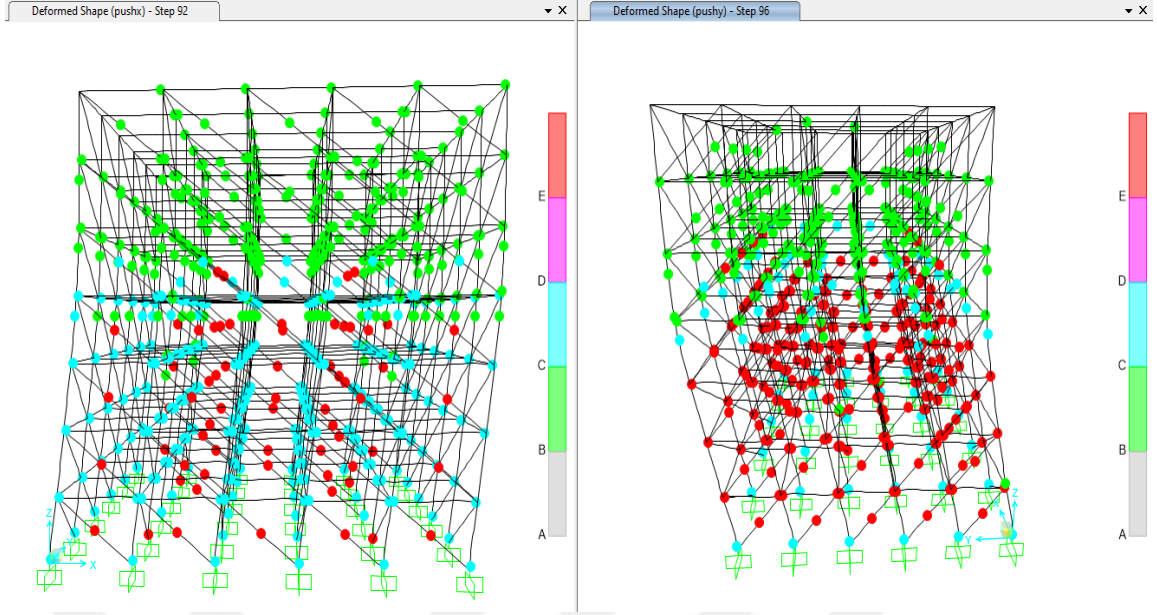
Çalışma kapsamında 7 katlı üç boyutlu model için farklı temel durumu ve zemin rijitliğini dikkate alan iki asal yönde 50 analiz yapılmıştır. Modelleme ve analizde statik hesap programı SAP2000 23.0.0 versiyonu kullanılmış ve model binaların doğrusal olmayan statik itme (pushover) analizleri yapılmıştır (SAP2000, CSI).

Bina modellerinin sismik davranış ve performanslarının belirlenmesi amacıyla doğrusal olmayan model TBDY-2018 göz önüne alınarak hazırlanmıştır. Doğrusal elastik olmayan davranış elemanın uçlarına yerleştirilen plastik mafsallar yoluyla belirlenmiştir. Kolonların eğilme ve aksenal kuvvete maruz kalmaları nedeniyle iki uca plastik mafsallık olarak programda tanımlı otomatik P-M2-M3 mafsalları uygulanmıştır. Kirişler aksenal yük düzeylerinin düşük olması ve eğilmeye çalışmalarını nedeniyle iki uca plastik mafsallık olarak programda tanımlı otomatik M3 mafsalları uygulanmıştır. Dolgu duvarlara P aksenal yük plastik mafsallık atanmıştır.

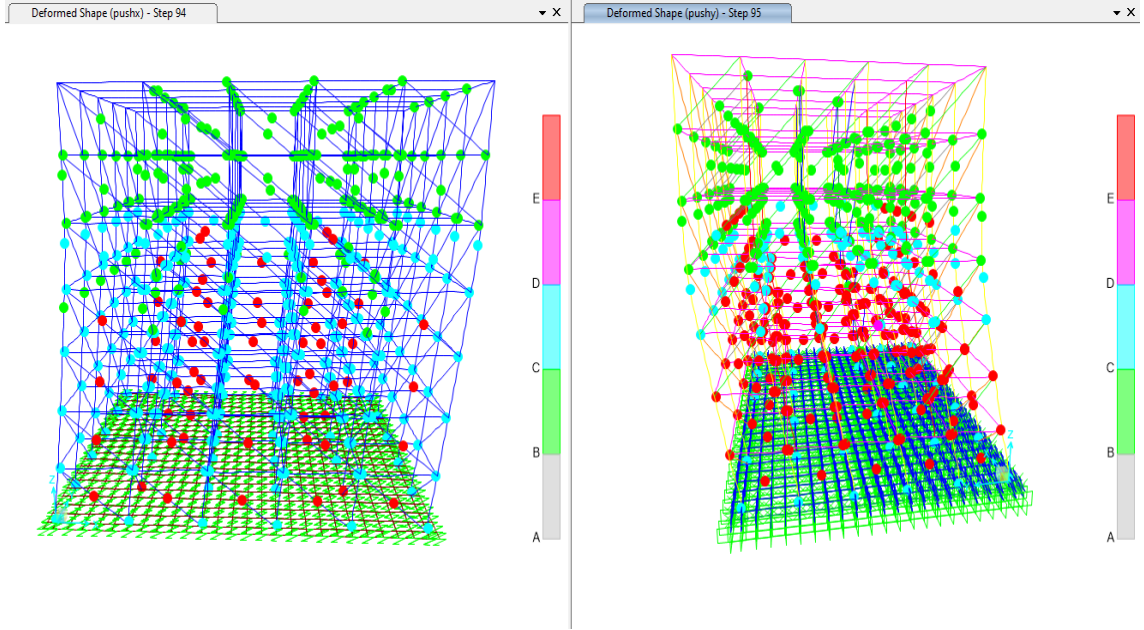
Çalışma kapsamında yapılan 50 adet analiz sonucunda modellere ait kapasite eğrileri Şekil 6.9 ve Şekil 6.10' da verilmiştir. Grafiklerde daha anlaşılır olması bakımından yatay dayanım bina sismik ağırlığına, çatı deplasman değeri de bina yüksekliğine oranlanarak verilmiştir. Temel durumu ve zemin rijitliği değişiminin daha açık olarak görülebilmesi amacıyla bazı modellere ait temel ve zemin rijitlik karşılaştırmaları gösterilmiştir. (bkz. Şekil 6.11- Şekil 6.14) Binaların X ve Y yönündeki periyotları ise Şekil 6.8' de verilmiştir.

Çalışma sonucunda yapılan doğrusal olmayan analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde yapılan 50 adet analiz gözönüne alınacaktır.

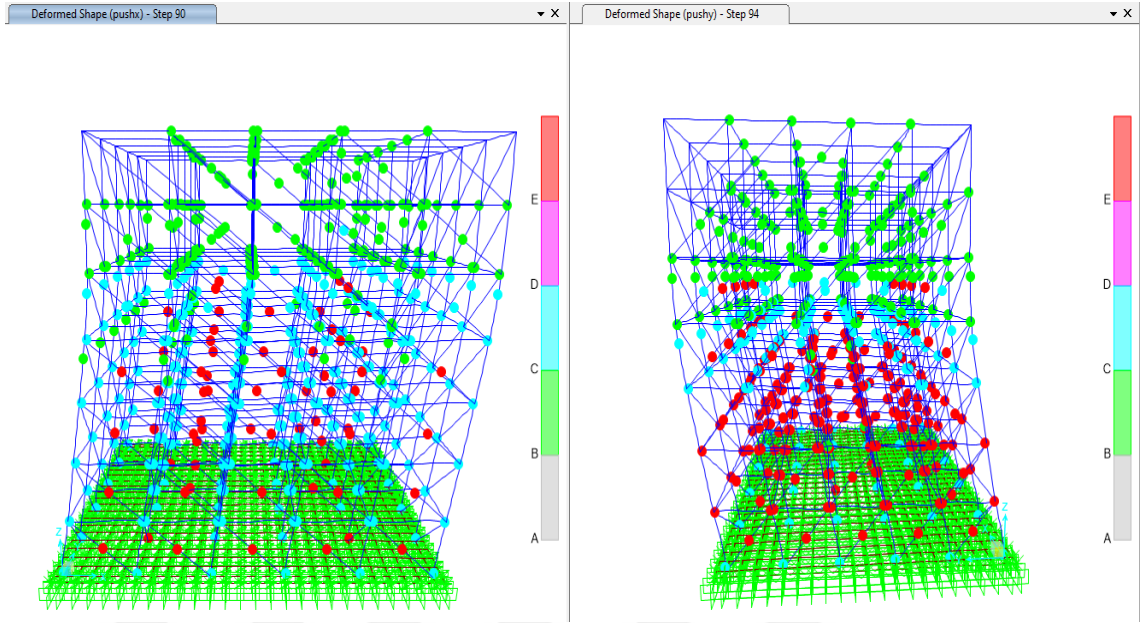
Aşağıda bazı modellere ait göçme mekanizmalarına yer verilmiştir sol taraftakiler X yönüne ve sağ taraftakiler Y yönüne ait.



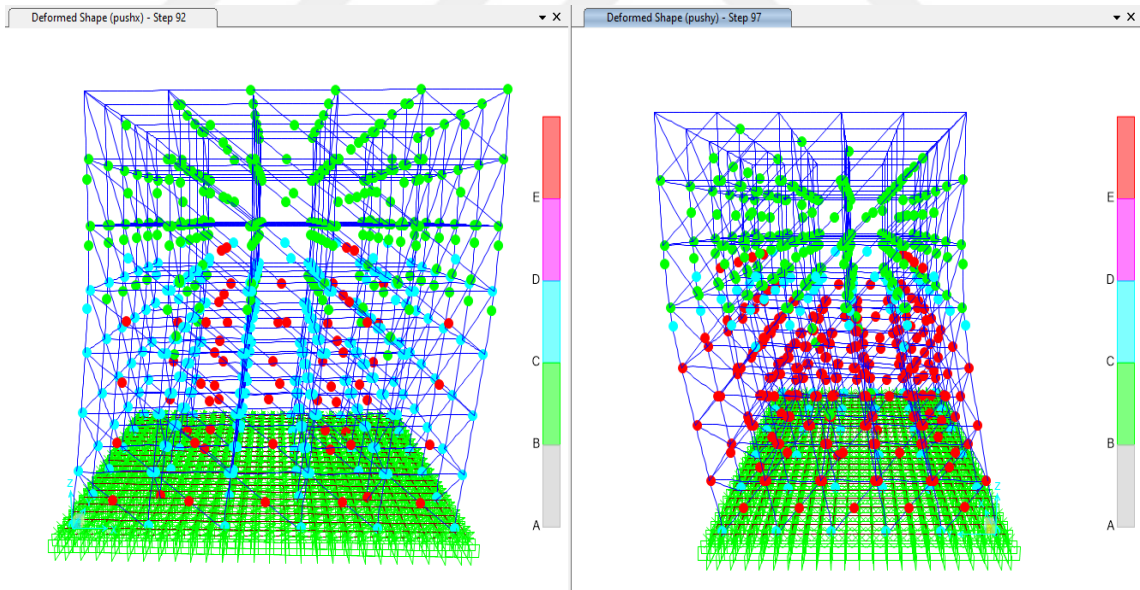
Şekil 6.1. Çerçevesiz-duvarlı referans model sistem göçme mekanizması



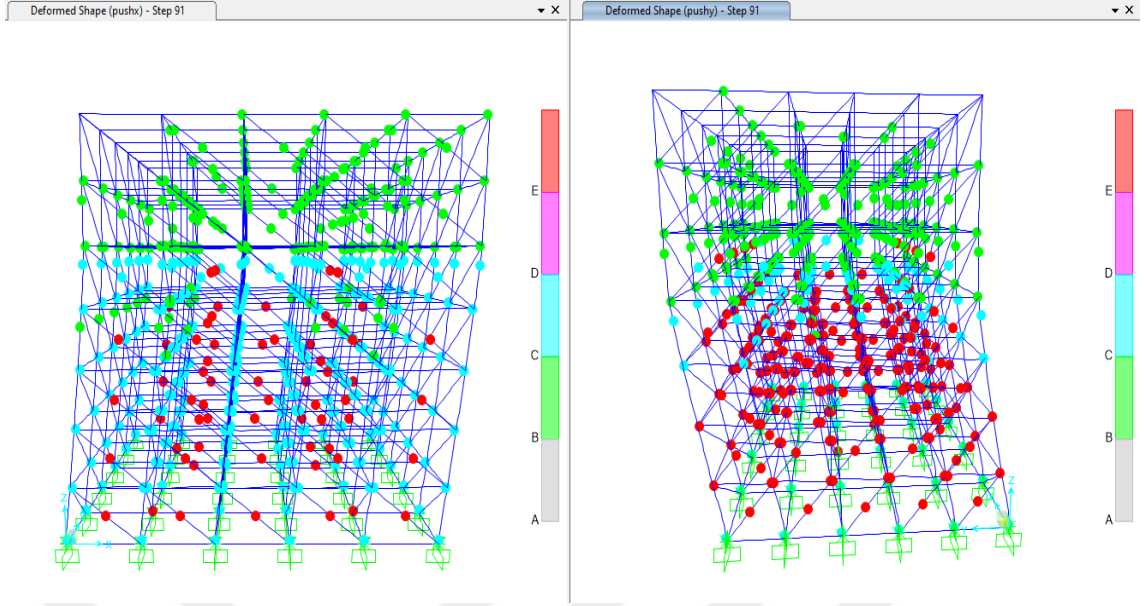
Şekil 6.2. Çerçevesiz-duvarlı R60/YK45000 modele ait sistem göçme mekanizması



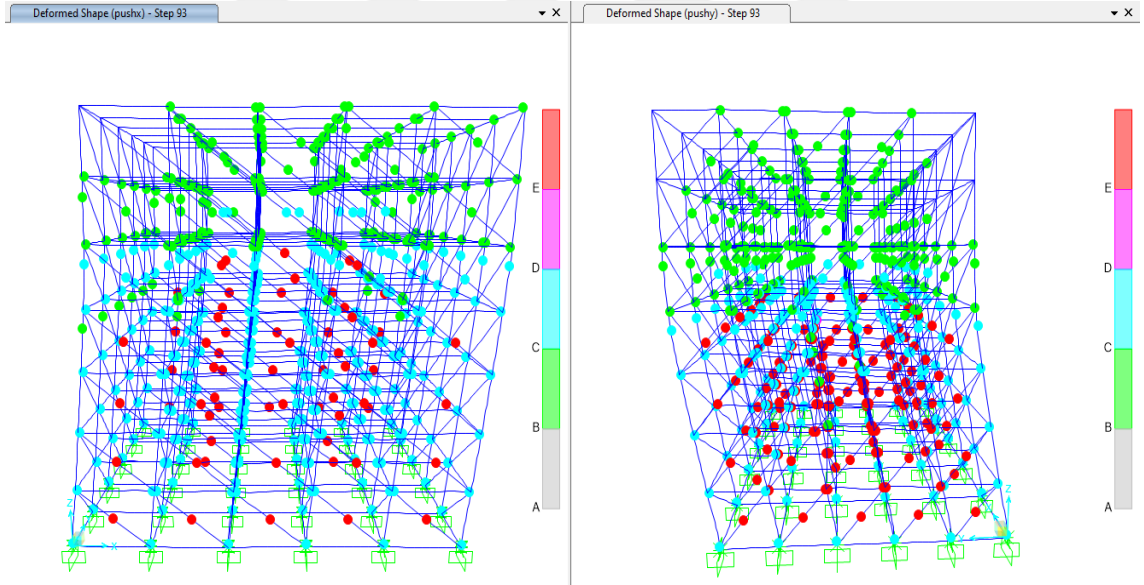
Şekil 6.3. Çerçeveseli-duvarlı R40/YK11200 modele ait sistem göçme mekanizması



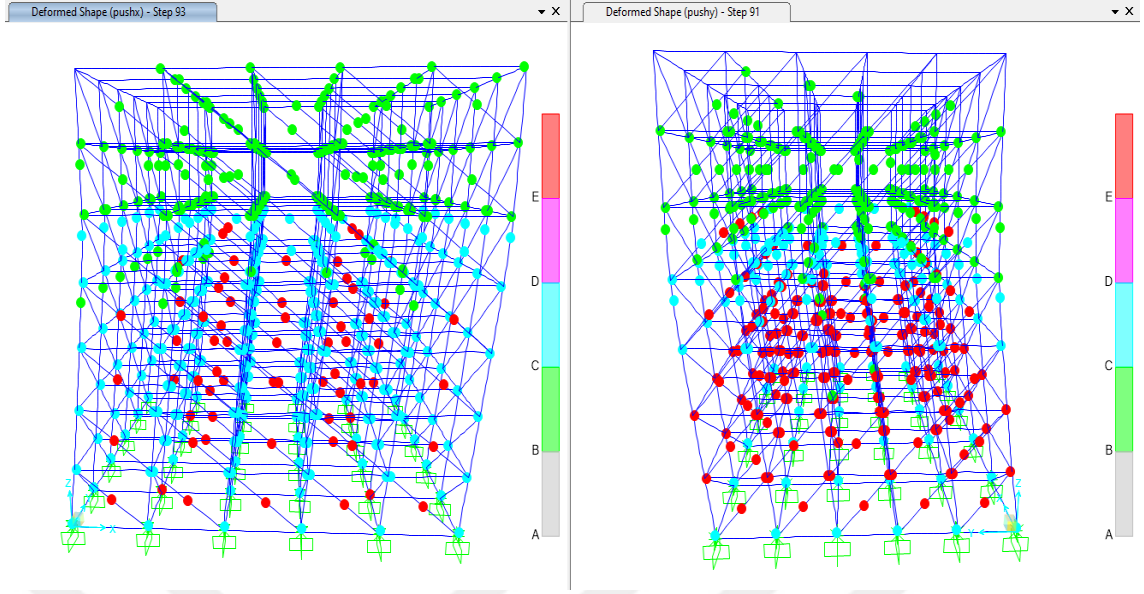
Şekil 6.4. Çerçeveseli-duvarlı R80/YK80000 modele ait sistem göçme mekanizması



Şekil 6.5. Çerçevesiz-duvarlı STR/YK45000 model sistem göçme mekanizması



Şekil 6.6. Çerçevesiz-duvarlı STK/YK11200 model sistem göçme mekanizması



Şekil 6.7. Çerçevesi-duvarlı STC/YK80000 model sistem göçme mekanizması

6. 1. Periyot Değişimi

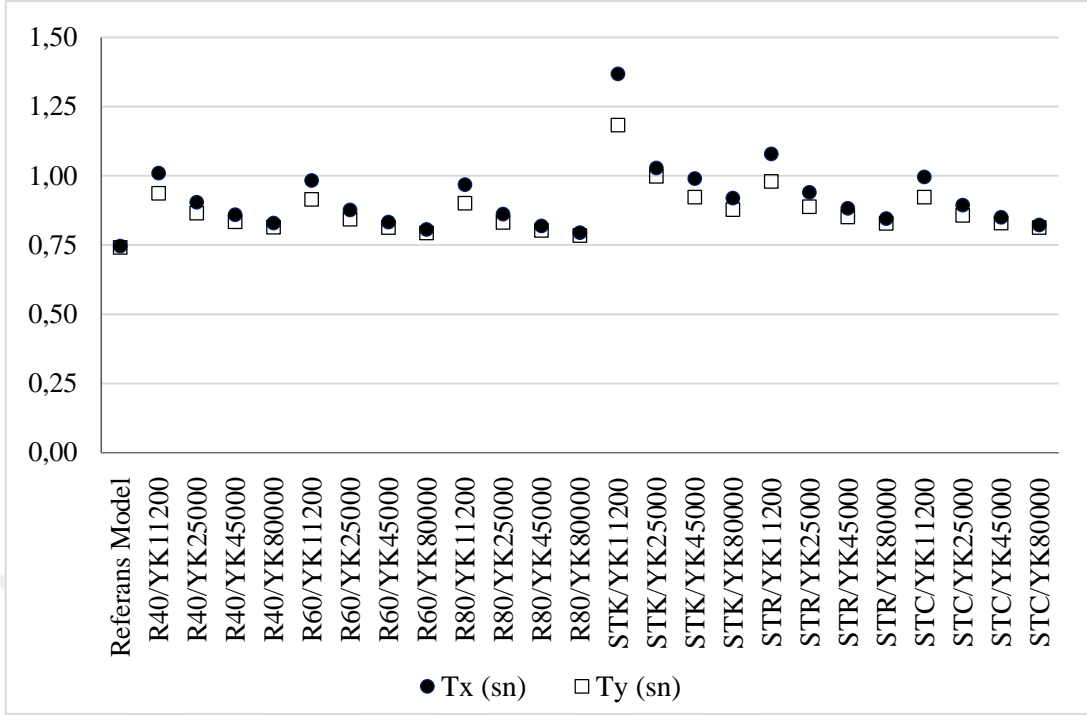
Modellerin her iki asal doğrultularına ait periyot değerleri Çizelge 6.1’ de verilmiş olup çizelgede tüm modellerin periyot değerlerinin referans modele oranlarına da yer verilmiştir.

Çizelge 6.1. Modellerin X ve Y yönlerine ait periyot değerleri ve değişim oranları

Model Adı	Tx (sn)	Ty (sn)	Tx Oran	Ty Oran
REFERANS MODEL	0,74597	0,74180	1,00	1,00
R40/YK11200	1,00990	0,93678	1,35	1,26
R40/YK25000	0,90388	0,86458	1,21	1,17
R40/YK45000	0,85887	0,83361	1,15	1,12
R40/YK80000	0,82958	0,81373	1,11	1,10
R60/YK11200	0,98238	0,91477	1,32	1,23
R60/YK25000	0,87627	0,84301	1,17	1,14
R60/YK45000	0,83313	0,81274	1,12	1,10

Çizelge 6.1. Devam

Model Adı	Tx (sn)	Ty (sn)	Tx Oran	Ty Oran
R60/YK80000	0,80633	0,79349	1,08	1,07
R80/YK11200	0,96740	0,90102	1,30	1,21
R80/YK25000	0,86102	0,83090	1,15	1,12
R80/YK45000	0,81910	0,80230	1,10	1,08
R80/YK80000	0,79412	0,78436	1,06	1,06
STK/YK11200	1,36754	1,18354	1,83	1,60
STK/YK25000	1,02750	0,99847	1,38	1,35
STK/YK45000	0,98970	0,92318	1,33	1,24
STK/YK80000	0,91961	0,87787	1,23	1,18
STR/YK11200	1,07854	0,97959	1,45	1,32
STR/YK25000	0,94039	0,88796	1,26	1,20
STR/YK45000	0,88212	0,85056	1,18	1,15
STR/YK80000	0,84516	0,82771	1,13	1,12
STC/YK11200	0,99566	0,92327	1,33	1,24
STC/YK25000	0,89389	0,85683	1,20	1,16
STC/YK45000	0,85048	0,82946	1,14	1,12
STC/YK80000	0,82273	0,81274	1,10	1,10



Şekil 6.8. Modellere ait X ve Y yönü baskın periyot değerleri

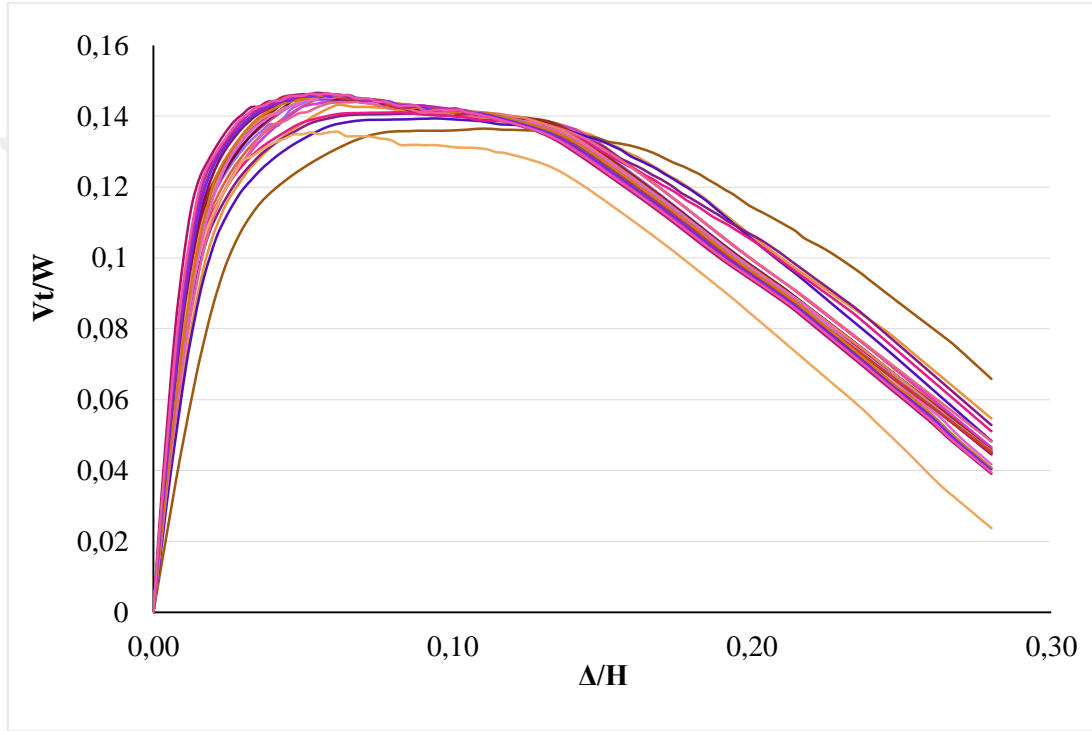
İki doğrultuda yapılan doğrusal olmayan analizler sonucunda; itme analizleri ile belirlenen taban kesme dayanımının sismik ağırlığa ($g+nq$) oranlarının referans modele göre X ve Y doğrularında meydana gelen değişimleri Çizelge 6.2’de verilmiştir. Dinamik davranışı yansıtan kütle katılım durumu dikkate alınarak ve daha sağlıklı karşılaştırma yapılması açısından sismik ağırlık değeri için tüm modellerde ankastre temel kabulü yapılan referans model ağırlığı kullanılmıştır.

Çizelge 6.2. Modellere ait yatay dayanım oran ve değişimleri

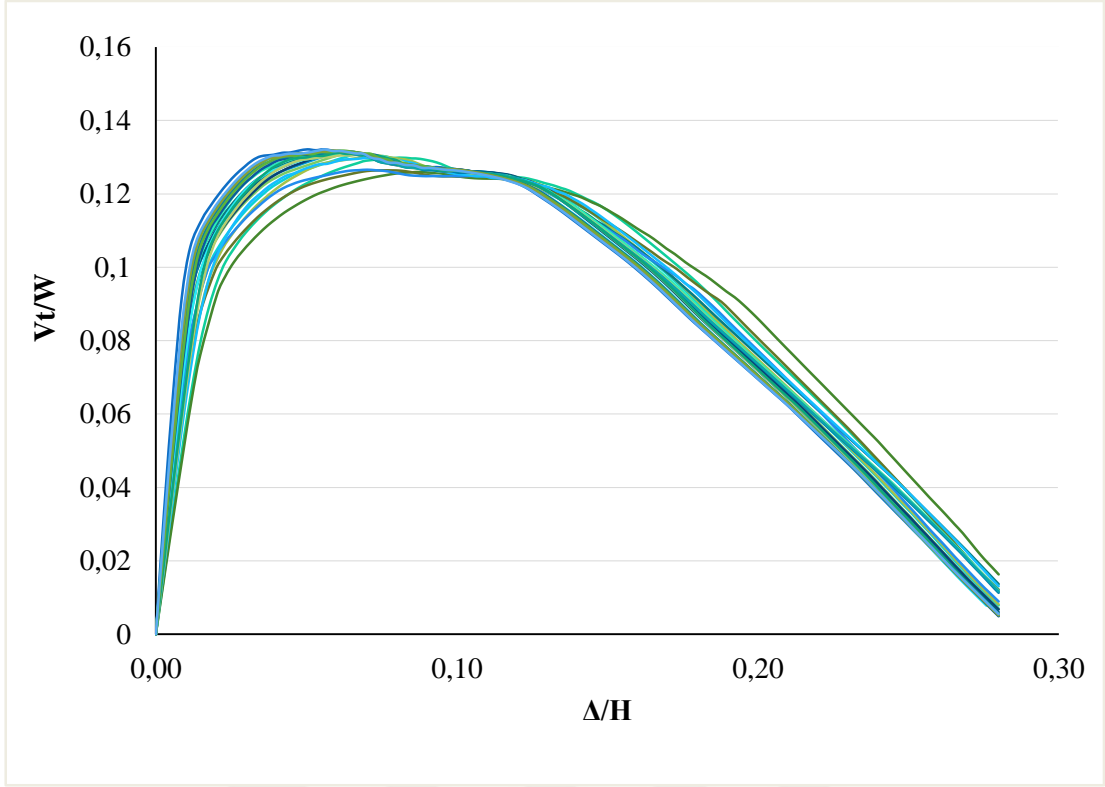
MODEL ADI	TABAN KESME DEĞERİ (kN)		YATAY DAYANIM ORANI		DEĞİŞİM ORANI	
	X YÖNÜ	Y YÖNÜ	X YÖNÜ	Y YÖNÜ	X YÖNÜ	Y YÖNÜ
REFERANS MODEL	6.094	5.494	0,147	0,132	1,000	1,000
R40/YK11200	5.985	5.402	0,144	0,130	0,982	0,983
R40/YK25000	6.044	5.438	0,145	0,131	0,992	0,990
R40/YK45000	5.639	5.452	0,136	0,131	0,994	0,992
R40/YK80000	6.066	5.463	0,146	0,131	0,996	0,994
R60/YK11200	6.044	5.437	0,145	0,131	0,992	0,990
R60/YK25000	6.064	5.469	0,146	0,132	0,995	0,996
R60/YK45000	6.060	5.466	0,146	0,132	0,994	0,995
R60/YK80000	6.078	5.469	0,146	0,132	0,997	0,996
R80/YK11200	6.058	5.453	0,146	0,131	0,994	0,993
R80/YK25000	6.073	5.478	0,146	0,132	0,997	0,997
R80/YK45000	6.084	5.482	0,146	0,132	0,999	0,998
R80/YK80000	6.086	5.490	0,146	0,132	0,999	0,999
STK/YK11200	5.673	4.584	0,136	0,110	0,931	0,929
STK/YK25000	5.795	5.237	0,139	0,126	0,951	0,953
STK/YK45000	5.850	5.256	0,141	0,126	0,960	0,957
STK/YK80000	5.867	5.263	0,141	0,127	0,963	0,958
STR/YK11200	5.957	5.397	0,143	0,130	0,978	0,982
STR/YK25000	6.038	5.444	0,145	0,131	0,991	0,991
STR/YK45000	6.030	5.445	0,145	0,131	0,989	0,991
STR/YK80000	6.050	5.450	0,146	0,131	0,993	0,992
STC/YK11200	5.993	5.423	0,144	0,130	0,983	0,987
STC/YK25000	6.030	5.451	0,145	0,131	0,990	0,992
STC/YK45000	6.052	5.461	0,146	0,131	0,993	0,994
STC/YK80000	6.046	5.470	0,145	0,132	0,992	0,996

6. 2. Artımsal İtme Analizlerinin Sonucunda Tepe Yerdeğiştirmesi-Taban Kesme Kuvveti Eğrilerinin Elde Edilmesi

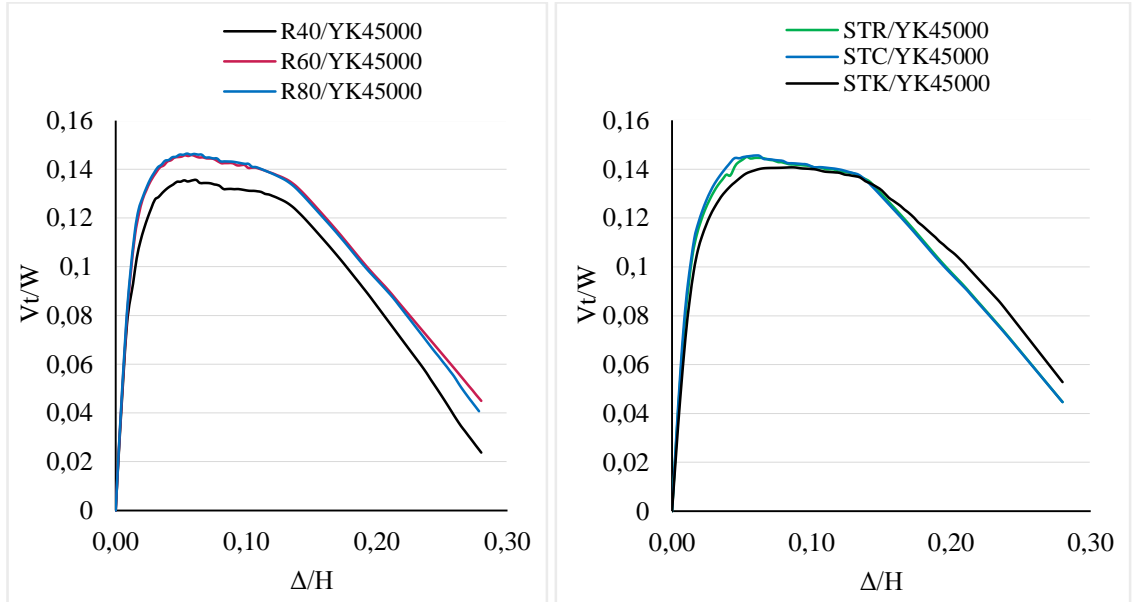
Gerçekleştirilen analizler sonucunda 25 tip binanın, itme eğrisi veya kapasite eğrisi olarak da adlandırılan tepe yerdeğiştirmesi-taban kesme kuvveti eğrileri elde edilmiştir. Elde edilen bu eğriler sırası ile Şekil 6.9 ve Şekil 6.10'da gösterilmiştir.



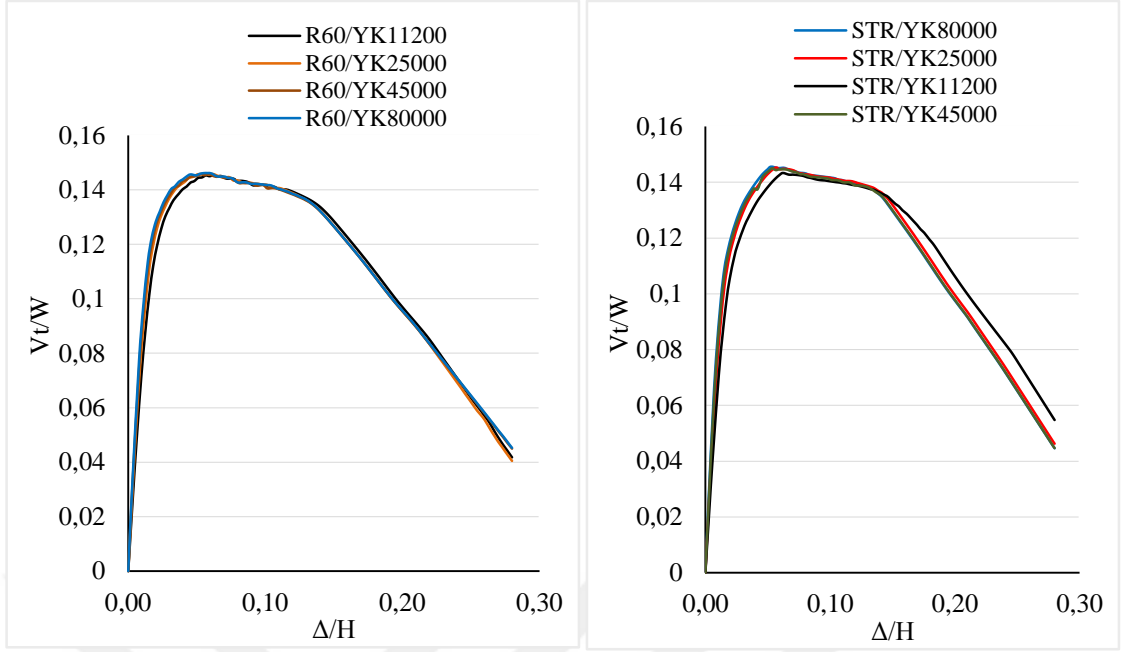
Şekil 6.9. 7 Katlı betonarme çerçeveseli binanın farklı temel ve yatak katsayılarına ait X doğrultusundaki kapasite eğrileri



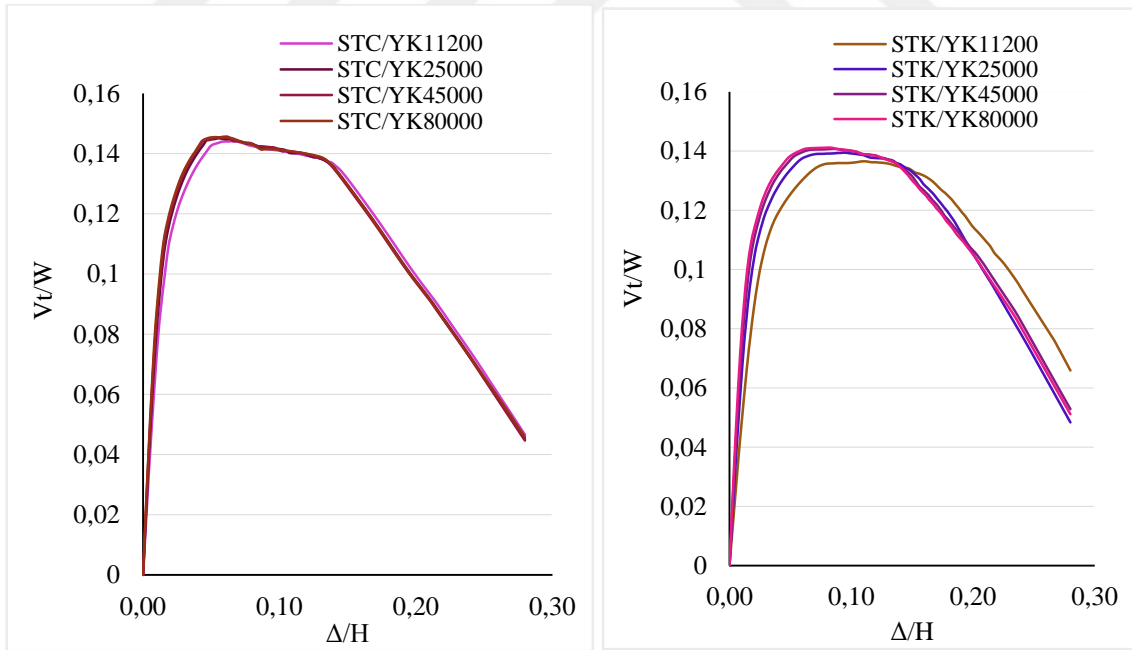
Şekil 6.10. 7 Katlı betonarme çerçevesel binanın farklı temel ve yatak katsayılarına ait Y doğrultusundaki kapasite eğrileri



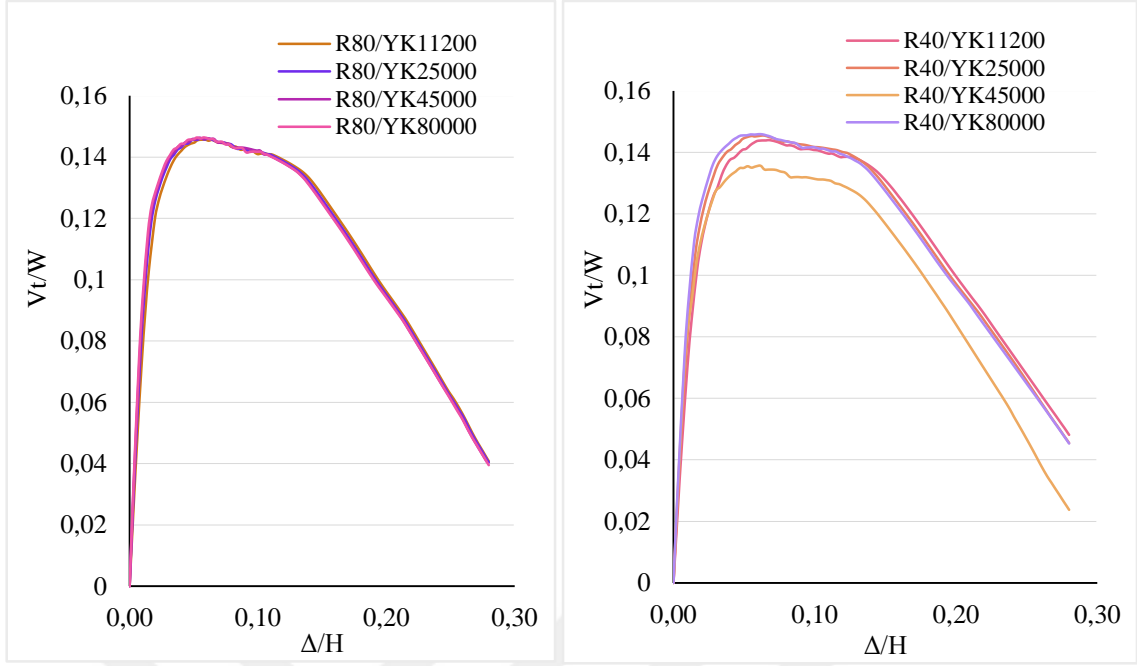
Şekil 6.11. 7 Katlı betonarme çerçevesel binanın yatak katsayısı 45,000 kN/m³ için farklı temel tiplerine ait X doğrultusundaki kapasite eğrileri



Şekil 6.12. 7 Katlı betonarme çerçevesel binanın yatak katsayısı $45,000 \text{ kN/m}^3$ için farklı temel tiplerine ait X doğrultusundaki kapasite eğrileri



Şekil 6.13. 7 Katlı betonarme çerçevesel binanın yatak katsayısı $45,000 \text{ kN/m}^3$ için farklı temel tiplerine ait X doğrultusundaki kapasite eğrileri



Şekil 6.14. 7 Katlı betonarme çerçeve binanın yatak katsayısı 45,000 kN/m³ için farklı temel tiplerine ait X doğrultusundaki kapasite eğrileri

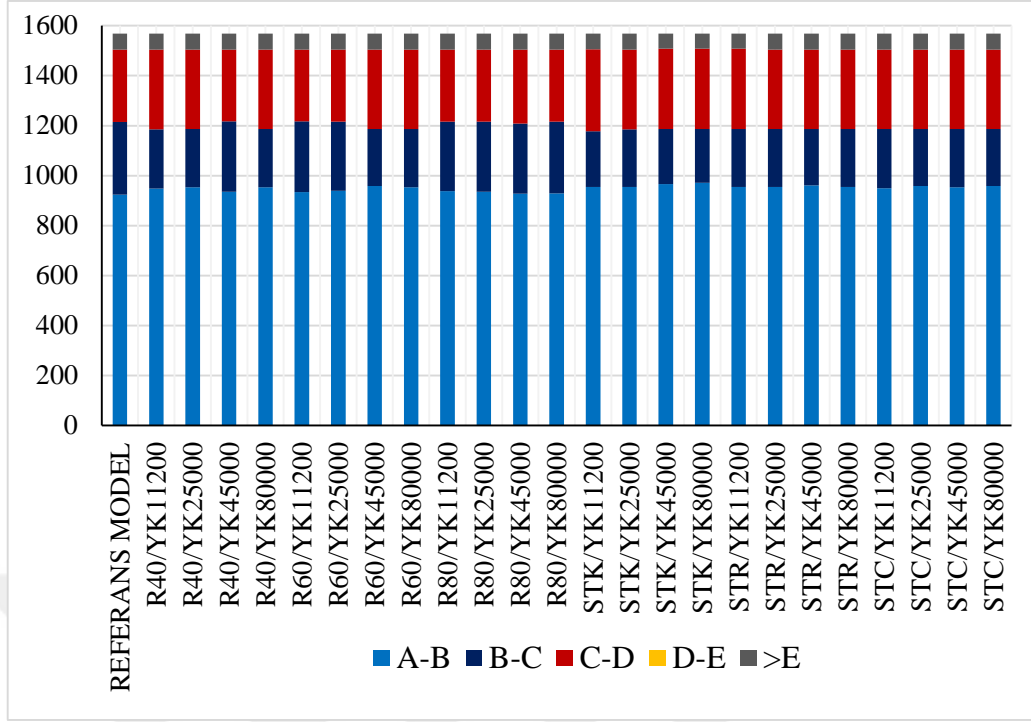
6.3. Hasar Durumu

X yönü için yapılan artımsal itme analizi sonucu dayanımın % 80 e düştüğü adımda mafsallardaki hasar durumu Çizelge 6.3’de verilmiştir. Çizelgede A-E harfleri tipik plastik mafsal durumu koordinatlarını, SH: Sınırlı Hasar, KH: Kontrollü Hasar, GÖ: Göçme Öncesi hasar sınırını temsil etmektedir.

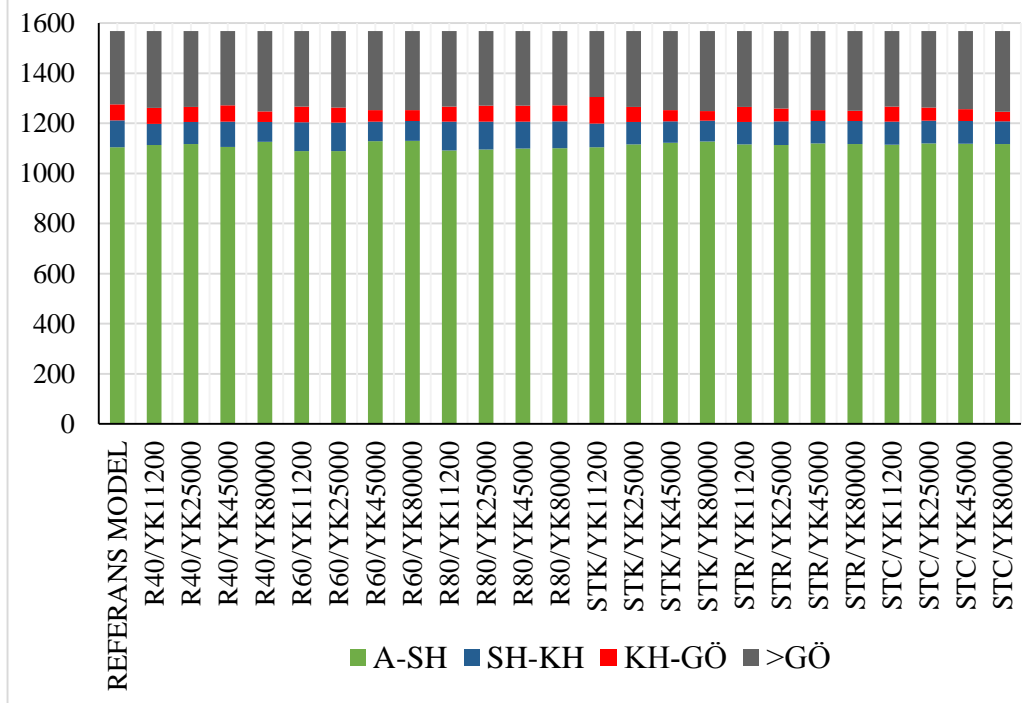
Çizelge 6.3. Modellerin plastik mafsal hasar durumu dağılımı

MODEL ADI		A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-SH	SH-KH	KH-GÖ	>GÖ	Total
REFERANS MODEL		924	291	289	0	64	1.104	107	64	293	1.568
RADYE TEMEL	R40/YK11200	948	237	319	0	64	1.113	85	64	306	1.568
	R40/YK25000	953	233	318	0	64	1.117	88	60	303	1.568
	R40/YK45000	936	282	286	0	64	1.105	102	64	297	1.568
	R40/YK80000	954	232	318	0	64	1.126	79	42	321	1.568
	R60/YK11200	934	284	286	0	64	1.089	115	62	302	1.568
	R60/YK25000	939	277	288	0	64	1.089	114	60	305	1.568
	R60/YK45000	958	228	318	0	64	1.128	78	47	315	1.568
	R60/YK80000	954	232	318	0	64	1.130	79	43	316	1.568
	R80/YK11200	938	278	288	0	64	1.091	115	61	301	1.568
	R80/YK25000	936	280	288	0	64	1.095	112	63	298	1.568
	R80/YK45000	928	280	296	0	64	1.099	108	63	298	1.568
	R80/YK80000	929	287	288	0	64	1.100	108	63	297	1.568
SÜREKLİ TEMEL	STK/YK11200	955	223	328	0	62	1.104	95	106	263	1.568
	STK/YK25000	955	230	319	0	64	1.116	89	60	303	1.568
	STK/YK45000	966	220	322	0	60	1.122	86	44	316	1.568
	STK/YK80000	971	215	322	0	60	1.127	83	38	320	1.568
	STR/YK11200	955	231	322	0	60	1.116	89	60	303	1.568
	STR/YK25000	955	231	318	0	64	1.113	95	51	309	1.568
	STR/YK45000	961	225	318	0	64	1.119	90	44	315	1.568
	STR/YK80000	955	231	318	0	64	1.117	92	41	318	1.568
	STC/YK11200	949	237	318	0	64	1.115	91	60	302	1.568
	STC/YK25000	958	228	318	0	64	1.119	91	53	305	1.568
	STC/YK45000	954	232	318	0	64	1.118	91	47	312	1.568
	STC/YK80000	959	227	318	0	64	1.117	91	38	322	1.568

Hasar durumlarının daha iyi anlaşılabilmesi için Çizelge 6.3'da bulunan verilerin grafiksel gösterimi (Şekil 6.15 ve Şekil 6.16) verilmiştir.



Şekil 6.15. Modellere ait plastik mafsalsal durumu dağılımı



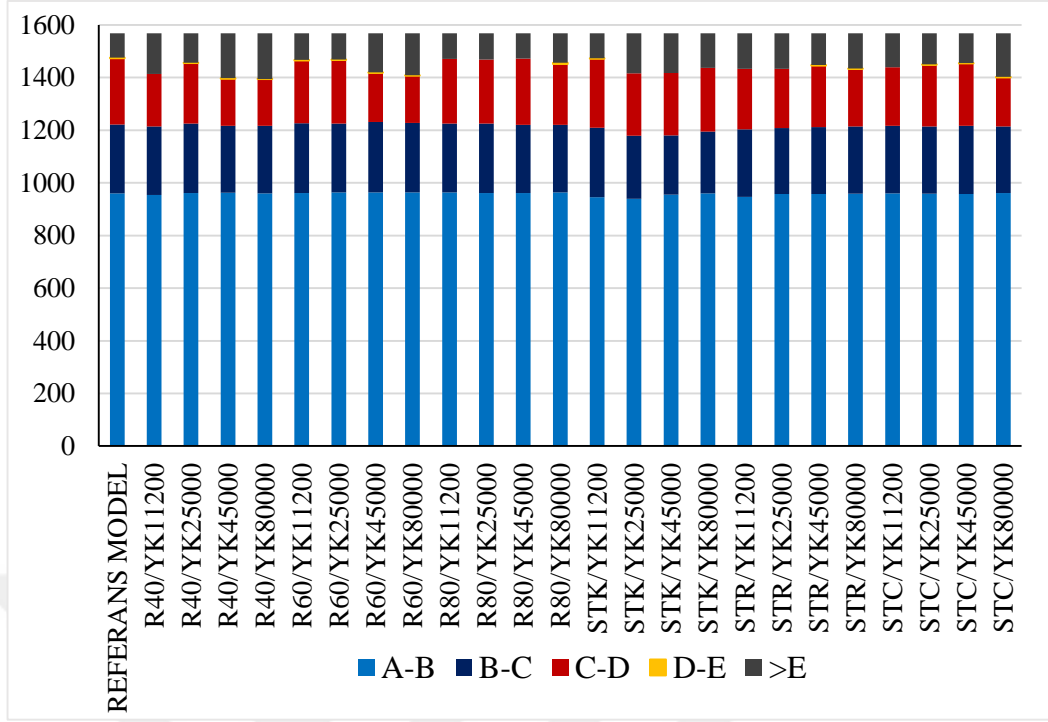
Şekil 6.16. Modellere ait plastik mafsalsal hasar durumu dağılımı

Y yönü için yapılan artımsal itme analizi sonucu dayanımın % 80 e düştüğü adımda mafsallardaki hasar durumu Çizelge 6.4’de verilmiştir.

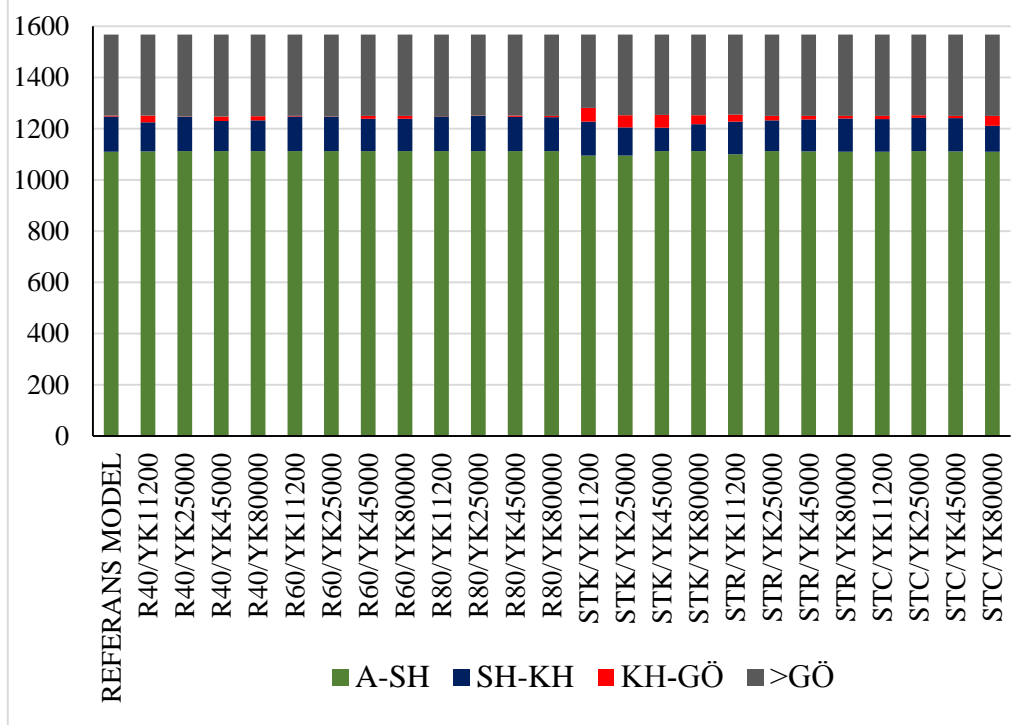
Çizelge 6.4. Modellerin plastik mafsal hasar durumu dağılımı

MODEL ADI		A-B	B-C	C-D	D-E	>E	A-SH	SH-KH	KH-GÖ	>GÖ	Total
REFERANS MODEL		960	262	252	2	92	1.110	137	4	317	1.568
RADYE TEMEL	R40/YK11200	954	261	199	0	154	1.111	114	26	317	1.568
	R40/YK25000	962	264	229	2	111	1.112	134	2	320	1.568
	R40/YK45000	963	254	179	2	170	1.112	118	18	320	1.568
	R40/YK80000	960	257	177	1	173	1.112	121	16	319	1.568
	R60/YK11200	962	265	238	3	100	1.112	136	2	318	1.568
	R60/YK25000	964	261	243	1	99	1.112	134	1	321	1.568
	R60/YK45000	964	267	188	1	148	1.112	127	11	318	1.568
	R60/YK80000	964	264	180	1	159	1.112	127	11	318	1.568
	R80/YK11200	964	261	246	0	97	1.112	135	1	320	1.568
	R80/YK25000	962	263	244	0	99	1.112	138	1	317	1.568
	R80/YK45000	962	259	251	0	96	1.112	134	5	317	1.568
	R80/YK80000	964	257	231	4	112	1.112	133	5	318	1.568
SÜREKLİ TEMEL	STK/YK11200	946	264	262	1	95	1.095	132	54	287	1.568
	STK/YK25000	940	239	237	0	152	1.095	110	48	315	1.568
	STK/YK45000	955	225	238	0	150	1.112	92	50	314	1.568
	STK/YK80000	960	235	242	0	131	1.112	105	35	316	1.568
	STR/YK11200	947	256	230	0	135	1.100	127	28	313	1.568
	STR/YK25000	958	251	225	0	134	1.112	121	17	318	1.568
	STR/YK45000	958	254	234	2	120	1.111	125	14	318	1.568
	STR/YK80000	959	256	219	1	133	1.110	130	10	318	1.568
	STC/YK11200	960	257	222	0	129	1.110	128	12	318	1.568
	STC/YK25000	959	256	234	2	117	1.112	131	10	315	1.568
	STC/YK45000	958	259	237	1	113	1.111	130	9	318	1.568
	STC/YK80000	962	252	186	3	165	1.110	101	39	318	1.568

Hasar durumlarının daha iyi anlaşılabilmesi için Çizelge 6.4’da bulunan verilerin grafiksel gösterimi (Şekil 6.17 ve Şekil 6.18) verilmiştir.



Şekil 6.17. Modellere ait plastik mafsals durumu dağılımı



Şekil 6.18. Modellere ait plastik mafsals hasar durumu dağılımı

6. 4. Talep Değişimi

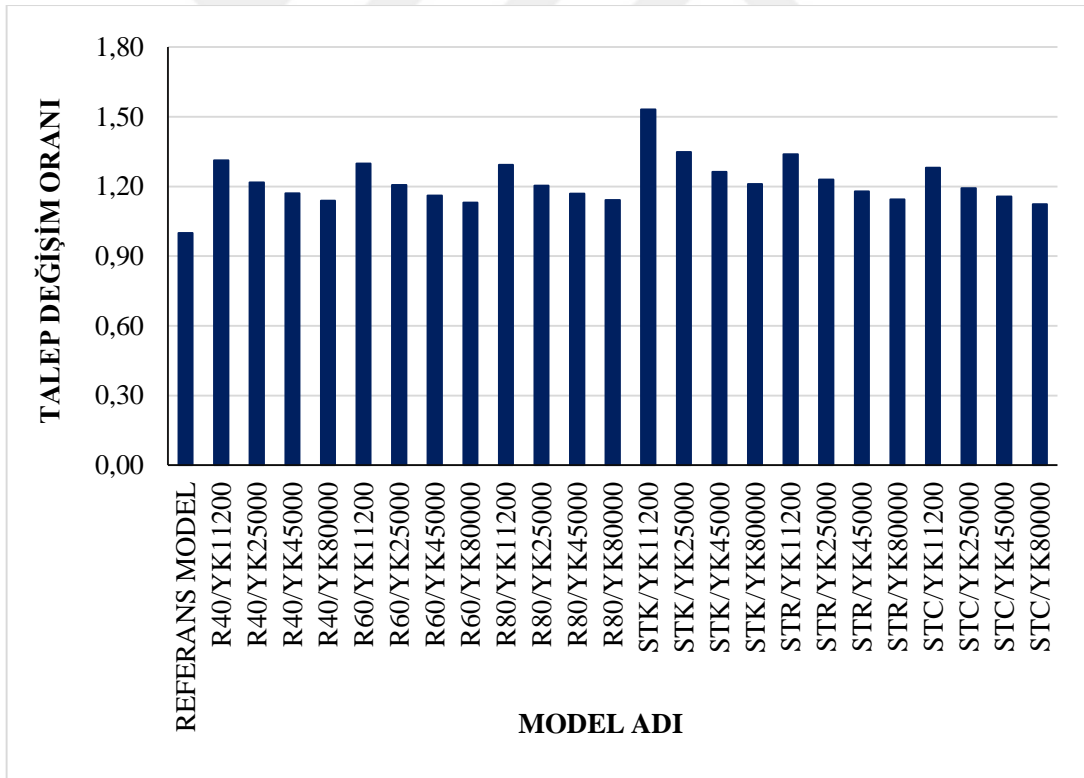
Ankastre temel kabulüne göre önemli değişime sahip bina deplasman talep değerleri Çizelge 6.5’de verilmiştir. Deplasman talepleri 2018 Deprem Yönetmeliği dikkate alınarak hesaplanan çatı deplasman talep değerleri olarak verilmektedir. Oranlardaki yüksek değişimler göze çarpmaktadır (bkz. Şekil 6.19 ve Şekil 6.20).

Çizelge 6.5. Bina modelleri çatı deplasman talebi değerleri ve referans modele göre değişim oranları

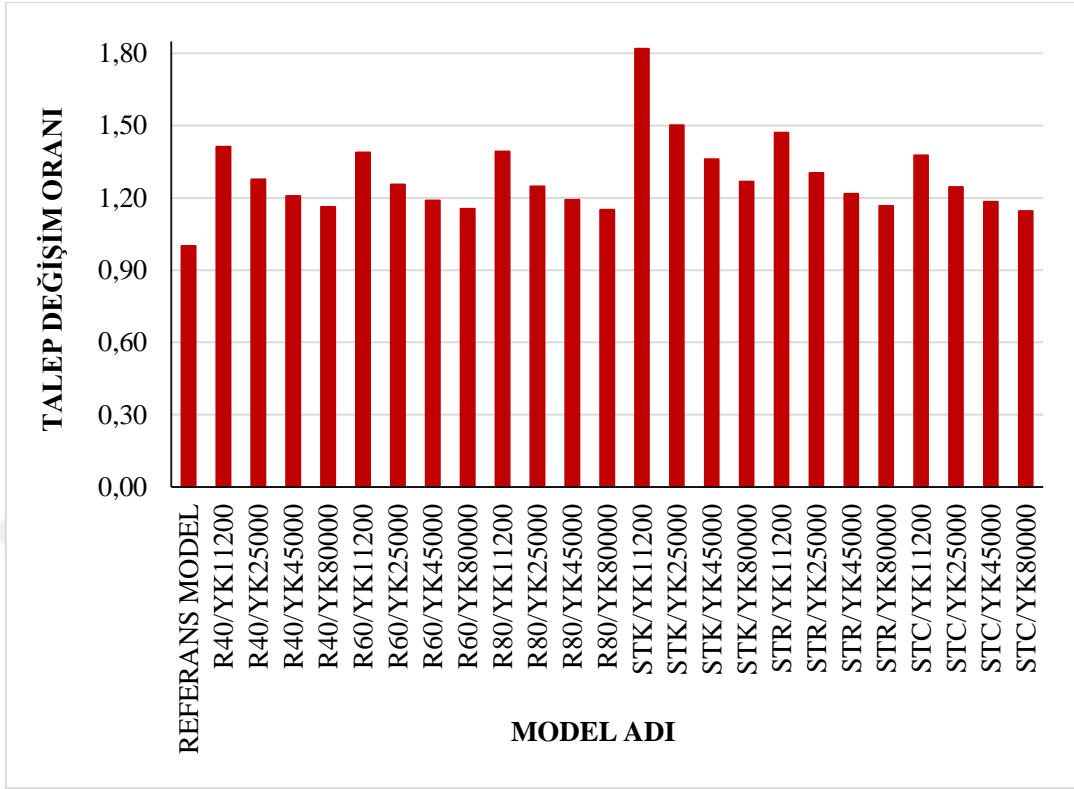
MODEL ADI	Deplasman Talep Değerleri (m)		ORAN		
	X YÖNÜ	Y YÖNÜ	X YÖNÜ	Y YÖNÜ	
REFERANS MODEL	0,110	0,111	1,00	1,00	
RADYE TEMEL	R40/YK11200	0,145	0,157	1,31	1,41
	R40/YK25000	0,134	0,142	1,22	1,28
	R40/YK45000	0,129	0,134	1,17	1,21
	R40/YK80000	0,126	0,129	1,14	1,16
	R60/YK11200	0,144	0,154	1,30	1,39
	R60/YK25000	0,133	0,139	1,21	1,26
	R60/YK45000	0,128	0,132	1,16	1,19
	R60/YK80000	0,125	0,128	1,13	1,15
	R80/YK11200	0,143	0,155	1,29	1,39
	R80/YK25000	0,133	0,139	1,20	1,25
	R80/YK45000	0,129	0,132	1,17	1,19
	R80/YK80000	0,126	0,128	1,14	1,15
SÜREKLİ TEMEL	STK/YK11200	0,169	0,202	1,53	1,82
	STK/YK25000	0,149	0,167	1,35	1,50
	STK/YK45000	0,139	0,151	1,26	1,36
	STK/YK80000	0,134	0,141	1,21	1,27
	STR/YK11200	0,148	0,163	1,34	1,47

Çizelge 6.5. Devam

MODEL ADI		Deplasman Talep Değerleri (m)		ORAN	
		X YÖNÜ	Y YÖNÜ	X YÖNÜ	Y YÖNÜ
SÜREKLİ TEMEL	STR/YK25000	0,136	0,145	1,23	1,30
	STR/YK45000	0,130	0,135	1,18	1,22
	STR/YK80000	0,126	0,130	1,14	1,17
	STC/YK11200	0,142	0,153	1,28	1,38
	STC/YK25000	0,132	0,138	1,19	1,25
	STC/YK45000	0,128	0,131	1,16	1,18
	STC/YK80000	0,124	0,127	1,12	1,15



Şekil 6.19. X Doğrultusuna ait deplasman talebi değişimi oranları



Şekil 6.20. Y Doğrultusuna ait deplasman talebi değişimi oranları

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapı sistemlerinin önemli bir parçası olan temellerin yapısal tasarımı, genellikle temel altındaki zeminin niteliklerini ihmal eden ve yapı-zemin etkileşimini dikkate almayan metotlarla yapılmaktadır. Yapı-zemin etkileşiminin eksiksiz bir şekilde incelenebilmesi için, üstyapıdan aktarılan yükler altında gerçek zemin davranışını göz önünde bulunduracak modellerin oluşturulması gerekmektedir. Yapılan çalışmada, radye temel ve sürekli temel sistemine sahip yedi katlı dolgu duvarlı betonarme çerçeve sistemden oluşan 25 adet modelin farklı temel tip ve boyutlarına sahip ve farklı rijitlikte zeminler üzerinde inşa edilmiş durumları dikkate alınmıştır. Türkiye'deki yapı stoğunu temsil edebileceği düşünülen 7 katlı betonarme çerçeveli binalar SAP2000 programı ile modellenmiş ve analiz edilmiştir. Çalışmada, dolgu duvarların da dikkate alındığı betonarme çerçeve model sabit tutularak, radye ve sürekli temel kesitleri değiştirilmiştir. Daha sonra bu modeller yatak katsayısı 11.200, 25.000, 45.000, 80.000 kN/m³ alınarak yapı özellikleri ve kapasite eğrileri kıyaslanmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen bulgular aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Yapı periyodu özellikle deprem kuvvet ve deplasman talebinin belirlenmesinde kilit öneme sahip bir parametredir. Yapı periyodunda ankastre temel kabulüne göre büyük değişimler gözlenmiştir. Radye temellerde yönetmelik şartlarına uyulsa bile, zemin rijitliğine bağlı olarak ankastre temele göre %35'e varan oranlarda periyot artışları görülmektedir.
- Sürekli temellerde temel boyutlarına daha bağlı periyot değişimi görülmektedir. Yönetmelik şartlarına uygun sürekli temellerde zemin rijitliğine bağlı olarak %12 ila %45 arasında periyot uzaması görülmüştür. Zayıf zemin durumları ve yönetmelik şartlarının altında temellerde periyot değişimi %83 gibi çok yüksek değerlere ulaşmaktadır.
- Periyot değişimine zemin düşey yatak katsayısının değişiminin etkisi, radye temellerde incelenen geometrik durumu aynı olduğundan tüm durumlar için iki uç değer arasında (11.200 kN/m³ ve 80.000 kN/m³) ortalama olarak %18

mertebesindedir. Sürekli temel ise zemin yatak katsayısına daha hassas durumdadır ve ilgili değişim yönetmeliğe uyulmayan temel durumu için %50 değerine yaklaşabilmektedir. Yönetmeliğe uygun sürekli temelde ise bu değer ortalama %23 seviyesindedir.

- Doğrusal elastik olmayan artımsal itme analizi sonuçlarına göre yapıların yatay dayanım kapasitesi ankastre temel kabulünden daha az etkilenmektedir. Çoğu durumda değişim % 2.0 mertebesinden daha aşağıdadır. Ancak yönetmelik şartlarının altında sürekli temel kullanılması durumunda ve zemin yatak katsayısının da 25.000 kN/m³ seviyesinin altında olması durumunda % 5.0'e varan kayıplar oluşabilmektedir. Yatak katsayısı 11.200 kN/m³ olan zeminlerde kayıplar %7.0'ye ulaşabilmektedir.
- Hasar durumları değerlendirildiğinde genel olarak (YZE'de) aynı deplasman düzeyi tanımı için ankastre temel durumuna göre ağır hasarlı eleman sayısında (GÖ ilerisinde) artış meydana gelmiştir. Çoğu durumda dikkate alınan sürekli ve radye temellere sahip modellerde ağır hasarlı eleman sayısı ankastre duruma göre % 10'a varan oranda artmıştır. Bunun tek istisnası yönetmelik seviyesinin de üzerinde radye temele sahip modeldir. Bu modelde artış oranı en kötü zemin durumu için bile % 3.0'ın altındadır.
- İlginç şekilde aynı temel durumu için genel olarak zemin rijitliği arttıkça ağır hasarlı eleman oranında artış oluşmaktadır. Bu duruma yüksek zemin rijitliği sebebiyle modellerde oluşan daha az esnek davranış sebep olmuş olabilir.

Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler

- Gerçekleştirilen çalışmada stok ortalaması baz alınarak üç boyutlu tasarlanan bina modelleri statik analize tabi tutulmuştur, gelecek çalışmalarda dinamik analizler yapıлып karşılaştırılabilir. Statik ve dinamik analiz sonucunda yapıda oluşan hasar dağılımları birbirleri ile kıyas yapılarak incelenebilir.
- Kullanılan yapı modelleri düzenli taşıyıcı sisteme sahiptir. Yapısal düzensizliklerin dikkate alındığı çalışmalar gerçekleştirilebilir.

- Taşıyıcı sistem davranışının daha gerçekçi belirlenebilmesi için yapılan çözümlerde binada bulunan dolgu duvar özelliklerinin doğru bir şekilde tanımlanması ve modellenmesi gerekmektedir. Literatürde dolgu duvarlarla ilgili birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen araştırmacılara ortalama bir dolgu duvar tasarlatacak verilere sahip bir çalışma yapılmamış tasarlanan modellerde bu konula ilgili çalışmalar yapılabilir.



KAYNAKLAR

- Akyürek, O., (2014). Betonarme bina performansına dolgu duvarların etkisi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 86s. Isparta.
- Akyürek, O., Tekeli, H., Demir, F. (2018). Plandaki dolgu duvar yerleşiminin bina performansı üzerindeki etkisi, *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 1(10), 42-55.
- Anand, V., Kumar, S. R. S. (2018). Seismic soil-structure interaction: A state-of-art review, *Structures*, (16), 317-326.
- Anonim (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete, Ankara.
- Asteris, P. G.(2003). Lateral stiffness of brick masonry infilled plane frames, *J. Struct. Eng.*, 129(8), 1071-1079.
- Avcıoğlu, O. (2015). İki parametrelili zemine oturan betonarme yapıların doğrusal olmayan hesabı ve görsel tabanlı bir bilgisayar yazılımı, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 201s, İstanbul.
- Aydemir, M. E. (2012). Soil structure interaction effects on multistorey R/C structures, *International Journal of Electronics; Mechanical and Mechatronics Engineering*, (2), 298-302.
- Aydinoğlu, M. N. (1977). Üstyapı-zemin ortak sisteminin deprem hesabı, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat fakültesi, Doktora Tezi, 268s, İstanbul.
- Aydinoğlu, M.N., Celep, Z., Özer, E., Sucuoğlu, H. (2009). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik Açıklamalar ve Örnekler Kitabı, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Balojevic, G., Radnic, J., Matesan, D., Grgic, N., Banovic, I. (2016). Comparison of developed numerical macro and micro masonry models for static and dynamic analysis of masonry-infilled steel frames. *Latin American Journal of Solids and Structures*, 13(12), 2251-2265.
- Bayrak, O. F., Bikçe, M. (2019). Dolgu duvarın yapısal düzensizliklere ve performansa etkisinin mevcut bir yapı üzerinde incelenmesi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 3(24), 241-254
- Beklen, C. (2009) Binalarda dolgu duvar etkisinin incelenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 150s. Adana.

- Beklen, C., Çagatay, İ. H. (2009) Çerçevelerde Dolgu Duvar Modellerinin İncelenmesi, *Çukurova Üniversitesi Mimarlık Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 1(24), 77-90.
- Bozkurt, İ. (2017). Yayılı temel boyutlandırmada yatak katsayısı kavramının uygulanabilirliği, İstanbul Kültür Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 59s, İstanbul.
- Bowles, J. E., (1996). *Foundation Analysis and Design*: McGraw-Hill Companies, Inc., New York, USA.
- Celep, Z. (2014). Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme: Deprem Yönetmeliği (2007) Kavramları, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Celep, Z. (2018). Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.
- Çağlar, N., Garip, Z. Ş., Yaman, Z. D. (2005). Deprem Etkisindeki Betonarme Yapılarda Yapı-Zemin Etkileşimi, Deprem Sempozyumu, 23-25 Mart 2005, 1089-1096s, Kocaeli.
- Çaycı, B.T., İnel, M, Kamal, M. (2017). Zemin Rijitliğindeki Değişimin Yapıların Sismik Davranışı Üzerindeki Etkileri, Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11-13 Ekim 2017, Eskişehir.
- Cayci, B. T., Inel, M., Ozer, E. (2021). Effect of Soil–Structure Interaction on Seismic Behavior of Mid-and Low-Rise Buildings”. *International Journal of Geomechanics*, 3(21), 04021009.
- Çavdar, Ö., Köse, G., Sunca, F. (2020). Betonarme binaların deprem performanslarına dolgu duvarların etkisinin incelenmesi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 1(25), 465-484.
- Çetinkaya, M. Y., Çelebi. E., Kırtel, O. (2017). Yapı-temel-zemin sismik etkileşim probleminin adapazarı bölgesi için empedans fonksiyonları yardımıyla analizi, *Politeknik Dergisi*, 20(2), 325-332.
- DBYBHY, (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Dönmez, S. (2006). Deprem Etkisinde Betonarme binalarda hasarın oluşmasında dolgu duvarların modellenmesi ve taşıyıcı sisteme katkısı, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 63s, İstanbul.
- Ethemoğlu, H. (2020). Zemin yapı etkileşiminin hasar olasılığına etkisi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 135s, İstanbul.
- FEMA 356, (2000). *Prestandard and Commentary For The Seismic Rehabilitation of Buildings*. ASCE for Federal Emergency, Washington D.C.

- Gülkan, P. (1992). Influence of Different Soil Modelling Criteria in SSI Analysis, Developments in Dynamic SSI, 8-16 July 1992, Antalya.
- Güney, D., Boduroğlu, M. H. (2011). Deprem Etkisi Altındaki Simetrik ve Asimetrik Yapıların Lineer Olmayan Tepkilerine Dolgu Duvarlarının Katkısı, *İtü Dergisi*, 5(3), 165-174.
- Hassani, N., Bararnia, M., Amiri, G. G. (2018). Effect of soil-structure interaction on inelastic displacement ratios of degrading structures, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, (104), 75-87.
- Holmes, M. (1961). Steel Frames With Brickwork And Concrete Infilling, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 4(19), 473-478.
- Inel, M., Ozmen, H. B., Şenel Ş. M., Kayhan, A. H. (2009). Mevcut Betonarme Binaların Yapısal Özelliklerinin Belirlenmesi, Uluslararası Sakarya Sempozyumu, 1-2 Ekim 2009, Sakarya.
- İnel, M., Bilgin, H., Ozmen, H. B. (2006). Mevcut kamu yapılarının performans değerlendirilmesi, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, Sayı: 444-445- 2006/4-564-71.
- Kaçım, S. (2018). Dolgu duvar özelliklerinin betonarme bina performansına etkisi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 107s, Isparta.
- Karabörk, T. (2009). Yapı-Zemin Etkileşimi Dikkate Alınarak Betonarme Yapıların Doğrusal Olmayan 3 Boyutlu Dinamik Analizi, *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1(5), 25-36.
- Kılıçer, S. (2016). Yapı zemin etkileşiminin betonarme yapıların tasarımına etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 78s, Trabzon.
- Kılıçer, S., Özgan, K., (2018). Deprem Yüğü Etkisindeki Betonarme Yapıların Tasarımında Yapı-Zemin Etkileşiminin İncelenmesi, *Doğ Afet Çev Derg*, 4(1), 1-10.
- Kürkçü, F. (2019). 20 Katlı betonarme bir yapının türkiye bina deprem yönetmeliği'ne göre tasarımı ve deprem performansının belirlenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 203s, İstanbul.
- Korkmaz, K. A., Demir, F. (2012). Yapı-zemin etkileşiminin yapıların deprem davranışına etkileri, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3 (1), 12-17.
- Lu, Y., Hajirasouliha, I., Marshall, A. M. (2016). Performance-based seismic design of flexible considering soil-structure interaction, *Engineering Structures*, (108), 90-103.

- Mamuk, F. (2010). Üç boyutlu dinamik zemin-yapı etkileşimi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 83s, İstanbul.
- Özer, E. (2009). Yapı Sistemlerinin Lineer Olmayan Analizi Ders Notları, İstanbul
- Polyakov, S. V. (1950). Investigation of The Strength and of the Deformational Characteristics of Masonry Filler Walls and Facing on Framed Structures, *Construction Industry Institute*, 3.
- Renzi, S., Madiati, C., Vannucchi, G. (2013). A simplified empirical method for assessing seismic soil-structure interaction effects on ordinary shear-type buildings, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, (55), 100-107.
- SAP2000 (Version 23.0.0). Integrated software for structural analysis and design program, Computers and Structures Inc., Berkeley, California.
- Sarıoğlu, İ. (2020). Statik itme ve zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemlerinin zemin yapı etkileşimi dikkate alınarak incelenmesi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 123s, Denizli.
- Sayın, B., Kaplan, S. A. (2005). Deprem Etkisi Altındaki Betonarme Yapılarda Dolgu Duvarların Modellenme Teknikleri, Deprem Sempozyumu, 23-24 Mart 2005, 474-480s, Kocaeli.
- Tarakcı, U. (2006). Mevcut yapıların incelenmesi ve dolgu duvar takviyesi ile güçlendirilmesi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 87s, Denizli.
- TBDY (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Kurallar, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Tomeo, R., Ptilakis, D., Bilotta, A., Nigro, E. (2018). SSI effects on seismic demand of reinforced concrete moment resisting frames, *Engineering Structures*, (173), 559-572.
- TS 498 (1987). Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 500 (2000). Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Yalçın, E. (1999). Dolgu duvarların ve konularının çok katlı betonarme yapıların deprem kuvvetleri altındaki davranışına etkileri, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 55s, İstanbul.
- Yelken, H. C. (2020). Betonarme bir binada eşdeğer basınç çubuğu yaklaşımının çevresel titreşim ölçümlerinden yararlanılarak irdelenmesi, Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 63s, Eskişehir.

İçöz, Z. G.(2020). Orta ve yüksek katlı binalarda zemin yapı etkileşiminin zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan analiz yöntemi ile incelenmesi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 253s, Denizli.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Nuray YAŞAR

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Uşak Üniversitesi/İnşaat Mühendisliği	2022
Lisans	Uşak Üniversitesi/İnşaat Mühendisliği	2018
Lise	Uşak İzzettin Çalışlar Anadolu Lisesi	2013

Mesleki Deneyim

Yıl	Yer	Görev
2018-2021	Prestij Mühendislik	Şantiye Şefi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Yaşar, N., Tanrıverdi, B., Ozmen, H. B. (2022). 7 Katlı betonarme bir binada farklı temel durumları ve zemin rijitliğinin yapı davranışına etkisi, *Disiplinlerarası Yenilik Araştırmaları Dergisi*, 2 (1), 1-14.