

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**ORTAKÖY SURP KRİKOR LUSAVORİÇ KİLİSESİ'NİN ZAMAN TANIM
ALANINDA DOĞRUSAL ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Arda YILDIRIM

Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

TEMMUZ 2021

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**ORTAKÖY SURP KRİKOR LUSAVORİÇ KİLİSESİ'NİN ZAMAN TANIM
ALANINDA DOĞRUSAL ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Arda YILDIRIM
(802161227)**

Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Abdullah GEDİKLİ
Eş Danışman: Doç. Dr. Medine İSPİR ARSLAN**

TEMMUZ 2021

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 802161227 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Arda YILDIRIM, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ORTAKÖY SURP KRİKOR LUSAVORİÇ KİLİSESİ’NİN ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL ANALİZİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Abdullah GEDİKLİ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Eş Danışman : **Doç. Dr. Medine İSPİR ARSLAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Alper İLKİ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Fethi KADIOĞLU
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Çağrı MOLLAMAHMUTOĞLU
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 11 Haziran 2021
Savunma Tarihi : 18 Temmuz 2021





Aileme,



ÖNSÖZ

Öncelikle, yüksek lisans öğrenimim süresince her konuda kıymetli bilgi, öngörü ve tecrübelerini eksik etmeyen, her an ilgi ve alakasını hissettiren, umutsuzluğa kapıldığım anlarda cesaretlendiren danışmanım Prof. Dr. Abdullah GEDİKLİ, eş danışmanım Doç. Dr. Medine İSPİR ARSLAN ve Dr. Öğretim Üyesi Hale ERGÜN hocalarıma sonsuz şükranlarımı sunarım.

Tez ve dersler konusunda ihtiyaç duyduğumda her an bana hareket kabiliyeti tanıyan, yönlendiren, proje müdürlerim inşaat mühendisi Mehmet Nezih DURU ve Cengiz ÖZDEMİR'e, ufuk açan bilgiler ve pratik yollarla tezime yön vermemi sağlayan inşaat mühendisi dostum Fahri Emre ÖZDEMİR'e teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmalarımda büyük bir cömertlikle maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, bilgileriyle yol gösteren Yüksek Mühendis ve Yüksek Mimar Öğr. Gör. Serdar KASAP'a, bilgi ve birikimlerini benden esirgemeyen İnşaat Yüksek Mühendisi Murat ALABOZ ve günün her saatinde sorularımı cevaplamaktan vazgeçmeyen ve bu süreçte bana bir ağabey olan İnşaat Yüksek Mühendisi Shahin DASHTI'ye teşekkür ederim. En yoğun iş temposunda dahi sorularıma vakit ayırabilen Sait HACIHÜSEYİNOĞLU'na da ayrıca şükranlarımı sunarım.

Hayatım boyunca yanımda olan, bizleri yetiştiren ve anlayış gösteren sevgili anneme, kardeşime, teyzeme bizlerin bu noktaya gelmesinde büyük katkısı olan, bizleri büyüten fakat ömrü bugünleri görmeye yetmeyen anneanneme teşekkür ederim.

Temmuz 2021

Arda YILDIRIM
(İnşaat Mühendisi)



İÇİNDEKİLERa

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 Literatür Araştırması	2
2. TARİHİ YIĞMA YAPILAR.....	7
2.1 Tarihi Yığma Yapıların Hizmet Amaçlarına Göre Sınıflandırılması.....	7
2.2 Tarihi Yığma Yapılarda Kullanılan Malzemeler Hakkında Genel Bilgiler	8
2.2.1 Tuğla	8
2.2.2 Doğal taş	9
2.2.3 Beton briket.....	10
2.2.4 Ahşap	10
2.2.5 Kerpiç.....	10
2.2.6 Harçlar.....	10
2.2.7 Metal elemanlar.....	11
2.3 Tarihi Yığma Yapılarda Taşıyıcı Sistemler Hakkında Genel Bilgiler	12
2.3.1 Kemerler.....	12
2.3.2 Tonozlar	12
2.3.3 Kubbeler.....	13
2.3.4 Sütunlar	14
2.3.5 Duvarlar	14
2.3.6 Döşemeler	15
2.3.6.1 Taş döşeme.....	15
2.3.6.2 Volta döşeme.....	16
2.3.6.3 Adi volta döşeme.....	16
2.3.6.4 Ahşap döşeme	16
2.3.7 Temeller	17
2.3.8 Çatılar.....	18
3. TARİHİ YIĞMA YAPILARDA HASAR.....	19
3.1 Taşıyıcı Sistem ve Yapısal Sebeplerden Kaynaklı Hasarlar	20
3.1.1 Kavisli yapılarda hasar mekanizmaları	20
3.1.2 Düzlem içi ve düzlem dışı etkilerle meydana gelen hasarlar	22
3.1.3 Temellerde oturmanın oluşturduğu hasarlar	23

3.1.4 Diğer taşıyıcı sistem ve yapısal sebepli hasarlar	25
3.2 Yığma Yapıda Hasar Oluşturan Dış Sebepler	26
3.3 Tarihi Yığma Kiliselerde Görülen Başlıca Hasar Çeşitleri ve Sebepleri	26
4. TARİHİ YIĞMA YAPILARDA MODELLEME VE ANALİZ	37
4.1 Tarihi Yığma Yapılarda Modelleme	37
4.1.1 Ayrıntılı mikro modelleme	38
4.1.2 Basitleştirilmiş mikro modelleme	38
4.1.3 Makro modelleme	39
4.2 Tarihi Yığma Yapılarda Analiz	39
4.2.1 Doğrusal analiz	39
4.2.2 Doğrusal olmayan analiz	40
4.2.3 Zaman tanım alanında analiz	40
4.3 Zaman Tanım Alanında Analiz Kapsamında Deprem Kayıtlarının Ölçeklendirilmesi	41
4.4 Tarihi Yapılar İçin Deprem Risklerinin Yönetimi Kılavuzu'nda Yapısal Değerlendirme ve Güvenlik	42
5. ORTAKÖY SURP KRİKOR LUSAVORİÇ ERMENİ KATOLİK KİLİSESİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER	45
5.1 Mimari ve Taşıyıcı Özellikleri	48
5.2 Yapının Mevcut Hasarları	52
5.3 Zemin ve Sismik Yapısı	54
6. KİLİSE MODELİ İÇİN MODAL VE ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL ANALİZ	59
6.1 Modal Analiz	63
6.2 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Analiz	66
6.2.1 Deprem kayıtlarının seçimi	66
6.3 Yükleme Tanımlamaları	72
6.4 Zamana Bağlı Taban Kesme Kuvveti ve Yer Değiştirme	74
6.5 Yatay Yerdeğiştirmelerin Zamana Bağlı Değişimi ve Öteleme Kontrolü	76
6.6 Basınç ve Çekme Gerilmesi Kontrolü	92
6.7 Kesme Dayanımı Kontrolü	105
7. SONUÇLAR	119
KAYNAKLAR	123
EKLER	133
ÖZGEÇMİŞ	187

KISALTMALAR

AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
ABAQUS	: Sonlu Elemanlar Yöntemini Kullanan Yazılım
ANSYS	: Sonlu Elemanlar Yöntemini Kullanan Yazılım
CFRP	: Karbon Lif Takviyeli Polimer
cm	: Santimetre
FRP	: Lifli Polimer
GPa	: Gigapaskal
kg	: Kilogram
mm	: Milimetre
MPa	: Megapaskal
m	: Metre
m³	: Metreküp
SAP2000	: Yapıların Dizayn ve Analizinde Kullanılan Yazılım
s	: Saniye
SeismoMatch	: İvme Kayıtlarının Ölçeklenmesinde Kullanılan Yazılım
SeismoSignal	: İvme Kayıtlarının Filtrelenmesi ve Eksen Düzeltme İşleminde Kullanılan Yazılım
TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TYDRYK	: Tarihi Yapılar İçin Deprem Risklerinin Yönetimi Kılavuzu
vd.	: Ve Diğerleri



SEMBOLLER

$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat derece
C_T	: Ampirik doğal titreşim periyodu hesabında kullanılan katsayı
D	: Dayanım fazlalığı katsayısı
$DD-1$	: 50 yılda aşılma olasılığı %2 (tekrarlanma periyodu 2475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi.
$DD-2$	: 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
$DD-3$	: 50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
E	: Elastisite modülü
$E_d^{(H)}$	: Doğrultu birleştirmesi uygulanmış tasarıma esas yatay deprem etkisi
$E_d^{(Z)}$	: (Z) doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisi
ϵ_m	: Basınç birim şekil değiştirme
ϵ'_m	: Yığma prizma dayanımına denk gelen en büyük şekil değiştirme
f_m	: Basınç gerilmesi
f'_m	: Yığma prizma dayanımı
G	: Sabit yük etkisi
H_N	: Binanın bodrum kat üstü bölümünün toplam yüksekliği [m]
I	: Bina önem katsayısı
M_w	: Moment magnitüdü
$^{\circ}$	: Derece
Q	: Hareketli yük etkisi
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R_a	: Deprem yükü azaltma katsayısı
S	: Kar yükü etkisi
S_s	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_1	: 1,0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
T_B	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu [s]
T	: Doğal titreşim periyodu [s]

T_p	: Binanın hâkim doğal titreşim periyodu [s]
T_{pA}	: Ampirik olarak hesaplanan hakim doğal titreşim periyodu [s]
$(V_s)_{30}$	: Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı [m/s]
ρ	: Yoğunluk
τ_{em}	: Duvar kayma emniyet gerilmesi (MPa)
τ_0	: Duvar çatlama emniyet gerilmesi (MPa)
μ	: Sürtünme katsayısı
σ	: Hesaplanmış duvar düşey gerilmesidir (MPa).



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Tuğlaların ortalama fiziksel özellikleri (MPa) (Mahrebel, 2006). ...	9
Çizelge 2.2 : Bazı doğal taş özellikleri (MPa) (Smith, 1999).....	10
Çizelge 5.1 : Kilisedeki mevcut hasarlar.....	52
Çizelge 5.2 : Yerel zemin sınıfları (TBDY, 2018).	56
Çizelge 6.1 : Model malzeme özellikleri.	60
Çizelge 6.2 : Kilise taşıyıcı duvar ve ahşap eleman kalınlıkları.....	61
Çizelge 6.3 : Çatı bileşenleri malzeme boyut ve ağırlıkları.	62
Çizelge 6.4 : Periyot ve kütle katılım oranları.....	65
Çizelge 6.5 : Seçilen deprem kayıtları ve özellikleri.....	67
Çizelge 6.6 : Ölçeklendirilmiş deprem kayıtlarının en büyük ivme değerleri...	72
Çizelge 6.7 : Maksimum taban kesme kuvvetleri.....	77
Çizelge 6.8 : Deprem seviyesine maksimum yer değiştirme ve zamanı a) Batı cephesi b) Güney cephesi.....	87
Çizelge 6.9 : Öteleme kontrol tablosu.....	90
Çizelge 6.10 : Gerilme kontrolü tablosu.....	93
Çizelge 6.11 : Maksimum basınç, çekme ve kayma gerilmeleri (MPa) a) DD2-1 b) DD2-2 a) DD3-1 a) DD3-2.	93
Çizelge 6.12 : Loma Prieta Depremi maksimum ve minimum basınç, çekme ve kayma gerilmeleri.	96
Çizelge 6.13 : Loma Prieta Kesme dayanımı kontrolü a) DD2-1 b) DD2-2 c) DD3- 1 d) DD3-2.....	107
Çizelge 6.14 : Tüm depremler için kesme dayanımı kontrolü (T: Toplam).	115
Çizelge A.2.1: Farklı deprem seviyeleri için öteleme kontrolü a) Chichi DD-2 b) Chichi DD-3 c) Düzce DD-2 d) Düzce DD-3 e) Erzincan DD-2 f) Erzincan DD-3 g) Kocaeli DD-2 h) Kocaeli DD-3.....	147
Çizelge A.2.2: Farklı deprem seviyeleri için basınç ve çekme kontrolü a) Chichi b) Düzce c) Erzincan d) Kocaeli.	151
Çizelge A.2.3: Her cephe için mutlak maksimum basınç, çekme, kayma gerilmeleri ile gerçekleştikleri eleman konumu a) Chichi b) Düzce c) Erzincan d) Kocaeli.	152
Çizelge A.2.4: Chichi kesme dayanımı kontrolü a) DD2-1 b) DD2-2 c) DD3-1 d) DD3-2.	158
Çizelge A.2.5: Düzce kesme dayanımı kontrolü a) DD2-1 b) DD2-2 c) DD3-1 d) DD3-2.	165
Çizelge A.2.6: Erzincan kesme dayanımı kontrolü a) DD2-1 b) DD2-2 c) DD3-1 d) DD3-2.....	172
Çizelge A.2.7: Kocaeli kesme dayanımı kontrolü a) DD2-1 b) DD2-2 c) DD3-1 d) DD3-2.	179



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Yedikule Surp Pırgiç Ermeni Hastanesi (Url-1, 2012).....	8
Şekil 2.2 : Pişme sıcaklığının tuğla dayanımına etkisi (Söylemez ve diğ., 2011). .	9
Şekil 2.3 : Doğal taş çeşitleri (Büyüksağış ve Gürcan, 2005).....	9
Şekil 2.4 : Metal elemanlar kullanım örnekleri (Roca ve diğ., 2019).	11
Şekil 2.5 : Kemer çeşitleri ve bileşke kuvvet çizgisi (Sanchez, 2007).....	12
Şekil 2.6 : Tonoz çeşitleri (Url-2).	13
Şekil 2.7 : a) Sütun bölümleri (Mülayim, 2010) b) Yunan mimarisinde temel nizamlar (Dor-İon-Korint) (Url-3).....	14
Şekil 2.8 : Taş duvar örgü çeşitleri: a) kuruduvar, b) mozaik örgü, c) moloz taş, d) kabayonu e) düzensiz inceyonu f) düzgün inceyonu, g) kesme taş (Kaya, 2010).....	14
Şekil 2.9 : Mesnetlenme şekilleri: a) Simitli mesnetlenme, b) Açık kılıçlı mesnetlenme, c) Simitli mesnete kılıçlı bağlantı (Mahrebel, 2006). 15	15
Şekil 2.10 : Volta döşeme örneği (Diodato ve diğ., 2015).....	16
Şekil 2.11 : Adi volta döşeme örneği (Yergün ve Çiftçi, 2008).	16
Şekil 2.12 : a) Romanesk temel (Przewlocki ve diğ., 2005) b) Ters tonoz/kemer temeller (Arun, 2016).....	17
Şekil 3.1 : Yarı kırılğan malzemelerin tek eksenli yükleme altındaki davranışı a) çekme yükü b) basınç yükü (Gedik, 2008).....	19
Şekil 3.2 : a) Kemer yüzeyinde oluşan çatlaklar: a) İç b) Dış (Aköz, 2008).....	20
Şekil 3.3 : Kemer hasarı (Castelvecchio Subequo, İtalya) (İndirli ve diğ., 2013).	21
Şekil 3.4 : Kubbede çekme ve basınç bölgeleri.	21
Şekil 3.5 : Düzlem dışı yüklerin oluşturduğu devrilme (Arun, 2005).....	22
Şekil 3.6 : Açıklık çevrelerinde meydana gelen çatlaklar (Döndüren ve diğ., 2017).	23
Şekil 3.7 : Düzlem içi etkiler sonucu meydana gelen çatlaklar: a) Duvar topuk ezilmesi, b) kademeli kayan çatlaklar c) diyagonal çatlaklar d) basınç çatlakları (Roca ve diğ., 2019).....	23
Şekil 3.8 : Oturma bölgesine göre çatlak patikaları (Kaptan, 2010).	24
Şekil 3.9 : Duvarlarda parça kopması (TYDRYK, 2017).....	24
Şekil 3.10 : Tarihi kilise tipleri (Url-4).	26
Şekil 3.11 : Kilise bölümleri.	28
Şekil 3.12 : Cephe ayrılması – St. Gemma Kilisesi, Goriano Sicoli (De Matteis ve diğ., 2016).....	29
Şekil 3.13 : Kalkan duvarı devrilmesi (Curti ve diğ., 2007).	29
Şekil 3.14 : Cephe kesme çatlağı örneği – Sant’ Antonio Abate Kilisesi (Hofer ve diğ., 2018).....	30

Şekil 3.15 : Naosta enine hasar mekanizması, San Juan Bautista Kilisesi, Morelos (Fuentes ve diğ., 2019).	31
Şekil 3.16 : Zafer takı hasarları (Brandonisio ve diğ., 2013).....	31
Şekil 3.17 : Nef tonozlarında oluşan hasarlar (Martinez ve diğ, 2019).	32
Şekil 3.18 : Kubbelerde oluşan hasarlar St.Anna Kilisesi, Wilanow, Polonya (Chmielewski ve Kruszk, 2015).	32
Şekil 3.19 : Sonradan yapılan çatı yapısının oluşturduğu hasar, Santa Giusta Kilisesi, L'aquila (D'Ayala, 2014).....	33
Şekil 3.20 : Apsis devrilmesi (Lagomarsino, 2011).....	34
Şekil 3.21 : Kilise ek yapılarında oluşan hasarlar San Pietro Apostolo Kilisesi Ferrara, İtalya (Valente ve Milani, 2018).	34
Şekil 3.22 : Birbirine dik duvarların oluşturduğu hasarlar (Lagomarsino, 1999).	35
Şekil 3.23 : Çan kulesi ve çan hücresi hasarları St. Salvatore Kilisesi, Macerata (Papa ve Silva, 2018).	36
Şekil 3.24 : Çıkıntı ve çan hücresi hasarları (Zanazzi ve diğ., 2019).	36
Şekil 4.1 : Yığma duvarlarındaki modelleme teknikleri, a) Detaylı mikro modelleme, b) Basitleştirilmiş mikro modelleme, c) Makro modelleme (Ural, 2009).....	38
Şekil 4.2 : Statik itme eğrisi ve sınır durumları (TYDRYK, 2017).....	43
Şekil 4.3 : Performans düzeyleri ile ilgili hesap yöntemleri ve gerilme şekil değiştirme sınırları (TYDRYK, 2017).....	44
Şekil 4.4 : Tarihi yapıların önemine göre seçilebilecek performans düzeyleri (TYDRYK, 2017).....	44
Şekil 5.1 : İstanbul Ermeni Katolik Kiliseleri'nin dağılımı.....	46
Şekil 5.2 : Ortaköy Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Katolik Kilisesi kesiti (Kasap, 2018).	47
Şekil 5.3 : Ortaköy Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Katolik Kilisesi planı (ARKE Restorasyon Raporu, 2019).	47
Şekil 5.4 : Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Katolik Kilisesi uydu görünümü (Url-6).	48
Şekil 5.5 : Batı cephesi.....	49
Şekil 5.6 : Güney cephesi.	50
Şekil 5.7 : a) Galeri katları, naos ve bema b) Ana nef tonozu, bema ve apsis. ..	51
Şekil 5.8 : Zemin oturması.....	53
Şekil 5.9 : Naos başlangıcında galeri katının oturduğu sütun ve narteks sütunu hasarı.....	53
Şekil 5.10 : Yan nef tonozu ve altındaki duvarda oluşan çatlaklar.	54
Şekil 5.11 : Marmara bölgesi fay hatları ve zonları (Özalp ve diğ., 2013).	54
Şekil 5.12 : İstanbul jeoloji haritası (Özgül, 2011).	55
Şekil 5.13 : Beşiktaş İlçesi Vs30 Dağılımı (İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 2020).	55
Şekil 5.14 : AFAD verileri (Url-7).....	57
Şekil 6.1 : SAP2000'de hazırlanan model için a) Batı ve güney cephesi b) Kuzey cepheden kilise içi görünüşü.	59
Şekil 6.2 : Etkin kesme rijitliklerinin modele aktarılması.....	60
Şekil 6.3 : Çatının görünümü.	61
Şekil 6.4 : Mod Şekilleri a) 1. Mod şekli b) 5. Mod şekli c) 7. Mod şekli.....	64
Şekil 6.5 : Seismosignal (2016) programında ham ivme kayıtlarına baseline correction ve bandpass filtering uygulanması.....	67

Şekil 6.6 : Seismosignal (2016) kullanılarak a) zaman aralığının artırılması b) Arias Yoğunluğu zaman aralığının ifadesi.	69
Şekil 6.7 : Seismomatch programında a) TBDY (2018) tasarım spektrumunun tanımlanması b) Ölçekleme işlemi.....	70
Şekil 6.8 : Ölçeklendirilmiş ve kısaltılmış Loma Prieta depremi için a) DD-3 ivme zaman grafiği b) DD-2 ivme zaman grafiği c) DD-2 Spektrum eğrileri d) DD-3 Spektrum eğrileri.	71
Şekil 6.9 : Yükleme Ayarları a) DD3-1 yüklemesi b) DD3-2 yüklemesi.....	73
Şekil 6.10 : Loma Prieta depremi için zamana bağlı taban kesme kuvvetleri değişimi a) DD2-1 b) DD2-2 c) DD3-1 d) DD3-2.	76
Şekil 6.11 : Yerdeğiştirme-zaman grafiğine konu olan noktalar a) Batı cephesi b) Güney cephesi.....	78
Şekil 6.12 : Loma Prieta depremi batı cephesi referans noktaları yerdeğiştirme-zaman grafiği a) DD2-1 (Düzlem dışı) b) DD2-1 (Düzlem içi) c) DD2-2 (Düzlem dışı) d) DD2-2 (Düzlem içi).	80
Şekil 6.13 : Loma Prieta depremi batı cephesi referans noktaları yerdeğiştirme-zaman grafiği a) DD3-1 (Düzlem dışı) b) DD3-1 (Düzlem içi) c) DD3-2 (Düzlem dışı) d) DD3-2 (Düzlem içi).	82
Şekil 6.14 : Loma Prieta depremi güney cephesi referans noktaları yerdeğiştirme-zaman grafiği a) DD2-1 (Düzlem içi) b) DD2-1 (Düzlem dışı) c) DD2-2 (Düzlem içi) d) DD2-2 (Düzlem dışı).	84
Şekil 6.15 : Loma Prieta depremi güney cephesi referans noktaları yerdeğiştirme-zaman grafiği a) DD3-1 (Düzlem içi) b) DD3-1 (Düzlem dışı) c) DD3-2 (Düzlem içi) d) DD3-2 (Düzlem dışı).	86
Şekil 6.16 : Öteleme kontrolü yapılan seviyeler a) Doğu ve kuzey cephe b) Batı ve güney cephe.	90
Şekil 6.17 : Loma Prieta depreminin son anına ait yerdeğiştirmeler a) DD3-1 b) DD3-2 c) DD2-1 d) DD2-2.	92
Şekil 6.18 : Maksimum ve minimum gerilmelerin olduğu noktaların cephe üzerinde gösterimi a) Batı b) Doğu c) Kuzey d) Güney.....	95
Şekil 6.19 : DD2-1 depremi için a) Max S22 Gerilmesi b) Min S22 Gerilmesi... 97	
Şekil 6.20 : DD2-2 depremi için a) Max S22 Gerilmesi b) Min S22 Gerilmesi... 98	
Şekil 6.21 : DD3-1 depremi için a) Max S22 Gerilmesi b) Min S22 Gerilmesi... 99	
Şekil 6.22 : DD3-2 depremi için a) Max S22 Gerilmesi b) Min S22 Gerilmesi. 100	
Şekil 6.23 : DD2-1 depremi için a) Max S12 Gerilmesi b) Min S12 Gerilmesi. 101	
Şekil 6.24 : DD2-2 depremi için a) Max S12 Gerilmesi b) Min S12 Gerilmesi. 102	
Şekil 6.25 : DD3-1 depremi için a) Max S12 Gerilmesi b) Min S12 Gerilmesi. 103	
Şekil 6.26 : DD3-2 depremi için a) Max S12 Gerilmesi b) Min S12 Gerilmesi. 104	
Şekil 6.27 : Kesme kontrolü yapılan cephe bölgeleri a) Doğu cephesi b) Batı cephesi c) Kuzey cephe d) Güney cephe.....	106
Şekil A.1.1 : Ölçeklendirilmiş ve kısaltılmış deprem ivme zaman grafiği a) DD-2 Chichi b) DD-3 Chichi c) DD-2 Düzce d) DD-3 Düzce e) DD-2 Erzincan f) DD-3 Erzincan g) DD-2 Kocaeli h) DD-3 Kocaeli.....	138
Şekil A.1.2 : Chichi depremi için zamana bağlı taban kesme kuvvetleri değişimi a) DD2-1 b) DD2-2 c) DD3-1 d) DD3-2.	140
Şekil A.1.3 : Düzce depremi için zamana bağlı taban kesme kuvvetleri değişimi a) DD2-1 b) DD2-2 c) DD3-1 d) DD3-2.	142
Şekil A.1.4 : Erzincan depremi için zamana bağlı taban kesme kuvvetleri değişimi a) DD2-1 b) DD2-2 c) DD3-1 d) DD3-2.	144

Şekil A.1.5 : Kocaeli depremi için zamana bağlı taban kesme kuvvetleri değişimi	
a) DD2-1 b) DD2-2 c) DD3-1 d) DD3-2.....	146
Şekil A.2.1 : Maksimum ve minimum gerilmelerin oluştuğu noktaların batı	
cephesi üzerinde gösterimi a) Chichi b) Düzce c) Erzincan d) Kocaeli.	
.....	156
Şekil A.2.2 : Maksimum ve minimum gerilmelerin oluştuğu noktaların doğu	
cephesi üzerinde gösterimi a) Chichi b) Düzce c) Erzincan d) Kocaeli.	
.....	157
Şekil A.2.3 : Maksimum ve minimum gerilmelerin oluştuğu noktaların kuzey	
cephesi üzerinde gösterimi a) Chichi b) Düzce c) Erzincan d) Kocaeli.	
.....	157
Şekil A.2.4 : Maksimum ve minimum gerilmelerin oluştuğu noktaların güney	
cephesi üzerinde gösterimi a) Chichi b) Düzce c) Erzincan d) Kocaeli.	
.....	158



ORTAKÖY SURP KRİKOR LUSAVORİÇ KİLİSESİ'NİN ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL ANALİZİ

ÖZET

Tarihi yapılar, toplum hafızasının gelecek nesillere aktarılmasında büyük rol oynamaktadırlar. Yüzyıllardır dünya medeniyetlerinin beşiği olan İstanbul'da da camiler, kiliseler, sinagoglar, saraylar, kuleler ve kaleler olmak üzere birçok tarihi yapı bulunmaktadır. Bunların birçoğu yapıldıkları dönem şartları itibarıyla yığma yapılar olarak teşkil edilmişlerdir.

Ülkemizin deprem riski yüksek olan bir coğrafyada bulunması nedeniyle tarihi yapıların gelecekteki varlıklarını sürdürebilmeleri için mevcut durumlarının değerlendirilmesi ve ihtiyaç olması durumunda gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu nedenle öncelikle; tarihi yapıların malzeme ve mimari özelliklerinin belirlenmesi ve etkimesi olası yükler altında yapısal çözümlemelerinin yapılması ve daha sonra bu çözümleme sonuçlarının değerlendirilerek yapısal güvenlik ve risklerinin ortaya konulması gerekmektedir.

Bu çalışmada, İstanbul'da bulunan ve 19. yüzyılda inşa edilmiş tarihi yığma Ortaköy Surp Krikor Lusavoriç Kilisesi'ne ait üç boyutlu sonlu eleman modeli oluşturularak bu model üzerinde modal analiz ve gerçek deprem kayıtları altında zaman tanım alanında doğrusal analizler gerçekleştirilmiştir. Üç boyutlu model ve analizler SAP2000 sonlu elemanlar programı kullanılarak yapılmıştır. Bu analiz sonuçları esas alınarak öteleme oranı ve basınç, çekme ve kayma gerilmeleri kontrolleri, Tarihi Yapılar İçin Deprem Risklerinin Yönetimi Kılavuzu (TYDRYK) (2017)'de belirtilen kriterler izlenerek yapılmıştır.

Kilise yapısının ana taşıyıcı sistemini oluşturan yığma duvarlar taş, tuğla ve düşey/yatay derzlerle teşkil edilmiştir. Bu yığma bileşenleri bir bütün olarak düşünülüp yani makro modelleme yaklaşımı kullanılarak, yapının modeli oluşturulmuş ve zaman tanım alanında doğrusal analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapı hacminin büyük olması dikkate alınarak analiz süresini makul değerlerde tutmak için mikro model yerine makro model ve doğrusal olmayan analiz yerine doğrusal analiz tercih edilmiştir. Analizler, deprem ivme kayıtlarının iki yatay bileşeni altında gerçekleştirilmiş olup depremin düşey bileşeni dikkate alınmamıştır ve deprem kayıtları tasarım spektrumuna göre ölçeklendirildikten sonra yapıya etkitilmiştir. Yatay doğrultuda etkitilen deprem ivmelerine ek olarak yapının kendi ağırlığı dikkate alınmıştır. Ayrıca, çatı yükü hesaplanarak yayılı yük olarak etkitilmiştir. Yapı zemin kotu seviyesinde ankastre olarak mesnetlenmiştir.

Teze konu olan kilise yapısı “yerel öneme sahip binalar” statüsünde düşünülerek deprem yer hareketi seviyeleri DD-2 ve DD-3 için sırasıyla, göçme öncesi ve kontrollü hasar durumlarına ilişkin kontroller yapılmıştır. Deprem kayıtları her iki deprem seviyesi için de ölçeklendirilmiştir. Ölçeklendirmeler yapıldıktan sonra, birinci durum

için deprem çiftleri modele etkilmiştir. İkinci durum için ise deprem çiftleri 90° döndürülerek tekrar etkilmiştir. TBDY (2018)'e göre zaman tanım alanında analizlerin 11 deprem çifti için yapılması gerektiği belirtilmiştir. Ancak, tez çalışması kapsamında 5 adet deprem çifti için analizler gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışması yedi bölümden oluşmakta olup birinci bölümünde genel değerlendirme yapılarak tarihi yığma binaların öneminden bahsedilmiştir. Bu bölümde, tezin amacı ve daha önce bu konu üzerinde yapılan çalışmalar derlenerek verilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde ise tarihi yığma yapılar hizmet amaçlarına göre sınıflandırılmıştır. Yapılarda kullanılan malzemeler ve yığma yapıların bölümleri hakkında genel bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde, tarihi yığma binalarda görülmesi muhtemel olan ve en çok karşılaşılan hasar çeşitleri ve bunların sebeplerine değinilmiştir. Ayrıca, kilise yapı türlerine ve bölümlerine değinilmiş ve tarihi yığma kiliselerde ortaya çıkabilecek hasar tiplerine yerlere verilmiştir.

Dördüncü bölümde, yığma yapılarda modelleme ve analiz yöntemleri hakkında genel bilgiler verilmiştir. Bunun yanı sıra ölçeklendirme kavramına değinilmiştir. TYDRYK (2017) esas alınarak yapısal değerlendirme ve güvenlik kavramları üzerinde durulmuş ve TYDRYK (2017)'de verilen performans seviyeleri ve bu seviyelere ait sınır değerlerine bu bölümde değinilmiştir.

Beşinci bölümde, çalışmaya konu olan kilise yapısına ilişkin genel bilgiler verilmektedir. Bu kısımda, yapının mimari ve taşıyıcı sistem özellikleri anlatılmıştır. Yerinde inceleme yapılarak ortaya konulan yapı hasarları listelenmiştir. Ayrıca yapının bulunduğu konumun yerel sismik özellikleri DD-2 ve DD-3 deprem seviyeleri için AFAD sitesinden alınan verilerle ortaya konmuştur.

Altıncı bölümde ise tezin konusu olan kilisenin üç boyutlu modelinin yapı bileşenleri ve malzemelerinin karakteristikleri sunulmuştur. Yapıya etkiyen yükler ve yapıyla ilgili modellemede yapılan kabuller verilmiştir. Modelin periyot ve mod şekli gibi dinamik karakteristiklerini belirlemek üzere modal analiz gerçekleştirilmiştir. 5 adet deprem çifti için DD-2 ve DD-3 deprem seviyelerine göre ölçeklendirme yapılmış ve yapının zaman tanım alanında doğrusal analizleri gerçekleştirilmiştir. Deprem süresi olarak Arias Şiddeti'nin %5'i ile %95'i arasında geçen süre olan anlamlı süre kullanılmıştır. Taban kesme kuvveti ve belirlenen bazı noktaların yerdeğiştirmelerinin zamanla değişimi grafik olarak sunulmuştur. Her bir deprem etkisi altında gerçekleştirilen analizlerin sonuçları kullanılarak ve TYDRYK (2017) esas alınarak öteleme kontrolü ve basınç, çekme ve kayma gerilmesi kontrolleri yapılmıştır. Ayrıca seçilen iki cephe için belirlenen toplam yedi noktada yerdeğiştirme-zaman grafikleri çizdirilerek düzlem içi ve düzlem dışı deplasmanlar ortaya konmuştur. Kayma gerilmesi kontrolü için de dört cephede belirlenen toplam 71 kesitte kayma gerilmesi kontrolü yapılmıştır. Son bölümde ise sonuçlar derlenip karşılaştırmalar ortaya konulmuştur.

LINEAR TIME HISTORY ANALYSIS OF ORTAKÖY SURP KRİKOR LUSAVORİÇ CHURCH

SUMMARY

Historical structures play major role in the transfer of community memory to future generations. Istanbul is the cradle of world civilizations for centuries, has many historical buildings, including churches, mosques, synagogues, palaces, towers and castles. Due to the conditions of the period, many of them were masonry structures

Turkey is located in a region with high seismic risk. To make guarantee the future of the historical structures, their current situation should be evaluated and the necessary measures should be taken if necessary. The first step of this is to determine the material and architectural properties of the historical structures. The second step is to perform their structural analyses under possible loads to affect them. The third step is to reveal their structural safety and risks based on the evaluation the results of the analyses.

In this study, a three-dimensional finite element model of a Ortaköy Surp Krikor Lusavoriç Church, in Istanbul, was formed. Under real earthquake records, modal and linear time history analyses were implemented. Three-dimensional models and analyzes were made using the SAP2000 finite element program. The aim of this study is to evaluate the results based on the earthquake performance limits given for the linear analysis approach in the Earthquake Risk Management Guide for Historic Buildings (2017) by performing linear analysis in the time domain. In addition, it is to determine the stress concentrations and to give an overview of the critical points of the structure by checking the limit values with the values obtained from the critical sections.

Masonry walls, which form the main carrier system of the church structure, are formed by stone, brick and vertical/horizontal joints. By considering these masonry components as a whole, model of the structure was created using the macro modeling approach and linear analyzes were carried out in the time domain. Considering the large building volume, macro model instead of micro model and linear analysis instead of non-linear analysis were preferred in order to keep the analysis time at reasonable values. The analyzes were performed under the two horizontal components of the earthquake acceleration records, the vertical component of the earthquake was not taken into account, and the earthquake records were effected on the structure after scaling according to the design spectrum. In addition to the earthquake accelerations in the horizontal direction, the own weight of the structure was taken into account. In addition, the roof load was calculated and acted as a distributed load. The roof is modeled as a shell element. The roof is assumed to be connected to the gable walls with bonding timbers. The building is fix supported at ground level.

Considering the church structure has the status of "buildings of local importance", controls were made for earthquake ground motion levels DD-2 and DD-3,

respectively, before collapse and controlled damage conditions. Earthquake records are scaled for both earthquake levels. After scaling, earthquake couples were effected on the model for the first case. For the second case, the earthquake pairs were acted by turning them 90°. According to TBDY (2018), it was stated that analyzes in the time history should be done for 11 earthquake pairs. However, within the scope of the thesis, analyzes were carried out for 5 earthquake pairs.

This thesis consists of seven chapters. In the first chapter, the importance of historical masonry buildings was mentioned briefly. In this section, the aim of the thesis is explained. It is desired that the historical masonry buildings remain usable after the big earthquake expected in Istanbul. Also in this section, the necessity of making appropriate modeling, analysis and strengthening studies for these structures is mentioned. Also, the compiled literature survey on this subject is presented in this section

In the second part of the study, historical masonry buildings are classified according to their service purposes. Religious, public, administrative and military, transportation, civil and private structures are mentioned in this section. General information is given about materials such as brick, natural stone, concrete briquette, wood, adobe, mortar, metal elements used in buildings, and arches, domes, columns, walls, floors, foundations and roofs, which are parts of masonry structures. In the third chapter, the most common types of damage that are likely to be seen in historical masonry buildings and their causes are mentioned. In addition, church types and sections are introduced. Damage types seen in historical masonry church structures are given. Separation in the façade wall, damages in the gable wall, the effect of shear forces on the structure, transverse damages in the naos, damages in the vaults, roof damages, dome damages, damages in the apse, damages in the church annexes and joints, damages arising from the interaction of perpendicular walls, bell tower and bell cell damages are given in this section.

In the fourth chapter, general information about detailed micro modelling, simplified micro modelling and macro modeling and linear, nonlinear, time history analysis methods in masonry structures are given. In addition, the concept of scaling is mentioned. Based on TYDRYK (2017), structural evaluation and security concepts are emphasized. Performance levels which are given in TYDRYK (2017) and the limit values for these levels are also mentioned in this section. The subject of this section is to obtain limited damage, controlled damage and pre-failure status according to which earthquake levels in buildings of universal, national and local importance. Controls to be made under reduced and non-reduced seismic forces are given in this section.

In the fifth chapter, general information about the church structure is given. Information about the location and history of the church is presented in this section. The general characteristics of the churches built during the Ottoman Empire are given. In this section, the architectural and carrier system features of the building are explained. The structural damages revealed by on-site inspection are listed. In addition, local seismic characteristics of the location of the structure were revealed with the data obtained from the AFAD site for DD-2 and DD-3 earthquake levels.

In the sixth chapter, the characteristics of the building components and materials of the three-dimensional model of the church, are presented. The loads acting on the structure and the assumptions made in the modeling related to the structure are given. The dimensions of the building elements are given in detail. It is shown how the weight of the roof is calculated. It is emphasized that this weight is then transferred to the model

as a distributed load. Modal analysis was performed to determine the dynamic characteristics of the model such as period and mode shape. Information about mass participation rates in the X and Y directions is presented. Accordingly, mode shapes are interpreted. The structural model period was compared with the empirical period formulas. The characteristics of earthquake records taken from Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) are given in this section. Filtering and time step correction applied to these earthquake records are the subject of this section. For 5 earthquake pairs, scaling was made according to DD-2 and DD-3 earthquake levels and linear analyzes of the structure were performed in the time history. Significant duration, which is the time between 5% and 95% of the Arias Intensity, was used as the earthquake duration. The load combinations including earthquake effect from TBDY are based on. Live load, snow load and vertical earthquake load are neglected. Horizontal earthquake records were activated simultaneously for both directions. Afterwards, both records are rotated 90° to obtain a new loading condition. This process was applied for both earthquake levels DD-2 and DD-3. The base shear force and the variation of the displacements of some determined points with time are presented graphically. Drift ratio control and pressure, tensile and shear stress controls were made using the results of the analyzes performed under the influence of each earthquake and based on TYDRYK (2017). In addition, displacement-time graphs were drawn at seven points determined for the two selected facades, and in-plane and out-of-plane displacements were revealed. For the shear stress control, on four facades, 71 sections were checked. In the last section, the results were compiled and comparisons were made.



1. GİRİŞ

20. yüzyılın başlarına kadar geleneksel malzemelerle inşa edilen yapılar kapsamına giren tarihi yapı ve anıtlar sadece mimari ve mühendislik konusu olmayıp aynı zamanda, tarihi günümüze taşır. Bu sebeple, bu eserlerin sonraki nesillere aktarılması büyük önem taşır. Dünyanın dört bir yanında bu konuyla ilgili Carta Del Restauro (1931), Venice Charter (1964), Amsterdam Bildirgesi (1974), Nara Bildirgesi (1994) gibi önemli uluslararası belgelere imzalar atılmıştır. (Asatekin, 2004)

Taş, tuğla, kerpiç, ahşap gibi malzemelerden inşa edilen, duvar döşeme birleşimlerinin ve duvarların birbirine harç ve metallerle bağlanarak oluşturulan ve duvarların esas taşıyıcı görevini üstlendiği yapı sistemlerine yığma yapı denir. Kilise, sinagog, cami, saray, kule, köprü ve kale gibi yığma yapılar zaman içerisinde; yapının konumu, zemin özellikleri, tasarım hataları, hatalı malzeme kullanımı ve kötü işçilik gibi iç etkenler ve/veya hava şartları, doğal afetler, kötü kullanım gibi dış etkenler sonucu zarar görürler. (Ahunbay, 1996)

İstanbul'da önümüzdeki 30 sene içerisinde 7.0 moment magnitudü büyüklüğünün üstünde bir deprem beklenmektedir. Bu depremlerde birçoğu yüzyıllardır ayakta duran tarihi yığma binaların mevcut halleriyle etkilenmesi kaçınılmazdır. Bu durumda, depremden önce yapılması gereken işlerden biri de tarihi yığma binaların güçlendirilmesidir. Güçlendirme, hasar almamış bir yapı için yapının rijitlik ve sünekliğini arttırarak belirli bir güvenlik seviyesinin üstüne çıkarmak veya hasarlı bir yapı elemanını hasar görmemiş halinden daha iyi bir seviyeye getirmek için uygulanan metotlar bütünüdür. Güçlendirme yapılabilmesi için yapının hasar görmesi şart değildir. Tarihi yapılarda röleveller ışığında oluşturulan modellere, mümkün olduğunca gerçekçi parametrelerle malzeme ve geometri tanımlanarak analizler yapılmalı ve bu analizler ışığında yapının güçlendirmeye ihtiyaç duyulan bölgeleri belirlenmelidir.

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı, ülkemizde çok fazla sayıda bulunan fakat üzerine yapılan çalışmaların sınırlı kaldığı tarihi yığma bir kilise için, sonlu elemanlar yöntemiyle

SAP2000 programı kullanarak rölemler ışığında bir yapı modeli oluşturmak ve bu model üzerinde zaman tanım alanında doğrusal analiz yaparak analizler üzerinden elde edilecek sonuçların Tarihi Yapılar için Deprem Risklerinin Yönetimi Kılavuzu'nda (2017) doğrusal analiz yaklaşımı için verilen ilgili deprem performans sınırları esas alınarak değerlendirme yapmaktır. Gerilme yığılmalarını tespit etmek ve kritik kesitlerden elde edilen değerlerle sınır kontrolü yaparak yapının kritik noktalarına genel bir bakış vermektir. Bu çalışma için İstanbul ili Beşiktaş ilçesinde bulunan Ortaköy Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Katolik Kilisesi ele alınmıştır.

1.2 Literatür Araştırması

Tarihi yığma yapıların deprem yüklerine karşı davranışlarının belirlenmesi ve hasar bölgelerinin tespiti bu yapılarda yapılacak güçlendirme çalışmalarına ışık tutmaktadır. Son yıllarda insanlığın tarihi mirasını korumaya yönelik bilinç arttıkça bu konudaki çalışmalar da artış göstermiştir. Bu çalışmaların bazıları incelenerek, özet şeklinde sunulmuştur.

Meli ve Pena (2004) depremde zarar görmüş iki kilise yapısını modelleyip iki adet ivme kaydıyla zaman tanım alanında doğrusal analiz yaparak, bu analiz yönteminin geçerliliğini ortaya koymayı amaçlamışlardır. Elastik modeller kullanılarak titreşim modlarının, yapının zayıf alanlarının ve istenmeyen davranış gösterecek bölgelerin tespitinin yapabileceği ortaya konmuştur.

Akan ve Özen (2005) 15. yüzyılda yapılan Bursa'daki Yeşil Türbe'nin deprem dayanımı hakkında ön fikir sahibi olmak için lineer elastik malzeme özellikleri kullanarak yapısal analizini yapmışlardır. Yapının modları ve salınım periyodları incelenen bu çalışmada tepki spektrumu aracılığıyla deprem yükü yapıya etkilmiştir. Eksenel kuvvet, keme kuvveti, moment ve yer değiştirme grafikleri ile sonuçlar sunulmuştur.

Taliercio ve Binda (2006) İtalya'da sekizgen yapıya sahip San Vitale Bazilika'sını 277.411 eleman ve 4.923.037 düğüm noktası ile ABAQUS sonlu elemanlar programı kullanarak modellemişlerdir. Çatlakların yapı ve konumun ortaya çıkmasına yardımcı olmaya çalışan bu çalışmada lineer elastik ve izotropik kabuller yapılarak modelin çözüm süreci kolaylaştırılmıştır. Malzeme gevrekliği ve anizotropisi hakkında bilgi vermeyen bu çalışmada amaç statik yük ile mevsimsel termal değişimler dikkate

alınarak yapının davranışının anlaşılması için ön çalışma oluşturmaktır. Yerinde ölçülen mevsimsel deplasmanlar ile yapılan model çalışması uyumlu olduğu gösterilmiştir.

Özen (2006) Hasankeyf'teki yığma bir kapı üzerinde çalışarak, çeşitli yük durumları için SAP2000 programında doğrusal, ANSYS programında ise doğrusal olmayan analizler yaparak bu analizlerden çıkan sonuçları karşılaştırmıştır. Her iki analiz modeli için modal deformasyon şekilleri ve modal periyotları karşılaştırılmış ve modal dönmeler arasında en fazla %2 seviyesinde hata görülmüştür. Çalışmada doğrusal olmayan bir analizde çıkan maksimum deformasyon ve hasar bölgeleri sonuçlarının doğrusal analiz sonuçları ile örtüştüğü belirlenmiştir. Böylece ileri düzey bir tetkik gerekmedikçe doğrusal elastik yöntemin elastik olmayan yöntemle tercih edilebileceği ortaya konmuştur.

Sesigür ve diğ. (2007) Ahi Çelebi Cami'sini düşey yükler ve yatay deprem yükleri altında SAP2000 programını kullanarak, malzeme ve geometri değişimi bakımından doğrusal elastik ve üç boyutlu kabuk elemanlar ile modellemiştir. Yapı ve kubbenin davranışını karşılaştırmak ve mesnet koşullarının etkisini incelemek amacıyla kubbesi ayrı olarak modellenen yapıda kabuk eleman olarak üçgen ve dörtgen eğrisel elemanlar kullanılmıştır. Kubbe mekanizmasında iki tür çatlak oluşumu gözlenen yapıda uygulanan çelik çekme çemberi güçlendirme yöntemi üzerinden, güçlendirme öncesi ve sonrası zaman tanımlı analiz yapılarak kubbe normal gerilmelerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

Lucibello ve diğ. (2010) 2009 L'aquila depreminde hasar gören dört kilise için, iki aşamalı analiz gerçekleştirmişlerdir. İlk aşamada üç boyutlu doğrusal analiz, SAP2000 programında kabuk eleman kullanılarak gerçekleştirilmiş ve her kilise yapısı için dinamik ve statik özelliklerinin, iç kuvvet dağılımlarının, gerilme yığılma noktalarının ve her bir makro elemanın dayanım talebinin belirlenmesi amaçlanmıştır. İkinci aşamada ise, iki boyutlu model oluşturularak, her bir makro eleman yatay dayanım kapasitesinin belirlenmesi için göçme anına kadar doğrusal olmayan analiz yapılmıştır. Bu iki adımdan elde edilen sonuçlar, gözlenen hasarı anlamak ve binanın sismik seviyesini yaklaşık olarak değerlendirmek için kullanılmıştır.

Can, Kubin ve Ünay (2012) dağınık plan geometrisine ve düzensiz kütle dağılımına sahip olan tarihi yığma bir yapı olan Küçük Mustafa Paşa Hamamı'nın depreme karşı

dayanımının ve davranışının belirlenmesini amaçlamıştır. SAP2000 programında modellenen yapı, sabit yükler ve spektrum ile tanımlanan deprem yükleri altında doğrusal elastik analiz ile irdelenmiş ve yapının deprem performansı incelenmiştir.

Korkmaz ve diğ. (2013) 10. yüzyılda Van'da inşa edilen Akdamar (Akhtamar) Kilisesi'ni SAP2000 programı ile sonlu elemanlar yöntemiyle modellemişler ve zaman tanım alanında doğrusal analizini yapmışlardır. Deprem verisi olarak 23.10.2011 Van Depremi'ne ait üç kaydın kullanıldığı çalışmada en büyük taban kesme kuvveti, deplasman ve gerilme değerleri elde edilerek deprem davranışı incelenmiştir.

Korkmaz ve diğ. (2014) kesme taştan yapılmış olan Rize Merkez Kurşunlu Camisi'ni SAP2000 programı kullanarak sonlu elemanlar yöntemiyle modellemişler ve zaman tanım alanında dinamik analizini gerçekleştirmişlerdir. Landers, Düzce ve Cape Mendocino deprem ivme kayıtları için deplasman ve gerilme değerleri elde edilip değerlendirilmiştir. En yüksek deplasmanın 271,53 mm ve en büyük gerilme değerinin 10.672 MPa ile Düzce Depremi kayıtlarından elde edildiği görülmüştür.

Milani ve Valente (2015), 2012 yılında İtalya'nın Emilia-Romagna bölgesinde hasar gören yedi kilise için doğrusal olmayan dinamik analizler gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmanın başlıca amaçları, farklı geometri, düzensizlik ve bağlantı şekillerine sahip kiliselerde bu parametrelerin etkisini görebilmek ve İtalyan kodlarına göre ele alınan kinematik sınır ve itme analizlerinin uygulanabilirlik sınırlarını ele alarak, doğrulamaktır. Non-lineer malzeme yaklaşımı ile yığma yapı duvarlarının sürtünme davranışı, farklı basınç ve çekme dayanımları, hasar mekanizması ve yumuşama davranışı ele alınarak doğrusal olmayan analizler yapılmıştır. Ayrıca bu çalışmada statik yaklaşımların, plan içi düzensizlik ve bitişik duvarların iç içe geçme mekanizmalarına bağlı olarak en çok zorlanan kritik bölgeleri tespit etmedeki başarısı göz önüne konulmuştur.

Lupaşteanu ve diğ. (2015) tarihi yığma St. Dimitrie Kilisesi için güçlendirme maliyeti odaklı bir çalışma yaparken, kilise yapısını makro modelleme yöntemiyle oluşturup doğrusal elastik ve dinamik analizle yapının dinamik davranışını belirlemişlerdir.

Tetik (2015) Şeyh Süleyman Mescidi'nin SAP2000 ile sonlu eleman modelini oluşturmuştur. Yapıyı ölü ve düşey yükleri ile deprem ve düşey yükleri altında incelemiştir. Deprem etkisi altında yapının statik, dinamik ve zaman tanım alanında analizleri yapılarak sonuca uygun güçlendirme önerisinde bulunulmuştur.

Clementi ve diğ. (2016) İtalya'nın Cagli bölgesindeki tarihi öneme sahip kilise, manastır ve okula sahip San Francesco kompleksinin hasar görebilirliğini belirlemek amacıyla, kompleksi üç boyutlu sonlu eleman ve eşdeğer çerçeve modelleme yöntemi ile modellemiştir. Non-lineer analiz yapılarak yapının dinamik özellikleri ve davranışı incelenmiştir. Döşeme rijitlikleri ve yapıya ait bilgi seviyeleri (katsayıları) değiştirilerek itme analizleri gerçekleştirilmiş ve farklı bileşenlerin sismik risk üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Buna göre çan kulesinde, enine duvarlarda ve daha esnek davranan döşemelerde en büyük hasar riski görülmüş, yüksek bilgi seviyesinde daha büyük sismik risk indeksi hesaplanmış ve sonlu elemanlar yöntemi ile analizin çok daha uzun sürmesine rağmen eşdeğer çerçeve yöntemine göre daha isabetli sonuçlar verdiği ortaya konmuştur.

Abbati ve diğ. (2018), İtalya'da duvar birleşimleri bulunan ve iç içe geçmiş saray, kale, hisar ve sur gibi yapıların sismik davranışlarının birbirileri arasındaki dinamik etkileşimden etkilendiğini belirterek bu yapıların sismik değerlendirilmesi için bir prosedür ortaya koymuşlardır. Doğrusal olmayan statik analizlerin kullanımına dayanan nümerik prosedür kapsamında ilk olarak her birimin dinamik tepkisini ve modal şekillerini içeren modları tanımlamak için tüm yapının üç boyutlu sonlu eleman modeli üzerinde bir modal analiz yapılır. Sonrasında her bir birime uygulanacak yük modeli tanımlanır. Ardından sismik değerlendirmenin tamamlanması için, tüm birimlerden elde edilen statik itme eğrisine eşdeğer tek serbestlik dereceli sistem kapasite eğrilerine dönüştürülür. 2012 Emilia depreminden etkilenen San Felice sul Panaro hisarında bu prosedür uygulanarak gerçek hasar ile karşılaştırma yapılmıştır.



2. TARİHİ YIĞMA YAPILAR

Yapım basitliği sebebiyle insanlık tarihinin ilk yapı şekli olan yığma yapılar; taş, tuğla veya bimsblok gibi malzemelerin kireç, çimento veya alçı esaslı harçlar ile birleşiminden meydana gelen yapılardır (Sarhosis ve diğ., 2016). Kullanılan yapı malzemeleri ve bu malzemeleri birbirine bağlayan harçlar, tarihi yapıların çekme dayanımlarını çok düşük ve basınç dayanımlarını yüksek kılar.

Tarihi yığma yapıların incelenmesi betonarme veya çelik bir yapıya göre çok daha zordur. Bunun başlıca sebebi her bir noktasında yapı taşıyıcı elemanlarının oluşma ve bağlantı şekillerinin farklılığı ile karmaşıklığı olarak gösterilir. Bu düzensizlik ve süreksizlik tarihi yığma yapıların doğrusal olmayan elastik davranış göstermesine neden olur. Doğrusal olmayan davranış, süreksizlik, büyük kütle, çekme dayanımının düşüklüğü gibi sebepler, tarihi yığma yapıların başta deprem olmak üzere yatay kuvvetlerden çok fazla etkilenmesine ve zarar görmesine sebep olurlar.

Tarihi yığma yapıları, hizmet amaçları, yapımında kullanılan malzemeler ve taşıyıcı sistemlerine göre sınıflandırmak mümkündür.

2.1 Tarihi Yığma Yapıların Hizmet Amaçlarına Göre Sınıflandırılması

Topluca veya bireysel olarak, yüce bir varlığa saygı ve bağlılık ritüellerinin gerçekleştirdiği ibadethaneler, günümüzden 12.000 yıl önce Göbeklitepe'den itibaren insan hayatında önemli yer kaplamıştır. Cami, kilise, sinagog, piramit, pagoda, derasar, mandir, türbe ve mezarlık gibi ibadethane ve dini yapıların birçoğu tarih boyunca yığma yapı olarak inşa edilmiştir.

Kamusal yapılar, insanların toplumun diğer üyeleriyle iletişim içerisinde olup, bireyselliklerini korurken toplum kimlik ve menfaatlerine katkıda bulundukları yapılardır. Sanılanın aksine devlet varlığı kamusal alan içerisinde kendine yer bulmaz. Kamusal tarihi yığma yapılara örnek olarak, külliyeler, medreseler, üniversiteler, tiyatrolar, arenalar, çeşmeler, hamamlar, hanlar, hastaneler (Şekil 2.1), kervansaraylar ve bedestenler örnek verilebilir.



Şekil 2.1 : Yedikule Surp Pırgiç Ermeni Hastanesi (Url-1, 2012).

İdari ve askeri yapılar Devletin mevcut yapısını koruyup devamlılığını sağlamak için idari, askeri, stratejik karar ve pozisyonlarının alınması amacıyla inşa edilmiş yapılardır. Sur, kale, saray, şato, kışla, zafer takı, kule, meclis gibi yapılar bu başlık altında toplanırlar.

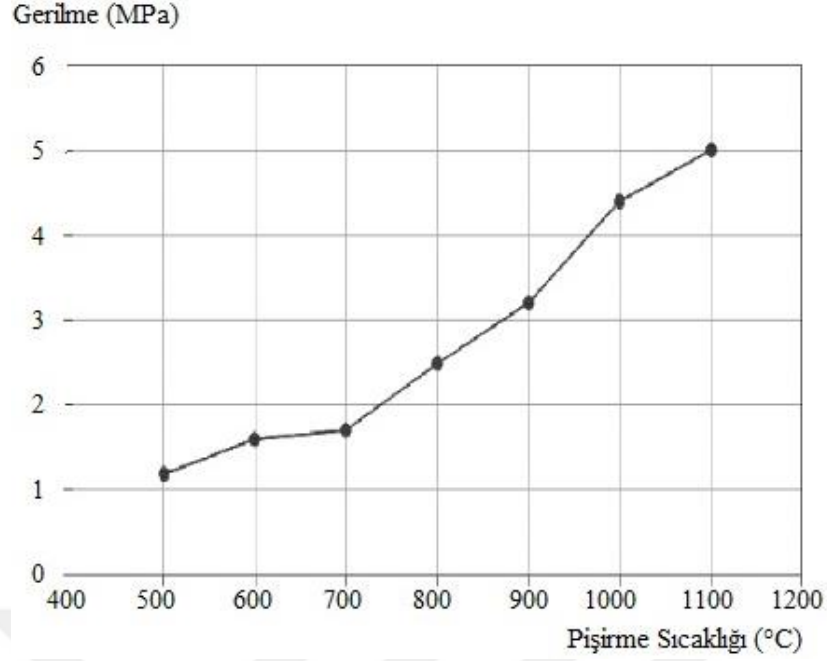
Ulaştırma yapıları bir kişi veya nesnenin bulunduğu yerden hızlı ve güvenli şekilde başka bir konuma varmasını sağlayan ulaşım yapıları sosyal, kültürel ve ekonomik anlamda toplumların temelini oluşturan etmenlerdendir. Gar, köprü, su kemeri, iskele yapıları tarihi yığma ulaştırma yapılarına örnek teşkil eder.

Diğer sivil ve özel yapılar ise günlük yaşam içerisinde özel bir amaç olmaksızın kullanılan tarihi yığma köşk, konak, kasır gibi ev yapıları sivil yapılar bu kapsama girer.

2.2 Tarihi Yığma Yapılarda Kullanılan Malzemeler Hakkında Genel Bilgiler

2.2.1 Tuğla

Taşıma, şekil verilmesi ve uygulanma kolaylığı açısından tercih edilen tuğla, killi malzemenin pişirilmesiyle elde edilir. Tarihi yapılarda kendilerine büyük yer bulan tuğlaların dayanımına; yapıldığı malzemenin kalitesi, pişme sıcaklığı ve süresi, kuruma süreci ve porozitesi büyük etki eder (Gedik, 2008). Porozitenin düşüşü basınç dayanımının düşüşü anlamına gelir. Pişme sıcaklığı ile tuğla dayanımının arttığı Şekil 2.2’de görülmektedir.



Şekil 2.2 : Piştirme sıcaklığının tuğla dayanımına etkisi (Söylemez ve diğ., 2011).

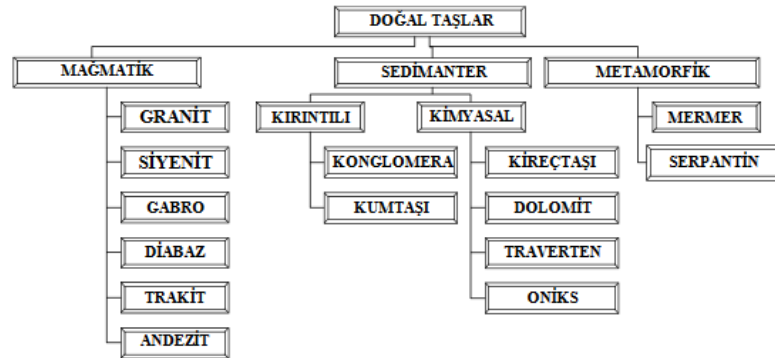
Tuğla, dayanım anlamında da yığma yapıların genel karakteristik özelliğini yansıtır. Buna göre, basınç dayanımı çekme dayanımının oldukça üstündedir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1 : Tuğlaların ortalama fiziksel özellikleri (MPa) (Mahrebel, 2006).

Basınç Dayanımı	Çekme Dayanımı	Kayma Dayanımı
10-30	2,5-5	10-20

2.2.2 Doğal taş

Tarihi yığma yapılarda rastlanan bir diğer malzeme çeşidi olan doğal taşın çok fazla çeşidi mevcuttur. Ana başlıklar olarak bu doğal taşlar; magmatik, sedimanter ve metamorfik taşlar olarak üçe ayrılır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 : Doğal taş çeşitleri (Büyüksağış ve Gürcan, 2005).

Kolayca bulunabildiği için tarihi yığma yapılarda çok fazla tercih edilen doğal taşların da basınç dayanımı, çekme dayanımının çok üstündedir. Bazı doğal taşlarla ilgili özellikler Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2 : Bazı doğal taş özellikleri (MPa) (Smith, 1999).

Malzeme Cinsi	Basınç Dayanımı	Çekme Dayanımı
Granit	96-310	7-25
Kireçtaşı	14-255	5-25
Bazalt	110-338	10-30
Mermer	69-241	7-20

2.2.3 Beton briket

Cüruf, doğal agrega, kum-çakıl ve çimento karışımından yapılan malzemelerdir. Dolu ya da boşluklu bir yapıya sahip olabilirler. Kullanılan agrega oranına göre Basınç dayanımları 25-125 kg/cm² arasında değişebilir (Düzgün, 1985).

2.2.4 Ahşap

Hafif bir yapı elemanı olmasına rağmen ülkemizde artık kullanımına pek fazla rastlanmaz. Özellikle tarihi yığma binalarda daha çok döşemelerde kullanılan ahşap malzemesinin hem basınç hem de çekme dayanımları bir hayli düşüktür. Ahşabın çekme ve basınç dayanımları ya da emniyet gerilmeleri liflere paralel doğrultuda en yüksek nitelikli kereste için 0,110-0,120 ton/cm²’dir (Bayülke, 2001). Sehim oranı yüksek olan ahşap malzeme, zamanla yıpranır.

2.2.5 Kerpiç

Kerpiç, killi ve kumlu toprakların, saz, saman, kamış gibi lifli yapılar ile karıştırılıp su eklenerek harç haline getirilmesi ve bu harcın kalıplarda kurutulmasıyla elde edilen malzemeye denir. Ekonomik ve çevreci bir malzeme olmasına karşın, basınç dayanımının çok düşük olması ve suya karşı hassaslığı kerpiç malzemesinin yapı elemanı olarak kullanılmasını zorlaştırır.

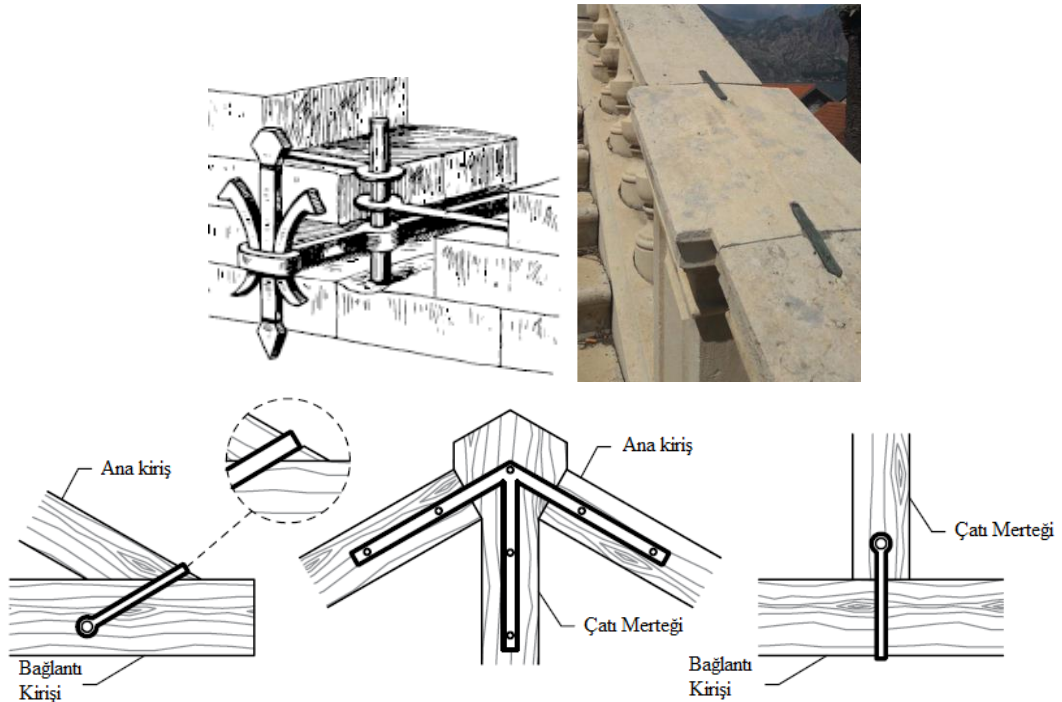
2.2.6 Harçlar

Harç, yapı elemanları arasında bağlayıcılık görevi üstlenen yapı malzemesidir. Agregaların ve bağlayıcıların birleşimiyle oluşan harçlar içindeki çimento miktarı arttıkça daha fazla dayanım gösterir. Bağlayıcı malzemeler kökenine göre, inorganik

ve organik olarak; katılaşma ortamına göre ise havada ve suda olmak üzere sınıflandırılabilirler. Bağlayıcı malzemelerin yüzeyde süreklilik sağlamalarının yanı sıra agregaları homojen olarak birleştirmeleri ve yükü agregalara aktarmaları beklenir (Aköz, 2017). Tarihi yığma yapılarda çoğunlukla kireç harcı ve horasan harcı olmak üzere iki tip harç görülmektedir (Uğuz, 2016). Hammaddesi kalker taşı olan kireç pişirilerek sönmemiş kireç elde edilir. Su ile tepkimeye sokularak söndürülmüş kireç elde edilip, birkaç yıl bekletildiğinde pek de dayanıklı olmayan kireç harcı elde edilir. Roma'da puzolan, Osmanlı'da ise horasan harcı olarak bilinen harç ise içine silika ve alümina içeren malzemeler eklenerek dayanıklılığı artırılmış olan bağlayıcı malzemedir.

2.2.7 Metal elemanlar

Tarihi yığma yapılarda sanayi devrimi ile kullanımı yaygınlaşan metal elemanlar, taş, tuğla ve ahşap yığma binalarda birçok amaçla kullanılırlar. Yapının sismik kapasitesini arttırmak ve yatay kuvvetlere karşı dayanımını arttırmak amacıyla ankraj uygulamaları, yığma yapı birimlerini birbirine bağlayan kenet ile gergi elemanları, volta döşemelerde duvar ve kiriş birleşim noktalarında kullanılan profiller ve ahşap çatı bağlantılarında kullanılan çivi ve gergi elemanları bu kullanıma örnek verilebilir (Şekil 2.4). (Roca ve diğ., 2019).



Şekil 2.4 : Metal elemanlar kullanım örnekleri (Roca ve diğ., 2019).

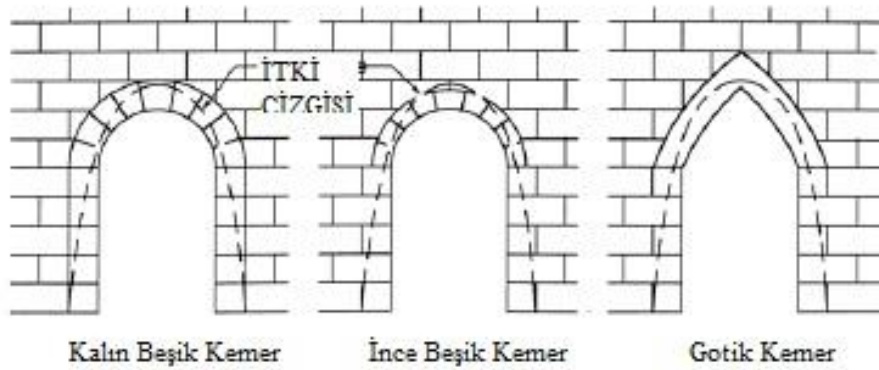
2.3 Tarihi Yığma Yapılarda Taşıyıcı Sistemler Hakkında Genel Bilgiler

2.3.1 Kemerler

İlk örnekleri milattan önceye dayanan kemerler, yapım amacı olarak kirişlerle benzerlik taşır. Kavisli olarak örülen ve iki duvarı veya ayağı birbirine bağlayan kemerler, üst yükleri ayak kısımlarına vererek yük aktarımını sağlarlar. (Dirlik, 2017)

Taş kemerler ana olarak, kemerin başlangıç taşı olarak üzeni taşı, kemerin ortasında bulunan ve kemeri dengede tutup elemanları kilitleyen kilit taşı ile üzeniyle kilit taşı arasında bulunan kemer taşlarından oluşurlar.

Kemer tasarımı için birçok farklı tasarım önerisi ve prosedürü mevcuttur. Bunlardan biri de zincir yöntemi olarak adlandırılır. Zincir serbestçe bırakılıp kendi ağırlığı altında aşağıya sarkıtılır. Bu şekilde çekmeye çalıştırılan zincir ters çevrildiğinde tamamen basınca çalışır, kemer uygulaması da bu şekil baz alınarak yapılır (Sanchez, 2007). Bu şekilde çalışmaya devam edebilmesi için de bileşke kuvvet (itki) çizgisinin merkeze olabildiğince yakın kalması gerekmektedir (Şekil 2.5).



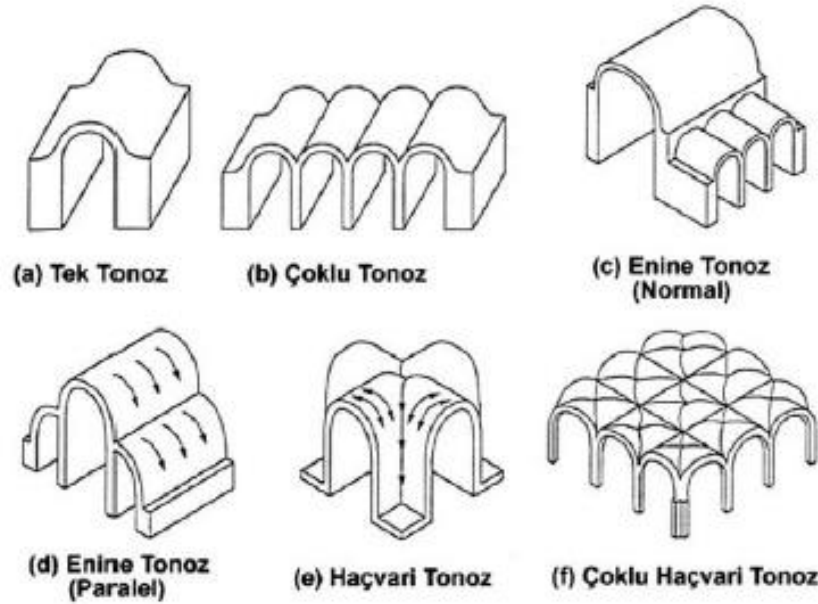
Şekil 2.5 : Kemer çeşitleri ve bileşke kuvvet çizgisi (Sanchez, 2007).

2.3.2 Tonzlar

Grekçe'deki Tholos kelimesinden dilimize kazandırılan tonoz, kemerlerin düzlemine dik doğrultuda uzatılması ile oluşturulan yarım silindir formunda bir örtüdür. Dikdörtgen alanları ekonomik ve statik olarak elverişli şekilde örten bir üst yapı unsurudur. (Mülayim, 2012)

Kemer ve tonoz kavramlarının birbirinden ayrılması, derinlik ve açıklık ölçülerinin oranına bağlıdır. Açıklık derinlikten daha az ise tonoz olarak adlandırılır. Tonzların

kullanıldığı yapının eğim formuna, bağlantı tarzına ve işlevine göre tekli, çoklu, enine, haç, manastır, verrev, yelpaze gibi çeşitleri mevcuttur (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 : Tonoz çeşitleri (Url-2).

2.3.3 Kubbeler

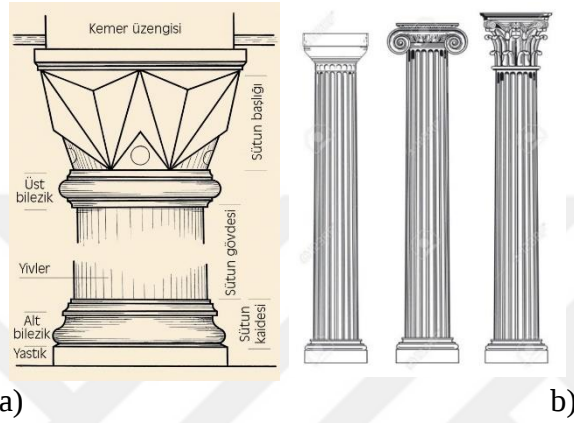
Arapça'daki Gobbe sözcüğünden dilimize geçen kubbe, bir kemerin yayının tepe noktasından inen dik eksen çevresinde dönmesiyle meydana gelen üst örtü şeklinde tanımlanır (Hasol, 1975).

Yığma kubbeler her ne kadar basınca çalışan taş ve tuğla gibi malzemelerden yapılıyor olsa da sadece basınca çalışmazlar. Yapılan statik analizler sonucunda yatay eksenindeki çekme ve basınç gerilme bölgeleri belirlenmiştir. Özellikle alt bölümlerde görülen çekme gerilmeleri sebebiyle, çekme gerilmelerine karşı dayanımı düşük olan taş ve tuğla gibi malzemelerin kubbelerin etek kısımlarında açılma yapma riski mevcuttur. Bu riskin bertaraf edilmesi yanal hareketi engellenen mesnetlerle sağlanır (Savaşır, 2016).

Dairesel planlı yapılarda, yükler doğrudan duvarlara iletilirken; köşeli alt yapı ile dairesel üst yapının olduğu durumlarda bu iki yapı arasında geçiş elemanlarına gereksinim vardır. Bu geçiş elemanları olarak iç unsur olarak pandantifler, tromplar ve Türk üçgeni kullanılmaktadır. Dışarıdan ise çokgen bir kasnak ilavesi çözüm sağlayabilir.

2.3.4 Sütunlar

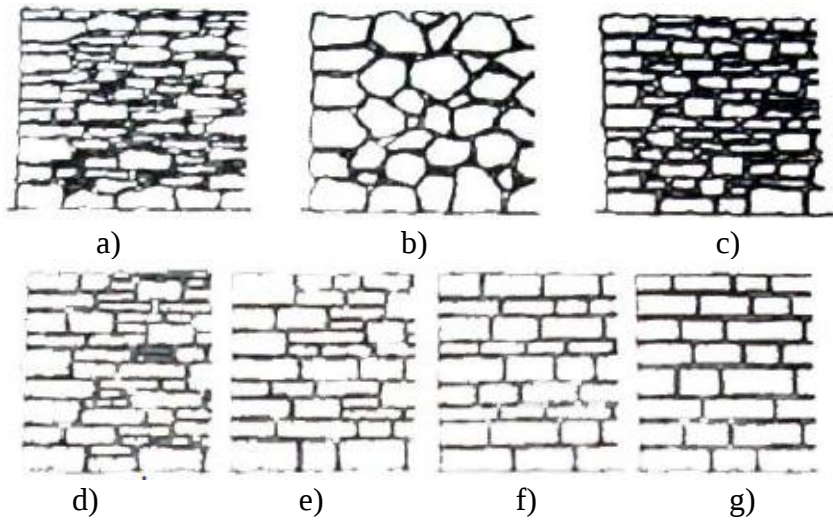
Sütunlar, yapı yüklerini düşey olarak aktarmada kullanılan elemanlardır. Yapımında taş, mermer, ahşap gibi malzemeler kullanılır. Yekpare veya parçalı olabilirler, genellikle üç kısımdan oluşurlar ve dairesel kesitlidirler. Sütunu oluşturan kısımlar başlık, gövde ve kaide olarak sıralanır. Başlık ve kaide kısımlarının görevi, kapasiteyi arttırmak ve yükü dağıtmaktır (Şekil 2.7). Özellikle Yunan mimarisinde kullanılan bu mimari elemanların Dor, İon ve Korint olmak üzere üç ana nizamı vardır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 : a) Sütun bölümleri (Mülayim, 2010) b) Yunan mimarisinde temel nizamlar (Dor-İon-Korint) (Url-3).

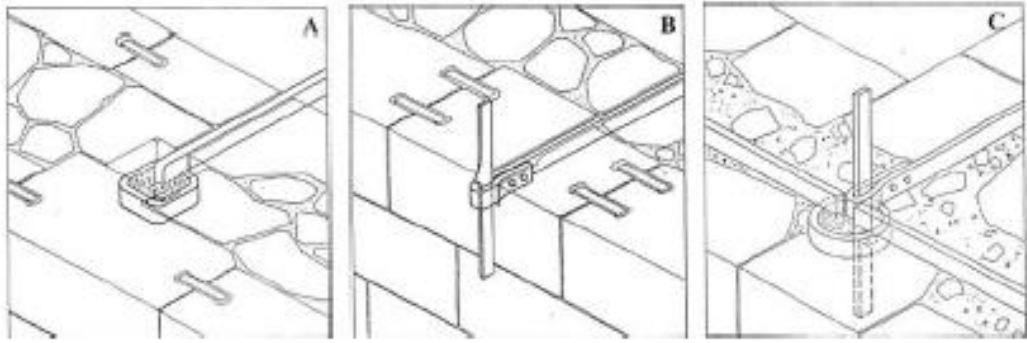
2.3.5 Duvarlar

Tarihteki ilk örnekleri büyük ve düzensiz kesme taşlar ile inşa edilen duvarlar, yığma yapılarda yüklerin temele aktarılmasında büyük rol oynar (Guglielmo ve diğ., 2014) Şekil 2.8’de Roma döneminde rastlanılan duvar örgüleri verilmiştir.



Şekil 2.8 : Taş duvar örgü çeşitleri: a) kuruduvar, b) mozaik örgü, c) moloz taş, d) kaba yonu e) düzensiz ince yonu f) düzgün ince yonu, g) kesme taş (Kaya, 2010).

Kerpiç, taş, tuğla gibi yapı malzemeleri ile de inşa edilen duvarlar; tek, çift veya üç çidarlı olabilirler (TYDRYK, 2017). Duvarların sürekli bir yapı göstererek, kendisine etki eden düşey ve yatay yükleri karşılayabilmesi için yapımında kullanılan malzemelerin arasında harç kullanılmalı, hatıllarla desteklenmelidir. Tüm bu önlemlere rağmen zaman içerisinde çeşitli etkiler ve yükler altında duvarların dayanımı azalır ve duvar üzerinde kayma mekanizması gelişir. Bu mekanizma, köşegen doğrultularda çekme ve basınç gerilmeleri yoluyla çapraz çatlaklar oluştururlar (Tetik, 2015). Bu çatlakların oluşmaması için mesnetlenmelerin uygun yapılması gerekir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9 : Mesnetlenme şekilleri: a) Simitli mesnetlenme, b) Açık kılıklı mesnetlenme, c) Simitli mesnete kılıklı bağlantı (Mahrebel, 2006).

2.3.6 Döşemeler

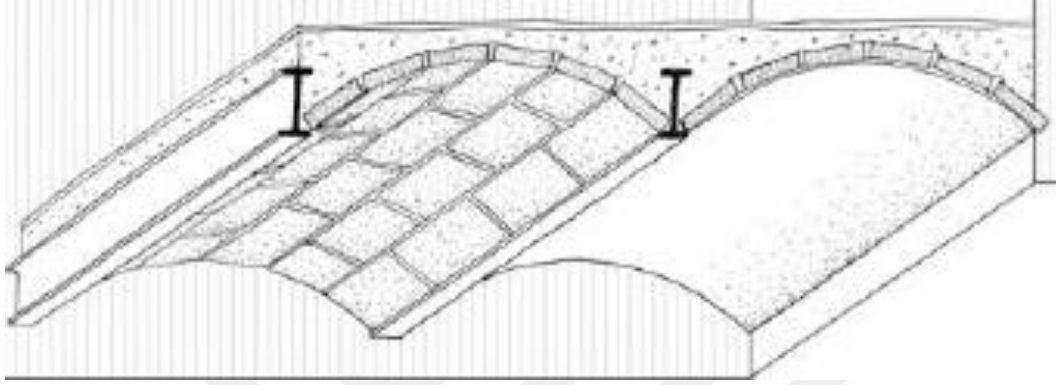
Döşemeler, yapıyı katlarına ayıran yatay taşıyıcı elemanlardır. Yatay taşıyıcı olan döşemelere dik doğrultuda gelen düşey yükler; duvar, kolon, sütun gibi düşey elemanlara aktarılır. Bu aktarımların düzgün sağlanabilmesi ve yapının güvenliği için geniş açıklıklardan ve boşluklardan kaçınılmalıdır. Tarihi yığma yapılarda taş, volta ve ahşap döşeme olmak üzere uygulamalar yapılmıştır

2.3.6.1 Taş döşeme

Volta ve ahşap döşemeler kadar uygulama alanı olmasa da taş döşeme uygulamaları da tarihi yapılarda mevcuttur. Genellikle ahşap kirişlerin üzerine oturtularak yapılan taş döşemeler iyi bir yalıtım ve dayanıklılık özelliği gösterse de yapıya büyük ağırlık eklenmiş olur.

2.3.6.2 Volta döşeme

Kolay uygulanması ve düşük maliyeti sebebiyle tercih edilen volta döşemelerin sismik performansı düşüktür (Maheri ve Rahmani, 2003). Çelik profiller arasına tuğla veya taşların sıkıştırılmasıyla oluşturulan tonoz şeklindeki volta döşemelerde tuğlalar basınca profiller ise eğilmeye çalıştırılmış olur (Şekil 2.10). Volta döşemeler duvar dibinde profille başlayacak diye bir kaide yoktur, tonoz duvara da oturtulabilir.

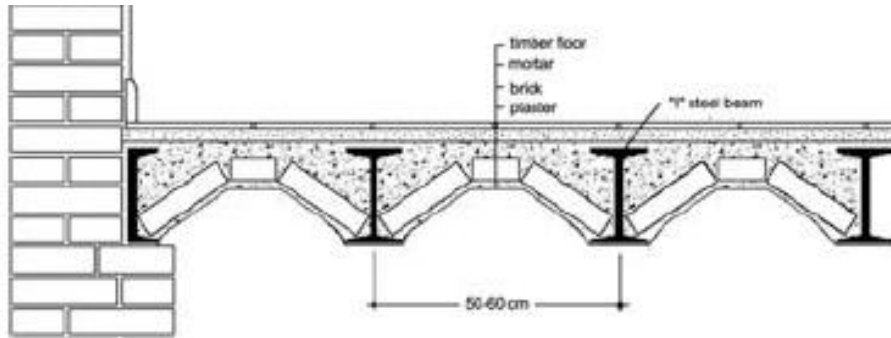


Şekil 2.10 : Volta döşeme örneği (Diodato ve diğ., 2015).

Çelik profillerin 1 ila 1,5 m aralığında atılması gerekmektedir (Mahrebel, 2006).

2.3.6.3 Adi volta döşeme

Adi Volta döşeme, 0,50 ila 0,60 metre arasında profillerin atıldığı ve genellikle bu profiller arasında üç tuğla dizilimi uygulanan döşeme tipidir (Şekil 2.11).



Şekil 2.11 : Adi volta döşeme örneği (Yergün ve Çiftçi, 2008).

Çelik profil arasında sıkıştırılan taş veya tuğla malzemenin üstü çelik profilin üst başlığı ile düzlemsel bir yapı oluşturması istenirse beton veya harçla kapatılabilir.

2.3.6.4 Ahşap döşeme

Hafifliği sebebiyle yapıya avantaj sağlayan ahşap döşemeler, yığma yapılarda çok fazla tercih edilen döşeme türlerindendir. Ahşap döşemeler, ahşap kirişlerin üzerinden

geçerler ve bağlanma şekillerine göre kafes, binili, zıvanalı, lamine ve kirişli döşeme olarak isim alırlar. Döşeme kalınlığının, döşeme açıklığının 1/30'u kadar olması uygun görülür.

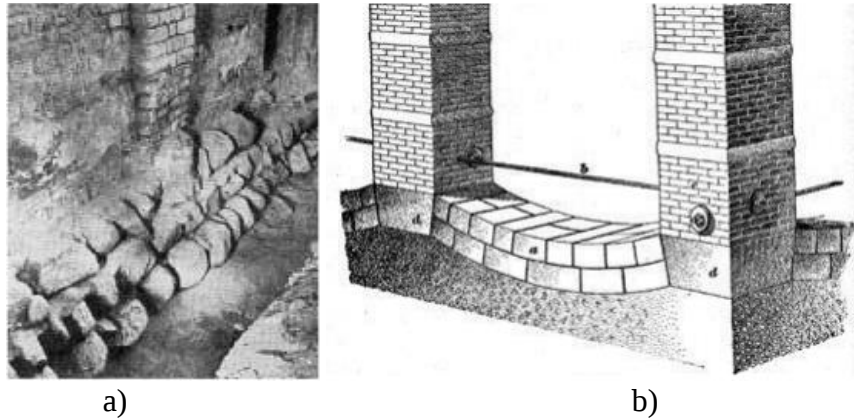
Ses geçirgenliği yüksek olan ahşap döşemeler, malzemenin elastisite modülünün düşük olması sebebiyle sehim yapmaya uygundur. Tasarım sırasında sehim yapmaması ve kesme kuvvetlerini taşıyabilmesi açısından kontrolleri yapılmalıdır.

Ahşap döşeme kirişleri duvar başlık kirişleri üzerine oturtulmalı veya duvar taban ve başlık kuşaklarının arasına alınmalıdır.

2.3.7 Temeller

Temeller, üzerine gelen yükleri zemine aktaran yapı elemanlarıdır. Tarihi yığma yapılarda günümüzde kullanımı mümkün olmayan temel çeşitleri bulunmaktadır. 11. ve 13. yüzyıllar arasında romanesk mimarisinin bir parçası olarak temeller, mühendislik hesaplamaları yapılmaksızın, yapılacak binanın alanına, duvar veya sütun boyutlarına göre devam ettirilmiştir. Bu temellerde molozlar, kalıntılar ve zayıf harçlar kullanılmıştır (Przewlocki ve diğ., 2005).

O zamanlardan günümüze, temel sistemi mantığı devam etse de çeşitleri geliştirilmiştir. Yığma yapılarda temel çeşitleri sert ve yumuşak zeminler olarak iki ana başlık altında incelenebilir. Sert zeminlerde, kalın duvarların aynı şekilde zemin altına indiği kalın temeller, ince duvarların veya sütunların zemin altında genişleyerek oluşturduğu ampatmanlı temeller, birbirine yakın duvarların zemin altında tonoz oluşturacak şekilde birleştiği ters tonoz temeller, aynı şekilde birleşen sütunların oluşturduğu ters kemer temeller mevcuttur (TYDRYK, 2017) (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 : a) Romanesk temel (Przewlocki ve diğ., 2005) b) Ters tonoz/kemer temeller (Arun, 2016).

Yumuşak zeminlerin iyileştirmesi için ahşap kazıklı sistem kullanılır. Kazıklar birbirlerine ızgara sistem ile bağlıdır, yapı bu sistem üzerine inşa edilir.

Anadolu’da ise sert zeminlerin derinde olduğu durumlarda temel altına esnek taban oluşturmak amacıyla ortalama 45 cm kum veya çakıl gibi maddeler serilir.

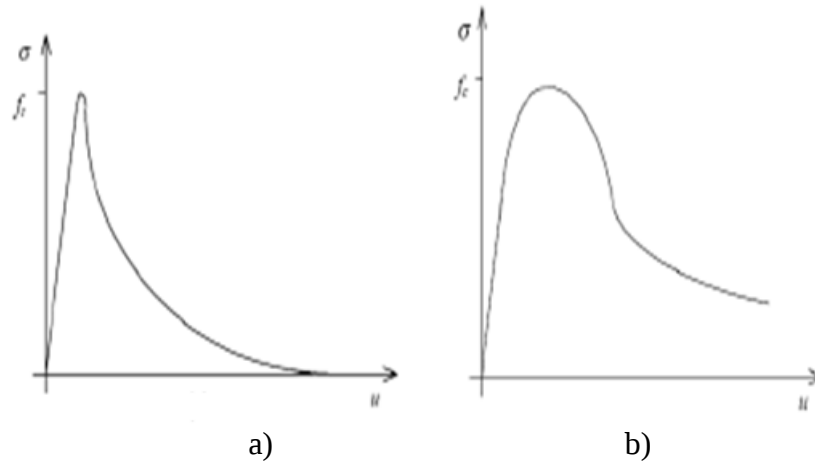
2.3.8 Çatılar

Yapıların üzerini kaplayarak, atmosferik etkilerden koruyan örtü olan çatı yapısı tarihi yığma yapılarda düz veya eğimli (kalkan duvarlı, flemenk, kırma, mansart, sundurma) yapılar olarak karşımıza çıkar. Özellikle eğimli çatılarda üst örtü ahşap üzerine kiremit kaplama olabileceği gibi metal elemanlarla da kapatılabilir. Tarihi yığma yapılarda korniş, saçak, parapet, kule gibi yapılar çatı üzerinde bulunabilecek mimari elemanlardır (District of Columbia Roof Guidelines).

3. TARİHİ YIĞMA YAPILARDA HASAR

Yığma yapılarda güçlendirme işlemlerine geçilmeden önce hasar tespitinin doğru yapılması gereklidir. Bu doğrultuda, başta yapının hasar geçmişi bilinmelidir. Sonrasında ise yapı malzeme dayanımları, yapıdaki çatlaklar, yük aktarım mekanizmaları, zemin özellikleri gibi bilgiler ilgili araştırma ve analizlerle ortaya konmalıdır (Döndüren ve diğ., 2017).

Yığma yapılar yüksek basınç dayanımına ve düşük çekme dayanımına sahip, gevrek davranış gösteren yapılardır. Bu sebeple çekme gerilmeleri yığma yapılar üzerinde çatlaklar ve ani göçmeler oluşturur. Şekil 3.1’de gevrek malzemelerin tek eksenli yükleme altındaki davranışları verilmiştir.



Şekil 3.1 : Yarı kırılğan malzemelerin tek eksenli yükleme altındaki davranışı
a) çekme yükü b) basınç yükü (Gedik, 2008).

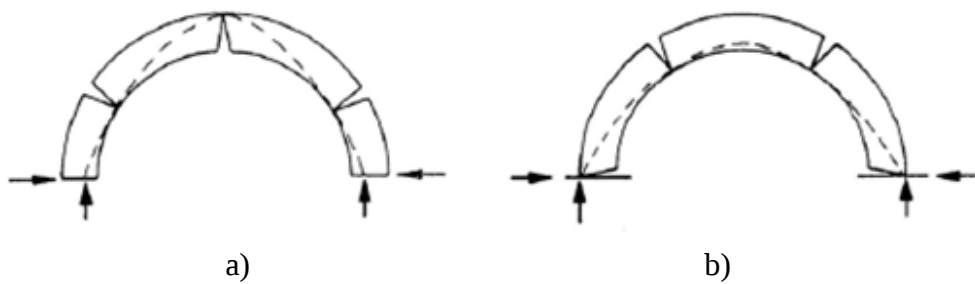
Çatlakların izlenmesi yapı hasar seyri açısından önemlidir. Yeni ve eski çatlaklar arasında kenar keskinliği ve temizliği açısından önemli farklar mevcuttur (Aköz, 2008). Tarihi yapılarda güçlendirme yapılmasına giden yolda ilk adım hasarların doğru belirlenebilmesidir. Ancak bu şekilde doğru önlemler alınarak yapının zayıflamasının önüne geçilebilir. Hasar ve göçme mekanizmaları iki ana başlık altında değerlendirilebilir.

3.1 Taşıyıcı Sistem ve Yapısal Sebeplerden Kaynaklı Hasarlar

3.1.1 Kavisli yapılarda hasar mekanizmaları

Kemer ve tonoz tipi yapı taşıyıcı elemanlar, kendisini oluşturan yığma yapı malzemelerinin karakteristik özelliklerini taşıdıkları için çekmeye karşı dayanım göstermekten uzaktırlar. Kemerin statik özelliğini belirleyen en önemli etken yükseklik ve açıklık oranıdır. Yükseklik arttıkça kemer orta çizgisine (itki çizgisi) gelen yük azalır ve gergi elemanlarına olan ihtiyaç belirir (Döndüren ve diğ., 2017).

Kemer ve tonozlarda oluşan hasarların genel sebepleri itki çizgisinin hareket ederek kemer sınırlarına erişmesi ile mafsallara düzeneği oluşturarak kemerlerde çatlakların meydana gelmesi, kemerin oturduğu duvarın boyutlarının yetersizliği ve gergi elemanlarının çürüme ve paslanma gibi etkilerden dolayı işlevini yitirmesiyle açıklanabilir. İtki çizgisinin yukarı doğru hareketi kemerin ve tonozların alt kısımlarında (Şekil 3.2a), itki çizgisinin aşağı doğru hareketi de kemer üst bölgesinde (Şekil 3.2b) çatlaklar oluşturur. İtki çizgisinin yerini etkileyebilecek faktörler, kemer genişliği, kemer ağırlığı, kemere gelen yükler ve gergideki bozulmalar olarak sıralanabilir. Bir diğer hasar çeşidi olarak kemer ayağında bozulmalar gösterilir. İtki çizgilerinin, kemer ayağında geçtiği nokta bu anlamda önem taşır. Kemer ayağının orta 1/3'lük kısmında kalması kemerler için güvenli bölgede kalmayı sağlar (Aköz, 2008). Tavsiye edilen bu alan dikdörtgen kesit için çekirdek bölgesidir. Daire kesitli bir ayak için bu bölge orta 1/2'lik kısımda kalmalıdır.



Şekil 3.2 : a) Kemer yüzeyinde oluşan çatlaklar: a) İç b) Dış (Aköz, 2008).

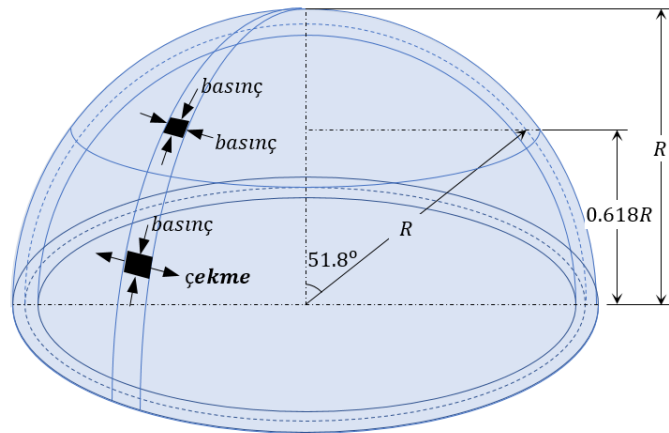
Kalın kemerlerde duvar boşlukları veya iç ve dış halkalar arasında çatlak, ezilme ve kopmalar yer çekimi kuvvetinin etkisiyle gerçekleşebilir (Döndüren ve diğ., 2017) (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 : Kemer hasarı (Castelvecchio Subequo, İtalya) (Indirli ve diğ., 2013).

Yük dağılımının artışı, düzensizliği ve mesnetlerin simetrik olmayan oturmaları, kubbelerde çekme gerilmelerine sebep olmaktadır. Özellikle kubbenin yükleri düşey ve yatay elemanlara aktardığı noktalar, hasarların yoğunlukla görüldüğü bölgelerdir.

Orta yüzey yarıçapının et kalınlığına oranı 20’den büyük olan aksenal simetrik elastik kabuk yapı elemanlarını, membran teorisi ile hesaplayabiliriz. Bu hesap sonucu, düşey yük altında, meridyenler doğrultusunda gerilmelerin hep basınç, fakat paraleller doğrultusunda gerilmelerin Şekil 3.4’te görüldüğü gibi kubbe yüksekliği arttıkça çekmeye döndüğü hesaplanabilir. Bu yükseklik yarıçapın $0.618 (= \cos 51,8^\circ)$ katına denk gelmektedir.



Şekil 3.4 : Kubbeye çekme ve basınç bölgeleri.

3.1.2 Düzlem içi ve düzlem dışı etkilerle meydana gelen hasarlar

Duvarlara etki eden yatay kuvvetler sonucu, yükün geldiği yöne göre düzlem içi ve düzlem dışı etkiler oluşur. Duvarlara gelen bu düzlem dışı etkiler, tüm yapının göçmesine sebep olabilecek kadar sonuçlar doğurabilir. Duvar düzlemine dik gelen yükler, eğilme çatlakları oluşmasına yol açarak duvarı zayıflatır (Arun, 2005). Fakat esas büyük tehlikeyi oluşturan, düzlem dışı etkilerin sebep olduğu devrilme hareketidir. Bu anlamda, duvarın kalınlığının yüksekliğine oranı olan narinlik özelliği belirleyici rol oynar (Şekil 3.5).

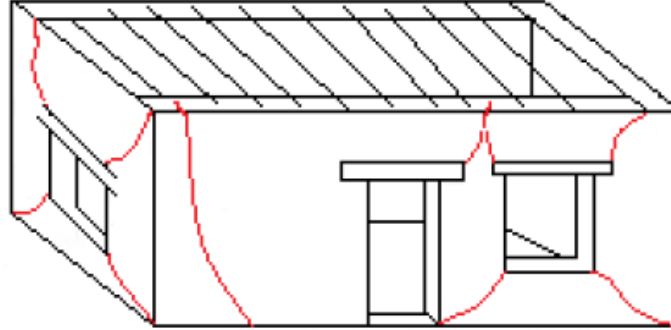


Şekil 3.5 : Düzlem dışı yüklerin oluşturduğu devrilme (Arun, 2005).

Özellikle duvar birleşim yerlerinde, duvarlara etki eden kuvvetin düzlemsel farklılığı sebebiyle duvarların birbirlerine karşı etkisi büyük hasar ve çatlaklara yol açar. (Kaptan, 2010)

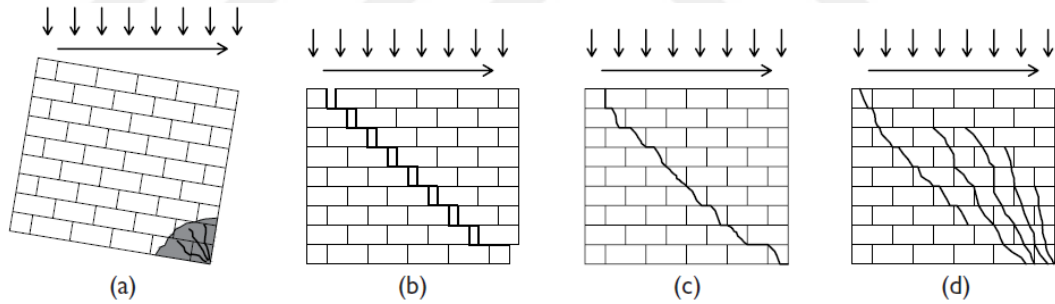
Duvar düzlemleri doğrultusunda etkiyen kuvvetler ise duvarlarda kayma çatlakları oluşturur. Tekrarlı yükler altında diyagonal rota izleyen bu çatlaklar X çatlakları olarak da bilinir (Şekil 3.6). Düzleme dik etkiyen yükler gibi devrilme etkisi oluşturmazlar fakat bloklar halinde döküntü oluşma riski vardır.

Yığma yapılarda genellikle kapı, pencere gibi boşlukların etrafında sürekli bir bağ kiriş sistemi bulunmadığı için hasarların genellikle bu bölgelerde oluşması beklenir (Yön ve diğ, 2017)



Şekil 3.6 : Açıklık çevrelerinde meydana gelen çatlaklar (Döndüren ve diğ., 2017).

Tarihi yapıların yığma duvarlarında, düşey yükler altında harç ve duvar arasında bağların zayıflaması ve duvarlara etkiyen döşeme yükü ve çatı yükü gibi basınç gerilmeleri oluşturabilecek yükler sonucunda meydana gelen başlıca çatlak çeşitleri Şekil 3.7’de verilmiştir.

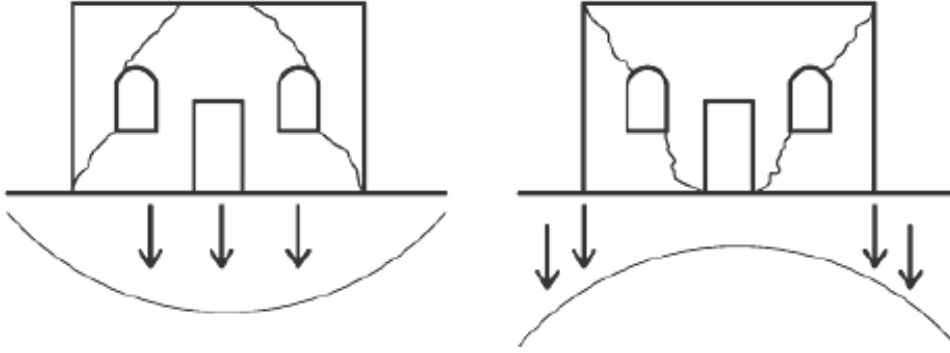


Şekil 3.7 : Düzlem içi etkiler sonucu meydana gelen çatlaklar: a) Duvar topuk ezilmesi, b) kademeli kayan çatlaklar c) diyagonal çatlaklar d) basınç çatlakları (Roca ve diğ., 2019).

3.1.3 Temelerde oturmanın oluşturduğu hasarlar

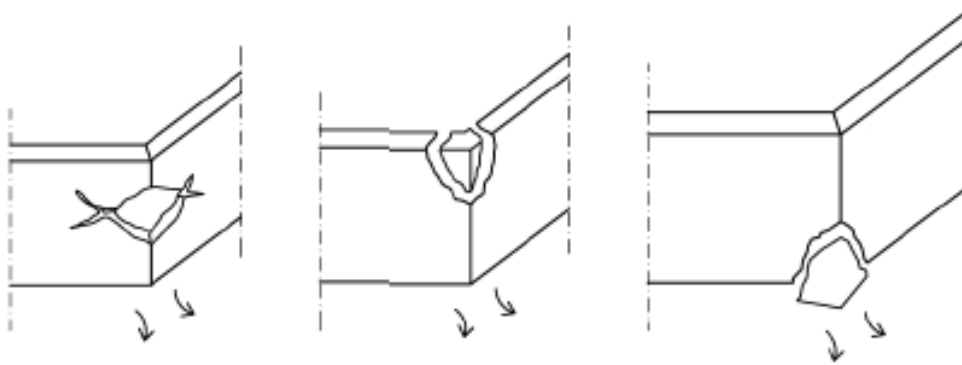
Yapı yükünü zemine aktarma görevini üstlenen yığma yapı temellerinde, tasarım hataları, yapı yükü artışı, sıvılaşma, temel altının çeşitli etkilerle boşalması, zeminde taşıma gücü kaybı, deprem, yapı çevresinde yapılan kazılar (kazı sırasında ortaya çıkan boşlukların etkisiyle stabilite kaybı, titreşim etkisi ve drenaj sisteminin bozulması gibi) sebepleriyle oturmalar meydana gelmektedir. Temelerde gerçekleşen düzgün oturma hali, yapıya büyük oranda zarar vermezken, düzgün olmayan oturmalar geri dönülmez hasarlara yol açabilir.

Duvarda çatlakların oluşması, hareket haline geçen temelin yapıya etkilerinden biridir. Çatlak sebebinin temel olup olmadığı çatlakların şeklinden anlaşılabilir, buna göre, oturma yapının ortasında ise çatlaklar yukarı doğru açılarak çıkar. Eğer oturma kenarlardaysa yukarı doğru daralan çatlak hareketi gözlenir (Kaptan, 2010) (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 : Oturma bölgesine göre çatlak patikaları (Kaptan, 2010).

Duvarların devrilmesi, duvarların yeterince iyi bir kilitleme yapmaması sonucu temel hareketiyle birbirinde ayrılmaları olarak gözlenir. Duvarlarda hafifletme kemeri oluşması da rastlanan bir diğer hasar türüdür. Buna göre bu hasar türü temel oturmaları neticelerinde parçalanma oluşan yapının duvarlarının köşelerinde, birleşim yapan duvarların yıkılan kesişim noktalarında, pencere ve kapı boşluk üstlerinde görülebilir. Harç bağları daha güçlü duvarlarda, lokal değil bir bütün olarak duvarlarda kopma ve oturma derecesine göre dönme hareketi gözlemlenir. Duvarda büyük parçaların kopması ile duvar ve cephelerde dönme, temel oturmalarının büyük oranda yıkıma yol açtığı hasar türlerindendir. Duvar içi harç ve taş bağlarının zayıf olduğu yapılarda yatay yönde etkiyen bir itki kuvveti varsa duvar dışa doğru döner. Dönme davranışının derecesi devrilmeyi tetikleyebilir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 : Duvarlarda parça kopması (TYDRYK, 2017).

3.1.4 Diğer taşıyıcı sistem ve yapısal sebepli hasarlar

Yığma yapılar her ne kadar basınç dayanımı yüksek yapılar olsalar da basınç gerilmeleri dayanımın yarısına ulaştığında yapıda çatlakların oluşmaya başladığı gözlemlenmiştir (Roca ve diğ., 2019). Düşey derz düzeni ve duvar içi birleşim zayıflığının bu tip hasarlarda önemli rol oynadığı ortaya konmuştur. Tek eksenli düşey yük etkimesi taşıyıcı elemanların basınç dayanımına ulaşmamış olsalar dahi burkulma davranışı göstermesini sağlayabilir. Bu noktada duvarların kilitlenme mekanizmasının önemi büyüktür.

Duvar birleşimleriyle veya kirişler ile tonozların üstünün doldurulması veya kaplanmasıyla oluşturulan döşemeler de yapıda hasara uğrayan elemanlardır. Rijit diyafram özelliği gösteremeyen ahşap döşemelerde yatay kuvvetlerin etkisiyle büyük şekil değiştirmeler gözlemlenebilir. Geniş açıklıklara sahip olan ahşap döşemelerde sehim bölgeleri oluşma ihtimali yüksektir. Hem ahşap döşemelerde hem de volta tipi döşemelerde nem faktörüyle birlikte gelen çürüme ve korozyon etkileri de döşemeye büyük zarar vermektedir. Yatay kuvvetler etkisinde kiriş ve bağlantı elemanlarının duvarla ayrışması sonucu volta döşemelerde zayıflama, dökülme ve kopmalar görülür.

Daire veya dikdörtgen formlu düşey taşıyıcı olan sütun ve ayaklar tek veya birbirlerine metal parçalarla tutturulmuş birkaç blok parçasından oluşur. Yatay kuvvetler etkisinde kenetlenme davranışını yeterince sağlayamayan metal parçalardan ötürü sütun ve ayaklarda kayma ve dönme hareketleri görülür.

Çatılarda görülen başlıca yapısal hasar sebepleri, çatı sistemini oluşturan ahşap elemanlar ile çatı duvar birleşimini sağlayan bağlantı elemanlarının yetersizliği sonucu çatı yapısının göçmesidir. Çatı içerisinde yer alan açıklıklar çatlaklara ve ayrılmalara sebep olmaktadır. Çatı üzerinde sonradan yapılan işlemlerden dolayı artan yük de çatıların taşıyamayacağı noktaya gelebilir ve göçme oluşturabilir.

Tasarımda yapılan hatalar ile işçilik kaynaklı hatalar taşıyıcı elemanın üstüne gelen yükü taşımakta başarısız olacağı ve bel verme, dönme, devrilme, yıkılma, ezilme şeklide hasarlara uğrayacağını gösterir. Bu hatalara maruz kalan yığma yapılar dış etkilere de kolayca etkilenir.

Yığma yapılarda kullanılan doğal taş, kerpiç, ahşap, demir gibi malzemelerdeki hasar ve çatlaklarda; kullanılan malzemenin mineralojik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri önemli rol oynar. Bu özellikler dayanımın derecesini belirler.

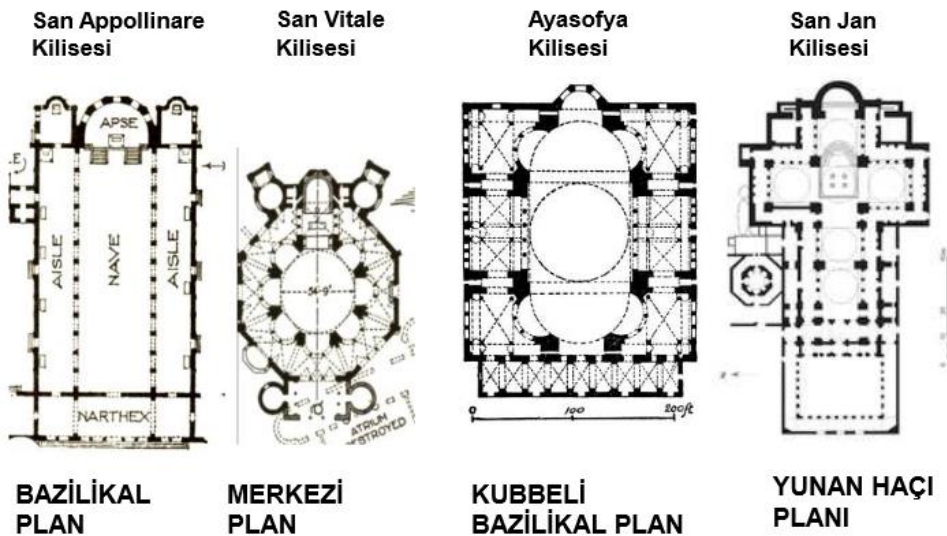
Su ile temas veya nemli ortamların oluşumu ahşap, kerpiç ve demirde çürüme ve korozyonlara yol açar. Pişirme süresi tuğlaların dayanımının belirlenmesinde büyük etkindir. Korozyon etkisi hacim artmasına sebep olduğundan sütun ve ayaklardaki gergi birleşim yerlerinde parçalanmalara sebep olur. Tüm bunlar dışında atmosferik ve çevresel etkiler özellikle malzeme dayanımlarını çok düşüren etkilere sahiptirler.

3.2 Yığma Yapıda Hasar Oluşturan Dış Sebepler

Beşerî, atmosferik, kimyasal ve biyolojik ile doğal afet etkileri ana başlıkları altında toplanır. Beşerî etkiler, kötü kullanım ve hatalı müdahale, savaş ve vandalizm, kentselleşme ve turizm etkileri olarak karşımıza çıkar. Atmosferik etkiler olarak su ve nem etkisi, sıcaklık ve güneş etkisi, rüzgâr etkileri olarak sınıflandırılır. Doğal afetlerden deprem ve rüzgâr etkileri tarihi yapıları en çok etkileyen faktörlerdir.

3.3 Tarihi Yığma Kiliselerde Görülen Başlıca Hasar Çeşitleri ve Sebepleri

1963 yılında Papa tarafından hac yeri olarak ilan edilen, Hatay'daki St. Pierre kilisesi ilk kilise olarak kabul görse de bir mağara yapısı olarak vücut bulmuştur. Düzgün bir kilise mimarisinin ortaya çıkışı, Bizans İmparatorluğu'nun 324 yılında Hristiyanlığı resmi din olarak kabul etmesiyle başlamaktadır. İlk kilise tipleri, Bizans mimarisinden esinlenecek şekilde bazilikal planlı olsa da ilerleyen zamanlarda; merkezi planlı, merkezi ve bazilikal planlı (kubbeli bazilikal), haç planlı (açık Yunan, kapalı Yunan) ve üç tarafı dehliz planlı kiliseler inşa edilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 : Tarihi kilise tipleri (Url-4).

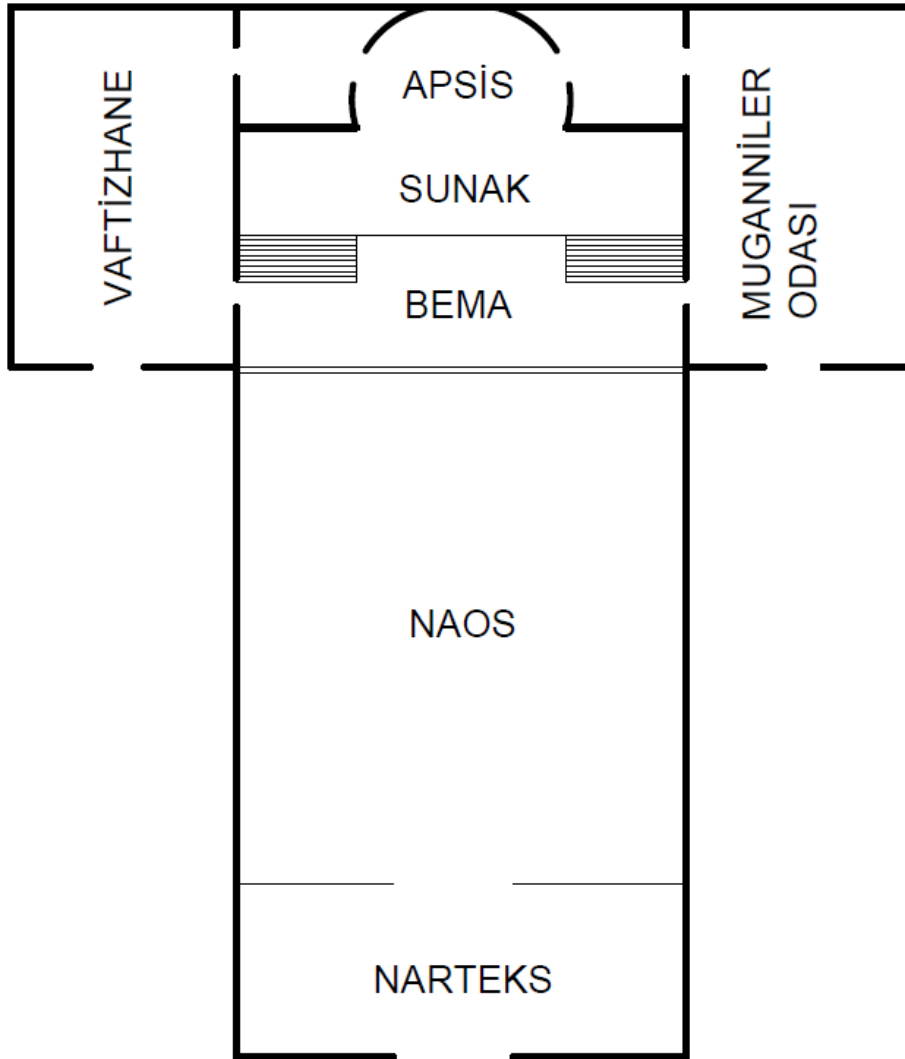
Bu çalışma kapsamında incelenecek kilise, bazilikal planın iki yanına eklenmiş hücrelerle oluşturulan kilise yapısının temsilcisidir. Başlıca bölümleri narteks, naos, bema, apsis, galeri katı, vaftizhane, muganniler odası şeklinde isimlendirilmiştir. Narteks, vaftiz edilmemiş veya Hristiyanlığın ana öğretilerini öğrenme aşamasında olan insanların kiliselerin ana ibadet alanına girmeden bekledikleri alanlardır. Her kilise yapısında mevcut olmayan narteks dış ve iç narteks olarak kendi içinde ayrılır. Genellikle narteks, naos bölümünden sütun veya duvarlarla ayrılmaktadır. Narteks günümüzde işlevini yitirme noktasına gelmiştir. Bazı Ermeni kiliselerinde bu bölümün mum dikmek için veya naosun devamı şeklinde kullanıldığı görülmektedir.

Naos, kilise cemaatinin ibadeti için ayrılan ana mekandır. Ayin sırasında kilise cemaati kendileri için ayrılmış sıralara otururlar ve dua esnasında ayağa kalkarlar. Genellikle, kiliseye giriş yönüne göre, sağ tarafta erkekler, sol tarafta ise kadınlar konumlanır. Naos yapısı tek, üç veya beş nefli olabilir. Neflerin sayısının belirlenmesinde naosun ortasında bulunan sütun konumları önem taşır. Orta nefler genellikle yan neflerden daha geniştir. Kilise mimarisine göre naosun üstü düz veya tonozlu çatıyla kapatılır. Bazı kiliselerde naos alanlarında ana duvarlarla birleşik, yerden iki basamak yükseklikte küçük sunak alanları bulunmaktadır. Galeri katı, eski zamanlarda kadınlar mahali olarak kullanılan kat, narteks üzerinde veya naosun başlangıç kısmında bulunur. Girişler yine aynı bölgeden veya kilise ana yapısının dışından bir merdivenle sağlanır. Günümüzde kilise korosu ve piyanosunun bu bölgede konumlandırıldığı örnekler mevcuttur.

Bema, naostan sonra gelen ve naostan korkuluk veya ikonostasis benzeri bir yapıyla ayrılan bölümdür. Naosa göre yüksekte bulunan bema, koro mahali ve sunak alanlarını kapsar ve aynı zamanda pastoforion ismi verilen vaftizhane ile din görevlilerinin giyinme odalarına açılan kapıları bulundurur. Bema sadece din görevlilerinin bulunabileceği kutsal bir alan olarak kısıtlanmıştır.

Apsis, bemadan sonra gelen ana sunağın arka alanındaki, genellikle iki nişli, yarım daire biçimindeki alandır. Bazı kiliselerde çokgen formunda teşkil edilmiştir. Üstü yarım kubbe formunda örtülmektedir. Birden fazla nefli kiliselerde neflerin sonunda da apsis yapısı yer almaktadır. Vaftizhane ve muganniler odası, bemadan ve avludan birer kapıyla girilebilen odalardır. Genellikle bemanın kuzey tarafındaki kapı, içerisinde bir mum dikme alanı da bulunan vaftizhaneye, güneydeki kapı da din

görevlilerinin giyinme ve dinlenme gibi ihtiyaçlarını görebildiği muganniler odasına açılır. (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 : Kilise bölümleri.

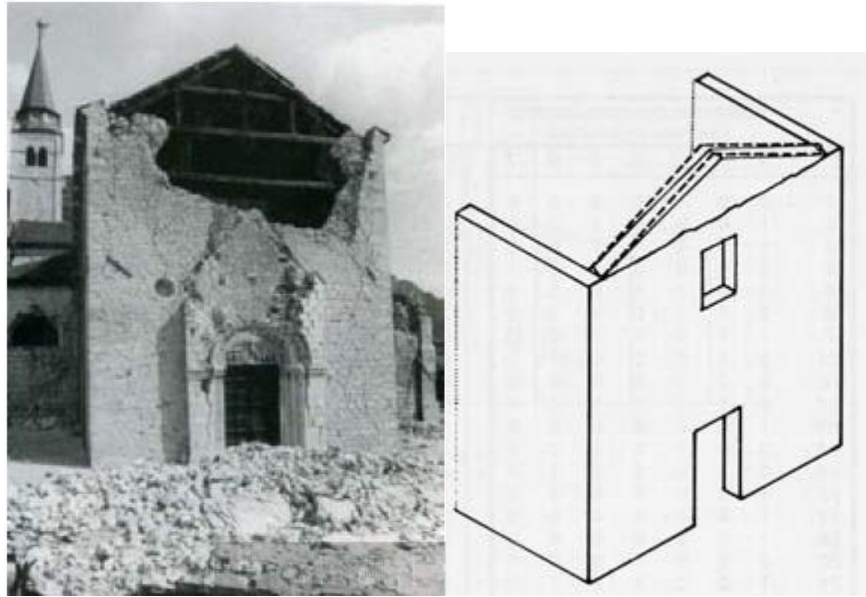
Tezin konusunu oluşturan kilise yapıları, başta İtalya'da olmak üzere birçok ülkede araştırma konusu olmuş ve çeşitli çalışmalar yayımlanmıştır. Bu çalışmalar ışığında, genellikle karşılaşılan hasar çeşitlerinin derlemesine bu bölümde kısaca yer verilmiştir.

Cephe duvarlarının birbirinden ayrılması ve devrilmesi hasarı, iki duvar yapısı arasındaki bağlantı elemanlarının yetersizliğinden ve düzlem dışı etkilerden kaynaklanabilmektedir (Şekil 3.12). Birleşim köşelerinde yan duvar yüksekliğince büyük çatlakların yanı sıra kemerli büyük çatlaklar da görülebilir ve duvar düzlem dışı hareket yapabilir (Castellano ve Infanti, 2005).



Şekil 3.12 : Cephe ayrılması – St. Gemma Kilisesi, Goriano Sicoli (De Matteis ve diğ., 2016).

Kiliselerin özellikle giriş cephelerinde rastlanan üçgen şeklindeki kalkan duvarı hasarında, ana çatı yapısının çekiçleme etkisi yaratması ile kalkan duvarında düzlem dışı devrilmeler veya kopmalar görülür (Şekil 3.13). Bu hasara sebep olan bir diğer etken ise cephe açıklıklarının geniş olmasıdır.



Şekil 3.13 : Kalkan duvarı devrilmesi (Curti ve diğ., 2007).

Cephede kesme mekanizmasının oluşması X çatlakları, eğimli ve düşey çatlaklar ile köşelere yakın kemerli kesme çatlaklarının görülmesi olarak özetlenir. Cephede çok fazla açıklık veya doldurulmuş alan bulunması, kuşak kirişlere çatı bindirmeleri, enine destek elemanlarının yetersizliği ve yan duvarların dönme hareketi bu tür hasarın sebepleri olarak gösterilir (Lagomarsino, 1998).

Duvarlarda gergilerin sayısı ve bağlantı mekanizması da bu hasarın mekanizmasının da rol oynar (Hofer ve diğ., 2018). Şekil 3.14'te cephesinde kesme çatlakları oluşan kilise görseli verilmiştir.



Şekil 3.14 : Cephe kesme çatlağı örneği – Sant' Antonio Abate Kilisesi (Hofer ve diğ., 2018).

Naosta enine hasar oluşması genellikle çatının tonozla kapatıldığı kiliselerin bu bölümlerinde kemer ve duvarlarda çatlaklar şeklinde ortaya çıkan hasarlardır. Duvarlarda ve sütun kaidelerinde görülen dönme hareketi büyük açılmalara ve çökmelere sebep olabilir. Bu hasarların yaşanmaması için birleşim yerlerinde enine gergi kullanımı önemlidir. (Şekil 3.15).

Zafer takı tipi kemerli yapılar naosu apsisle veya orta nefi yan neflerle ayıran yapılar olarak bulunabilmektedir. Zafer takı yapısının boyutlandırılmasından, malzeme kalitesinden ve duvar ile çatı tipi bağlantı noktalarında yetersiz hatıl bulunması

kaynaklı olarak bu yapılar hasar alır. Kemer ayaklarının dönme hareketi de hasar oluşturur. Bu yapılarda mafsall oluşumu, çatlak oluşumu, yığma elemanlarının ezilmesi ve kayması ön plana çıkan hasar şekilleridir. Kemer sırtları ve kilit taşları da hasar alan önemli noktalardır. (Şekil 3.16).

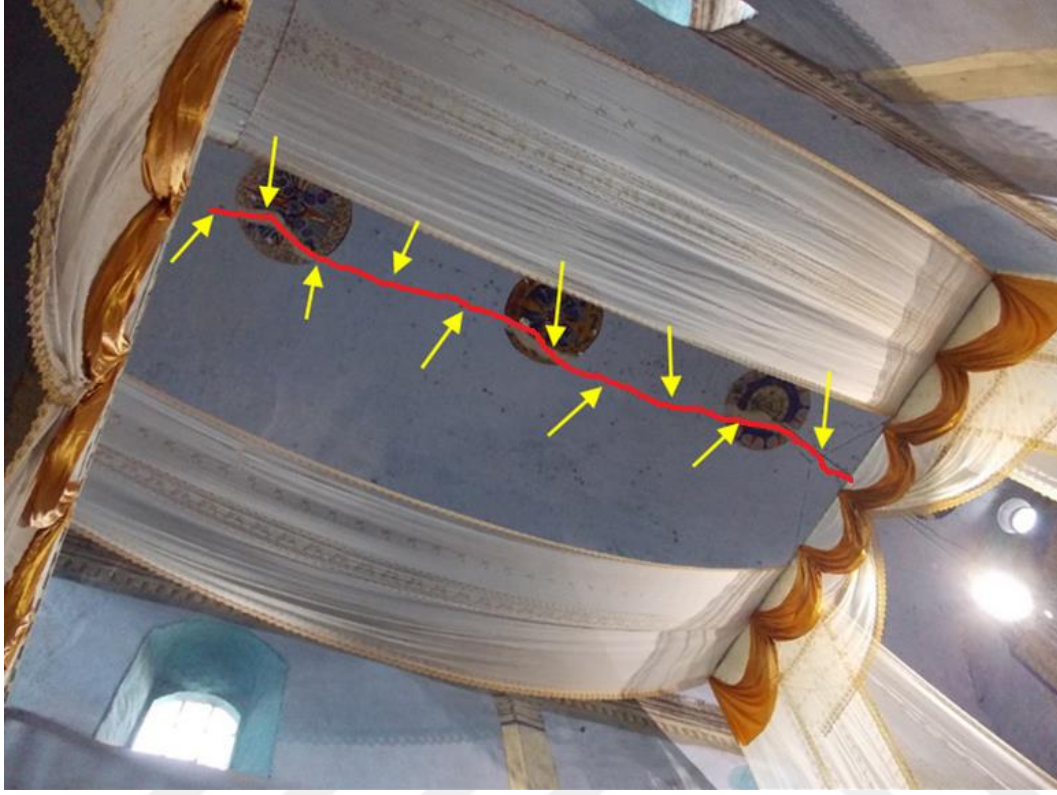


Şekil 3.15 : Naosta enine hasar mekanizması, San Juan Bautista Kilisesi, Morelos (Fuentes ve diğ., 2019).



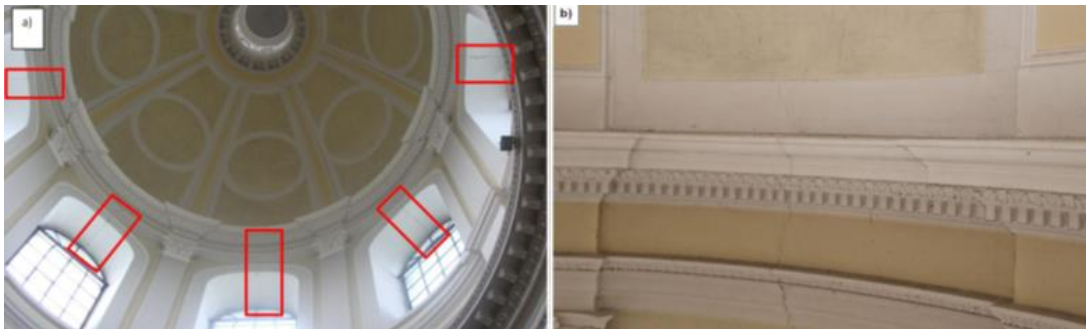
Şekil 3.16 : Zafer takı hasarları (Brandonisio ve diğ., 2013).

Nef ve apsis tonozlarında görülen çatlaklar ve kemerlerde görülen ayrılmaların başlıca sebepleri ise tonozların basık ve ince tasarlanması veya yoğun çatı yükleridir (Lagomarsino ve Podesta, 2004) (Şekil 3.17).



Şekil 3.17 : Nef tonozlarında oluşan hasarlar (Martinez ve diğ., 2019).

Kubbelerde çatlaklar ve göçmeler şeklinde ortaya çıkan hasarların başlıca sebepleri büyük açıklıkların yüksek ve ince kubbe yapılarıyla geçilmeye çalışılması ile oturduğu kasnak tipi bölümlerin yatay ve düşey deformasyonlar oluşturmasıdır (Şekil 3.18). Çevre inşaatlarda yeterince önlem alınmamasından kaynaklı yaşanan zemin oturmaları da kubbe hasarlarının ortaya çıkmasında önemli rol oynar. Tuğla kubbelerde ise ayrılmalar ve nemden dolayı çiçeklenme etkileri kubbe hasarlarına yol açabilmektedir



Şekil 3.18 : Kubbelerde oluşan hasarlar St. Anna Kilisesi, Wilanow, Polonya (Chmielewski ve Kruska, 2015).

Kiliselerde genellikle ahşap olan çatılarda deprem etkisiyle büyük hasarlar görülmektedir. Zamanla ahşap çatının bağlantılarının zayıflaması ve kuşak kirişten ayrılması başlıca hasar sebeplerindendir. Yıpranmış ahşap çatıların yerini sağlamlaştırmak amacıyla yapılan betonarme çatı elemanları ise büyük yük oluşturmakta ve göçme hasarlarına sebep olmaktadır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19 : Sonradan yapılan çatı yapısının oluşturduğu hasar, Santa Giusta Kilisesi, L'aquila (D'Ayala, 2014).

Apsis duvarlarında bulunan başlıca hasarlardan biri düşey ve eğik kemerli çatlakların meydana gelmesidir. Duvar içerisindeki açıklıkların fazlalığı bu tip çatlakların apsiste görülmesine neden olmaktadır. Diğer bir hasar ise apsisin devrilmesi olarak karşımıza çıkar (Şekil 3.20). İç duvarlar ve apsisin dış duvarının nizami bağlantısının sağlanamaması, metal eleman bağlantısı ve hatıl eksikliği, cephe içerisinde duvara süreksizlik veren ve uygun bağlantının sağlanamadığı duvara yapışık sütun yapılarının bulunması bu tip hasarın başlıca sebepleridir.

Kilise içerisinde bulunan ve ayrı bir yapı olarak dışarı doğru çıkıntı oluşturan şapel, transept (kiliseye haç şeklini veren bölümler) dua ve vaftiz odaları gibi yapı duvarlarında oluşan bazı hasarlar Şekil 3.21'de görülmektedir. Kilise ana cephe yapısının düzlem dışı hareketleri, çıkıntı yapıları boyunca çatlaklar ve devrilme eğilimi oluşturur. Bu hasarların başlıca sebebi ana yapı ve çıkıntı yapısı arasındaki bağlantı şekillerinin düzgün kurulamamış olmasıdır.

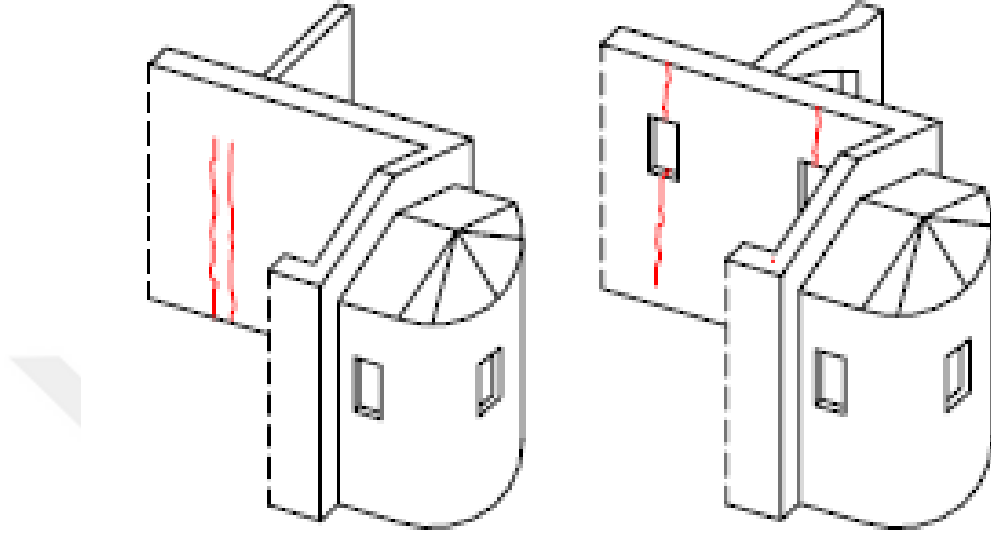


Şekil 3.20 : Apsis devrilmesi (Lagomarsino, 2011).



Şekil 3.21 : Kilise ek yapılarında oluşan hasarlar San Pietro Apostolo Kilisesi Ferrara, İtalya (Valente ve Milani, 2018).

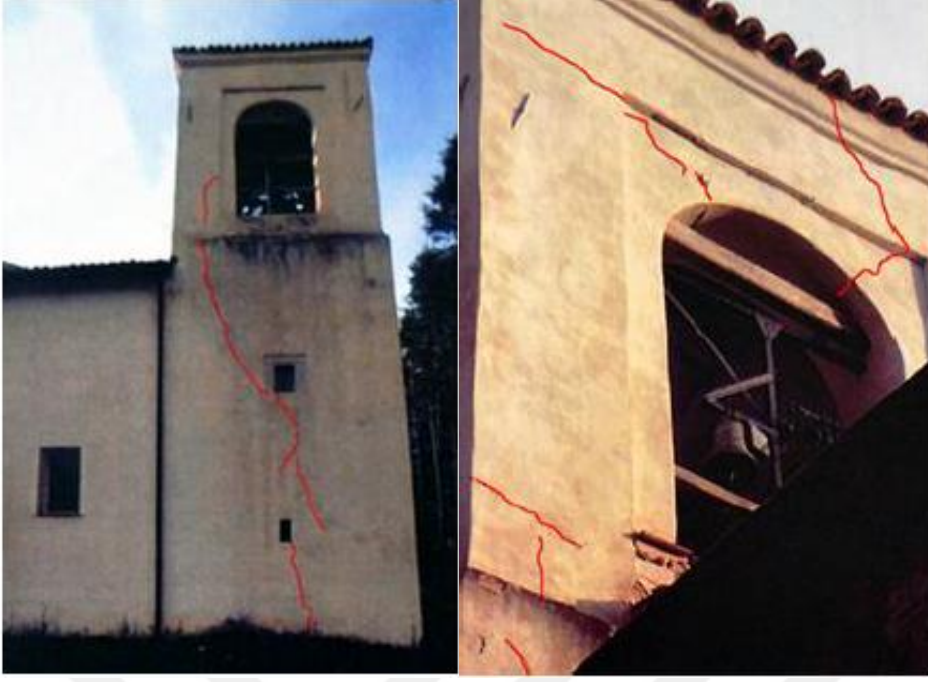
Birbirine dik iki duvar çekiçleme etkisiyle birbirlerine hasar oluşturabilirler. Bu hasarlar sonucunda duvarda ve açıklıklarda çatlaklar oluşur. Bağlantı çubuklarının eksikliğiyle duvarların birbirine bağlantısının iyi yapılamaması bu hasar çeşidinin başlıca sebeplerindendir (Lagomarsino, 1999) (Şekil 3.22).



Şekil 3.22 : Birbirine dik duvarların oluşturduğu hasarlar (Lagomarsino, 1999).

Ana kilise yapısının yanına inşa edilmiş uzun çan kulesi yapıları ve genellikle bunların üst kısmında bulunan çan hücresi yapıları depremlerden sonra ağır hasar görülen yapılarıdır. Kilise ve çan kulesinin arasındaki bağlantının uygun şekilde yapılmaması, çekiçleme etkisi ile hem kilise ana yapısı hem de çan kulesi yapısı üzerinde büyük çatlak ve göçmelere neden olur. Tüm yapıda düşey ve yatay çatlaklar kendini göstermektedir. Çan kulesi gövdesinde ve çanların bulunduğu hücre yapılarında özellikle açıklıkların bulunduğu bölgeler ile kemerli bölgelerde kesme çatlakları oluşmaktadır (Şekil 3.23). Duvar kalınlıkları ve malzeme kalitesi bu davranışlarda büyük rol oynar. Çan hücrelerinde her cephede görülen benzer çatlak yapıları, bölgede dönme hareketinin işareti olarak görülebilmektedir. Çan kulesi üstündeki ağırlığın fazla olması da hasarın oluşmasında önemli rol oynar.

Kiliselerin üstünde cephe kenarlarında bulunan kule tipi çıkıntı yapılar, kendi içinde uygun çerçeve ile destek sisteminin kurulmaması ve ana kilise yapısıyla uygun çelik ve ahşap bağlantı sisteminin sağlanamamasından dolayı devrilme ve kayma hasarına uğrar (Şekil 3.24). Yapı kalınlıklarının yeterli olmaması da rüzgâr yükünün etkisiyle ortaya çıkan hasarlara neden olmaktadır (Olosz ve Szabo, 2008).



Şekil 3.23 : Çan kulesi ve çan hücresi hasarları St. Salvatore Kilisesi, Macerata (Papa ve Silva, 2018).



Şekil 3.24 : Çıkıntı ve çan hücresi hasarları (Zanazzi ve diğ., 2019).

4. TARİHİ YIĞMA YAPILARDA MODELLEME VE ANALİZ

4.1 Tarihi Yığma Yapılarda Modelleme

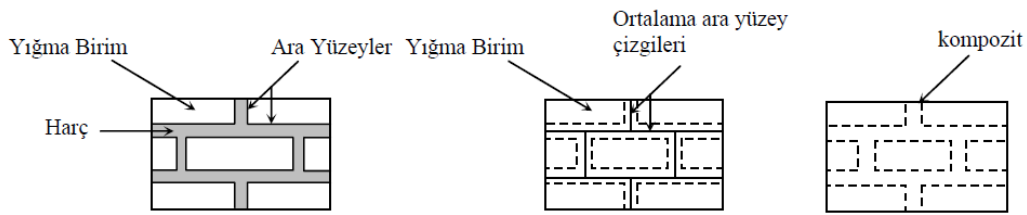
Tarihi yığma yapılarda modelleme, özellikle yapısında bulunan malzeme davranış çeşitliliği bakımından diğer modelleme çeşitlerinden ayrılır. Harç derzleri sebebiyle doğrultulara göre farklı davranış gösterme özelliği bulunan yığma yapılarda modellenmenin boyutuna ve hassasiyetine göre üç ana modelleme yöntemi ön plana çıkmaktadır. Modellenecek malzeme çeşidi, birleşim detayları, model büyüklüğü ve parametreler arttıkça hesap süresi de artmaktadır.

Tarihi yığma yapılarda basit duvar modeli, çapraz çubuk modeli, eşdeğer çerçeve modeli ve sonlu elemanlar modeli olarak çeşitli modelleme yaklaşımları mevcuttur (TYDRYK, 2017). Özellikle incelemekte olduğumuz karmaşık modellerde kullanılan sonlu elemanlar yönteminde, tek, iki veya üç boyutlu elemanlar kullanılarak yapının statik ve dinamik analizinin yapılması, sayısal veya grafik olarak sonuçlar alınması mümkündür (Dabanlı, 2008). Bu yöntemde yapı sonlu sayıda parçalara ayrılarak gerçeğe en yakın şekilde modellenir. Sonlu sayıda elemanlar düğüm noktalarından birleşerek bir ağ yapısı oluştururlar, ağdaki birleşim noktalarına ise düğüm noktası denmektedir. Düğüm noktalarında tanımlanan serbestlik dereceleri ve bu serbestlik derecelerini içeren denklemler eleman ve sistemin davranışı üzerinde büyük rol oynar (Ural, 2009). Bu denklemlerde başlangıç koşulları, gerilme ve şekil değiştirme arasındaki korelasyonlar ile sınır şartları tanımlanmaktadır. Hutton (2004) sonlu elemanlar yönteminde çözümleme yapılırken izlenilmesi gereken sıralamayı şu şekilde göstermiştir.

- Sonlu eleman modeline karar verilmesi
- Kullanılacak eleman tiplerinin tanımlanması
- Eleman malzeme özelliklerinin tanımlanması
- Elemanların geometrik özelliklerinin tanımlanması (uzunluk, alan)

- Eleman bağlantılarının tanımlanması
- Sınır koşullarının tanımlanması
- Yüklerin tanımlanması

Gerçeğe uygun düzgün olmayan modellemelerin yapılabildiği bu yöntemde istenen hassasiyetlerde çalışabilir ve farklı malzeme ve elemanlar birbirlerine bağlanabilir fakat hassasiyet arttıkça hesap yükü ve süresi artar. Şekil 4.1’de farklı duvar modelleme teknikleri verilmiştir.



Şekil 4.1 : Yığma duvarlarındaki modelleme teknikleri, a) Detaylı mikro modelleme, b) Basitleştirilmiş mikro modelleme, c) Makro modelleme (Ural, 2009).

4.1.1 Ayrıntılı mikro modelleme

Genellikle çok sınırlı alanlar için ayrıntılı analizde kullanılan bu modelleme stratejisinde tuğla, harç ve derzler ayrı olarak modellenir. Malzeme bilgisine büyük hakimiyet gerektiren bu yöntemde poisson oranı, elastisite modülü ve doğrusal olmayan diğer malzeme bilgilerini bilmek büyük önem taşır. Bu modelleme yönteminde bulunan ara yüz çizgileri, başlangıçta yapay rijitliğe sahip potansiyel bir çatlak ve hasar düzlemini temsil etmektedir (Lourenco, 1996).

4.1.2 Basitleştirilmiş mikro modelleme

Bu modelleme yönteminde ayrıntılı mikro modellemeden farklı olarak, harç yapısı modellenmez ve iki yığma birim harç kalınlığı ölçüsünde ara yüzler birbirine denk gelecek şekilde büyütülür. Tarihi yığma yapılarda sıkça görülen çekme çatlakları ile kayma çatlaklarının da bu bölgede oluşacağı kabul edilir. Tuğla hasarları ise düşey olarak tuğlanın ortasında meydana gelecek şekilde varsayılır. Büyük sistemlerde ayrıntılı mikro modele göre hesap kolaylığı sağlayan bu yöntemde göçme mekanizmalarının tamamının dikkate alınmaması olumsuz bir özellik olarak karşımıza çıkar (Ural, 2009).

4.1.3 Makro modelleme

Büyük boyutlardaki yapılar için özellikle doğruluk ve verimlilik ekseninde en ideal modelleme yöntemidir. Modellenecek yapı duvarı tuğla, harç ve ara yüz gibi bölüm ve kavramlar kullanılmaksızın homojen şekilde modellenir, kompozit tek bir malzeme olarak ele alınır.

4.2 Tarihi Yığma Yapılarda Analiz

Tarihi yığma yapıların değerlendirilmesinde doğrusal ve doğrusal olmayan analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Rijitliğin değişkenliği, malzemenin davranış karakteri ve şekil değiştirme esasları bu iki yöntemi birbirinden ayıran noktalar olarak ön plana çıkmaktadır (Alamehmet, 2019). Tarihi yığma yapılarda bu analiz yöntemleriyle ilgili bilgiler Tarihi Yapılar İçin Deprem Risklerinin Yönetim Kılavuzu isimli yönetmelikte verilmiştir.

4.2.1 Doğrusal analiz

Eşdeğer deprem yükü yöntemi, mod birleştirme yöntemleri içerir. Doğrusal olmayan analizlere göre çok daha kısa sürede analizin tamamlanması ve sismik davranış ile yapısal davranışların belirlenebilmesi için kullanılır. Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile belli bir yüksekliğin altında kalan tarihi yığma yapılarda birinci modun etkin olması sebebiyle, birinci mod göz önüne alınarak deprem kuvvetinin eşdeğer yatay yüklere dönüştürülmesiyle çözüm elde edilir. Mod birleştirme yönteminde ise tüm serbest titreşim modlarının depreme karşı cevaplarının birleşimiyle sistem davranışının bulunabileceği kabulü yapılır (Doğan ve Elmas, 2004).

Yapının elastik ötesi davranışından oluşan kapasite artımı ve depremin yapıdan talebinde olan azalma, her ne kadar bu çözüm yöntemi lineer elastik de olsa süneklığe bağlı bir R_a (Deprem yükü azaltma katsayısı) değeri ile küçültülür. Taşıyıcı sistem davranış katsayısı R , tarihi yığma yapılarda genellikle 3 olarak alınır. R_a ve R arasında TBDY(2018)'de sunulan ilişki (4.1) ve (4.2) denklemlerinde verilmiştir.

$$R_a(T) = \frac{R}{I} \quad T > T_B \quad (4.1)$$

$$R_a(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D\right) \frac{T}{T_B} \quad T \leq T_B \quad (4.2)$$

Burada, T sistemin doğal titreşim periyodu, T_B spektrum köşe periyodu, D dayanım fazlalığı katsayısı ve I bina önem katsayısıdır. Doğrusal elastik analiz yapıldığı için, gerilmeler büyük değerlere ulaşsa da yapının doğrusal olmayan davranışı sebebiyle ortaya çıkan yerel ezilmeler, gerilmelerin sınırlı kalmasını sağlar. Meydana gelmesi beklenen gerilmeler ve iç kuvvet hesapları azaltılmış deprem etkilerinden, yerdeğiştirmeler, şekil değiştirmeler ve öteleme hesabı ise azaltılmamış deprem etkilerinden elde edilir.

4.2.2 Doğrusal olmayan analiz

Tek modlu ve çok modlu itme analizi yöntemlerini içerir. Yöntemin uygulanması için tarihi yapının belli bir süneklik seviyesinde olması ve malzeme ile analiz bilgisinin doğru şekilde belirlenmesine özen göstermek gerekmektedir. Tarihi yığma yapılar, meydana gelen çatlak ve hasarlardan dolayı hassasiyet değeri yüksek olan doğrusal olmayan yöntemlerle modellenmesi gerekirken, büyük yapılarda hesap zorluğu ve iterasyonlarda meydana gelen büyük sapmalardan dolayı tercih edilmeyebilir.

Doğrusal olmayan statik analizde (itme analizi) taşıyıcı sistem elemanları çubuk elemanlarla iki veya üç boyutlu “Eşdeğer Çerçeve” olarak tanımlanır. Bu tür modellemede, eğilme plastik mafsalları çubuk uçlarına, kesme plastik mafsalları da çubuk ortasına yerleştirilir. Doğrusal olmayan artımsal itme analizi ile göçme mekanizması incelenmesi yapılabilir. İşlemin her adımında taşıyıcı elemanlardaki, elastik ötesi şekil ve yer değiştirmeler, katlar arası ötelenme oranı sınırlarıyla yaklaşık biçimde kontrol edilebilir. Analizde duvar elemanları iki boyutlu levha eleman olarak göz önüne alınabildiği gibi, çapraz çekme ve basınç çubuk elemanları olarak da modellenebilir (TYDRYK, 2017).

4.2.3 Zaman tanım alanında analiz

Zaman tanım alanında hesap hem doğrusal hem de doğrusal olmayan yöntemlerle iki şekilde de uygulanabilmektedir. Yapı davranışını en iyi şekilde temsil eden bu yöntemde hazır deprem ivme kayıtları kullanılarak veya yapay kayıtlar oluşturularak analiz yapılmakta ve yapının periyodu mod sayısına göre bulunmaktadır. Doğrudan binaya uygulanan deprem yükü, analizin gerçekçiliği bakımından büyük önem taşımaktadır. Seçilen kayıtların uygunluğu, doğru şekilde ölçeklenmesi ve yeterli ivme katsayısının kullanılması büyük önem taşır.

Doğrusal yöntemde, şekil ve yer değiştirmeler için azaltılmamış deprem kuvvetleri uygulanırken kesitlerdeki iç kuvvetler ve gerilmelerin bulunmasında elastik ötesi davranış göz önünde bulundurularak deprem yükü azaltma katsayısı kullanılır.

Doğrusal olmayan zaman tanımlı analizde ise, yapı taşıyıcı sistemindeki hareket denklemlerine denk gelen diferansiyel denklemlerin adım adım entegre edilerek sistemde oluşan yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem istemine karşı gelen maksimum değerleri hesaplanır. Sistem rijitlik matrisinin zamanla değişimi göz önünde bulundurulur.

4.3 Zaman Tanım Alanında Analiz Kapsamında Deprem Kayıtlarının Ölçeklendirilmesi

Gerçekçi bir sonuç elde edebilmek için, yapıya etkiyecek deprem kaydının seçimi ve ölçeklenmesi büyük önem taşır. Bu kayıtları elde edebilmek için kullanılan kaynaklar; gerçek deprem kayıtları, kaynak ve yayılım özellikleri bakımından benzeştirilmiş kayıtlar ve tasarım ivme spektrumuna uyumlu yapay kayıtlar olmak üzere üçe ayrılır (Eren, 2010). Gerçek deprem kayıtları, deprem içeriği hakkında doğru ve gerçekçi bilgiler verdiğinden genellikle tercih edilirler. Bu kayıtlar depremin frekans içeriği, süresi, genliği ve fazları hakkında bilgiler içerirken aynı zamanda kendisine tesir eden zemin faktörlerinin etkilerini de yansıtır (Fahjan, 2008). Gerçek deprem kayıtları arasında seçim yapılırken, bölgede beklenen deprem frekansı, deprem süresi, bölgenin zeminin sınıfı, faylanma şekli, deprem kaynağı ve etkilediği mesafe göz önünde bulundurulmalıdır. Yönetmeliklerde tanımlanan elastik tasarım ivme spektrumları ile seçilen deprem kaydının uyumlu olması, depremin yapıdan talep ettiği tasarım parametrelerini belirlemek ve olabilecek depremlere karşı ortalama değerler belirlemek açısından büyük önem arz eder (Uçar ve Merter, 2015). Fakat bu uyuma normal şartlar altında çok zor rastlanır. Bu sebeple TBDY 2018’de de belirtilen ölçeklendirme yöntemleri kullanılır. Yönetmeliğe göre bu yöntemler basit ölçeklendirme ve spektral uyum sağlanacak şekilde düzenleme olarak iki ana başlık altında toplanmıştır. Basit ölçeklendirme yönteminde, ilgili alan için seçilen deprem kayıtlarına ait spektrumların ortalamasının $0,2 T_p$ ve $1,5 T_p$ periyotları arasındaki genliklerinin, tasarım spektrumunun aynı periyot aralığı için olan genliğinden daha büyük olacak şekilde ölçeklendirilme yapılır. Spektral uyum sağlama yönteminde ise tüm periyotlarında dönüştürülen kaydın spektrum ortalamalarının tasarım spektrumu

ordinatlarından daha büyük olması beklenir. Spektral uyuşum için frekans tanım alanında ve zaman tanım alanında olmak üzere iki yöntem bulunur.

Frekans tanım alanında yapılan ölçeklendirmede, kaydın frekans içeriği değiştiğinden kendisine has özellikleri kaybettiği görülmektedir. Bu çalışmada uygulanan zaman tanım alanında spektral uyuşum yöntemi kapsamında, ölçeklendirme için ivme kaydına zaman tanım alanında belirli bir periyot aralığında ve sınırlı bir sürede iteratif olarak dalgacıklar eklenir (Fahjan, 2017).

4.4 Tarihi Yapılar İçin Deprem Risklerinin Yönetimi Kılavuzu'nda Yapısal Değerlendirme ve Güvenlik

Tarihi yığma yapılar eşsiz ve kendine has özelliklerinden dolayı, günümüzde yapılmış veya yapılacak yığma yapılardan ayrılmaktadır. Buna göre ülkemizde bu yapıların hasar ve güvenlik açılarından değerlendirilmesi için Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği yerine özellikle tarihi yapılar için hazırlanmış olan Tarihi Yapılar İçin Deprem Risklerinin Yönetim Kılavuzunun referans kaynak olarak kullanımı daha uygun olacaktır.

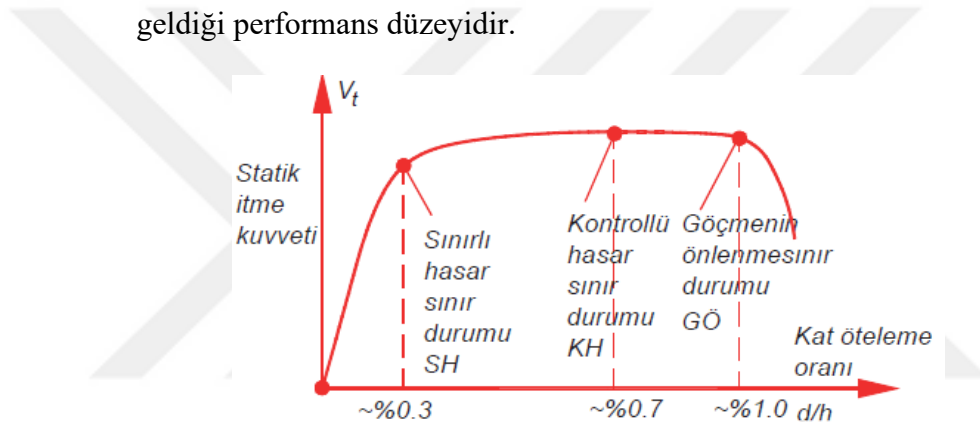
Bu kılavuza göre, tarihi yapılarda düşey ve yatay etkiler altında güvenliğin sağlanabilmesi için en önemli husus yapıya etkiyen yüklerin zemine düzgün bir şekilde aktarılmasıdır. Bu yük aktarımı sırasında zeminde oluşacak gerilmeleri karşılayabilmek amacıyla temel bölgesinde duvarlar kalınlaştırılır. Yüklerin zemine iletilmesinde her bir yapı elemanının dayanımı ve birleşim bölgelerinin yeterli elemanlarla takviye edilmesi de çok önemlidir. Yapıya etkiyen gerilme değerlerinin dayanım değerinin altında kalması ve hiperstatiklik derecesinin yüksek olması yani yükün iletilmesinde farklı akış yollarının üzerinden aktarılma seçeneklerinin bulunması yapı güvenliğini pekiştirir.

Deprem etkisi altında tarihi yığma yapıların güvenliğinin değerlendirilmesinde öngörülen deprem yer hareketi düzeyleri, TBDY 2018'de verilen kuralların tarihi yapılardaki güçlendirme çalışmalarının sınırlı tutulması ilkesiyle sadeleştirilmesiyle DD-1, DD-2 ve DD-3 olarak isimlendirilerek ele alınmıştır. Tarihi yapılarda genellikle yatay deprem bileşeni göz önüne alınmaktadır.

Tarihi yığma yapıların deprem güvenliğinin sağlanabilmesi için performans kavramının önemi büyüktür. Performans, deprem etkisindeki yapının elastik ve elastik

olmayan davranışında, taşıyıcı sistemin kapasitesinin ve depremin taşıyıcı sistemden talebine olan etkisinin göz önüne alınması ve binada kabullenilen hasarların bilgisayar programlarına olabildiğince gerçekçi tanımlanmasını kapsar. Deprem etkisindeki tarihi yapılar için tanımlanan performans düzeyleri ve sınır değerleri Şekil 4.2’de verilmiştir.

- Sınırlı Hasar (SH): Doğrusal olmayan davranışın ve hasarın sınırdaki kaldığı performans düzeyidir.
- Kontrollü Hasar (KH): Can güvenliğini sağlayıp, onarımı mümkün olan, çok büyük hasara uğramayan performans düzeyini ifade eder.
- Göçmenin Önlenmesi (GÖ): Binanın göçmesi önlenirse de ağır hasarın meydana geldiği performans düzeyidir.



Şekil 4.2 : Statik itme eğrisi ve sınır durumları (TYDRYK, 2017).

Performans düzeylerine göre hesap yöntemleri ve sınırlar Yer değiştirmelerin artışı, hasar ve şekil değiştirme artışını da sağlar. Süneklik mevcutsa eğrinin yatay kolu uzun ve belirgindir fakat tarihi yığma yapılarda sünek davranışın sınırlı olması sebebiyle sınırlı hasar durumu ile göçme durumu birbirine çok yakın gerçekleşir.

Tarihi yapıların değerlendirilmesinde dayanıma ve şekil değiştirmeye göre olmak üzere iki yöntem uygulanır. Elastik ötesi şekil değiştirmenin küçük (dayanıma göre) veya kontrollü ama büyük olması (şekil değiştirmeye göre) bu değerlendirme yöntemi seçiminde belirleyici rol oynar. Gevrek davranışta elastik ötesi şekil değiştirme olmadan yapı güç tükenmesine erişir. Bu durumda şekil değiştirmeye göre değerlendirme anlamını yitireceğinden dayanıma esas değerlendirme yapılmalıdır.

Performans düzeyi	Hesap yöntemi ve sınırlar
Sınırlı hasar sınır durumu (SH)	1. Doğrusal hesap yöntemi kullanılıyor; a) Düşey yük ve azaltılmamış öngörülen deprem etkisinde bulunan hesap dayanımları aşılmıyor. b) Azaltılmamış deprem etkisinde öteleme oranı % 0,3 sınırını aşmıyor.
Kontrollü hasar sınır durumu (KH)	1. Doğrusal hesap yöntemi kullanılıyor; a) Düşey yük ve $R_a \leq 3$ ile azaltılmış öngörülen deprem etkisinde bulunan hesap dayanımları aşılmıyor. b) Azaltılmamış deprem etkisinde öteleme oranı % 0,7 sınırını aşmıyor. 2. Doğrusal olmayan hesap yöntemi kullanılıyor; a) Öteleme oranı % 0,7 sınırının aşmıyor. b) Malzemelerin şekildeğiştirme kapasiteleri aşılmıyor.
Göçme öncesi sınır durumu (GÖ)	1. Doğrusal hesap yöntemi kullanılıyor; a) Düşey yük ve $R_a \leq 3$ ile azaltılmış öngörülen deprem etkisinde bulunan hesap dayanımları belirli bir oranla (~ 1.5 katı) aşılabılır. b) Azaltılmamış deprem etkisinde öteleme oranı % 1 sınırını aşmıyor. 1. Doğrusal olmayan hesap yöntemi kullanılıyor; a) Öteleme oranı % 1 sınırının aşmıyor. b) Malzemelerin şekildeğiştirme kapasiteleri sınırlı oranda (~ 1.2 katı) aşılabılır.

Şekil 4.3 : Performans düzeyleri ile ilgili hesap yöntemleri ve gerilme şekil değiştirme sınırları (TYDRYK, 2017).

Tarihi yapılarda, süneklik sınırlı olduğu için $R_a \leq 3$ kabul edilmektedir. Fakat bu katsayının kullanılabilmesi için davranışta yeterli elastik ötesi yer ve şekil değiştirme kapasitelerinin bulunması (sünek) ve kontrollü hasarın taşıyıcı sistemde kabul edilebilir olması gerekmektedir.

Tarihi yapılar ayrıca önemlerine göre sınıflandırılmıştır. Bu önem dereceleri kapsamında ve müdahale edilebilirlik seviyesine göre bir deprem güvenlik seviyesi belirlenir (Şekil 4.4).

Deprem Düzeyi \ Performans Seviyesi	SH	KH	GÖ
DD-1	Evrensel	Evrensel	Ulusal
DD-2	Evrensel	Ulusal	Yerel
DD-3	Ulusal	Yerel	Yerel

Şekil 4.4 : Tarihi yapıların önemine göre seçilebilecek performans düzeyleri (TYDRYK, 2017).

5. ORTAKÖY SURP KRİKOR LUSAVORİÇ ERMENİ KATOLİK KİLİSESİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Hristiyanlığı kabul eden ilk millet olarak bilinen Ermenilerin Osmanlı Devleti zamanında İstanbul'da inşa ettikleri tarihi yığma kiliseler mimari açıdan aşağıdaki özellikleri taşımaktadır:

- Dış duvarlar taş veya taş ve tuğladan (almasıık düzende) örülmüştür.
- Örülen taşların spesifik bir özelliğı yoktur, bulunma ve işlenme kolaylığına göre kullanılmıştır.
- İç yapı örtüsü olarak tonozlar tercih edilmiş ve bu tonozların yapımında ahşap malzeme kullanılmıştır.
- Kilise iç örtüsü genellikle dışarıdan belli olmaz. Bunun sebebi bu örtünün beşik veya kırma çatı yapılarıyla örtülmüş olmasıdır.
- Kilise içinde bulunan sütunlar mermer görünümü verilmiş ahşap sütunlardır.
- Kilise naosları tek veya üç neflidir.

İstanbul'da 34 Apostolik, 12 Katolik (Şekil 5.1) ve 3 Protestan Ermeni kilisesi bulunmakta olup aktif olarak hizmet vermektedirler.

İstanbul'un fethi sonrası Ermenilere kullanımı için tahsis edilen kiliselerin bazilikal yapıda oluşu, mimaride tekdüzelik yaratmış ve İstanbul Ermenilerine özgü bir mimari yaratmıştır. İnceleme konusu olan İstanbul Katolik Ermeni Kiliseleri, nadir örnekler haricinde bemanın iki yanına ufak oda eklemeleri yapılarak planda dikdörtgen yapıdan T şekline çevrilmiştir (Batar, 2007). Bu odalar genellikle vaftizhane ve din görevlilerinin giyinme odası amacıyla kullanılır. Genellikle tek nefli olan bu yapıların çatıları tonoz üzerine beşik çatı sistemi olarak yapılmıştır. Kubbe yapısı bulunduran kiliselerde kubbe, çatının altında dışarıdan gözükmeyecek şekilde gizli tutulmuştur. Giriş cephelerinde gül motifli pencere bulunan yapılar çoğunlukla doğu-batı eksenini üzerinde konumlandırılmışlardır.



Şekil 5.1 : İstanbul Ermeni Katolik Kiliseleri'nin dağılımı.

Tanzimat Fermanı'nın ilanı ile birlikte yeni kilise yapımının mümkün kılınması Ermeni Katolik cemaatinde de büyük memnuniyet uyandırmıştır. Osmanlı devlet yapısı ile iyi ilişkiler içinde bulunan, cemaatin ileri gelenleri ve aristokratları olan Amiralar'ın da katkıları ile birlikte Ermeni Katoliklerinin nüfus yoğunluğunun bulunduğu bölgelerde kilise inşaatları başlamıştır. Bölgedeki ahşap şapelin cemaatin ihtiyacına yeterli gelmemesi neticesinde Ortaköy semtinde Ermeni Katolik cemaatinin ikinci kilisesinin inşaatına, 1837 yılının Kasım ayında çıkan padişah fermanı ile başlanmıştır. Apraham Amira Allehverdi ve Krikor Hekimyan'ın yaptığı bağışlarla inşaatına başlanan yapı 1838'teki sel felaketiyle hasara uğramıştır. Bunun üzerine eksiklerin giderilmesi için Kuleli'den yeni taşlar getirilmiş ve Ermenilerin Noel yortusuna denk gelen 6 Ocak 1839 tarihinde yapı kutsal merasimlerle açılmıştır (Tcholakian, 1998).

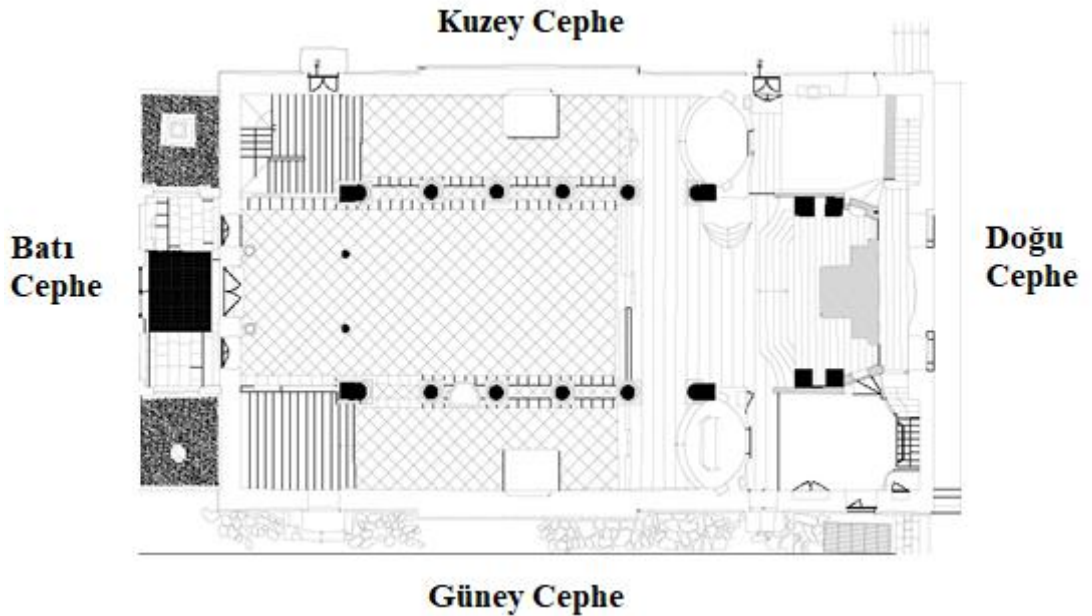
Yapının birçok defa onarım geçirdiği bilinmesine rağmen bunlara ilişkin kayıtlara ulaşılamamıştır fakat 1857 yılında yapılan onarıma ait kayıtlar bulunmaktadır (Tuğlacı, 1991). 2017 yılında kilise taşıyıcı sisteminde onarım faaliyetlerinde bulunulmuştur. Dış cephe duvarları onarım görmüştür ayrıca avlu ve müstemilat yapılarında düzenlemeler yapılmış, ahşap kapı ve pencereler onarılmıştır. Çatı kiremitleri değiştirilmiştir (Kasap,2018). Yapı kesiti ve bölüm isimleri Şekil 5.2'de

belirtilmiştir. Sunulan tez kapsamında incelenen Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Katolik Kilisesi'ne ait röleve çizimler Kasap (2018) doktora tez çalışmasından alınmıştır.

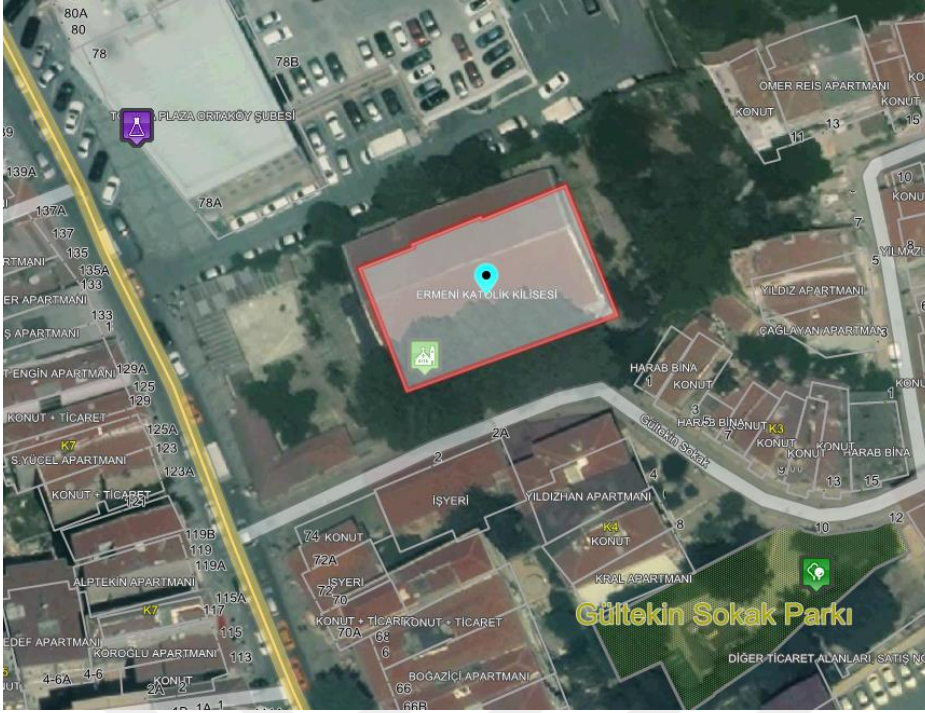


Şekil 5.2 : Ortaköy Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Katolik Kilisesi kesiti (Kasap, 2018).

Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Katolik Kilisesi, eski ismi Hagios Phokas olan ve 9.yy'dan itibaren dini yapıların yoğunlukta olduğu Ortaköy semtinde bulunmaktadır (Tanman, 2014). Kilisenin planı Şekil 5.3'de ve yakından uydu görüntüsü Şekil 5.4'te verilmiştir.



Şekil 5.3 : Ortaköy Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Katolik Kilisesi planı (ARKE Restorasyon Raporu, 2019).



Şekil 5.4 : Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Katolik Kilisesi uydu görünümü (Url-6).

5.1 Mimari ve Taşıyıcı Özellikleri

Bazilikal formda inşa edilen yapı, batı-doğu ekseninde konumlandırılmıştır. Dışarıdan avluya giriş batı ve güney cephelerinden sağlanmaktadır. Yapının ana girişi olan batı girişi içbükey şeklindedir ve ortasında ahşap çift kanatlı kapı mevcuttur. İç bükey alan içerisinde kapının iki yanında eskiden bulunan iki adet tuğla kemerli pencere boşluğu ve iki adet kapı boşluğu almaşık duvar örgüsünde sonradan kapatılmıştır. Güney cephede ise önceden ahşap olan kapı yerini metal kapıya bırakmıştır.

Yaklaşık 581 m² alana sahip kilise iç yapısı, dış narteks, iç narteks, galeri katı, amira odası, üç nefli naos yapısı, koro mahalini ve ana sunağı içeren bema, vaftizhane, muganniler odası, amira odası ve apisisi içerir. Ana taşıyıcı olan duvarlar taş ve tuğlanın beraber kullanıldığı almaşık tipinde örülmüştür. Çatı yapısı ise içeriden ahşap beşik tonoz olarak gözükse de dışarıdan kırma çatıdır ve üstü kiremitlerle kapatılmıştır.

Kilise avlusunun ana girişi olan batı girişinden sonra taştan döşenmiş bir avlu bulunmaktadır. Avluyu U biçimindeki müstemilat yapısı çevrelemektedir. Avludan yedi basamak ile kilise içine giriş kapısının önüne çıkılır (Şekil 5.5). Kiliseye girmeden önce sol tarafta (kuzey cephe) bir anı yazıtı ve sağ tarafta (güney cephe) beton kaide

üzerine oturtulmuş artık kullanımda olmayan ahşap bir çan kulesi ziyaretçileri karşılamaktadır.



Şekil 5.5 : Batı cephesi.

Kiliseye giriş, orta nef genişliğinde dış narteksten sağlanır. Dış narteksin tavan döşemesi tuğla kemerlidir. Kiliseye giriş bu bölgeden çift kanatlı ahşap kapıyla sağlanır. Ahşap kapının yanında simetrik ve kemerli iki ahşap pencere bulunmaktadır. 1. kat ve 2.kat arasında boydan boya bir silme şeridi ve kenarlarda cephe uzunluğunca yalancı payeler yer almaktadır. Silme şeridin üstü üçgen şeklinde olup duvarın kalınlığı 920 mm'dir.

Dış narteksten iç nartekse geçiş çift kanatlı metal kapıyla sağlanır. Metal kapının solunda ve sağında pencereler bulunmaktadır. İç nartekte kuzey ve güney yönünde birer adet ahşap kapı bulunmakta ve bu kapılar birer odaya açılmaktadırlar. İç narteks üzerinde galeri katları mevcuttur. Galeri katlarına çıkış, iç narteksin kuzey bölgesinde ahşap korkuluklu ahşap merdivenle sağlanır. Galeri katını destekleyen iki adet mermer görünümü verilmiş 3,7 m yüksekliğinde ahşap taşıyıcı sütun mevcuttur. 1. galeri katında da 3,35 m yüksekliğindeki sütunların devamı ikinci katı desteklemektedir. İç narteksin döşemesi taş kaplama iken tavanı ahşap malzemeye düzleştirilmiş volta döşeme şeklindedir. Galeri katlarının tavanları ve döşemeleri ahşapla oluşturulmuştur.

Ayrı bölümlerin, yani naos ile narteks ve naos içerisindeki neflerin sınırlarını sütunlar belirler. Üç nefli yapıya sahip naosun ahşap beşik tonozlarla kaplı neflerinden büyük olan orta nefinin yüksekliği 11 m ve diğer iki nefin yüksekliği ise 10 m'dir. Tonozların

üstü beşik çatıyla kaplanmıştır ve bağdadi teknikle yapılan çatının örtüsü Marsilya kiremiti ile oluşturulmuştur. Yan nef tonozlarının üzengi taşlarını bağlayan ikişer adet ve orta tonozun üzengi taşlarını bağlayan üç olmak üzere toplamda yedi metal gergi elemanı mevcuttur. Naosta 8 adeti serbest 4 adeti duvarla bitişik, mermer kaide üzerine oturtulmuş 7,5 m yüksekliğinde toplamda 12 adet korint başlıklı sütun yapısı mevcuttur. Tamamı taş döşemeye sahip naosta kadınlar ve erkeklerin ayrı oturmalrı için sıralar bulunmaktadır. Yan neflerin kuzey ve güney cephe bölgelerinde iki basamakla çıkılabilen sunak alanları mevcuttur. Kuzey ve güney cephelerde 1. kat hizasında toplamda yedişer pencere konumlanmıştır. Kuzey ve güney almaşık cephe duvarlarının kalınlıkları sırasıyla 1,1 m ve 1 m'dir. Cephe orta bölgesinde bölmelerinde cephe yaklaşık 250 mm dışarı çıkma yapar. (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 : Güney cephesi.

Bema, ahşap korkuluklarla ve basamakla naos yapısından ayrılır. Orta nef sonundaki ana sunak olmak üzere her nef sonunda bir sunak mevcuttur. Kilisenin ana sunağına gelmeden bema içerisinde her iki tarafta birer adet tek kanatlı ahşap kapı bulunmaktadır. Bu kapılardan kuzey cepheye bakan vaftizhane bölümüne, güney cepheye bakan ise muganniler odasına açılmaktadır. Yan nef sunaklarının arkasından da yine bu odalara açılan birer kapı mevcuttur. Her iki odanın içerisinde dışarıya açılan metal bir kapı ile pencere bulunmaktadır. Bunun yanı sıra amira odası olarak

adlandırılan odalara çıkmak için kullanılan birer merdiven bu odalar içerisinde mevcuttur. Amira odalarında kuzey ve güney cepheye bakan ikişer pencere ile doğu cephesine bakan birer pencere bulunmaktadır. Ayrıca kilise içinde apsis ve bemaı doğrudan gören birer pencere de bu yapılarda mevcuttur. Bemadan girişi olan bu odaların tavan ve döşemeleri de ahşapla oluşturulmuştur.



(a)



(b)

Şekil 5.7 : a) Galeri katları, naos ve bema b) Ana nef tonozu, bema ve apsis.

Bemadan beş basamak yardımıyla çıkılan apsis yapısı 6,40 m yüksekliğinde dört adet sütun yapısıyla desteklenmiştir. Üstü yarım kubbeyle kapatılan yapının tamamı ahşap malzemedir. Apsisin arkasında vaftizhane ve muganniler odasını birbirine

bağlayan bir koridor ile doğu cephesinden dışarı açılan iki adet metal kapı bulunur. Doğu cephesi duvarının kalınlığı 1000 mm olup 1.kat seviyesinde tuğla kemerli üç adet ve 2. kat seviyesinde iki adet kare pencere bulunmaktadır. Zemin kat seviyesinde daha önce pencere olduğu anlaşılan fakat şu anda kapatılmış iki adet alan mevcuttur. Diğer tüm cephelerde olduğu gibi bu cephede de yalancı payeler ve silmeler bulunur.

5.2 Yapının Mevcut Hasarları

Yapının mevcut durumu ve hasarları, yerinde yapılan incelemeler ile ortaya konmuş ve ayrıca, kilisedeki hasarların konu edildiği Arke Mühendislik tarafından hazırlanan rapor (Arke Restorasyon Ön Raporu, 2019) dikkate alınarak kilisenin mevcut hasarları Çizelge 5.1’de sunulmuştur. Duvarlarda görülen düşey çatlakların büyük bir kısmının zemin oturmasından kaynaklı ortaya çıktığı düşünülmektedir.

Çizelge 5.1 : Kilisedeki mevcut hasarlar.

Hasar Bölgesi	Açıklama
Duvar	Kısa doğrultuda deprem yüklerine karşı zayıf
Duvar	Yan nef ile galeri katının birleştiği noktalardaki duvarda pencere köşelerinde çatlaklar (zemin oturması ve yapısal düzensizlik sebebiyle)
Duvar	Apsis duvarı ve amira odaları köşelerinde dışa doğru açılmalar ve diyagonal çatlaklar
Duvar	Amira odalarının merdiven inşasından kaynaklı, apsis duvarlarının incelen yerlerinin yarattığı yapısal olarak zayıf bölgeler.
Duvar- Galeri Katı	İki yapı bölümü arasında yeterli bağlantı sağlanamaması, bozulma ve deformasyonlar sebebiyle ayrılmalar.
Duvar- Galeri Katı	Giriş cephe duvarında, duvar ve galeri katının bağlantısının kopması sonucunda dışa doğru yatma (cephede ayrılma)
Galeri Katı	Strüktürel düzensizlikler (ana hatıl üzerine oturan dikmeler, cepheye paralel yerleşen döşeme hatılları) ve ileri derecede bozulmalar
Galeri Katı	Döşeme hatıllarında sehim
Galeri Katı	Çatıdan gelen su sebebiyle tavan ve döşemede bozulmalar
Naos	Zemin oturması (Şekil 5.8)
Sütun	Narteks sütunları gövdelerinde ve tonozu taşıyan sütunların galeri katıyla birleştiği noktada sütun başlıklarında deformasyon, bezeme kaplamalarında ayrılma ve çatlaklar (Şekil 5.9)
Tonoz	Ana tonoz üzeri kısmi çatlaklar (Şekil 5.10)



Şekil 5.8 : Zemin oturması.



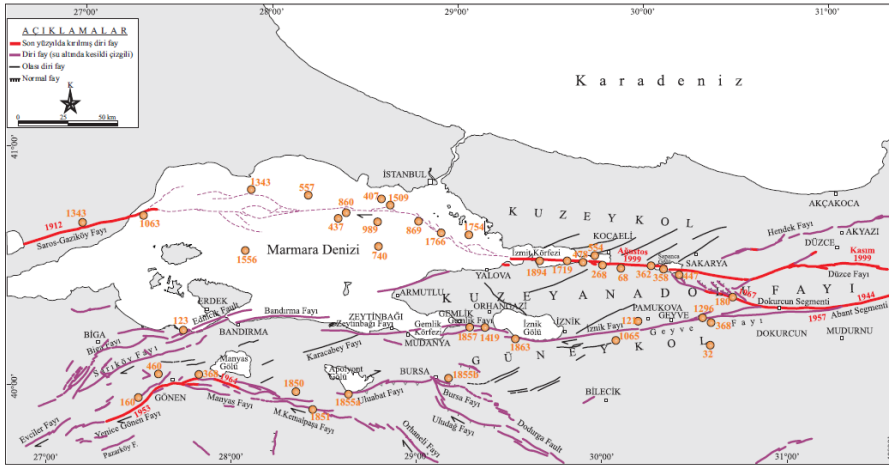
Şekil 5.9 : Naos başlangıcında galeri katının oturduğu sütun ve narteks sütunu hasarı.



Şekil 5.10 : Yan nef tonozu ve altındaki duvarda oluşan çatlaklar.

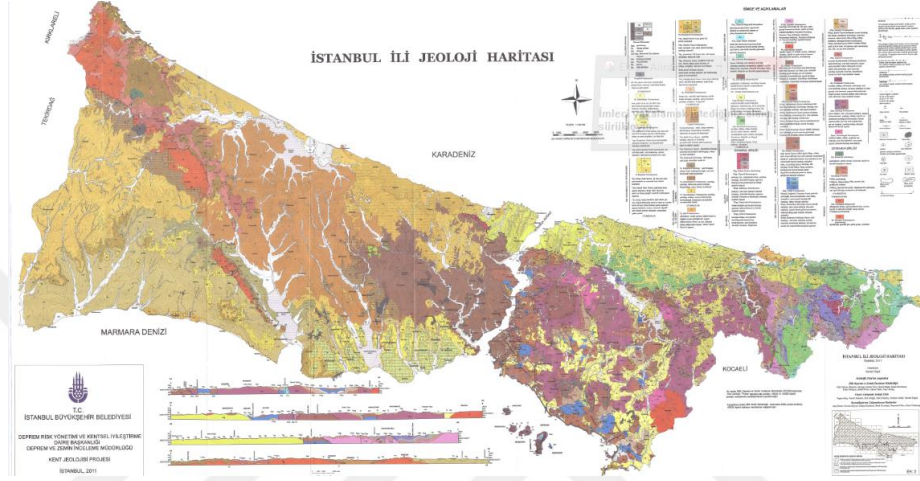
5.3 Zemin ve Sismik Yapısı

Kilisenin bulunduğu Ortaköy Semtinin deprem riski yüksek olup Deprem Yönetmeliği (2007)'ye göre 2. derece deprem bölgesinde bulunmaktadır. İstanbul, Şekil 5.11'de verildiği üzere Kuzey Anadolu Fay Hattı başta olmak üzere bu hatttan ayrılan birçok aktif fay hattına ve fay zonlarına (Saros Körfezi – Gaziköy Fayı, Marmara Denizi Fayları, Gevye-Gemlik Arası Faylar, Sapanca-Çınarcık arası faylar, Etili fayı, Edinci-Çifteçeşmeler fay zonu, Manyas Fayı, Yenice-Gönen Fayı, Ulubat Fayı) yakındır. (Özalp ve diğ., 2013)



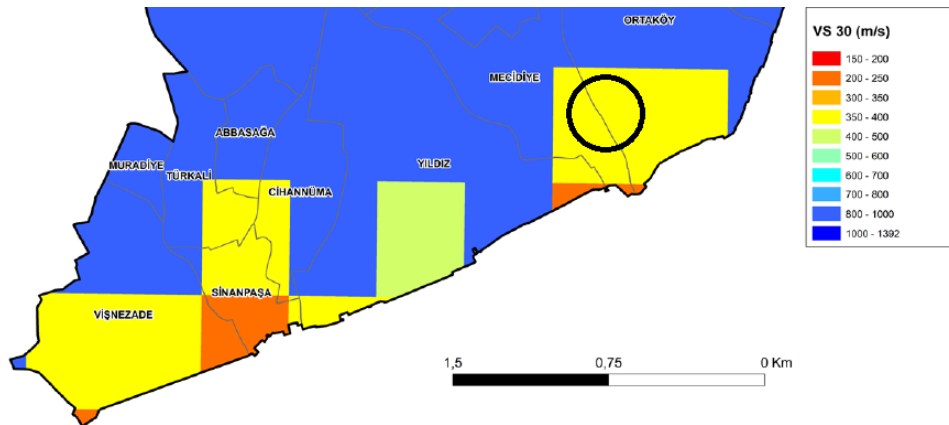
Şekil 5.11 : Marmara bölgesi fay hatları ve zonları (Özalp ve diğ., 2013).

Şekil 5.12’de görüldüğü gibi Ortaköy semtinde zemin genellikle geç paleozoyik dönemin karbonifer zamanında oluşan Trakya formasyonudur. Bu haliyle metamorfizma göstermeyen stratigrafi birimi içerisinde yer alan istif, İstanbul Birliği adı altında sınıflandırılmıştır. Trakya formasyonu, kara koyu gri, bozunmuşu açık kahverengi, ince orta katmanlı, bol mika pullu, türbiditik kumtaşı-şeyil ardışı; yer yer çakıltası mercekli, alt kesimlerinde seyrek kireçtaşı mercek ve arakatkılı olarak tanımlanır (Özgül,2011).



Şekil 5.12 : İstanbul jeoloji haritası (Özgül, 2011).

Kilisenin bulunduğu alanda ise, Beşiktaş ilçesinin hâkim zemin sınıfından farklı zemin bulunduğu İBB ile Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'nün ortaklığıyla hazırlanan Beşiktaş Olası Deprem Kayıp Tahminleri Kitapçığı'nda (2020) açık bir şekilde gösterilmiştir. Bu zeminin ilk 30 metresinde ortalama harmonik kayma dalgası hızı (V_{s30}), 350-400 m/s olarak verilmiştir (Şekil 5.13). TBDY (2018)'e göre bu zemin ZC olarak sınıflandırılmaktadır (Çizelge 5.2.).



Şekil 5.13 : Beşiktaş İlçesi V_{s30} Dağılımı (İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 2020).

Çizelge 5.2 : Yerel zemin sınıfları (TBDY, 2018).

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		$(V_s)_{30}$	$(N_{60})_{30}$	$(c_u)_{30}$
		[m/s]	[darbe/30cm]	[kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	-	-
ZB	Az ayrıışmış, orta sağlam kayalar	760 - 1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrıışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 - 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 - 360	15-50	70 - 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killeri, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killeri, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killeri, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killeri.			

TBDY (2018)'de 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan DD-2 ve 50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 yıl) olan DD-3 yer hareketi düzeyine göre yatay ile düşey elastik spektrumlar ile en büyük yer ivme ve hızı değerleri AFAD'ın sisteminden alınarak Şekil 5.14'te verilmiştir.

Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması

Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	Ortaköy Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Katolik Kilisesi		
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:	41.052209°		
Boylam	29.02459°		

Çıktılar

$S_S = 0.813$	$S_1 = 0.229$	$PGA = 0.335$	$PGV = 20.924$
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-3	50 yılda aşılma olasılığı %50 (tekrarlanma periyodu 72 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:	41.05223°		
Boylam	29.0246°		

Çıktılar

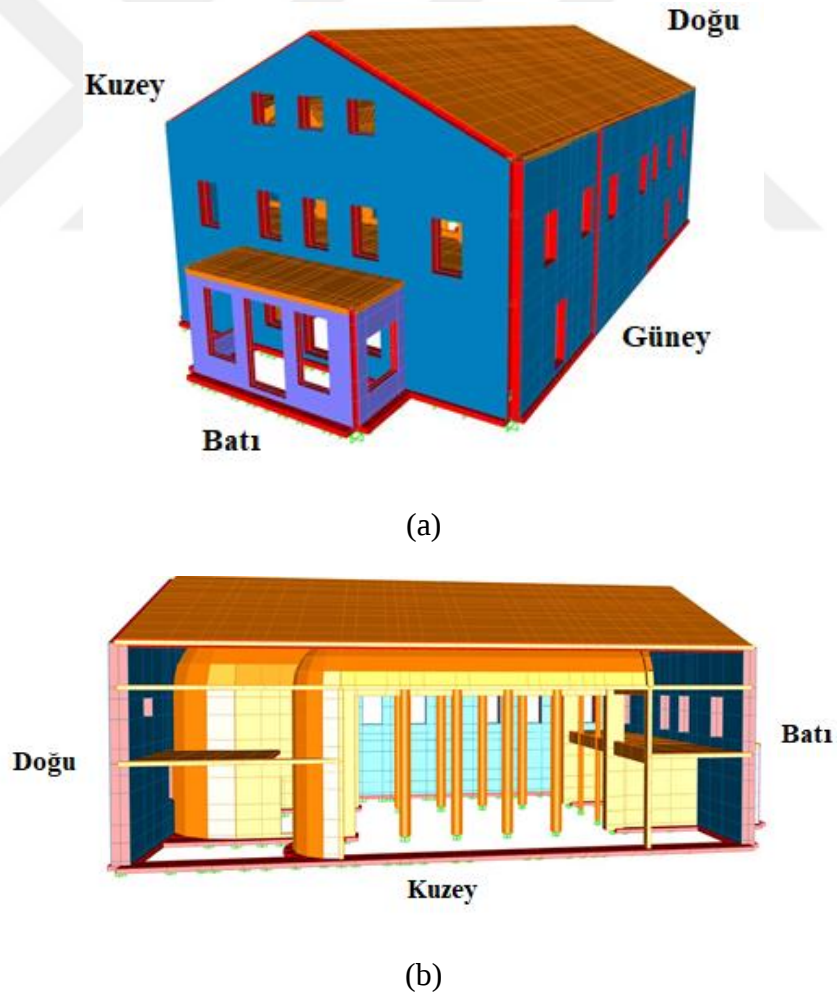
$S_S = 0.323$	$S_1 = 0.094$	$PGA = 0.140$	$PGV = 8.758$
---------------	---------------	---------------	---------------

Şekil 5.14 : AFAD verileri (Url-7).



6. KİLİSE MODELİ İÇİN MODAL VE ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL ANALİZ

Bu tezin konusu kapsamında incelenen Ortaköy Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Katolik Kilisesi'nin makro modellemesi, SAP2000 V21.0 programı ile 452 adet çubuk ve 8567 adet kabuk eleman kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Maksimum sonlu eleman ağ boyutu 500 mm olacak şekilde modellenmiştir (Şekil 6.1). Yapı plan boyutları 17,85 m ve 29,7 m olup ana duvarların yüksekliği kalkan duvarların en uç noktasında 14,1 metreyi bulmaktadır.



Şekil 6.1 : SAP2000’de hazırlanan model için a) Batı ve güney cephesi b) Kuzey cepheden kilise içi görünüşü.

İlgili bölümde belirtildiği üzere, kilise dış narteks duvarları kesme taş ve cephe duvarları tuğla ve kaba yonu (almaşık) ile teşkil edilmişlerdir. Güney ve kuzey cephelerinde duvarlar belli bölgelerde kalınlaştığı için bu kalınlaşma modele yansıtılmıştır. Yapının içindeki galeri katı ile amira odaları döşemeleri, sütunlar, duvara oturan düşey ve yatay hatıllar, tonoz, kubbe, apsis ve çatı yapısı ahşap alınmıştır. Doğrusal analizde kullanılmak üzere bu malzemeler ile ilgili özellikler almaşık yapı için TYDRYK (2017) ve ahşap için TS 647 (1979) standardından alınmıştır (Çizelge 6.1). Yapıda ahşap cinsi ile ilgili bilgi bulunmadığından ortalama değerler kullanılmıştır.

Çizelge 6.1 : Model malzeme özellikleri.

Malzeme Cinsi	Ahşap	Almaşık	Kesme Taş
Birim Ağırlık (kN/m ³)	4,22	20	21
Elastisite Modülü (MPa)	5000	1100	1750
Poisson Oranı	0,3	0,2	0,2
Isıl Genleşme Katsayısı	0	9.9×10^{-6}	9.9×10^{-6}

Modellemede, ahşap elemanlardaki mevcut çatlaklar düşünülerek elastisite modülünün 0.5E olarak alınması ve yapı ana duvarları için Şekil 6.2’de verilen etkin kesme rijitlik çarpanları göz önünde bulundurulmuştur.

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı		Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
<i>Perde – Döşeme (Düzlem İçi)</i>		<i>Eksenel</i>	<i>Kayma</i>
Perde		0.50	0.50
Bodrum perdesi		0.80	0.50
Döşeme		0.25	0.25
<i>Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)</i>		<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Perde		0.25	1.00
Bodrum perdesi		0.50	1.00
Döşeme		0.25	1.00

Şekil 6.2 : Etkin kesme rijitliklerinin modele aktarılması.

Yapıyı oluşturan bileşenlerin kalınlıkları ve malzemesi Çizelge 6.2’de verilmiştir. Çatının oturduğu hatıl boyutları 800 mm (yükseklik)x200 mm (derinlik), dış narteks dahil diğer duvar içi düşey ve yatay hatıllar 400 mm (yükseklik)x200 mm (derinlik), tonozların oturduğu kirişler 300 mm (yükseklik)x 900 mm (derinlik), tonozların galeri

katına oturduğu kemerler 300 mm (yükseklik)x600 mm (derinlik) boyutlarında alınmıştır. Galeri katının oturduğu yatay hatıllar ise 200 mm (yükseklik)x750 mm (derinlik) boyutundadır. Sütunların 4 adedi ve 1000 mm x600 mm boyutlarında dikdörtgen kesitli, iki tanesi 300 mm çapında, 8 adedi de 600 mm çapında daire kesitlidir. Hatıl ve sütunların modellemesi yapılırken bu boyuttaki yapı elemanları bir bütün olarak ele alınmışlardır. Çatıya ait bir görünüm Şekil 6.3’de verilmiştir.

Çizelge 6.2 : Kilise taşıyıcı duvar ve ahşap eleman kalınlıkları.

Yapı Malzemesi	Konum	Kalınlık (mm)
Almaşık (kaba yonu ve tuğla)	Güney Cephe Duvarı (İnce Bölge)	800
	Güney Cephe Duvarı (Kalın Bölge)	1000
	Kuzey Cephe Duvarı (İnce Bölge)	900
	Kuzey Cephe Duvarı (Kalın Bölge)	1100
	Doğu Cephe Duvarı	800
	Batı Cephe Duvarı	700
Kesme Taş	Narteks	350
Ahşap	Çatı	400
	Döşemeler	200
	Apsisler	200
	İç Duvar	200
	Kubbe	150
	Tonoz	150



Şekil 6.3 : Çatının görünümü.

Şekil 6.3’de iç yapısı görülen çatının yükünün modele en doğru şekilde aktarılabilmesi adına çatının kütle ve hacim bileşenleri sıfır olarak tanımlanmıştır. Harici bir şekilde hesaplanan çatı ağırlığı yapıya eklenmiştir. Çatı ağırlığı hesaplanırken hesaba katılan ağırlık ve boyut kabulleri Çizelge 6.3’de verilmiştir. Ahşap ağırlığı TS ISO 9194’de Picea için verilen 430 kg/m^3 şeklinde alınmıştır. Yapıda kullanılan Marsilya kiremiti ağırlığı Uğur vd. (2018) çalışmasından 48 kg/m^2 olarak alınmıştır. Kiremit altı örtüsü kalınlığı olarak alınan 20 mm değeri, Perker (2012) çalışmadan alınmıştır. Mertek boyutları için belirlenen ortalama değer İnşaat Mühendisleri Odası’nın Çatı Örtüleri (2013) çalışmasından, mahya aşığı için belirlenen boyut Güler (2019) çalışmasından ve diğer eleman boyutları ise MEB Ahşap Çatı ve Kalıp Elemanları İnşaat Teknolojisi (2018) kitabından alınmıştır.

Çizelge 6.3 : Çatı bileşenleri malzeme boyut ve ağırlıkları.

Çatı Bileşeni	Adet	Boyut (m)	Uzunluk (m)	Birim Ağırlık	Toplam Ağırlık (ton)
Kiremit	2	9,86	29,7	48 kg/m^2	28,11
Kiremit Altı Örtü	2	$9,86 \times 0,02$	29,7	430 kg/m^3	5,03
Mertek	72	$0,1 \times 0,16$	9,86	430 kg/m^3	4,88
Göğüsleme	36	$0,06 \times 0,12$	2,6	430 kg/m^3	0,29
Bırakma	36	$0,1 \times 0,16$	8,45	430 kg/m^3	2,09
Bırakma (Küçük)	64	$0,05 \times 0,1$	3,85	430 kg/m^3	0,53
Kuşaklama	36	$0,05 \times 0,1$	4,675	430 kg/m^3	0,36
Payanda	64	$0,08 \times 0,14$	4,4	430 kg/m^3	1,36
Payanda (Küçük)	64	$0,05 \times 0,1$	1,95	430 kg/m^3	0,26
Dikme	64	$0,1 \times 0,1$	4,15	430 kg/m^3	1,14
Mahya Aşığı	1	$0,1 \times 0,18$	29,7	430 kg/m^3	0,23
Aşık	4	$0,1 \times 0,14$	29,7	430 kg/m^3	0,72
Aşık (Küçük)	2	$0,05 \times 0,1$	24,4	430 kg/m^3	0,11
Tonoz Kirişleri	5	$0,05 \times 0,1$	29,7	430 kg/m^3	0,32
Tonoz Kirişleri (Küçük)	2	$0,05 \times 0,1$	24,4	430 kg/m^3	0,11
Toplam					45,56

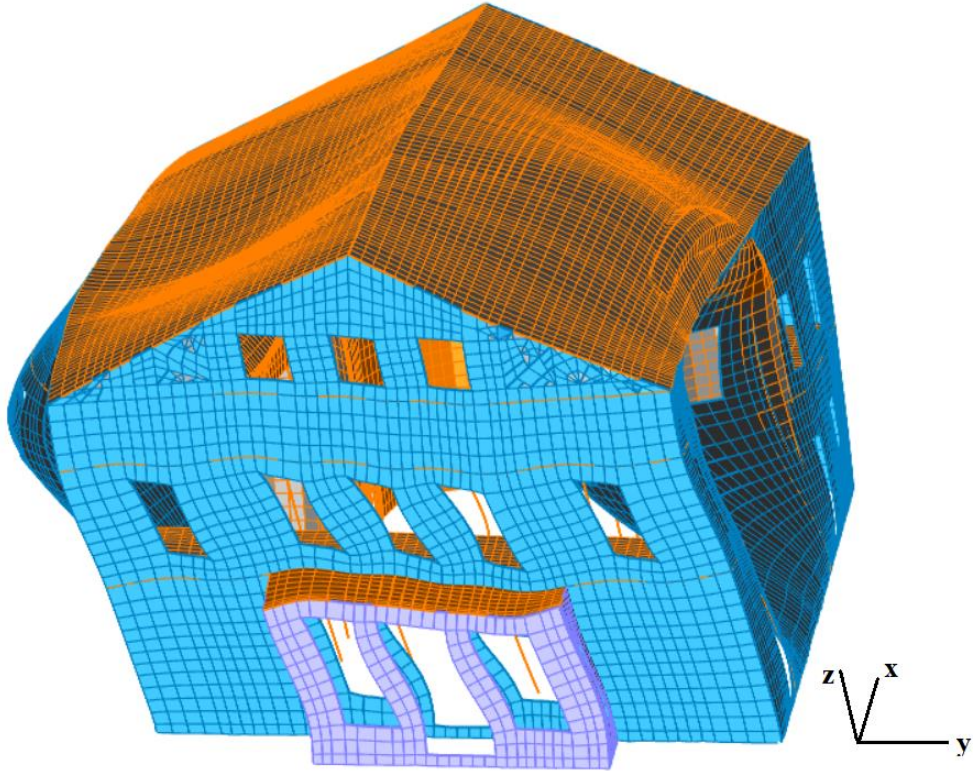
Ağırlık çatı alanına bölündüğünde bulunan sonuç $0,78 \text{ kN/m}^2$ olarak elde edilmiş ve modele etkitilmiştir. Kilise çatısı kabuk eleman olarak modellenmiş ve çatının kalkan duvarlarla birleşim detayları yerinde bilinmemekle beraber, hatıl aracılığıyla tam bağlı oldukları varsayılmıştır.

Yapı tabanında temel tanımlaması yapılmamış olup zemin kotunda yapı duvarları ankastre mesnetli, ahşap sütunlar ise basit mesnetli tanımlanmıştır. Duvarlar ince-kabuk teorisini esas alan sonlu kabuk elemanlarla modellenmiştir.

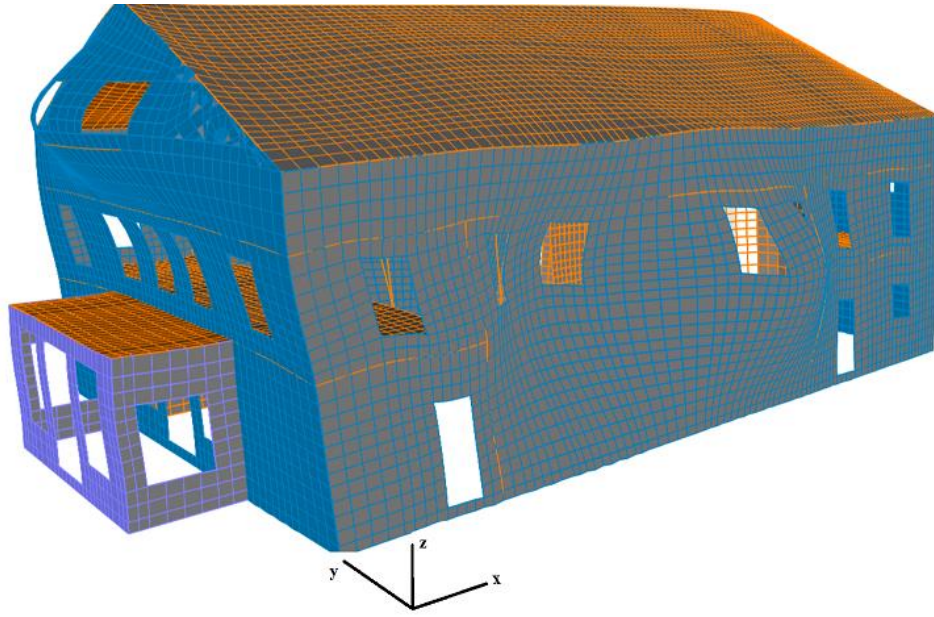
Tarihi kilise için analizler sonucunda elde edilen yerdeğiştirme ve gerilme değerleri, TYDRYK (2017)'de doğrusal analiz yaklaşımı için verilen ilgili deprem performans sınırları esas alınarak değerlendirilmiştir.

6.1 Modal Analiz

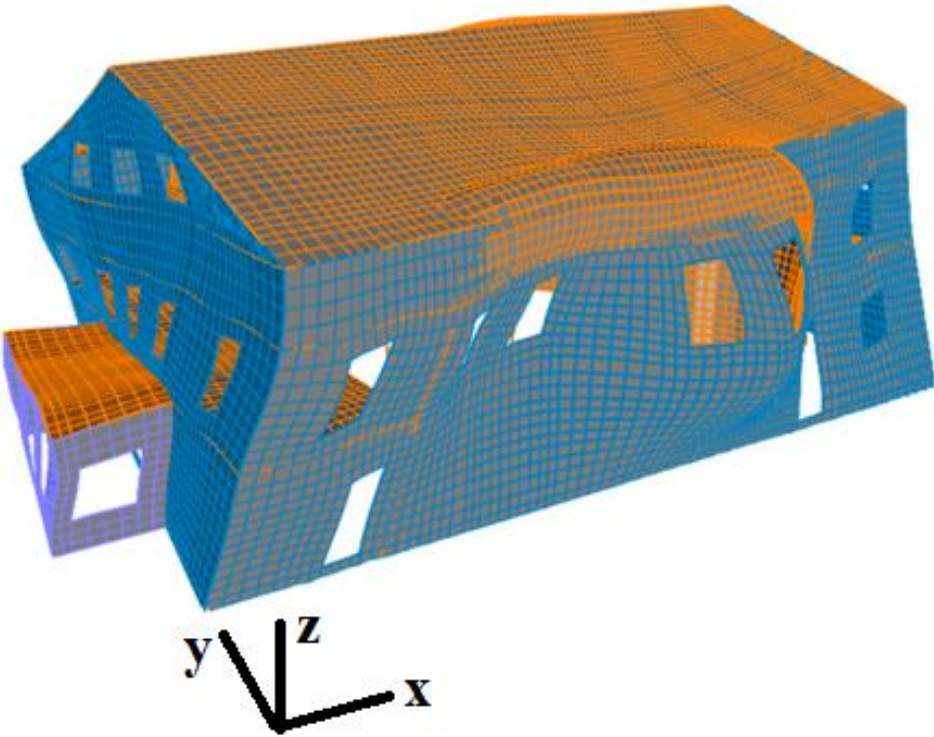
Yapının frekans, periyot ve mod şekilleri gibi dinamik karakteristik özelliklerini bulmak amacıyla SAP2000 sonlu elemanlar programı kullanılarak modal analiz yapılmıştır. İlk mod, 5. mod ve 7. moda karşı gelen mod şekilleri Şekil 6.4'de gösterilmiştir.



a)



b)



c)

Şekil 6.4 : Mod Şekilleri a) 1. Mod şekli b) 5. Mod şekli c) 7. Mod şekli.

Bu analizden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.4’de sunulmuştur. Bu çizelgede, kütle katılım oranları da verilmiş olup KK ile gösterilmiştir. İlk 30 mod ve son (120.) mod için elde edilen periyot ve kütle katılım oranları Çizelge 6.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.4 : Periyot ve kütle katılım oranları.

Mod	Periyot (s)	X-KK (%)	Y-KK (%)	TOPLAM X-KK (%)	TOPLAM Y-KK (%)
1	0,307	0	57,69	0	57,69
2	0,268	0,07	1,49	0,07	59,18
3	0,222	0,01	3,4	0,08	62,58
4	0,182	8,97	0,46	9,05	63,04
5	0,177	39,81	0,78	48,86	63,82
6	0,17	11,27	0,97	60,13	64,79
7	0,161	0,01	5,54	60,13	70,33
8	0,133	0,17	0,06	60,3	70,39
9	0,129	0,15	1,99	60,45	72,38
10	0,129	0,07	2,52	60,52	74,89
11	0,123	0,15	1	60,67	75,9
12	0,117	1,81	0,4	62,48	76,3
13	0,115	0,07	0,41	62,54	76,71
14	0,111	8,27	0,02	70,82	76,73
15	0,109	0,05	6,53	70,87	83,26
16	0,105	0,29	0,18	71,16	83,44
17	0,104	0,03	0,06	71,18	83,51
18	0,099	0	0,36	71,18	83,87
19	0,096	0	0,05	71,19	83,92
20	0,094	0,97	0	72,16	83,92
21	0,092	0	0,01	72,16	83,93
22	0,092	0,01	0,02	72,16	83,95
23	0,091	0	0,05	72,17	84,01
24	0,089	0,04	0,07	72,21	84,07
25	0,089	0,08	0	72,29	84,08
26	0,087	0	0,13	72,29	84,21
27	0,087	0,03	0	72,32	84,21
28	0,086	0,01	0,14	72,33	84,35
29	0,085	0,29	0,04	72,62	84,39
30	0,083	0,83	0,06	73,46	84,45
120	0,045	0,02	0	88,74	88,88

1.modda kütle katılım oranı maksimum olup %57,69 değerine Y doğrultusunda ulaşmaktadır. Bu moda karşılık gelen periyot değeri 0,307 s olarak elde edilmiştir. 1. modun etkin olduğu durumda kuzey ve güney (Y doğrultusunda) duvarları düzlem dışı hareket yapmaktadırlar. 5. mod X doğrultusunda kütle katılımının maksimum olduğu mod olup kütle katılım oranı %39,81'dir. Bu moda karşılık gelen periyot değeri 0,177 s olarak elde edilmiştir. 5. modun etkin olduğu durumda batı ve doğu cephesindeki duvarların (özellikle kalkan duvarın) X doğrultusunda düzlem dışı hareket mevcuttur. Ayrıca kuzey ve güney duvarları Y doğrultusunda düzlem dışı hareket göstermektedirler. 7.mod z eksenini etrafında dönme yani burulma modu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu moda karşılık gelen periyot değeri 0,161 s olarak elde edilmiştir.

TBDY (2018)'de hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısının belirlenmesinde, modal etkin kütlelerin toplamının bina toplam kütlelerinin %95'inden az olmaması koşulu belirtilmiştir. Rijit diyafram davranışı göstermeyen bu tip tarihi yapılarda yüksek modların dikkate alınması durumunda bile bu kütle katılım oranına ulaşılmama olasılığı yüksektir (Dabanlı, 2008). Mod sayısı arttırıldıkça da modelin çözümü uzamakta ve süreç verimsizleşmektedir. Nitekim tez konusunu oluşturan kilisenin sonlu eleman modelinde 120 mod için hesap yapılmasına rağmen toplam kütle oranı %88 mertebesinde. 100 ile 120 modlar arasında toplam kütle katılım oranı %1 kadar artış göstermiştir. Kilisenin 1.moduna karşı gelen periyot değeri 0,307 s olarak bulunmuştur. Bu değerin, Dabanlı (2008) çalışmasında da belirtilen “tarihi yığma yapılarda periyotun 0,15 ila 0,45 s aralığında çıkması öngörülmektedir”, ifadesiyle uyumlu olduğu görülmektedir. Illampas vd. (2020) tarafından nümerik analizleri gerçekleştirilen kilise için ise 1. moda karşı gelen periyot değeri 0,37 s olarak elde edilmiştir. Farklı çalışmalarda bulunan periyotlar birbirlerine oldukça yakındır.

TBDY (2018), yığma binalar için doğal hâkim periyodun tahmin edilebilmesi için Denk. (6.1)'da verilen ampirik ifadeyi önermektedir. Bu denklemde, H_N binanın bodrum kat üstü bölümünün toplam yüksekliğidir.

$$T = 0.07H_N^{3/4} \quad (6.2)$$

Kilise yapısı için doğal hâkim periyot, Denk. (6.1) kullanılarak; çatı döşeme ($H_N = 9,9$ m) ve kalkan duvar en üst kotu ($H_N = 14,1$ m) için 0.39 s ve 0.50 s olarak hesaplanmıştır. Görüldüğü üzere, H_N 'nin çatı döşeme seviyesi alınması durumunda elde edilen periyot değeri, nümerik modelden elde edilen 0.31 s değeriyle uyumludur. Kuran vd. (2020), 0.07 katsayısı yerine Eurocode-8 (2004) ve NTC (2018)'de verildiği gibi 0.05 alınmasını önermektedir. Bu durumda kilise için tahmin edilen periyot değerleri ($H_N = 9,9$ m için $T = 0.28$ s; $H_N = 14,1$ m için $T = 0.36$ s) ile nümerik modelden elde edilen değer arasındaki fark azalmaktadır.

6.2 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Analiz

6.2.1 Deprem kayıtlarının seçimi

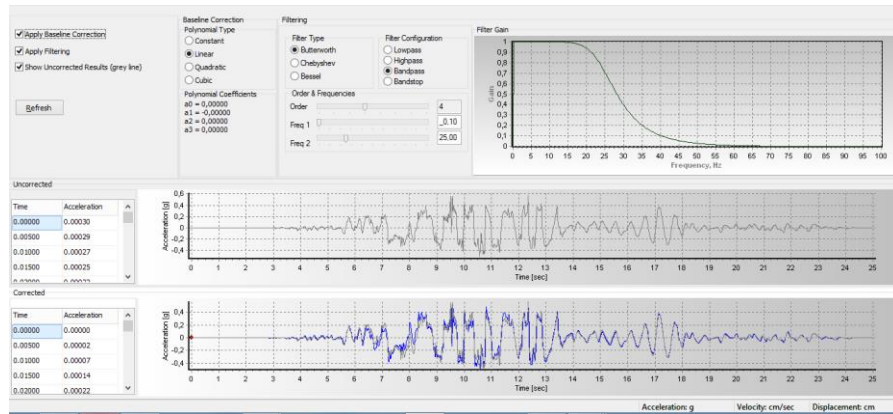
TBDY (2018)'e göre zaman tanım alanında doğrusal yöntem ile yapılacak analizlerin en az 11 adet deprem çifti için yapılması gerekmektedir. Her deprem için birbirine dik

ve yatay doğrultuda iki adet ivme kaydı bulunması gerektiği belirtilmiştir. Aynı anda etki ettirilecek bu iki bileşen, daha sonra 90° döndürülerek analizin tekrarlanması istenmektedir. Davranış büyüklükleri olarak; toplam 22 deprem kaydı altında elde edilen mutlak değerce maksimum değerlerin ortalamasının alınması beklenmektedir. Ancak bu tez kapsamında zaman tanım alanında yapılan doğrusal analizler 5 adet deprem (toplamda 10 deprem kaydı) için yapılmış ve her bir deprem kaydı altında gerçekleştirilen analizden elde edilen sonuçlar ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu kayıtların özellikleri Çizelge 6.5’de verilmiştir. Bu depremlere ait kayıtlar *Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER)*’dan alınmıştır.

Çizelge 6.5 : Seçilen deprem kayıtları ve özellikleri.

Deprem İsmi	Yıl	İstasyon İsmi	Büyüklük M_w	V_{s30} m/s	Yön	Anlamlı Zaman Başlangıç (s)	Anlamlı Zaman Son (s)	Referans Süre (s)
Chichi	1999	TCU101	7,6	389,4	E	10,51	29,66	19,49
					N	10,52	30	
Düzce	1999	Lamont 1060	7,1	782	E	16,35	34,38	20,32
					N	17,53	36,67	
Erzincan	1992	Erzincan	6,6	352,1	EW	2,78	10,14	8,38
					NS	2,43	10,81	
Kocaeli	1999	Istanbul	7,5	595,2	90	38,91	76,11	39,85
					180	40,67	78,75	
LP	1989	LGPC	6,9	594,8	0	7,3	17,44	10,87
					90	6,57	14,4	

Her bir deprem kaydı yapıya etkilmeden Seismosignal (2016) programı ile baseline correction ve bandpass filtering işlemlerine tabi tutulmuştur. Bu işlemler veri temizleme görevi görerek, verideki hataların ve gürültü kabul edilebilecek değerlerin ayıklanmasını sağlamıştır. Bu işlem, Loma Prieta depremi için Şekil 6.5’de gösterilmiştir.



Şekil 6.5 : Seismosignal (2016) programında ham ivme kayıtlarına baseline correction ve bandpass filtering uygulanması.

Bilindiği üzere, deprem yer hareketi kayıt süresinin artmasına bağlı olarak analiz süresi de artmaktadır. Bu nedenle, SeismoSignal (2016) programı ile filtrelenen zaman-ivme verileri iki kısaltma işlemine tabi tutulmuştur: Bunlardan birincisi, ivme-zaman ilişkisine ait 0.005 s zaman adım aralığının 0.01 s'ye çıkartılması şeklindedir (Şekil 6.6a). İkincisi ise anlamlı sürenin belirlenerek kaydın buna göre kısaltılması şeklindedir (Şekil 6.6b). Arias Şiddeti'nin %5'i ile %95'i arasında geçen süre anlamlı süre olarak tanımlanmaktadır. Denk. (6.2)'de verilen Arias Şiddeti (AI) ivme kaydındaki enerji miktarı esas alınarak tanımlanmaktadır (Fahjan, 2018). Bu denklemde, g yer çekimi ivmesini, a(t) yer hareketi ivmesinin t anındaki değerini ve T ise kaydın toplam süresini göstermektedir. Arias Şiddetinin zamanla değişimini gösteren eğriye Husid Eğrisi denir. Bu eğri üzerinde, Arias Şiddetinin %5 ile %95'i arasında geçen süre anlamlı süre olarak dikkate alınmaktadır.

$$AI = \frac{\pi}{2g} \int_0^T a^2(t) dt \quad (6.2)$$



(a)

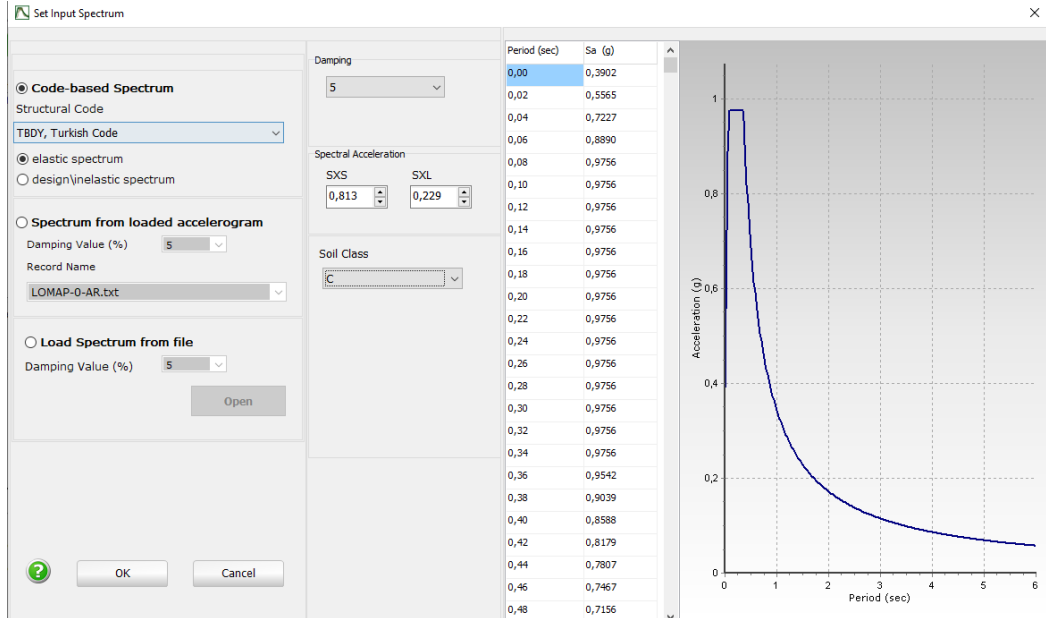
Parameter	Corrected Accelerogram
Displacement RMS: (cm)	10,23554
Arias Intensity: (m/sec)	7,90964
Characteristic Intensity (Ic)	0,27120
Specific Energy Density (cm2/s)	14871,83102
Cumulative Absolute Velocity (c)	2202,64579
Acceleration Spectrum Intensit	0,56158

Time	Acceleration	Arias Intensity	Arias Intensity[%]	Energy Flux
17.44000	-0.30317	7.51379	94.99538	14638.81508
17.45000	-0.30968	7.52857	95.18221	14639.78387

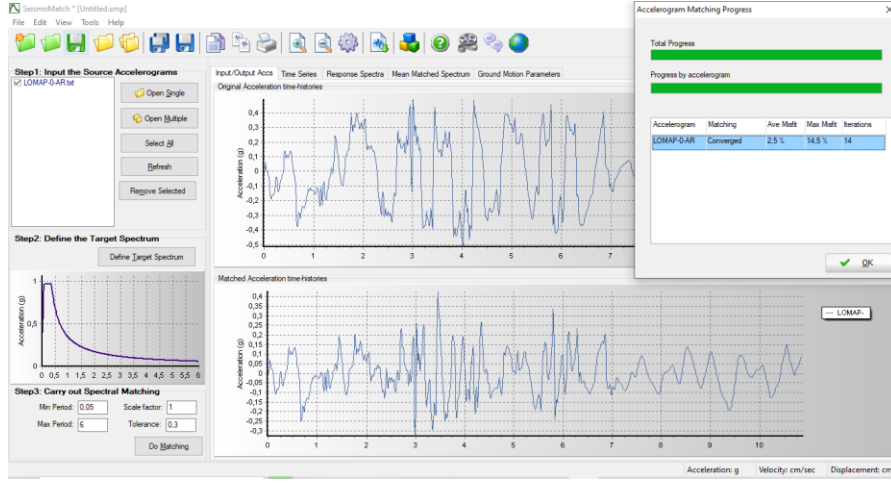
(b)

Şekil 6.6 : Seismosignal (2016) kullanılarak a) zaman aralığının artırılması b) Arias Yoğunluğu zaman aralığının ifadesi.

Kısaltılan ivme kayıtları Seismomatch (2020) programı kullanılarak, TBDY (2018)'e göre spektrum uyumlu olacak şekilde ölçeklendirilmiştir (Şekil 6.7). Sönüm oranı %5 alınmıştır. Daha önce değinildiği gibi, spektrumu tanımlamak için DD-2 depremi için $S_s = 0.813$ ve $S_1 = 0.229$, DD-3 depremi için ise $S_s = 0.323$ ve $S_1 = 0.094$ değerleri AFAD sitesinden alınmıştır (Şekil 5.9). Bu işlemler, örnek olarak, Loma Prieta depremi için Şekil 6.8'de verilmiştir.

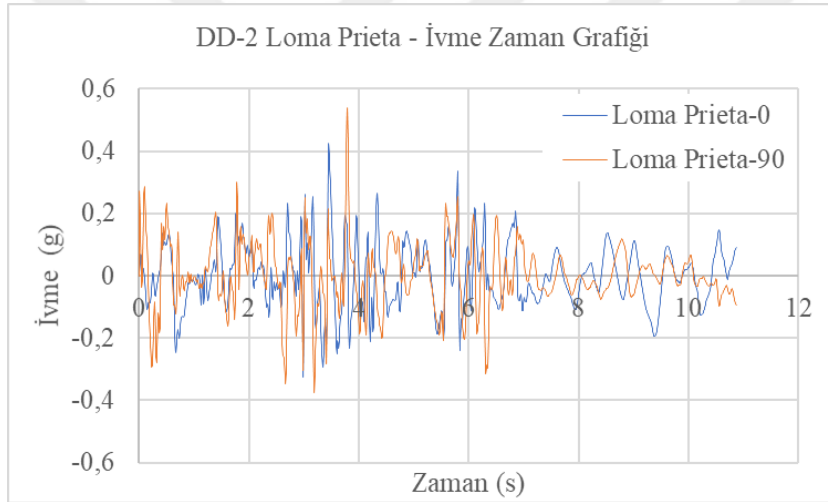


(a)

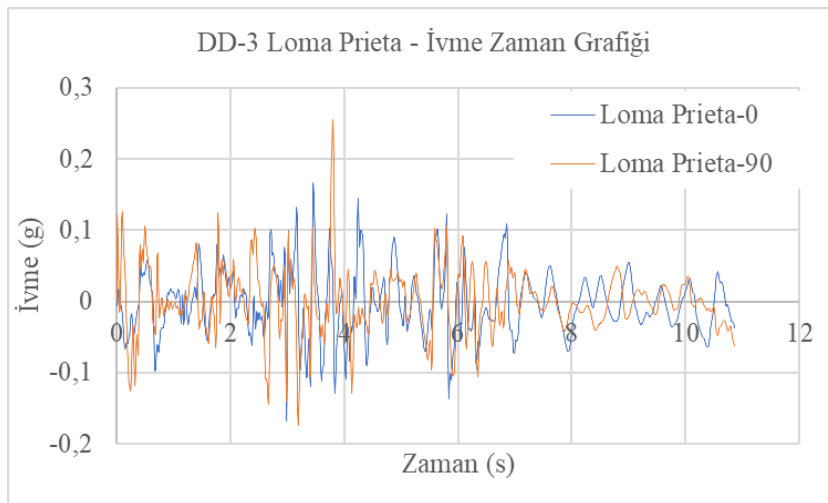


(b)

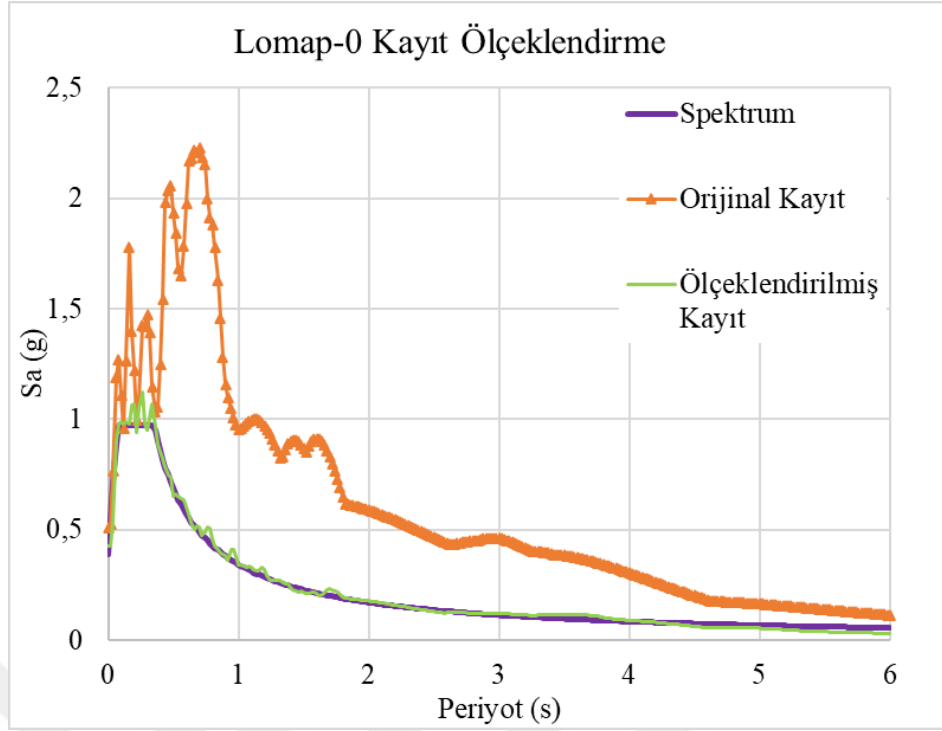
Şekil 6.7 : Seismomatch programında a) TBDY (2018) tasarım spektrumunun tanımlanması b) Ölçekleme işlemi.



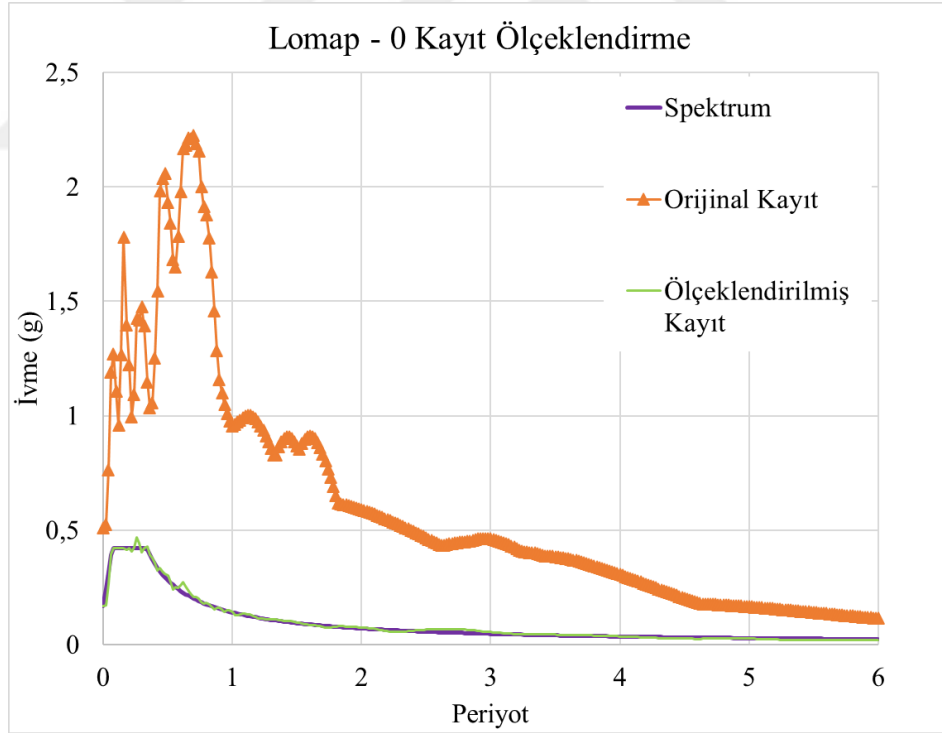
a)



b)



c)



d)

Şekil 6.8 : Ölçeklendirilmiş ve kısaltılmış Loma Prieta depremi için a) DD-3 ivme zaman grafiği b) DD-2 ivme zaman grafiği c) DD-2 Spektrum eğrileri d) DD-3 Spektrum eğrileri.

DD-2 için maksimum ivme değeri Loma Prieta 0 kaydı için 0,42 g iken, Loma Prieta 90 kaydı için 0,54 g'dir. DD-3 için maksimum ivme değeri Loma Prieta 0 kaydı için 0,17 g iken, Loma Prieta 90 kaydı için 0,26 g'dir. Diğer deprem kayıtları için ivme zaman grafikleri Ek-A'da verilmiştir. Tüm depremler için maksimum ve minimum ivme değerleri ve bunlara ait zamanlar Çizelge 6.6'da verilmiştir.

Çizelge 6.6 : Ölçeklendirilmiş deprem kayıtlarının en büyük ivme değerleri.

Değişken	İvme (g)				Zaman (s)			
Max/Min	Max		Min		Max		Min	
Deprem Seviyesi	DD2	DD3	DD2	DD3	DD2	DD3	DD2	DD3
Loma Prieta-0	0,42	0,17	-0,32	-0,17	3,45	3,45	2,99	2,99
Loma Prieta-90	0,54	0,26	-0,37	-0,17	3,79	3,79	3,19	3,19
Chichi-E	0,34	0,15	-0,41	-0,13	1,94	2,95	17,54	3,59
Chichi-N	0,51	0,21	-0,4	-0,18	16,96	16,96	17,08	17,08
Düzce-E	0,41	0,2	-0,46	-0,2	1,99	1,99	2,64	2,64
Düzce-N	0,38	0,17	-0,4	-0,17	1,19	1,19	4,03	4,03
Erzincan-EW	0,45	0,19	-0,32	-0,14	1,13	1,13	2,38	2,38
Erzincan-NS	0,54	0,24	-0,28	-0,1	0,49	0,48	0,35	0,35
Kocaeli-90	0,39	0,17	-0,44	-0,2	4,57	4,57	9,13	9,13
Kocaeli-180	0,35	0,15	-0,35	-0,16	6,18	6,17	32,07	6,86

6.3 Yükleme Tanımlamaları

Tez çalışması kapsamında, yükleme için tanımlanan deprem kayıtları çiftlerinde her iki kaydın etki doğrultusu değiştirilerek iki farklı deprem etki durumu için analizler yapılmıştır. Buna göre, örneğin Loma Prieta depremi için Loma Prieta 0° ivme kaydının X doğrultusunda, Loma Prieta 90° ivme kaydının Y doğrultusunda etki ettirildiği ilk durum ve Loma Prieta 90° ivme kaydının X doğrultusunda Loma Prieta 0° ivme kaydının Y doğrultusunda etki ettirildiği ikinci durum tanımlanmıştır (Şekil 6.9). Bu yükleme durumları, hem DD-2 hem de DD-3 deprem yer hareketi düzeyleri için yapılmıştır. Çatı yükünü içerecek şekilde binanın kendi ağırlığı altındaki durumu; deprem yüklemesinin başlangıç koşulu olarak alınmıştır (Şekil 6.9).

Load Case Data - Linear Direct Integration History

Load Case Name: DD3-Lomap-1 [Set Def Name] [Modify/Show...]

Stiffness to Use: ☐ Zero Initial Conditions - Unstressed State ☒ Stiffness at End of Nonlinear Case [Nonlinear Dead]

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Modal Load Case: [Use Modes from Case] [MODAL]

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	DD3-LomaP-9	9,806
Accel	U2	DD3-LomaP-90	9,806

[Add] [Modify] [Delete]

☐ Show Advanced Load Parameters

Time Step Data: Number of Output Time Steps: 1088 Output Time Step Size: 0,01

Other Parameters: Damping: [Proportional] [Modify/Show...] Time Integration: [Hilber-Hughes-Taylor] [Modify/Show...]

Load Case Type: [Time History] [Design...]

Analysis Type: ☒ Linear ☐ Nonlinear

Solution Type: ☐ Modal ☒ Direct Integration ☐ Frequency Domain

History Type: ☒ Transient ☐ Periodic

Mass Source: [Previous (MSSSRC1)]

[OK] [Cancel]

(a)

Load Case Data - Linear Direct Integration History

Load Case Name: DD3-Lomap-2 [Set Def Name] [Modify/Show...]

Stiffness to Use: ☐ Zero Initial Conditions - Unstressed State ☒ Stiffness at End of Nonlinear Case [Nonlinear Dead]

Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Modal Load Case: [Use Modes from Case] [MODAL]

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	DD3-LomaP-9	9,806
Accel	U1	DD3-LomaP-90	9,806

[Add] [Modify] [Delete]

☐ Show Advanced Load Parameters

Time Step Data: Number of Output Time Steps: 1088 Output Time Step Size: 0,01

Other Parameters: Damping: [Proportional] [Modify/Show...] Time Integration: [Hilber-Hughes-Taylor] [Modify/Show...]

Load Case Type: [Time History] [Design...]

Analysis Type: ☒ Linear ☐ Nonlinear

Solution Type: ☐ Modal ☒ Direct Integration ☐ Frequency Domain

History Type: ☒ Transient ☐ Periodic

Mass Source: [Previous (MSSSRC1)]

[OK] [Cancel]

(b)

Şekil 6.9 : Yükleme Ayarları a) DD3-1 yükleme b) DD3-2 yükleme.

Sabit yük ve deprem yükü kombinasyon yük tanımları içerisinde birleştirilmiştir. Toplamda bir deprem çifti için DD3 ve DD2 için ikişer adet olmak üzere toplam dört adet kombinasyon etkisi dikkate alınmıştır.

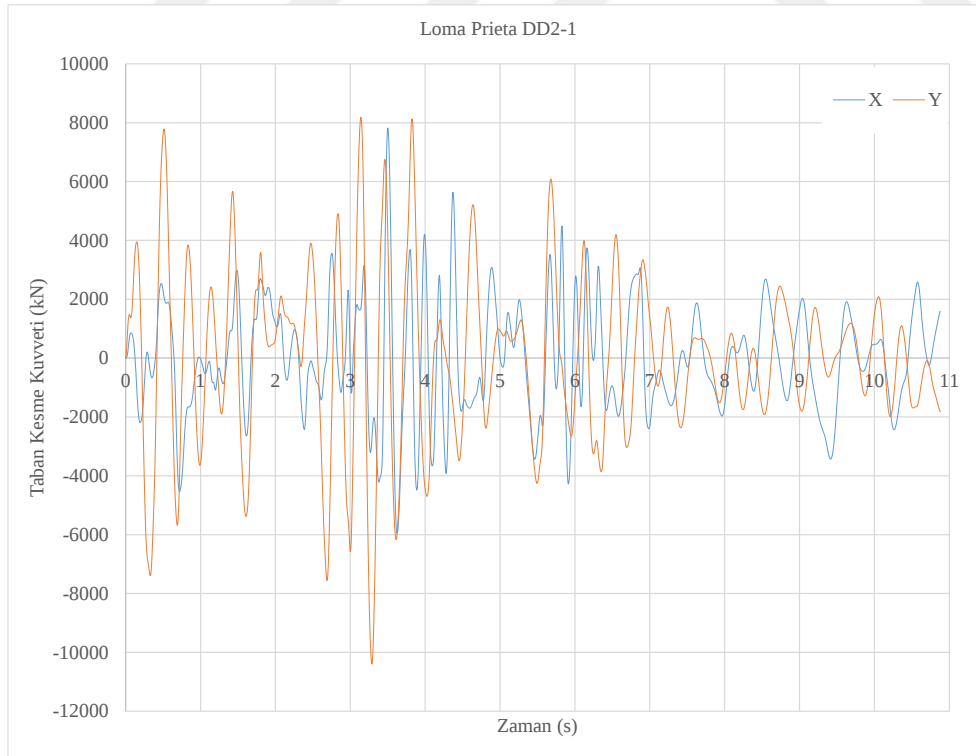
TBDY (2018)'de belirtildiği üzere zaman tanım alanında yapılan yatay deprem hesabında, birleştirilmiş yatay deprem etkisinin elde edilebilmesi X ve Y

doğrultusundaki deprem etkilerinin eş zamanlı olarak uygulanmasıyla sağlanır. TBDY (2018)'de yük kombinasyonu Denklem (6.3) ile verilmektedir. Ölü yük G , hareketli yük Q , kar yükü S , yatay deprem bileşenleri $E_d^{(H)}$, düşey deprem bileşenleri ise $E_d^{(Z)}$ ile ifade edilmiştir. Yapılan analizlerde, düşey deprem bileşeni ve kar yükü dikkate alınmamıştır. Yapı döşemelerinde hareketli yük neredeyse hiç olmadığından bu yük etkisi de hesaplamalara dahil edilmemiştir.

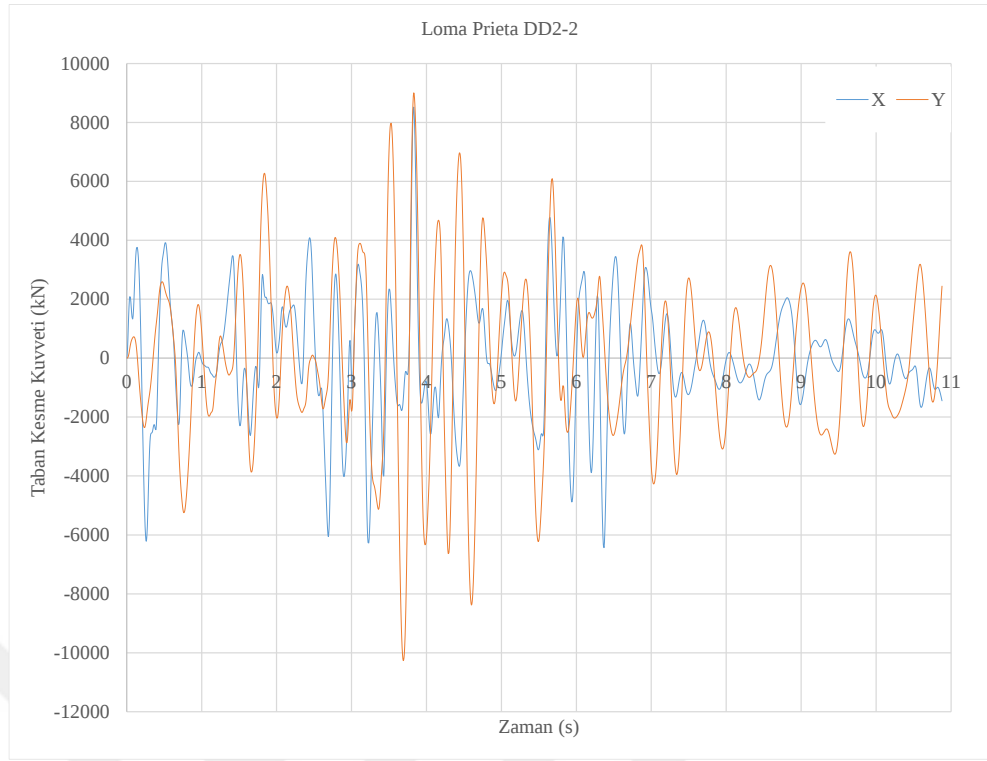
$$G + Q + 0.2S + E_d^{(H)} + 0.3E_d^{(Z)} \quad (6.3)$$

6.4 Zamana Bağlı Taban Kesme Kuvveti ve Yer Değiştirme

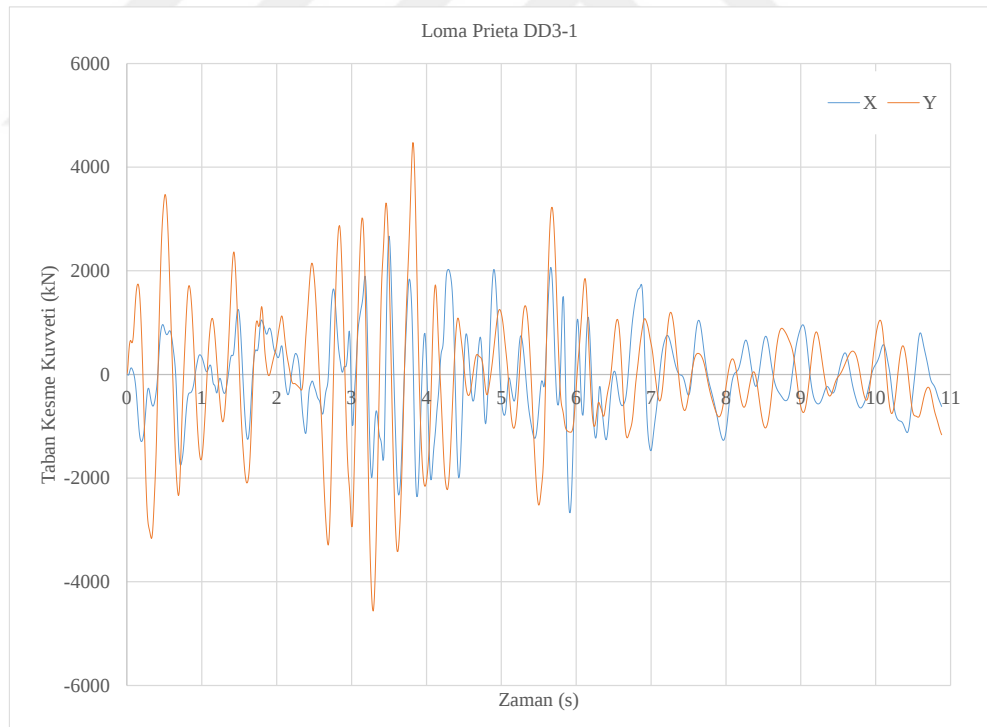
Her bir deprem durumu için gerçekleştirilen zaman tanım alanında doğrusal analizlerden elde edilen sonuçlar kullanılarak taban kesme kuvvetinin zamanla değişimini gösteren grafikler elde edilmiştir. Loma Prieta Depremi için taban kesme kuvveti-zaman ilişkisi Şekil 6.10'da ve diğer depremler için ise Ek A'da verilmiştir. X doğrultusu, duvarların uzun doğrultusunu ifade ederken, Y doğrultusu ise kısa duvar doğrultusunu ifade etmektedir.



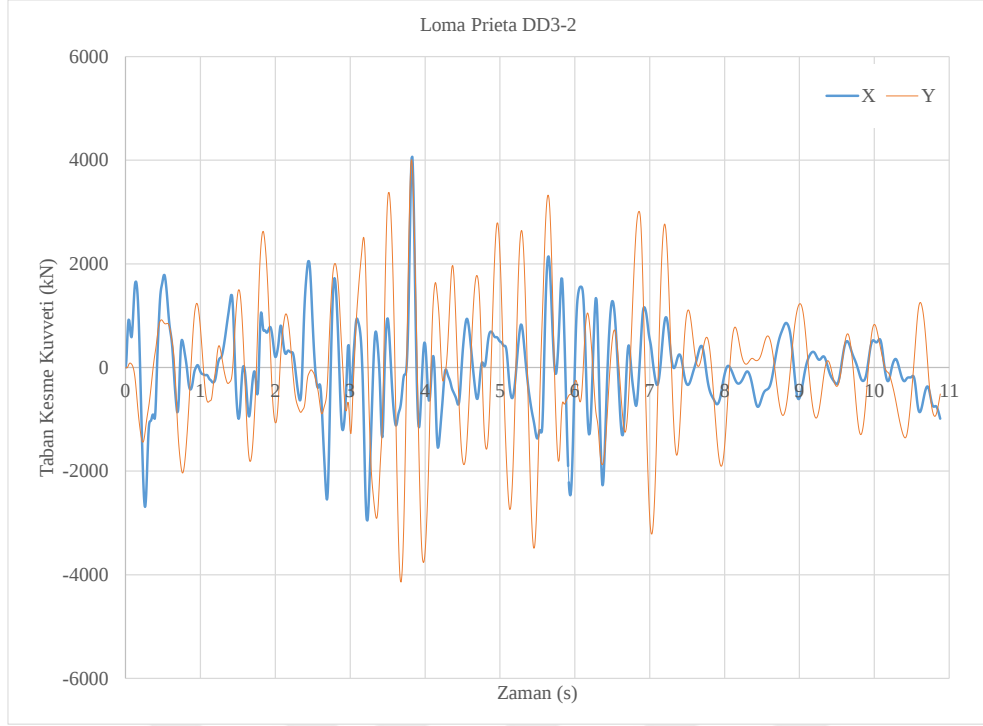
a)



b)



c)



d)

Şekil 6.10 : Loma Prieta depremi için zamana bağlı taban kesme kuvvetleri değişimi a) DD2-1 b) DD2-2 c) DD3-1 d) DD3-2.

Beklendiği üzere, DD-2 deprem yer hareketi düzeyi etkisi altında oluşan taban kesme kuvveti, DD3 deprem yer hareketi düzeyi etkisi altında oluşan taban kesme kuvvetinden daha büyük değerler almaktadır (Çizelge 6.7). Her iki deprem yer hareketi düzeyi altında maksimum taban kesme kuvvetleri benzer zaman adımlarında meydana gelmiştir (Çizelge 6.7). Mutlak maksimum taban kesme kuvvetlerinin zaman adımları, maksimum yer hareketi ivmesinin (PGA) olduğu zaman adımı civarına denk gelmektedir (Şekil 6.8). Çizelge 6.7’den görüldüğü üzere Y doğrultusunda oluşan maksimum kesme kuvveti, X doğrultusunda oluşan ilgili maksimum kesme kuvvetlerinden daha büyük değerler almaktadır. Bu durum Y doğrultusunda bulunan duvarlarda daha çok pencere boşluklarının bulunmasından kaynaklanabilir.

6.5 Yatay Yerdeğiştirmelerin Zamana Bağlı Değişimi ve Öteleme Kontrolü

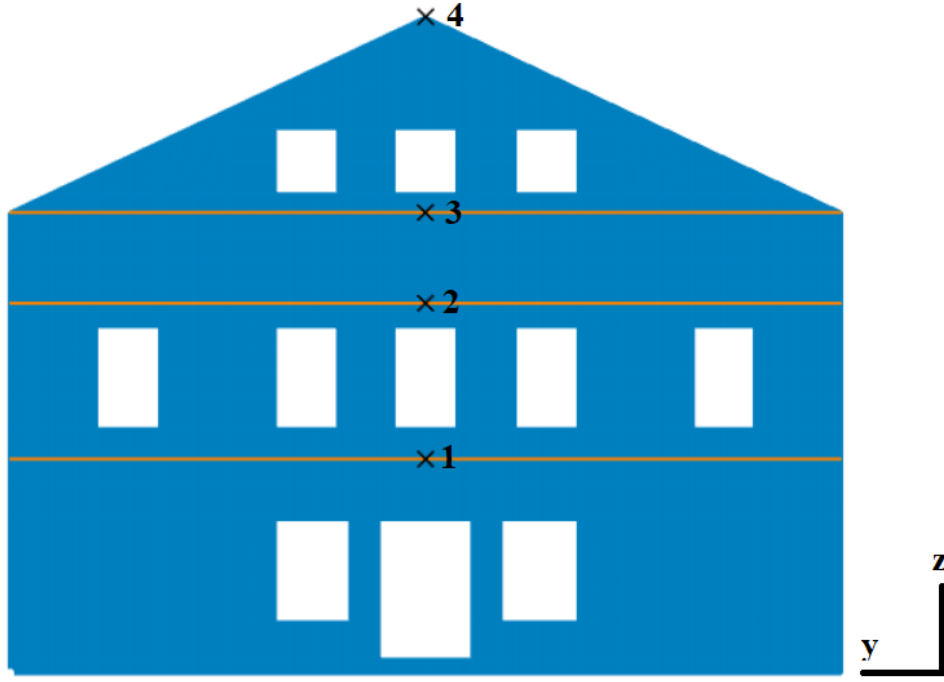
DD-2 ve DD-3 yer hareketi düzeylerine karşı gelecek şekilde ölçeklendirilen deprem ivme kayıtlarının etkisi altında yapılan nümerik analizlerden elde edilen yerdeğiştirmelerin zamanla değişimini görmek için kilise modelinin farklı cephelerinde noktalar seçilmiştir. Bu noktalar, Şekil 6.11’de işaretlenmiş ve zamana

bağlı yerdeğiştirmeleri DD-2 ve DD-3 depremlerinin her iki kombinasyonu için gösterilmiştir. Loma Prieta Depremi için yerdeğiştirme-zaman ilişkisi şekil 6.12, şekil 6.13, şekil 6.14 ve şekil 6.15’de ve diğeri depremleri için ise Ek A’da verilmiştir.

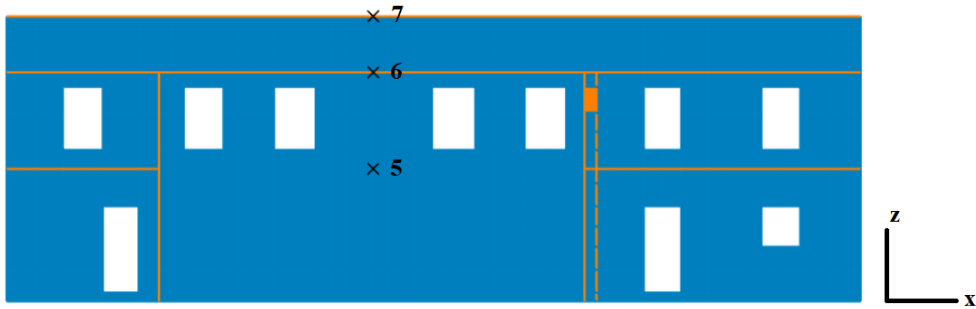
Modellin her cephesinde bir nokta seçilerek bu noktanın zamana bağlı yer değiştirmesi DD-2 ve DD-3 depremlerinin her iki kombinasyonu için gösterilmiştir.

Çizelge 6.7 : Maksimum taban kesme kuvvetleri.

Doğrultu		X		Y	
Deprem		Max Kuvvet (kN)	Zaman (s)	Max Kuvvet (kN)	Zaman (s)
Loma Prieta	DD2-1	7820	3,50	-10396	3,29
	DD2-2	8521	3,83	-10268	3,69
	DD3-1	2669	3,50	-4564	3,29
	DD3-2	4063	3,83	-4140	3,68
Chichi	DD2-1	-8093	17,57	-10417	3,48
	DD2-2	-7728	17,12	-11540	17,59
	DD3-1	-1960	3,42	4453	17,60
	DD3-2	-3354	17,12	-2840	3,82
Düzce	DD2-1	-8773	2,70	-10322	6,93
	DD2-2	-7499	12,92	-10736	2,21
	DD3-1	-3702	2,70	-4772	15,34
	DD3-2	-3259	12,92	-5009	2,98
Erzincan	DD2-1	8943	0,59	12771	0,52
	DD2-2	9551	0,50	12108	0,64
	DD3-1	3870	2,40	5531	4,29
	DD3-2	4187	2,40	5088	1,73
Kocaeli	DD2-1	-6403	8,78	10931	5,65
	DD2-2	-6767	32,10	-11946	9,17
	DD3-1	2884	16,91	-4879	10,99
	DD3-2	-2939	20,15	-5239	9,34



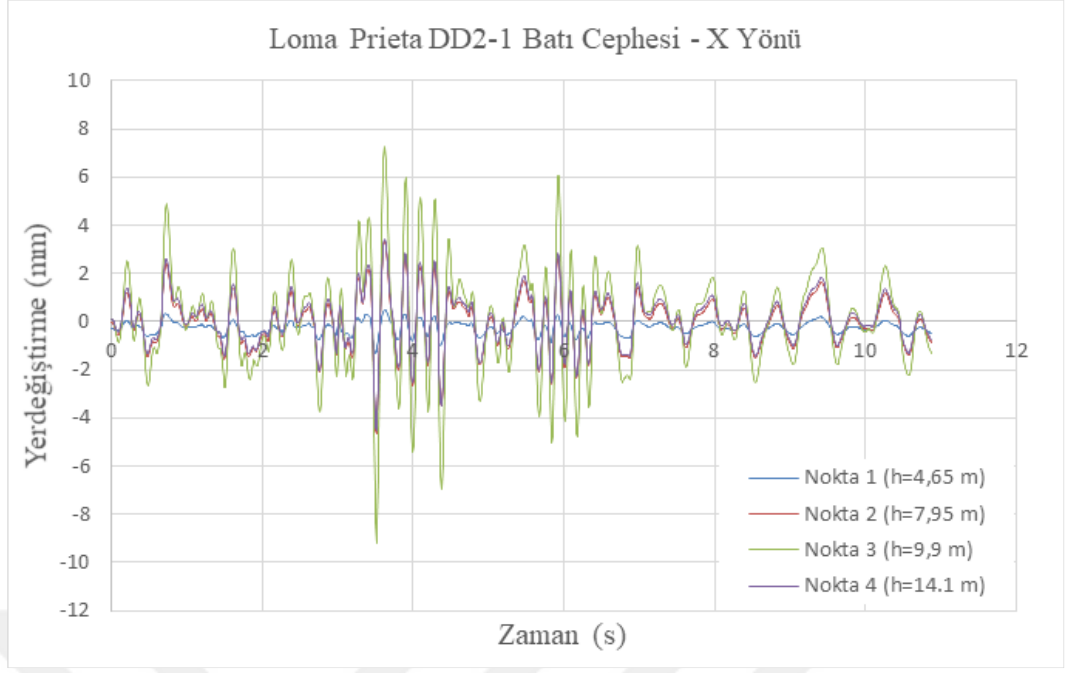
a)



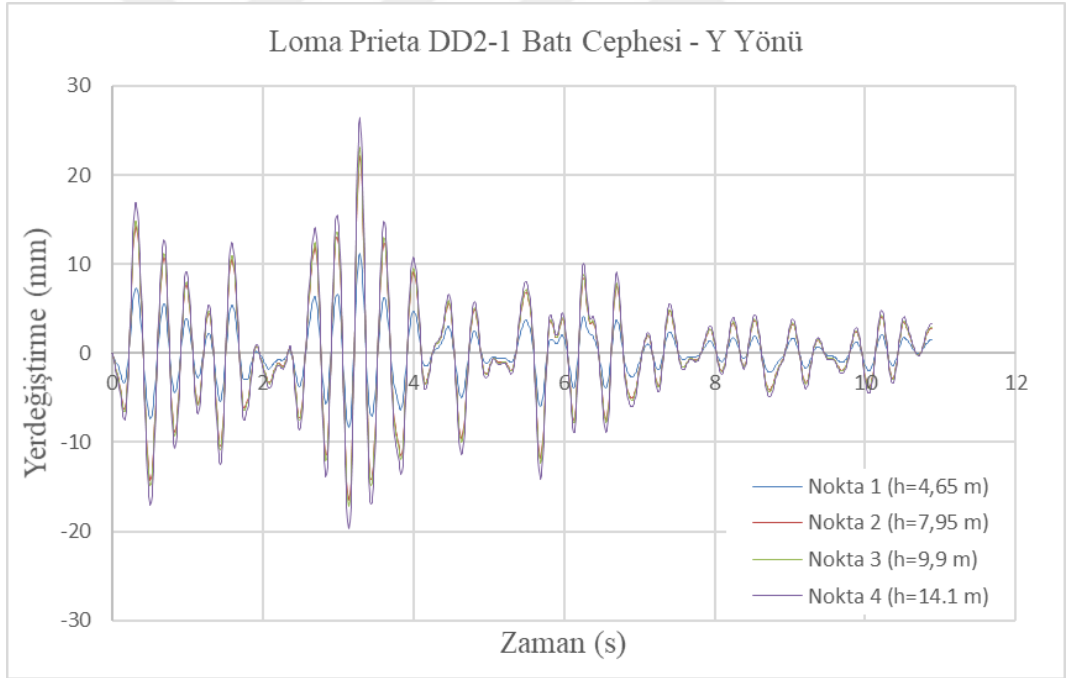
b)

Şekil 6.11 : Yerdeğiştirme-zaman grafiğine konu olan noktalar a) Batı cephesi b) Güney cephesi.

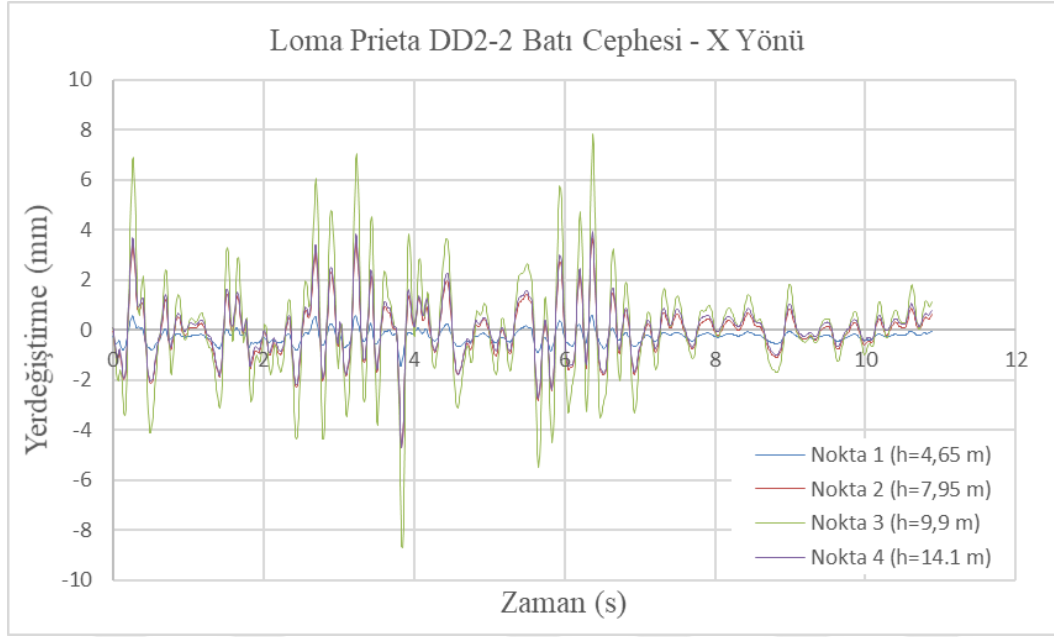
Batı duvarı için Y doğrultusundaki, güney duvarı için ise X doğrultusundaki yerdeğiştirme düzlem içi yerdeğiştirmeyi göstermektedir (Şekil 6.12 ve Şekil 6.13). Batı ve doğu duvarları için X doğrultusundaki, kuzey ve güney duvarlar için ise Y doğrultusundaki yerdeğiştirme düzlem dışı yerdeğiştirmeyi ifade etmektedir (Şekil 6.14 ve Şekil 6.15).



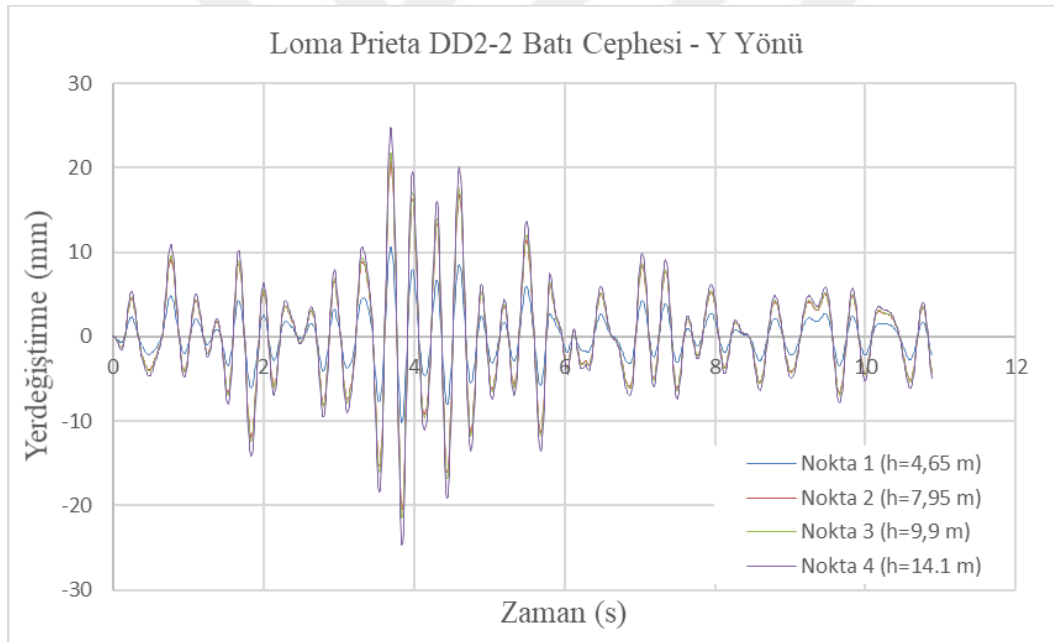
a)



b)

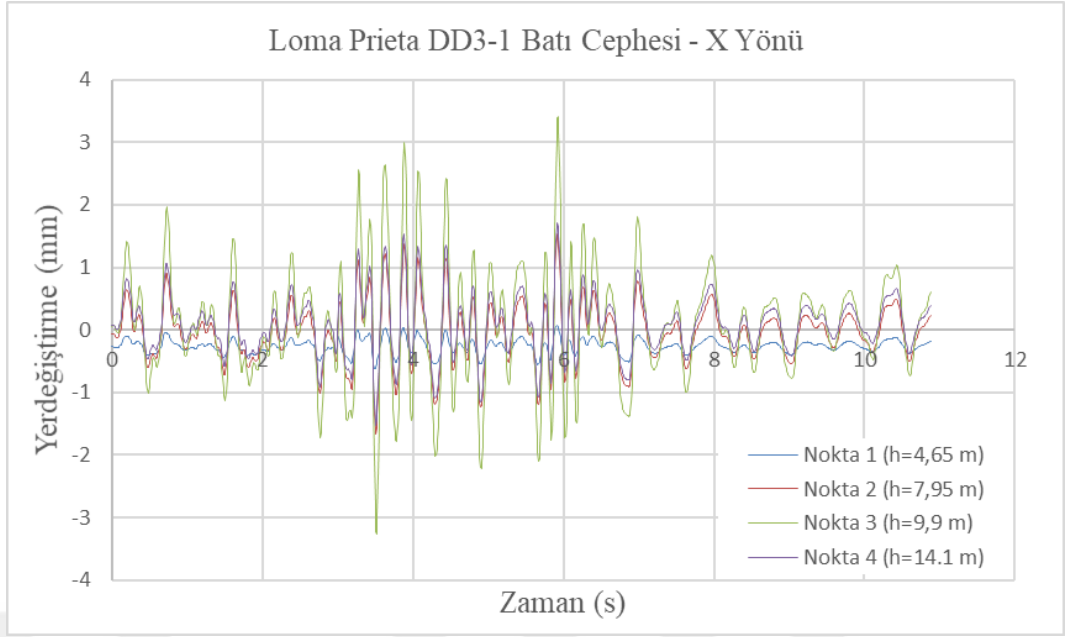


c)

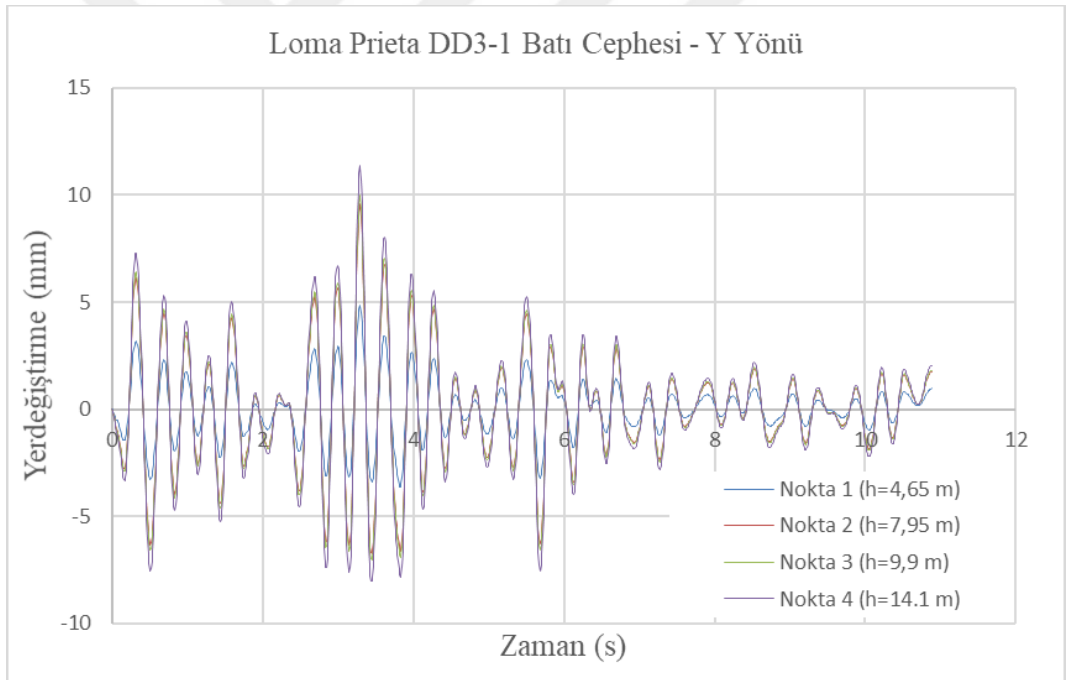


d)

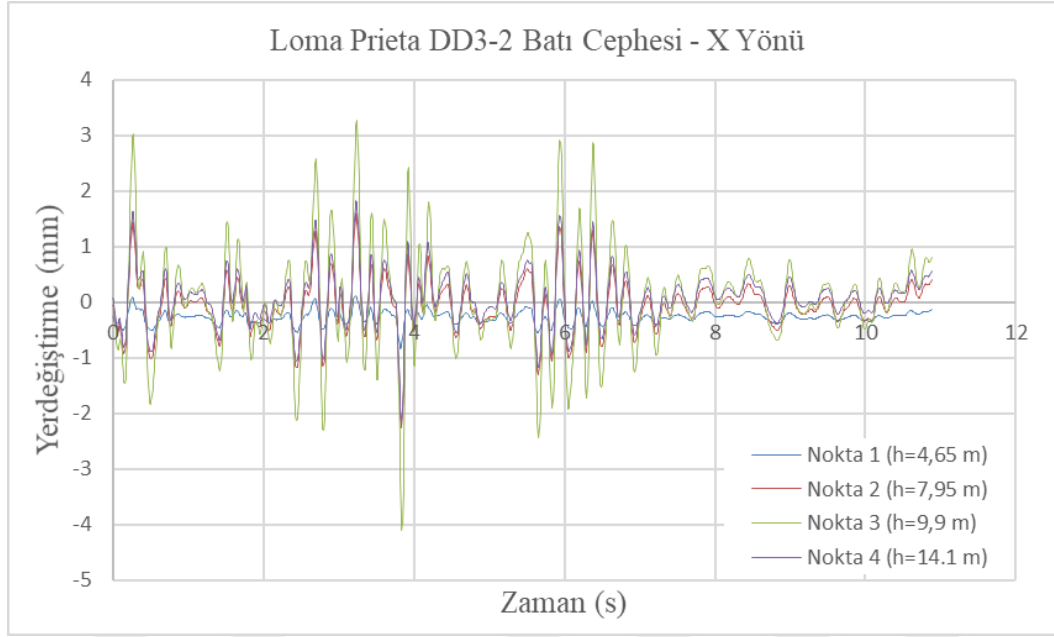
Şekil 6.12 : Loma Prieta depremi batı cephesi referans noktaları yerdeğiştirme-zaman grafiği a) DD2-1 (Düzlem dışı) b) DD2-1 (Düzlem içi) c) DD2-2 (Düzlem dışı) d) DD2-2 (Düzlem içi).



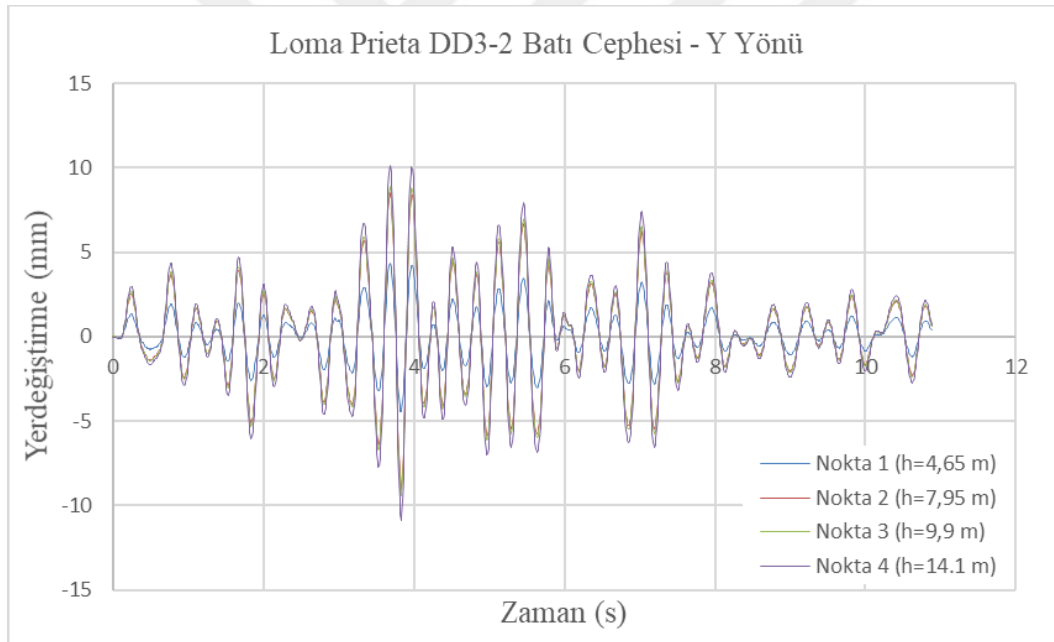
a)



b)

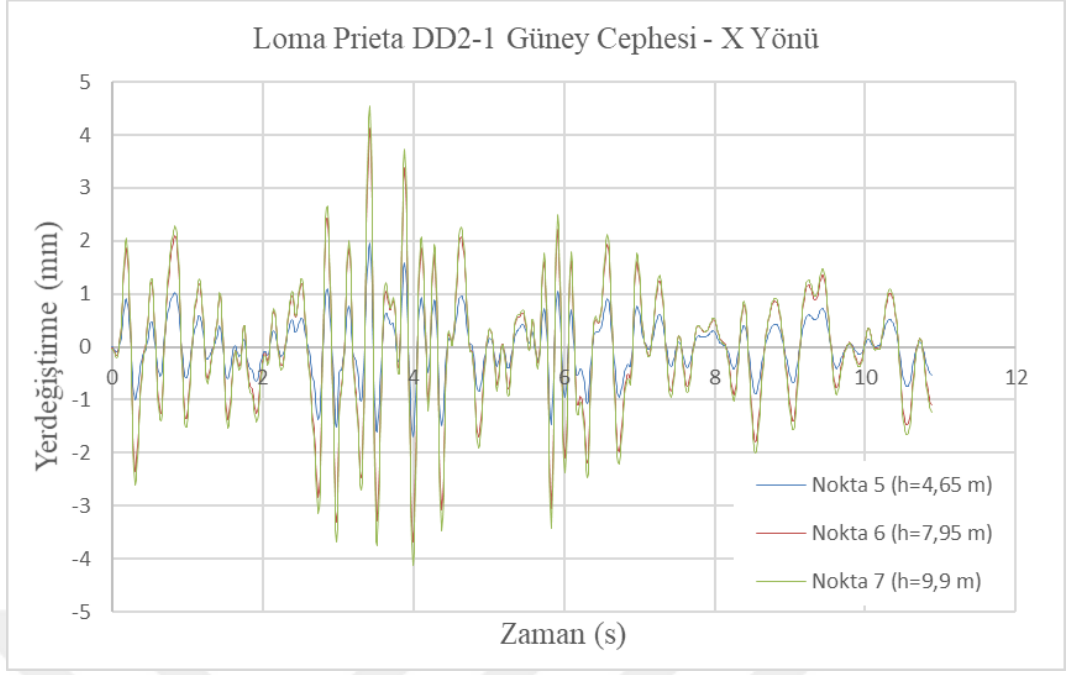


c)

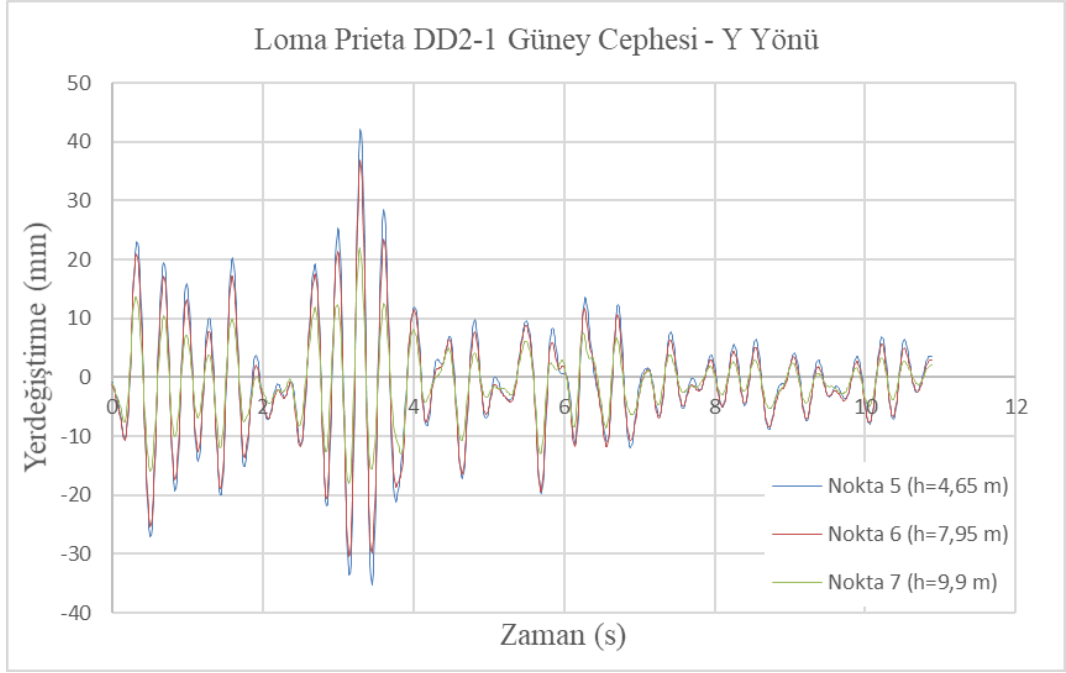


d)

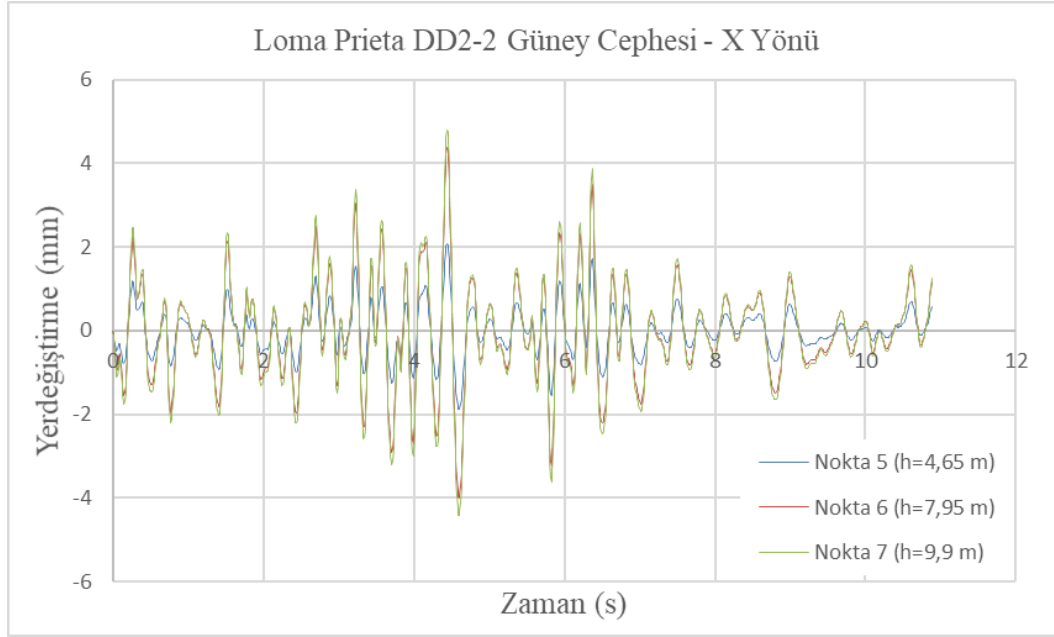
Şekil 6.13 : Loma Prieta depremi batı cephesi referans noktaları yerdeğiştirme-zaman grafiği a) DD3-1 (Düzlem dışı) b) DD3-1 (Düzlem içi) c) DD3-2 (Düzlem dışı) d) DD3-2 (Düzlem içi).



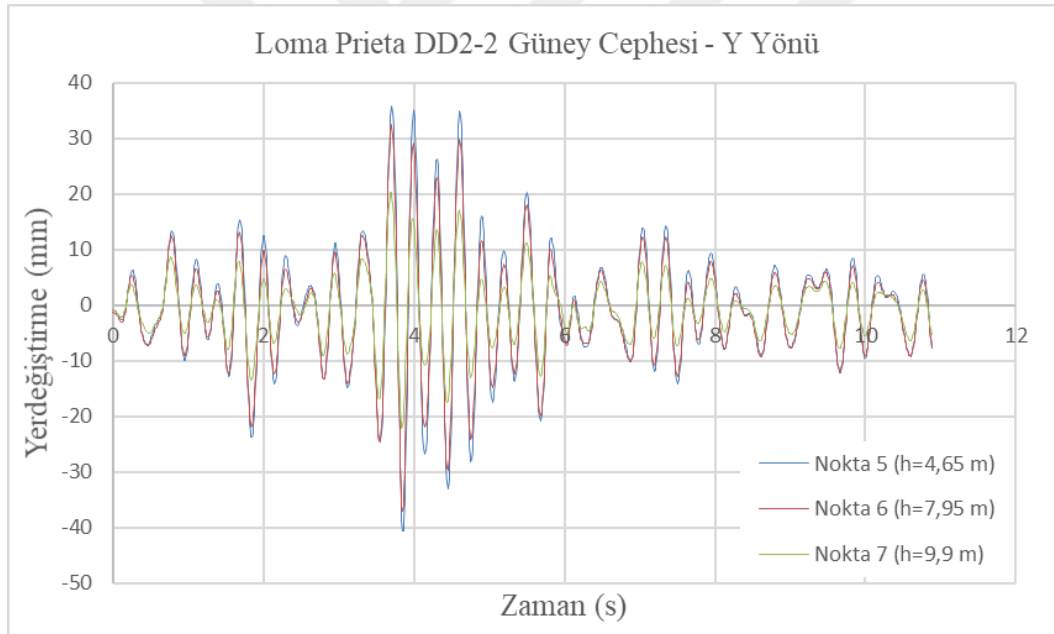
a)



b)

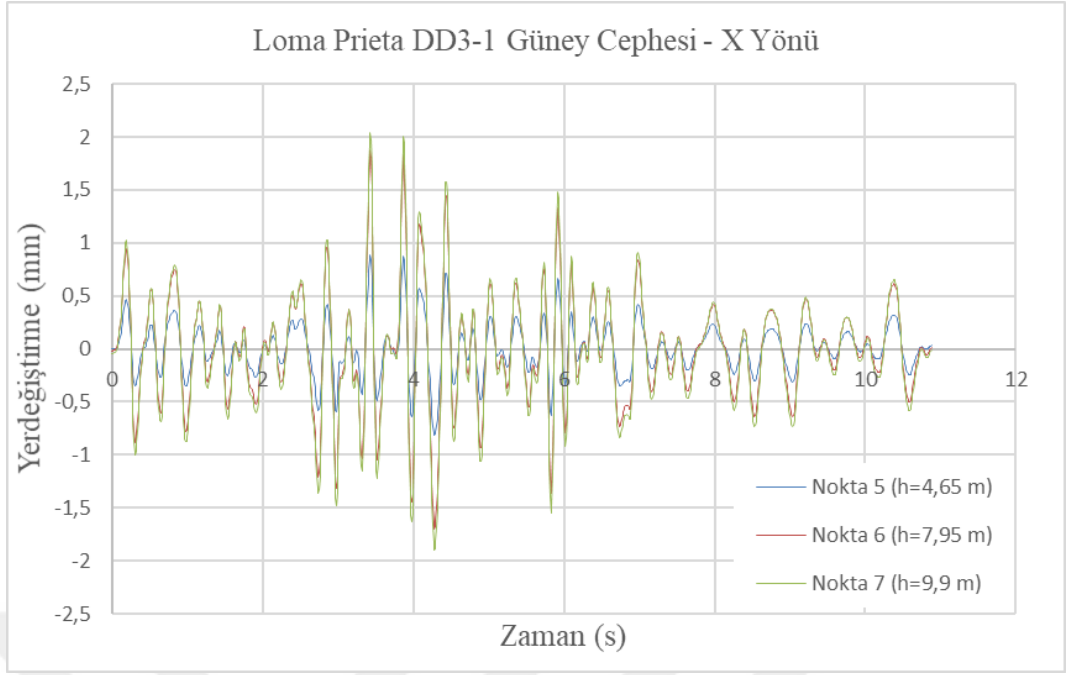


c)

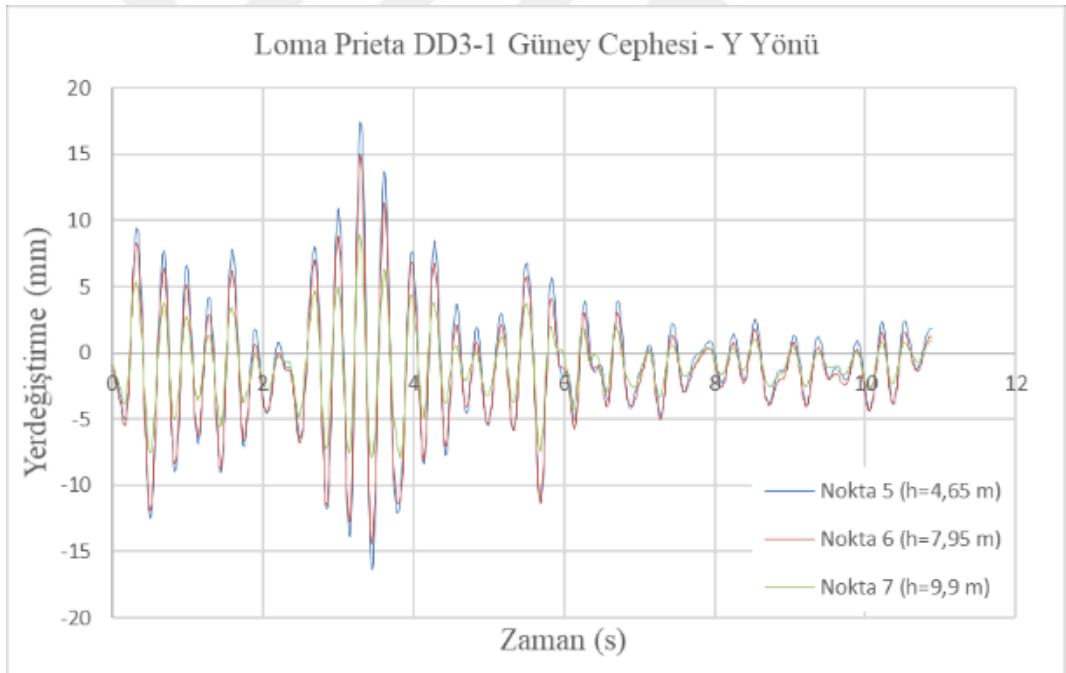


d)

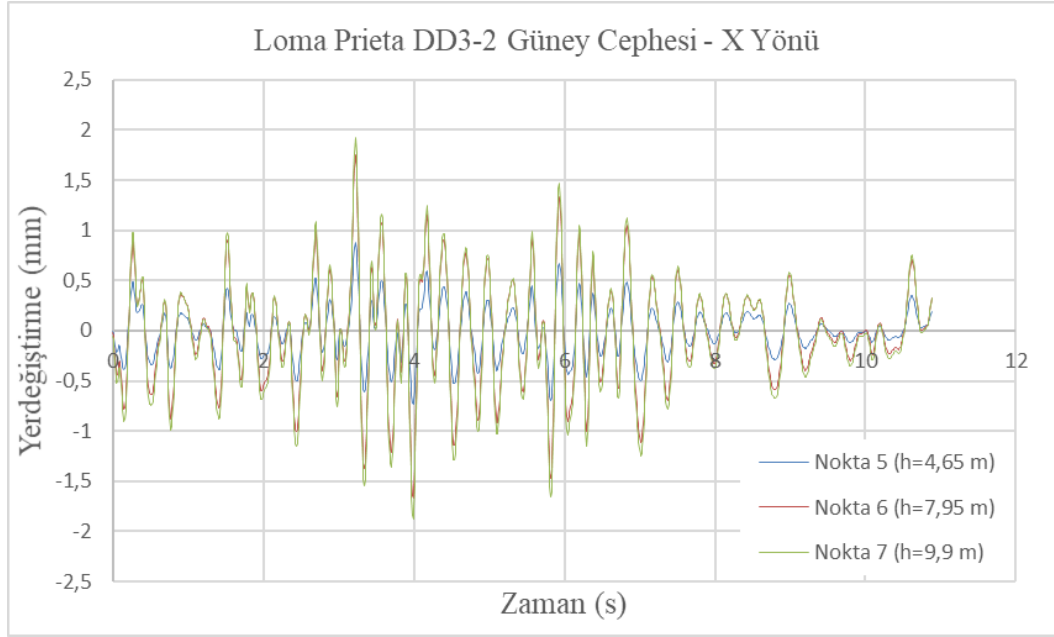
Şekil 6.14 : Loma Prieta depremi güney cephesi referans noktaları yerdeğiştirme-zaman grafiği a) DD2-1 (Düzlem içi) b) DD2-1 (Düzlem dışı) c) DD2-2 (Düzlem içi) d) DD2-2 (Düzlem dışı).



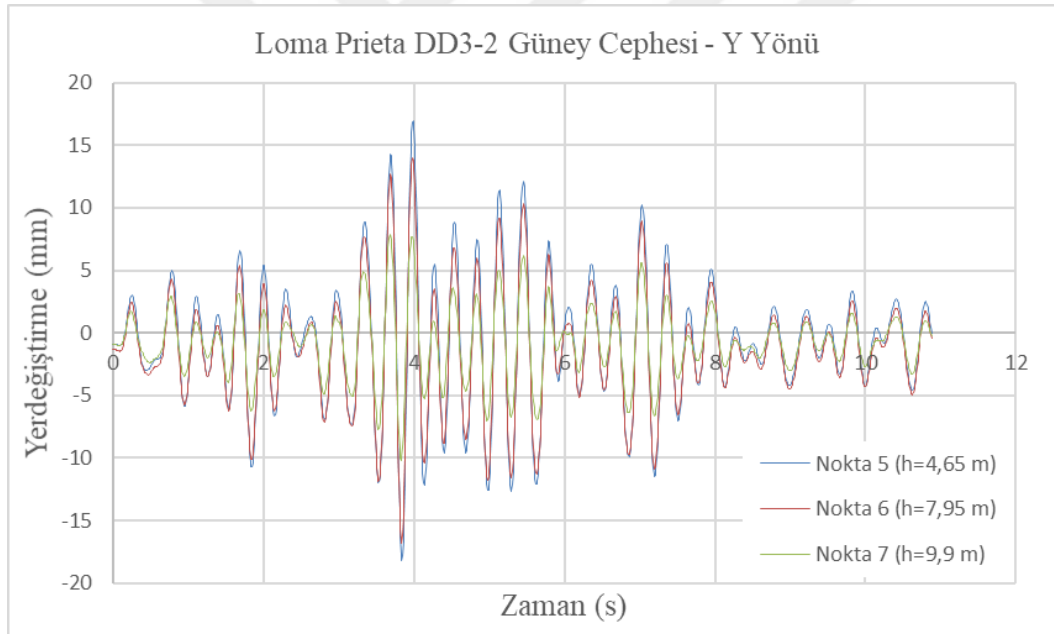
a)



b)



c)



d)

Şekil 6.15 : Loma Prieta depremi güney cephesi referans noktaları yerdeğiştirme-zaman grafiği a) DD3-1 (Düzlem içi) b) DD3-1 (Düzlem dışı) c) DD3-2 (Düzlem içi) d) DD3-2 (Düzlem dışı).

Çizelge 6.8’den görüldüğü üzere Batı cephesi duvarında düzlem içi yerdeğiştirmeler daha büyük değerler alırken, Güney cephe duvarında düzlem dışı yerdeğiştirmeler daha büyük değerler almaktadır. Güney cephesi duvarının daha uzun olması ve dik doğrultuda destekleyen duvarların olmaması nedeniyle düzlem dışı etkiler daha büyük

değer almışlardır. Batı cephesi duvarında ise duvarı dik doğrultuda destekleyen döşemenin olması ve duvar boyunun görece olarak kısa olması düzlem dışı etkilerin düzlem içi etkilere göre küçük olmasını sağlamıştır. Maksimum yerdeğiştirmelerin olduğu zaman adımları, mutlak maksimum taban kesme kuvvetlerinin olduğu zaman adımları ile paralellik göstermektedir. Dolayısıyla, bu büyüklükler, maksimum değerlerini maksimum yer hareketi ivmesinin (PGA) olduğu zaman adımı civarında almaktadır.

Batı duvarında kalkan duvarın devrilmesinin gerçekleşebileceği Nokta 3, düzlem dışı (X doğrultusunda) en büyük yerdeğiştirmenin gerçekleştiği nokta olarak görülmektedir, batı duvarı için düzlem içi doğrultusu olan Y doğrultusunda ise yapının tepe noktası olan Nokta 4 en çok yerdeğiştirmeyi göstermektedir. Güney duvarının düzlem dışı doğrultusu olan Y duvarında ise Nokta 5'te en büyük etkiler görülmektedir. Bu bölgede yatay herhangi bir hatıl olmaması, oldukça uzun olan bu duvarın arkasında destekleyici duvarların bulunmaması buna neden olarak gösterilebilir. Güney cephesi için düzlem içi olan X doğrultusunda ise Nokta 7 en büyük yerdeğiştirmenin olduğu noktadır.

Çizelge 6.8 : Deprem seviyesine maksimum yer değiştirme ve zamanı a) Batı cephesi b) Güney cephesi.

Max Yer Değiştirme (Batı)		DD2-1		DD2-2		DD3-1		DD3-2	
h: (m)	Deprem	X (mm)	Y (mm)	X (mm)	Y (mm)	X (mm)	Y (mm)	X (mm)	Y (mm)
4,6	LP	-1	11	-1	11	-1	5	-1	-4
	Koc	-1	-11	-1	12	-1	5	-1	5
	Erz	-1	-12	-2	-12	-1	-5	-1	-5
	Chi	-1	-10	-1	11	-1	-5	-1	3
	Düz	-1	-11	-1	11	-1	5	-1	5
7,95	LP	-5	22	-5	21	-2	10	-2	-9
	Koc	-4	-22	-4	23	-2	10	-2	10
	Erz	-5	-24	-5	-24	-2	-10	-2	-10
	Chi	4	-20	4	22	-1	-10	2	6
	Düz	5	-22	4	23	2	9	2	9
9,9	LP	-9	23	-9	22	3	10	-4	-9
	Koc	-8	-22	-7	24	-4	10	3	10
	Erz	-10	-25	-11	-25	-4	-11	-5	-10
	Chi	9	-21	9	23	3	-10	4	6
	Düz	11	-22	8	24	5	10	4	10
14,1	LP	-5	26	-5	25	2	11	-2	-11
	Koc	4	-26	4	27	2	11	2	12
	Erz	-5	-28	-6	-28	-2	-12	-2	-12
	Chi	5	-24	5	26	1	-12	2	7
	Düz	6	-26	4	27	2	11	2	11

Max Yer Değiştirme Zamanı (Batı)		DD2-1		DD2-2		DD3-1		DD3-2	
h:	Deprem	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)
4,6	LP	3,50	3,29	3,83	3,69	3,50	3,29	3,82	3,83
	Koc	11,30	5,65	4,95	9,17	16,91	10,99	20,15	9,17
	Erz	0,58	0,53	0,50	0,64	0,58	0,53	0,50	0,64
	Chi	1,97	17,97	17,00	17,60	3,42	17,61	16,99	5,53
	Düz	5,09	5,17	1,22	5,59	2,02	15,34	1,22	2,22
8	LP	3,51	3,29	3,84	3,69	3,51	3,29	3,83	3,83
	Koc	16,92	5,65	6,24	9,18	16,92	10,99	4,96	9,18
	Erz	0,59	0,53	0,48	0,64	0,59	0,53	0,48	0,64
	Chi	17,57	17,63	17,13	17,60	3,43	17,61	17,12	5,54
	Düz	2,71	5,17	5,70	5,59	2,71	15,35	12,93	2,22
9,9	LP	3,51	3,29	3,85	3,69	5,93	3,29	3,84	3,83
	Koc	16,92	5,65	6,25	9,18	16,92	10,99	6,89	9,18
	Erz	0,59	0,53	0,48	0,64	0,59	0,53	0,48	0,64
	Chi	17,58	17,63	17,13	17,60	1,84	17,61	17,12	5,54
	Düz	2,71	5,17	5,71	5,59	2,71	15,35	12,93	2,22
14,1	LP	3,51	3,29	3,84	3,69	5,92	3,29	3,83	3,83
	Koc	8,78	5,65	32,10	9,18	11,43	10,99	6,89	9,18
	Erz	0,59	0,53	0,48	0,64	0,59	0,53	0,48	0,64
	Chi	17,57	17,63	17,13	17,60	1,84	17,61	17,12	5,54
	Düz	2,71	5,17	5,70	5,59	2,71	15,35	12,93	2,22

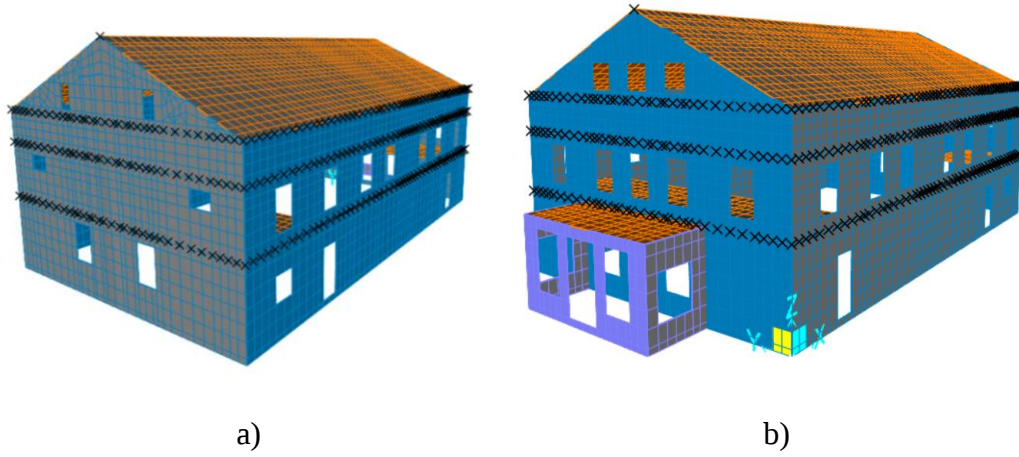
a)

Max Yer Değiştirme (Güney)		DD2-1		DD2-2		DD3-1		DD3-2	
h:	Deprem	X (mm)	Y (mm)	X (mm)	Y (mm)	X (mm)	Y (mm)	X (mm)	Y (mm)
4,6	LP	2	42	2	-41	1	17	1	-18
	Koc	-3	-48	-2	42	1	-20	-1	-21
	Erz	2	-40	-3	-42	1	-18	-1	-19
	Chi	3	-43	-3	-42	1	-20	1	-11
	Düz	3	-44	3	40	-1	-19	1	-19
7,95	LP	4	37	4	-37	2	15	2	-17
	Koc	-6	-41	-5	38	2	-17	-2	-19
	Erz	5	-38	-6	-39	2	-17	-3	-17
	Chi	5	-37	-6	-38	2	-18	-2	-10
	Düz	6	-39	6	36	-2	-17	2	-17
9,9	LP	5	22	5	-22	2	9	2	-10
	Koc	-6	-24	-6	23	3	-10	-2	-11
	Erz	5	-26	-7	-25	2	-12	-3	-11
	Chi	6	-22	-6	-22	2	-11	-2	-6
	Düz	6	-23	7	22	-3	-11	2	-10

Max Yer Değiştirme Zamanı (Güney)		DD2-1		DD2-2		DD3-1		DD3-2	
h:	Deprem	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)	X (s)	Y (s)
4,6	LP	3,42	3,30	4,44	3,85	3,43	3,30	3,22	3,84
	Koc	6,76	5,66	8,86	9,18	5,33	5,65	8,86	9,34
	Erz	0,49	0,54	0,50	1,56	0,49	0,54	0,50	1,56
	Chi	17,59	3,33	17,92	18,08	3,32	17,62	17,12	5,37
	Düz	4,25	5,48	5,71	5,60	4,12	5,18	12,92	2,99
7,95	LP	3,42	3,30	4,44	3,85	3,43	3,30	3,22	3,84
	Koc	6,76	5,66	8,86	9,18	5,33	5,65	8,86	9,33
	Erz	0,50	0,54	0,49	0,65	0,49	0,53	0,49	0,65
	Chi	17,59	17,63	17,92	18,08	3,32	17,62	1,70	3,84
	Düz	4,25	5,48	5,71	5,60	4,12	5,17	12,92	2,99
9,9	LP	3,42	3,29	4,44	3,84	3,43	3,29	3,22	3,83
	Koc	6,76	5,65	8,86	9,18	5,33	10,84	8,86	9,33
	Erz	0,50	0,53	0,49	0,64	0,50	0,53	0,49	0,64
	Chi	17,59	17,63	17,92	18,07	3,32	17,61	1,70	3,83
	Düz	4,25	5,17	5,71	5,59	4,12	5,17	12,92	2,99

b)

Maksimum yer değiştirmelerin gerçekleştiği zamanların maksimum taban kesme kuvvetinin olduğu zamanlarla paralellik gösterdiği görülmüştür. Batı cephesi için düzlem içi ve düzlem dışı en büyük yerdeğiştirmelerin en büyük ivme değerine sahip olan Erzincan depreminde gerçekleştiği görülmüştür. Güney cephesinde ise 5 deprem kaydından en uzun olan Kocaeli depreminin de büyük yerdeğiştirmelere sebep olduğu görülmüştür. Tez kapsamında incelenen tarihi kilisenin TYDRYK (2017)'de belirtilen yerel öneme sahip tarihi yapı sınıfında olduğu düşünülerek kilise için DD-2 ve DD-3 deprem yer hareketi düzeyleri altında, sırasıyla, “göçme öncesi (GÖ)” ve “kontrollü hasar (KH)” sınır durumları için TYDRYK (2017)'e göre gerekli kontroller yapılmıştır. Batı ve doğu cephesinde dörder, kuzey ve güney cephesinde de üçer seviye belirlenerek ilgili seviyedeki ortalama maksimum yer değiştirme miktarları hesaplanmış ve görelî öteleme kontrolleri yapılmıştır. Bu seviyeler, Şekil 6.16'da gösterilmiştir.



Şekil 6.16 : Öteleme kontrolü yapılan seviyeler a) Doğu ve kuzey cephe b) Batı ve güney cephe.

TYDRYK (2017)'e göre azaltılmamış deprem etkisinde GÖ (DD-2 depremi) sınır durumu için öteleme oranının %1'i ve KH (DD-3 depremi) sınır durumu için ise bu oranın %0,7'i aşmaması beklenmektedir. Yapılan kontroller, Loma Prieta Depremi için Çizelge 6.9'da ve diğer depremler için Ek A'da verilmiştir. Görüldüğü üzere, Loma Prieta Depremi etkisinde her iki sınır durumu için verilen öteleme oranları aşılmamaktadır.

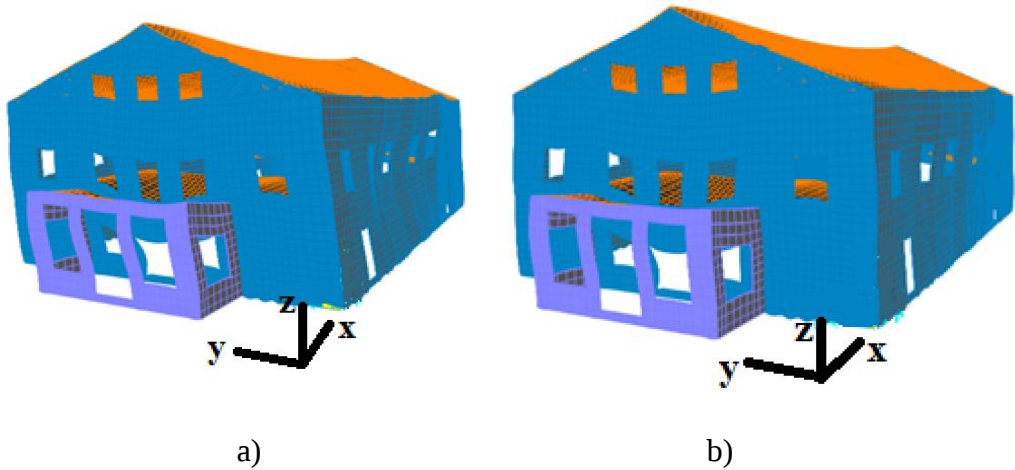
Çizelge 6.9 : Öteleme kontrol tablosu.

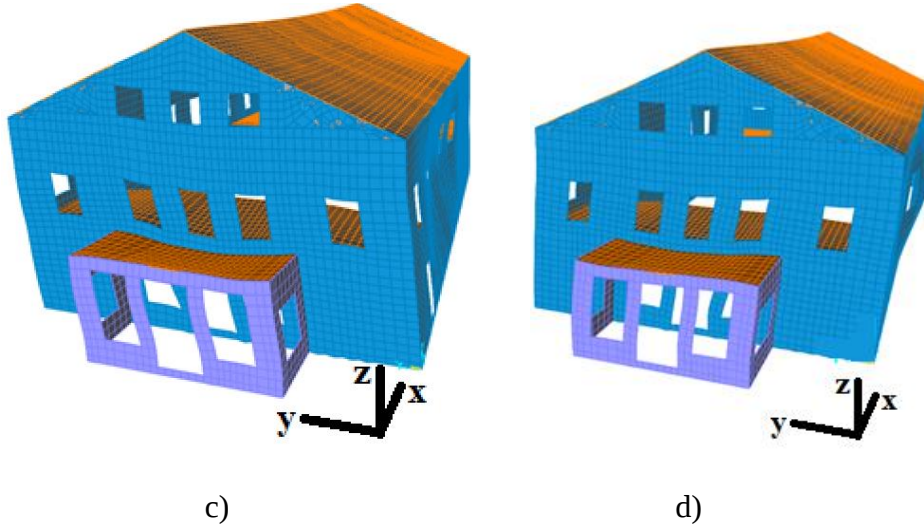
DD-2 Loma Prieta Depremi									
Oran		Batı Cephesi				Doğu Cephesi			
		LP-1 (%)	Kontrol	LP-2 (%)	Kontrol	LP-1 (%)	Kontrol	LP-2 (%)	Kontrol
4,6 m	Max	0,24	✓	0,23	✓	0,09	✓	0,09	✓
	Min	-0,18	✓	-0,22	✓	-0,08	✓	-0,08	✓
7,95 m	Max	0,32	✓	0,3	✓	0,09	✓	0,09	✓
	Min	-0,24	✓	-0,31	✓	-0,06	✓	-0,09	✓
9,9 m	Max	0,09	✓	0,08	✓	0,09	✓	0,08	✓
	Min	-0,07	✓	-0,09	✓	-0,06	✓	-0,08	✓
14,1 m	Max	0,07	✓	0,06	✓	0,07	✓	0,07	✓
	Min	-0,05	✓	-0,06	✓	-0,06	✓	-0,07	✓
Oran		Güney Cephesi				Kuzey Cephesi			
		LP-1 (%)	Kontrol	LP-2 (%)	Kontrol	LP-1 (%)	Kontrol	LP-2 (%)	Kontrol
4,6 m	Max	0,05	✓	0,04	✓	0,05	✓	0,05	✓
	Min	-0,06	✓	-0,08	✓	-0,04	✓	-0,05	✓
7,95 m	Max	0,08	✓	0,06	✓	0,07	✓	0,07	✓
	Min	-0,07	✓	-0,12	✓	-0,06	✓	-0,06	✓
9,9 m	Max	0,02	✓	0,02	✓	0,02	✓	0,02	✓
	Min	-0,02	✓	-0,03	✓	-0,02	✓	-0,02	✓

DD-3 Loma Prieta Depremi									
Öteleme Kontrolü		Batı Cephesi				Doğu Cephesi			
		LP-1 (%)	Kontrol	LP-2 (%)	Kontrol	LP-1 (%)	Kontrol	LP-2 (%)	Kontrol
4,6 m	Max	0,1	✓	0,09	✓	0,04	✓	0,04	✓
	Min	-0,08	✓	-0,1	✓	-0,04	✓	-0,04	✓
7,95 m	Max	0,14	✓	0,12	✓	0,04	✓	0,04	✓
	Min	-0,09	✓	-0,13	✓	-0,04	✓	-0,04	✓
9,9 m	Max	0,04	✓	0,03	✓	0,04	✓	0,03	✓
	Min	-0,03	✓	-0,04	✓	-0,03	✓	-0,04	✓
14,1 m	Max	0,03	✓	0,03	✓	0,03	✓	0,03	✓
	Min	-0,02	✓	-0,03	✓	-0,02	✓	-0,03	✓
Öteleme Kontrolü		Güney Cephesi				Kuzey Cephesi			
		LP-1 (%)	Kontrol	LP-2 (%)	Kontrol	LP-1 (%)	Kontrol	LP-2 (%)	Kontrol
4,6 m	Max	0,03	✓	0,02	✓	0,02	✓	0,02	✓
	Min	-0,02	✓	-0,04	✓	-0,02	✓	-0,02	✓
7,95 m	Max	0,04	✓	0,03	✓	0,03	✓	0,03	✓
	Min	-0,03	✓	-0,05	✓	-0,03	✓	-0,03	✓
9,9 m	Max	0,01	✓	0,01	✓	0,01	✓	0,01	✓
	Min	-0,01	✓	-0,01	✓	-0,01	✓	-0,01	✓

Batı cephesinin diğer duvarlara oranla çok büyük pencere ve kapı boşluklarının içermesi nedeniyle tüm deprem kombinasyonlarında, en büyük öteleme oranları batı duvarının 4,6 ve 7,95 kotlarında meydana gelmiştir. En büyük öteleme oranları Erzincan depreminde meydana gelmiştir.

Loma Prieta Depremi etkilenen kilisenin son deprem adımındaki görüntüsü, Şekil 6.17’de verilmiştir. Kuzey-güney cephesi duvarlarında düzlem dışı deformasyonların etkili olduğu görülmektedir. Batı cephesi duvarında, kapı ve pencere boşluklarının görece olarak yoğun olması nedeniyle Y doğrultusunda düzlem içi bir hareket olduğu anlaşılmaktadır.





Şekil 6.17 : Loma Prieta depreminin son anına ait yerdeğiştirmeler a) DD3-1 b) DD3-2 c) DD2-1 d) DD2-2.

6.6 Basınç ve Çekme Gerilmesi Kontrolü

TYDRYK (2017)'de R_a katsayısı ile azaltılmış deprem etkileri altında gerilme kontrolü yapılması gerektiği belirtilmektedir. Yığma yapıların sınırlı elastik ötesi davranış kapasitesi dikkate alınarak TYDRYK (2017), $R_a \leq 3$ önermektedir. Bu çalışmadaki inceleme ve kontroller, $R_a=2,5$ alınarak yapılmıştır. TYDRYK (2017) ve Bozzetti ve Russo (2014) çalışması dikkate alınarak, dış cephe duvarlarını oluşturan almalı duvarların basınç dayanımı 2 MPa kabul edilmiştir. Çekme dayanımı ise Jain vd. (2020) ve Bocciarelli ve Barbieri (2017) çalışmalarında önerildiği gibi basınç dayanımının $\frac{1}{30}$ 'u, yani 0.07 MPa olarak alınmıştır.

TYDRYK (2017)'e esas alınarak yapılan kontrollerde; KH için azaltılmış deprem etkisinde oluşan gerilmelerin malzeme ilgili dayanımını aşmaması beklenmektedir. GÖ sınır durumu için ise hesaplanan gerilme değerlerinin dayanımın 1.5 katına kadar aşılmasına izin verilmektedir. Bu kriterlere göre yapılan kontroller, Çizelge 6.10'da sunulmuştur. Görüldüğü üzere, ilgili sınır durumları için basınç gerilmeleri aşılmazken çekme gerilmeleri aşılmaktadır.

Çizelge 6.10 : Gerilme kontrolü tablosu.

Ra=2,5	Loma Prieta-1-DD3-KH Sınır Durumu				Loma Prieta-2-DD3-KH Sınır Durumu			
	Basınç Gerilmesi (MPa)	Basınç Kontrol	Çekme Gerilmesi (MPa)	Çekme Kontrol	Basınç Gerilmesi (MPa)	Basınç Kontrol	Çekme Gerilmesi (MPa)	Çekme Kontrol
Kuzey	-0,67	✓	0,27	✗	-0,67	✓	0,29	✗
Güney	-0,74	✓	0,39	✗	-0,73	✓	0,40	✗
Batı	-0,51	✓	0,29	✗	-0,55	✓	0,25	✗
Doğu	-0,31	✓	0,14	✗	-0,29	✓	0,16	✗
Ra=2,5	Loma Prieta-1-DD2-GÖ Sınır Durumu				Loma Prieta-2-DD2-GÖ Sınır Durumu			
	Basınç Gerilmesi (MPa)	Basınç Kontrol	Çekme Gerilmesi (MPa)	Çekme Kontrol	Basınç Gerilmesi (MPa)	Basınç Kontrol	Çekme Gerilmesi (MPa)	Çekme Kontrol
Kuzey	-1,31	✓	0,69	✗	-1,27	✓	0,94	✗
Güney	-1,53	✓	1,02	✗	-1,35	✓	1,08	✗
Batı	-1,01	✓	0,76	✗	-1,05	✓	0,69	✗
Doğu	-0,50	✓	0,30	✗	-0,47	✓	0,29	✗

Loma Prieta depremi etkisinde tüm cephelerde basınç, çekme ve kayma gerilmelerinin maksimum olduğu değerler ve konumlarına ait tablo Çizelge 6.11’de sunulmuştur. Noktaların cephe üzerindeki yerleri ve hangi gerilme değeri oldukları ise Şekil 6.18’de ayrıca gösterilmiştir.

Çizelge 6.11 : Maksimum basınç, çekme ve kayma gerilmeleri (MPa) a) DD2-1 b) DD2-2 a) DD3-1 a) DD3-2.

Cephe	Kombinasyon İsmi	Max S22	Min S22	Max S12	Min S12
Kuzey	DD2-1-Max	1,7	-0,3	0,7	-0,1
	DD2-1-Min	0	-3,3	0,1	-0,8
Güney	DD2-1-Max	2,6	-0,3	0,8	-0,1
	DD2-1-Min	0	-3,8	0,1	-0,7
Batı	DD2-1-Max	1,9	-0,3	0,7	-0,1
	DD2-1-Min	0	-2,5	0,1	-0,8
Doğu	DD2-1-Max	0,8	-0,3	0,4	-0,1
	DD2-1-Min	0,1	-1,3	0,1	-0,4

a)

Cephe	Kombinasyon İsmi	Max S22	Min S22	Max S12	Min S12
Kuzey	DD2-2-Max	2,3	-0,3	0,7	-0,1
	DD2-2-Min	0	-3,2	0,1	-0,7
Güney	DD2-2-Max	2,7	-0,3	0,8	-0,1
	DD2-2-Min	0	-3,4	0,1	-0,6
Batı	DD2-2-Max	1,7	-0,3	0,9	-0,1
	DD2-2-Min	0	-2,6	0,1	-0,7
Doğu	DD2-2-Max	0,7	-0,3	0,5	-0,1
	DD2-2-Min	0,1	-1,2	0,1	-0,4

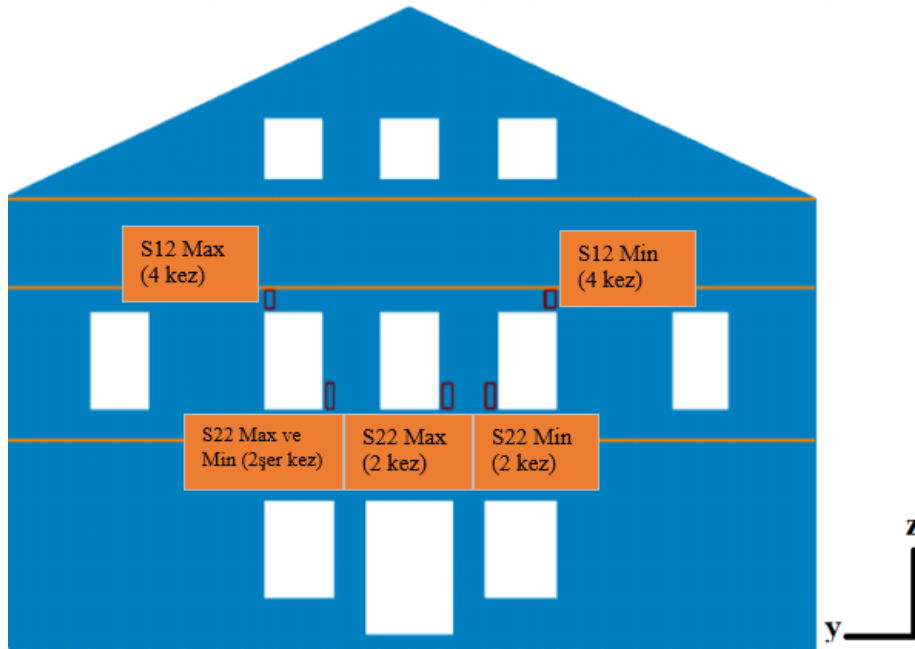
b)

Cephe	Kombinasyon İsmi	Max S22	Min S22	Max S12	Min S12
Kuzey	DD3-1-Max	0,7	-0,3	0,4	-0,1
	DD3-1-Min	0,1	-1,7	0,1	-0,5
Güney	DD3-1-Max	1	-0,3	0,4	-0,1
	DD3-1-Min	0,1	-1,8	0,1	-0,4
Batı	DD3-1-Max	0,7	-0,3	0,4	-0,1
	DD3-1-Min	0,1	-1,3	0,1	-0,4
Doğu	DD3-1-Max	0,4	-0,4	0,3	-0,2
	DD3-1-Min	0,1	-0,8	0,2	-0,3

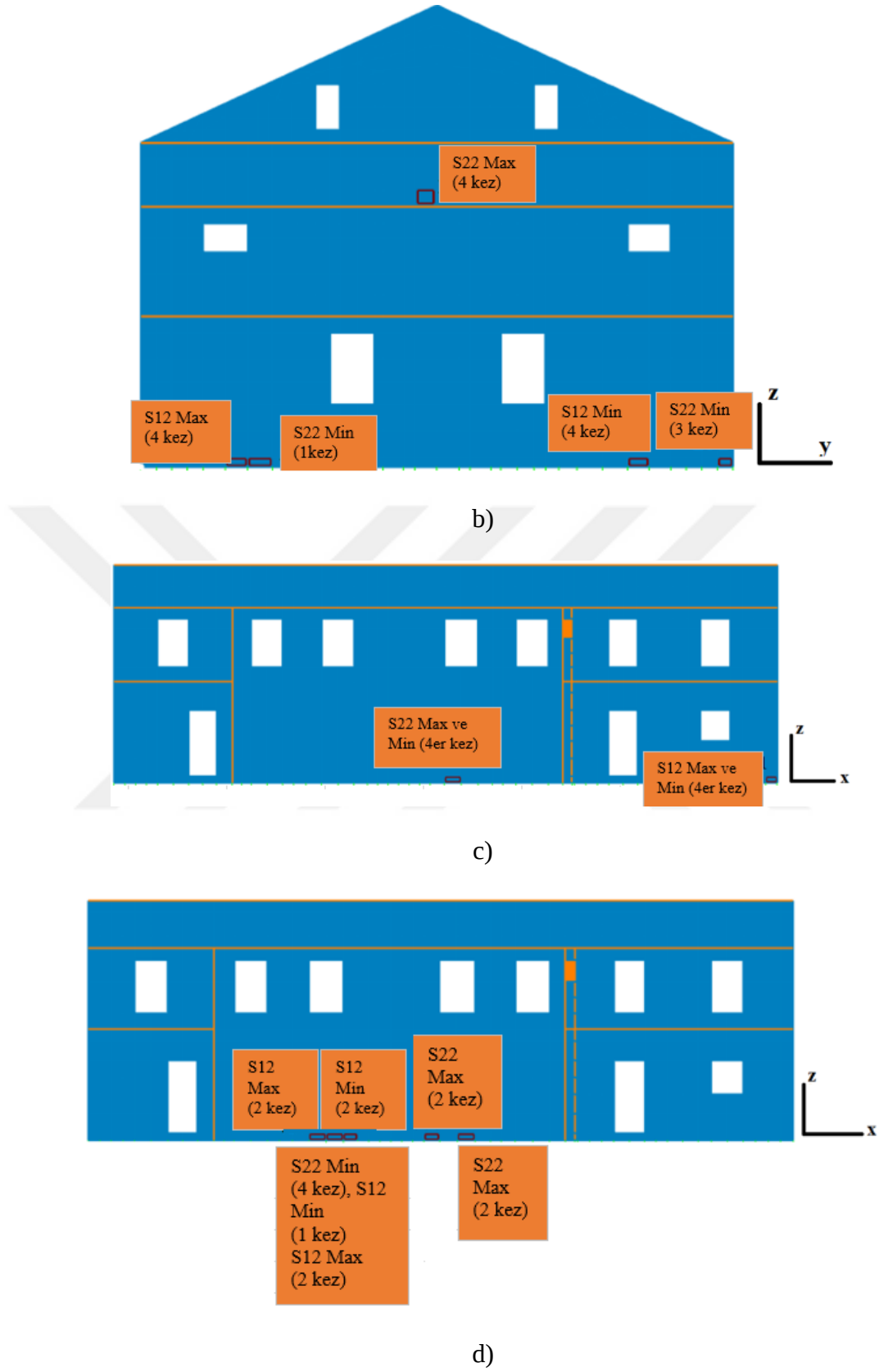
c)

Cephe	Kombinasyon İsmi	Max S22	Min S22	Max S12	Min S12
Kuzey	DD3-2-Max	0,7	-0,4	0,4	-0,1
	DD3-2-Min	0,1	-1,7	0,1	-0,4
Güney	DD3-2-Max	1	-0,4	0,5	-0,1
	DD3-2-Min	0,1	-1,8	0,1	-0,4
Batı	DD3-2-Max	0,6	-0,3	0,5	-0,1
	DD3-2-Min	0,1	-1,4	0,2	-0,4
Doğu	DD3-2-Max	0,4	-0,4	0,3	-0,2
	DD3-2-Min	0,1	-0,7	0,2	-0,3

d)



a)



Şekil 6.18 : Maksimum ve minimum gerilmelerin oluştuğu noktaların cephe üzerinde gösterimi a) Batı b) Doğu c) Kuzey d) Güney.

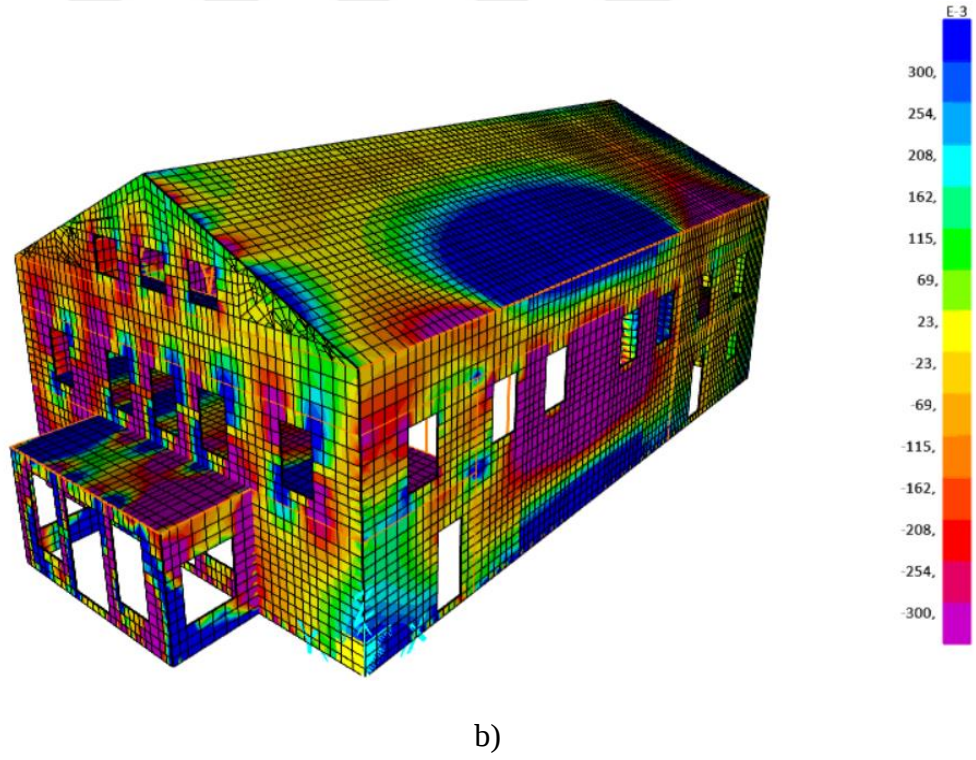
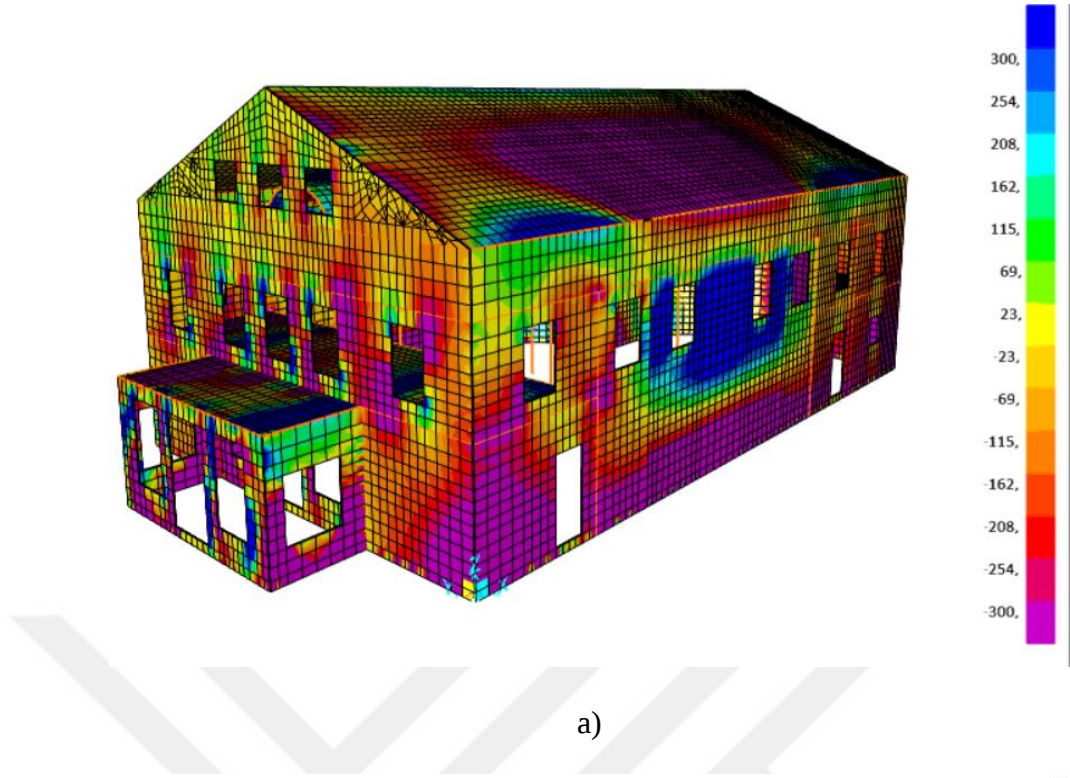
Şekil 6.18’de de görüldüğü üzere gerilme değerlerinin en büyük olduğu noktalar batı duvarı haricinde yapının zemin kotundadır. Tüm deprem kombinasyonları için kuzey, güney ve doğu cephelerinde, boşluk oranının az olduğu bölgelerin taban kotlarında basınç, çekme ve kayma gerilmelerinin maksimum ve minimum değerlerinin yığıldığı görülmektedir. Bu noktalarda üst bölgenin ağırlığı aşağıda toplanmakta ve rijit bir bölge oluşturmaktadır.

Sadece batı cephesinde gerilmeler 1. Galeri katı pencere çevresinde toplanmıştır. Narteks tavan döşemesi ile 1. galeri katı döşemesi arasında kalan bu bölgede pencere boşlukların da fazlalığı bu etkiye sebep olabilmektedir.

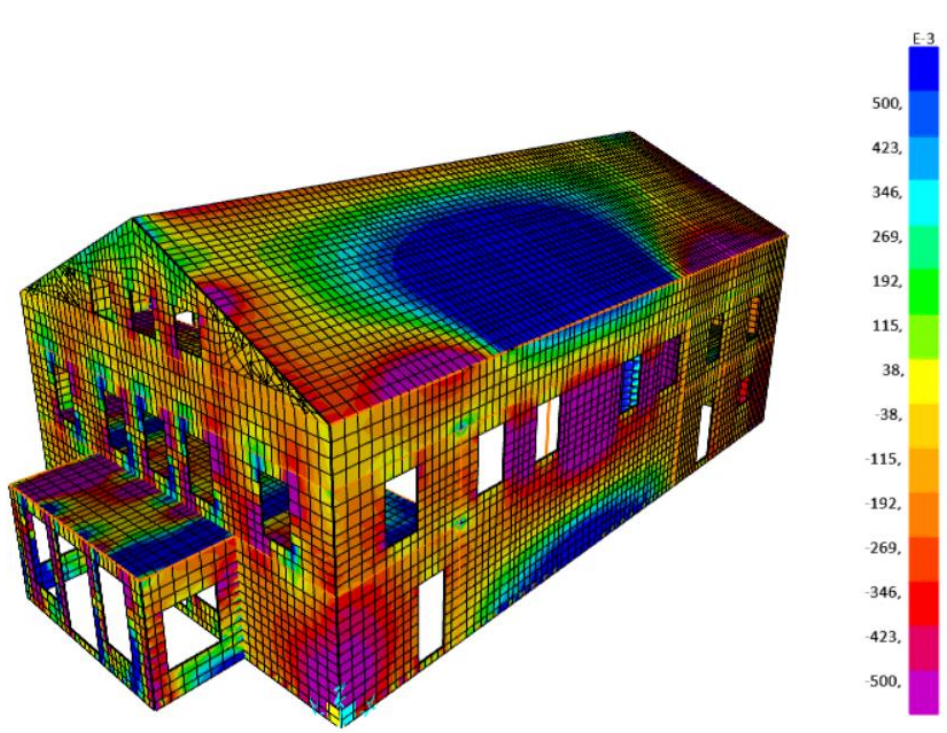
Çizelge 6.12’de ise Çizelge 6.11’in sadeleştirilmiş, tüm yapıya ait maksimum ve minimum gerilme değerleri sunulmuştur. Şekil 6.19-26’da ise maksimum gerilme anlarını gösteren görsellere yer verilmiştir.

Çizelge 6.12 : Loma Prieta Depremi maksimum ve minimum basınç, çekme ve kayma gerilmeleri.

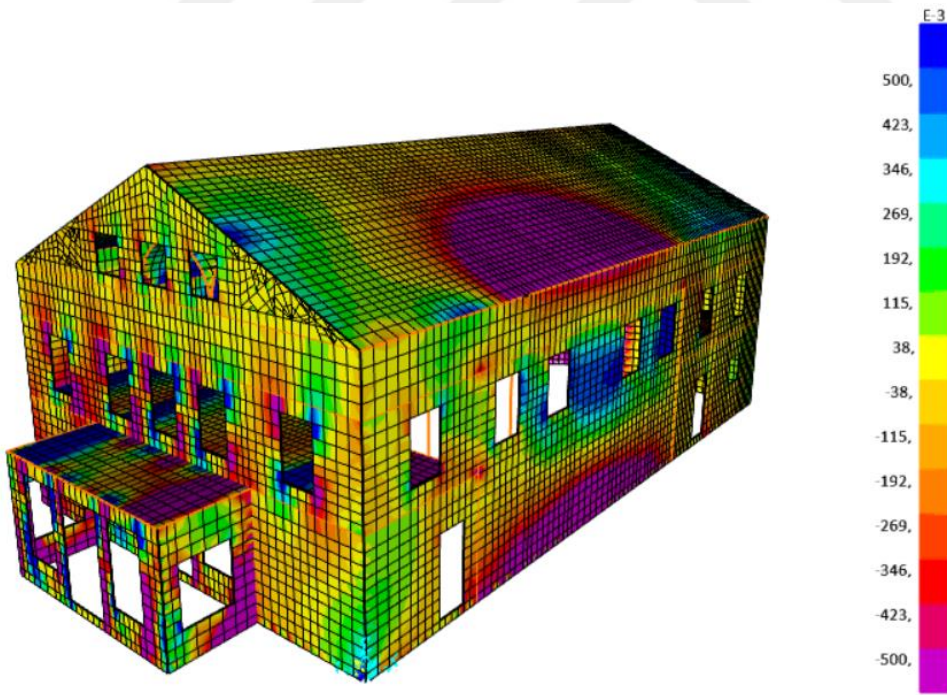
Deprem	DD2-1			
Gerilme Tipi	S22		S12	
Tanım	Gerilme	Eleman	Gerilme	Eleman
Max	2,6	4189	0,8	4174
Min	-3,8	4174	-0,8	2881
Deprem	DD2-2			
Gerilme Tipi	S22		S12	
Tanım	Gerilme	Eleman	Gerilme	Eleman
Max	2,7	777	0,9	272
Min	-3,4	4174	-0,7	452
Deprem	DD3-1			
Gerilme Tipi	S22		S12	
Tanım	Gerilme	Eleman	Gerilme	Eleman
Max	1,0	4189	0,4	4173
Min	-1,8	4174	-0,5	2881
Deprem	DD3-2			
Gerilme Tipi	S22		S12	
Tanım	Gerilme	Eleman	Gerilme	Eleman
Max	1,0	777	0,5	272
Min	-1,8	4174	-0,4	2881



Şekil 6.19 : DD2-1 depremi için a) Max S22 Gerilmesi b) Min S22 Gerilmesi.

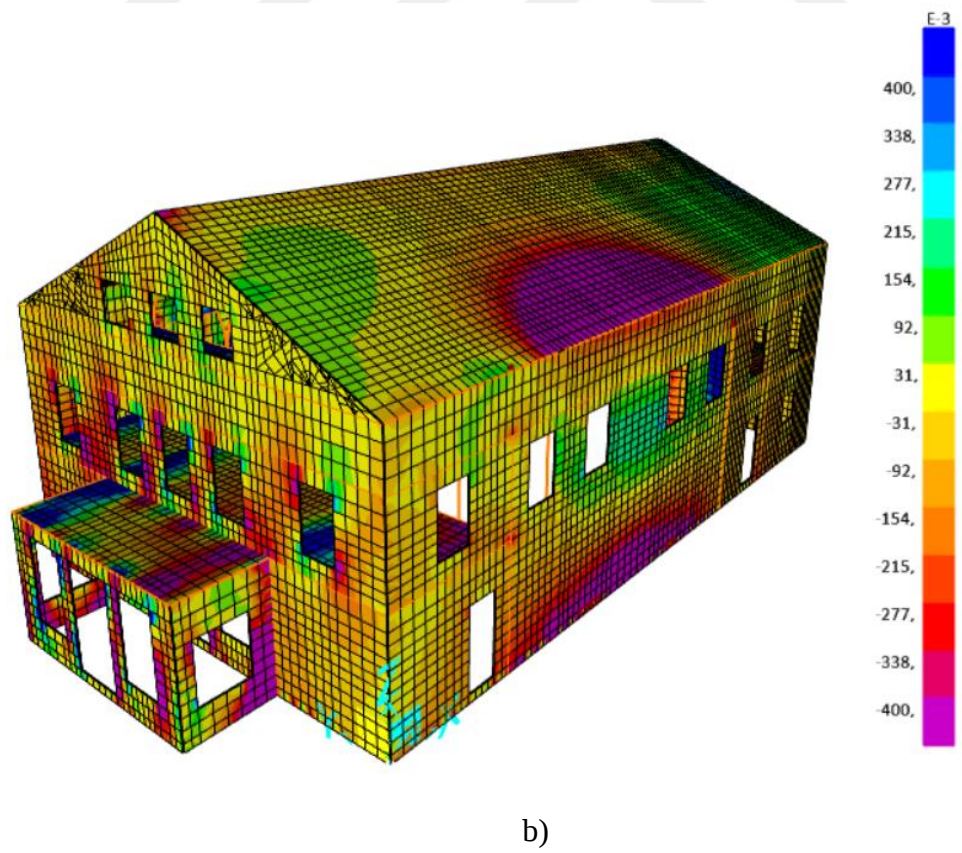
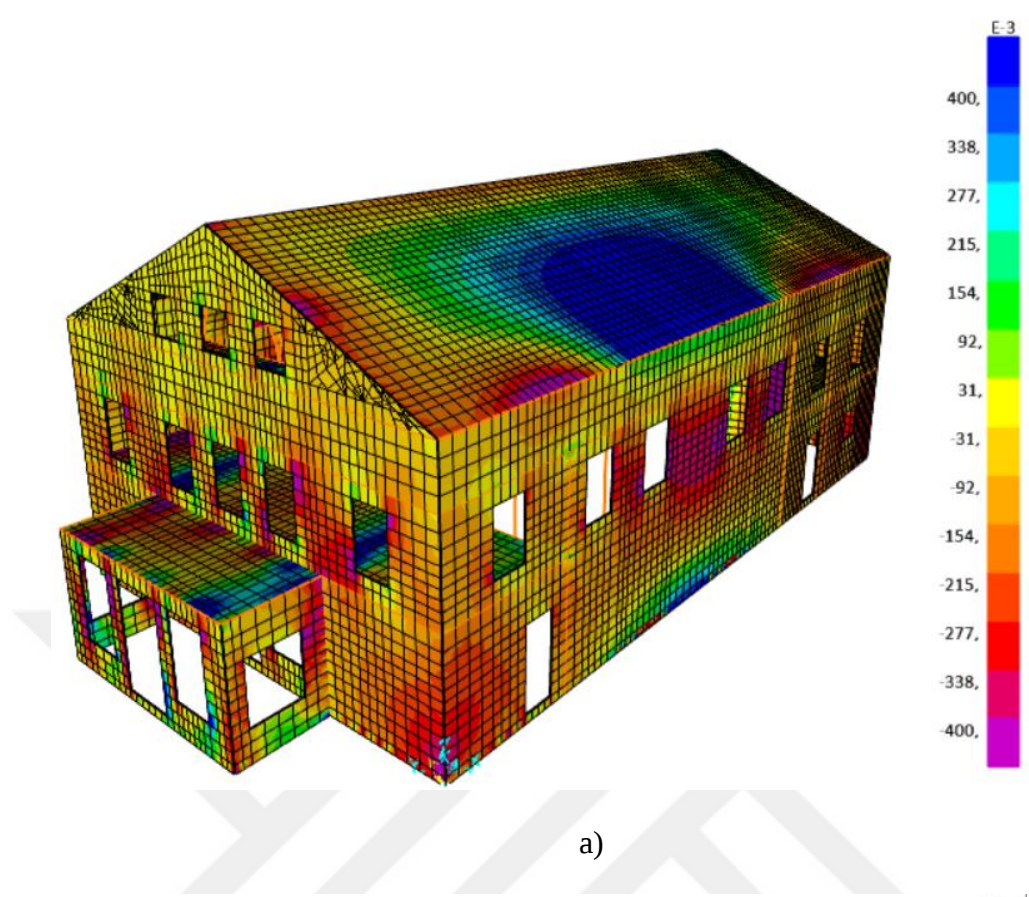


a)

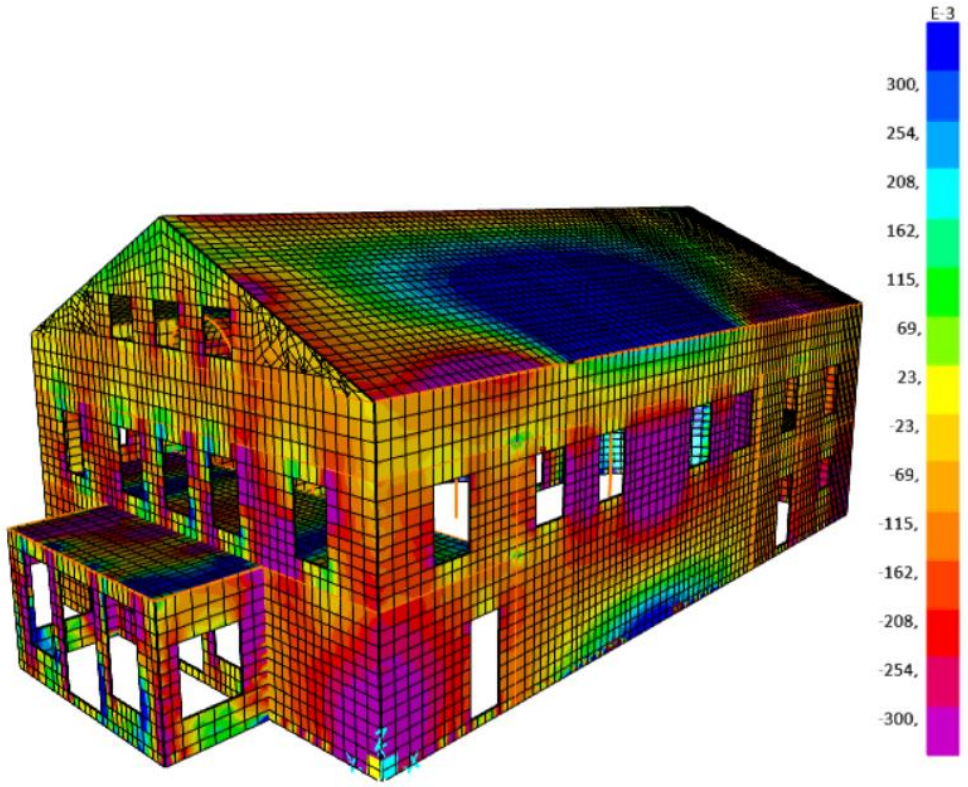


b)

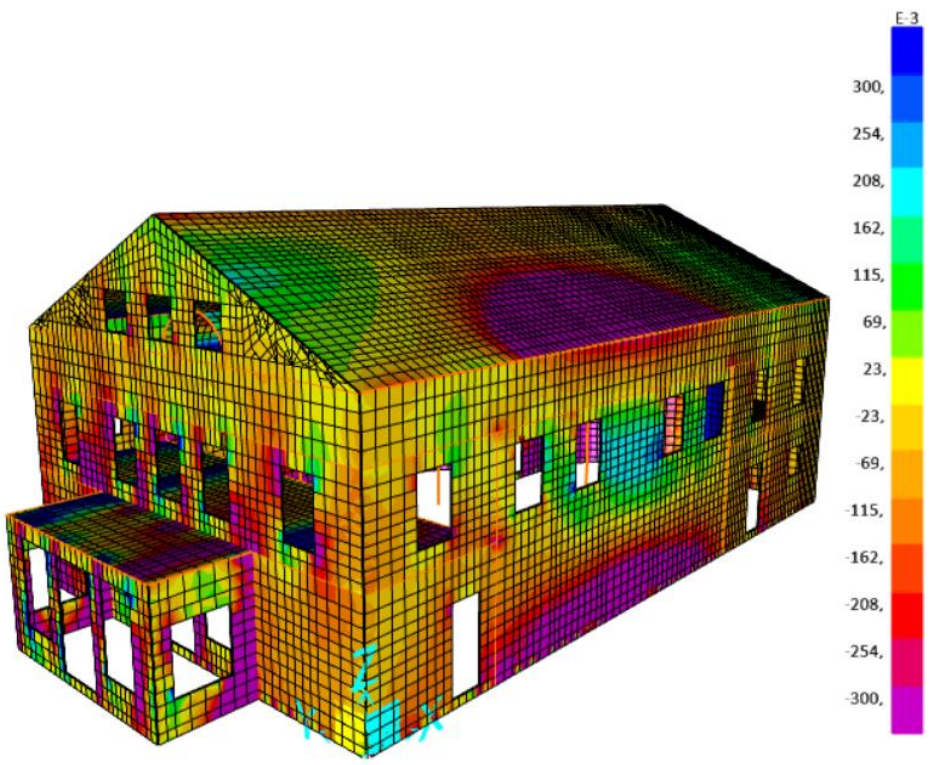
Şekil 6.20 : DD2-2 depremi için a) Max S22 Gerilmesi b) Min S22 Gerilmesi.



Şekil 6.21 : DD3-1 depremi için a) Max S22 Gerilmesi b) Min S22 Gerilmesi.

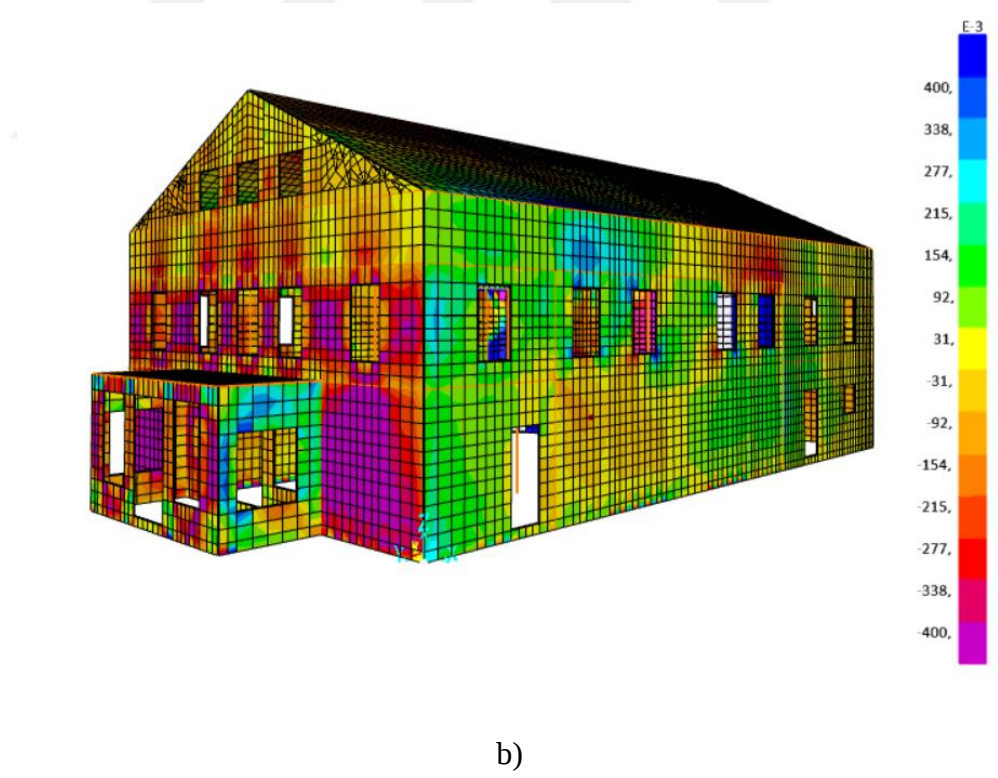
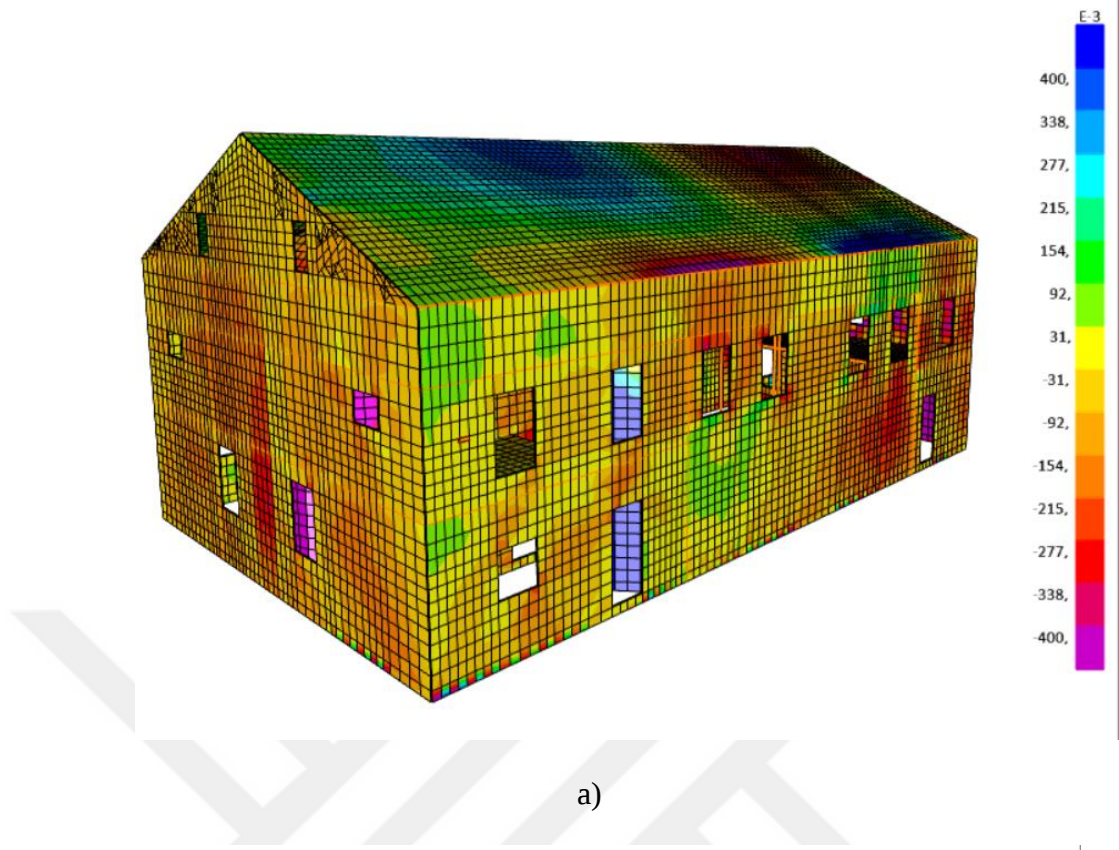


a)

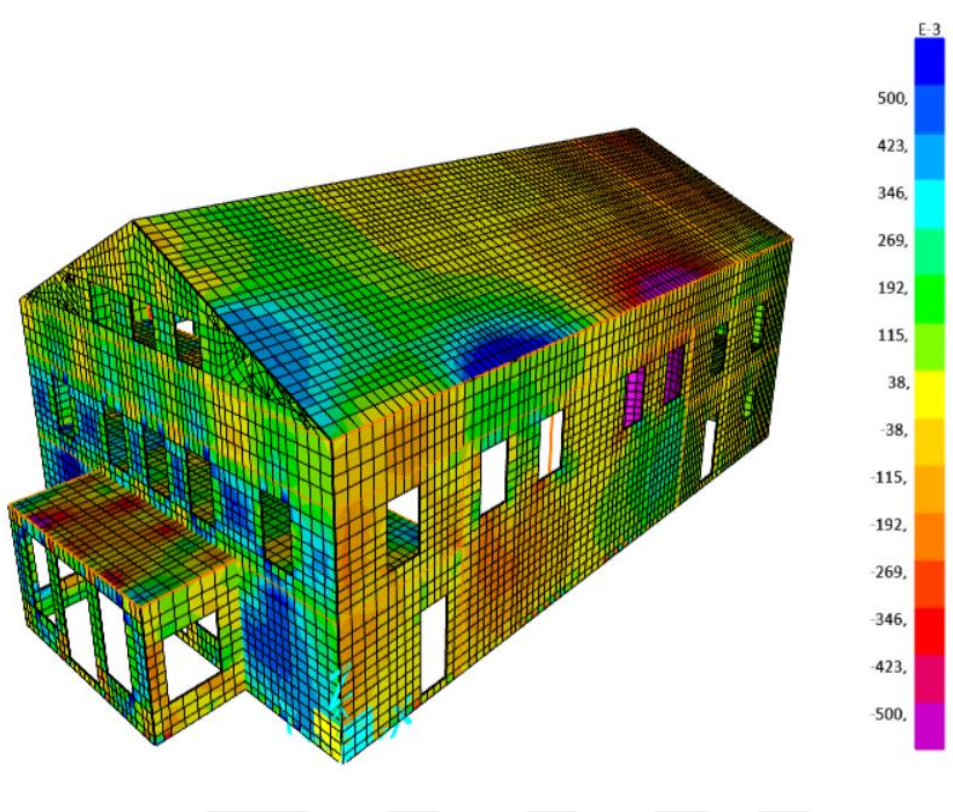


b)

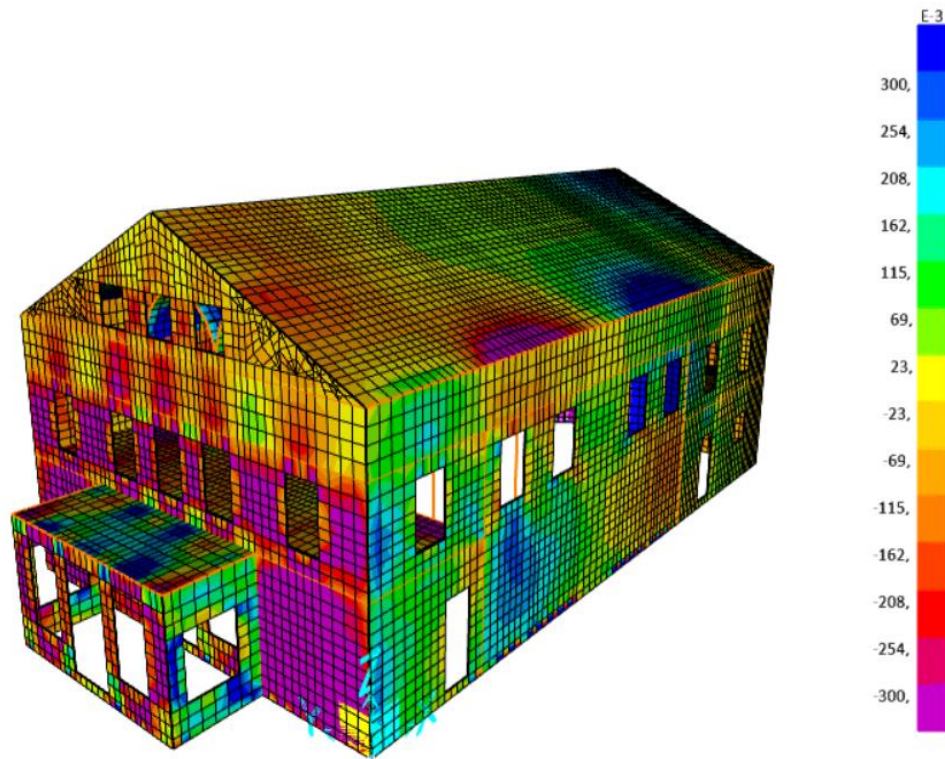
Şekil 6.22 : DD3-2 depremi için a) Max S22 Gerilmesi b) Min S22 Gerilmesi.



Şekil 6.23 : DD2-1 depremi için a) Max S12 Gerilmesi b) Min S12 Gerilmesi.

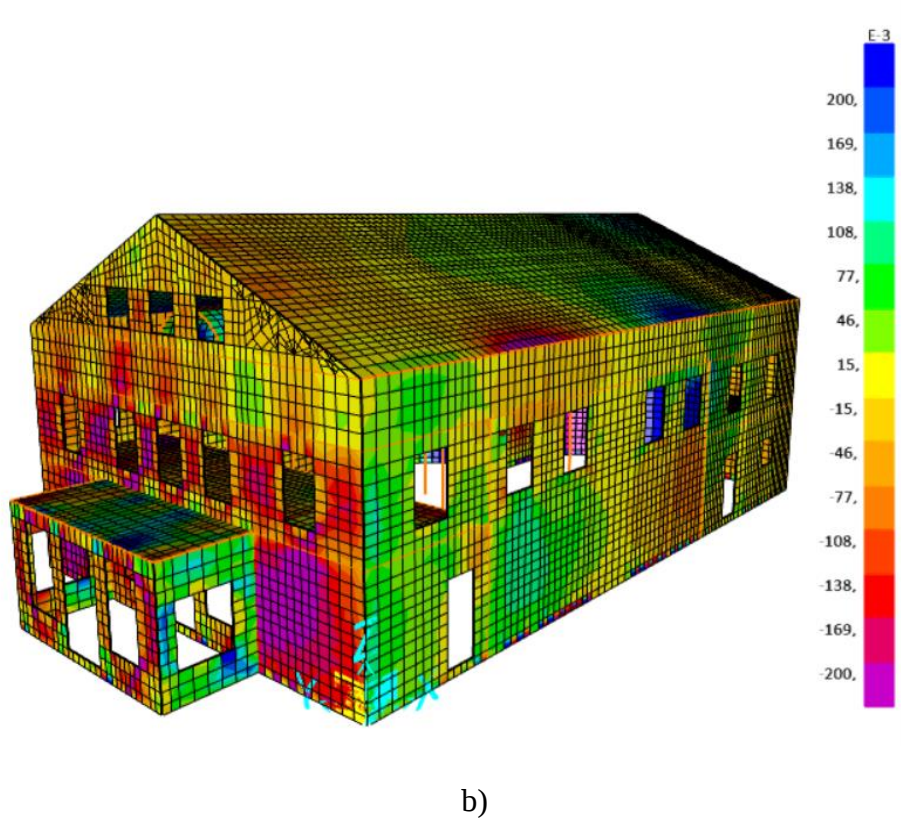
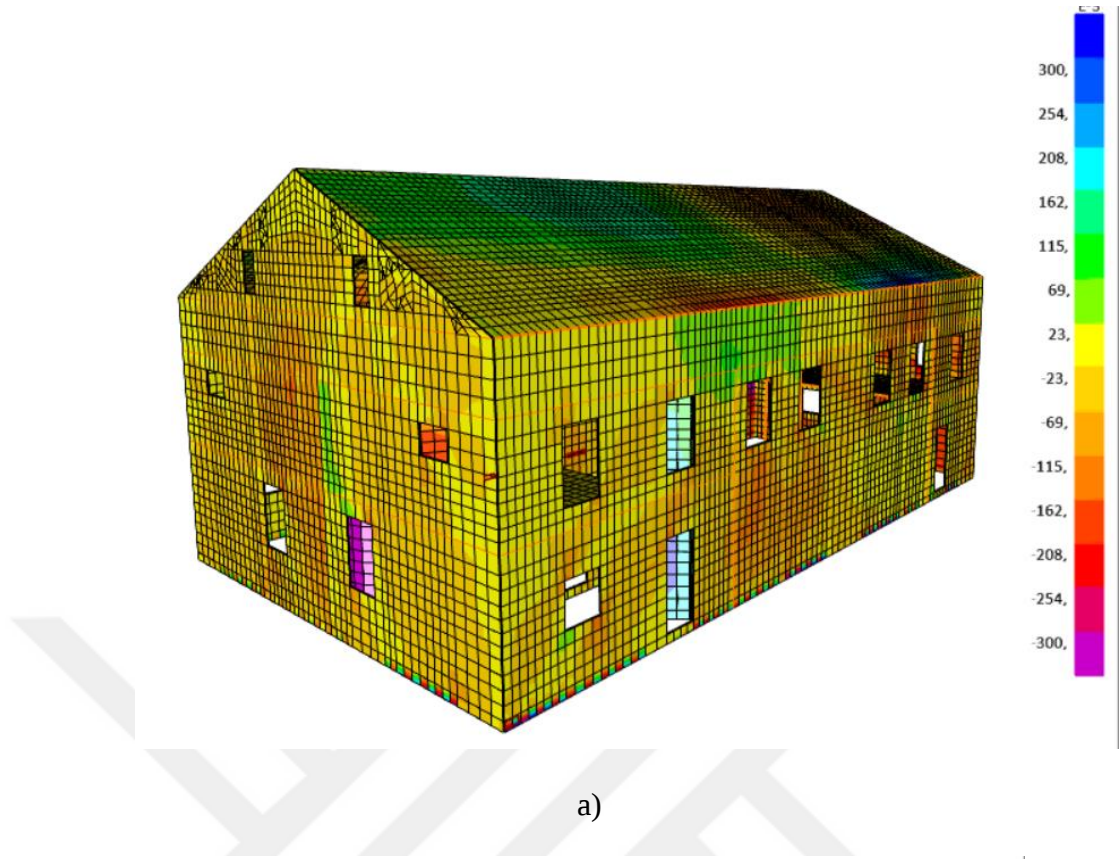


a)

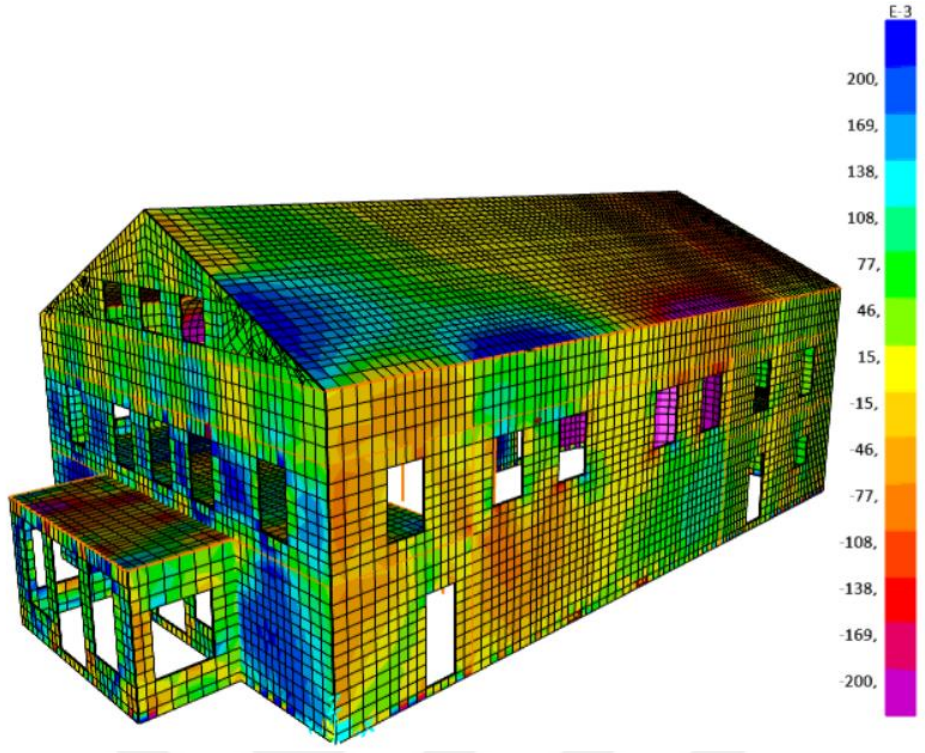


b)

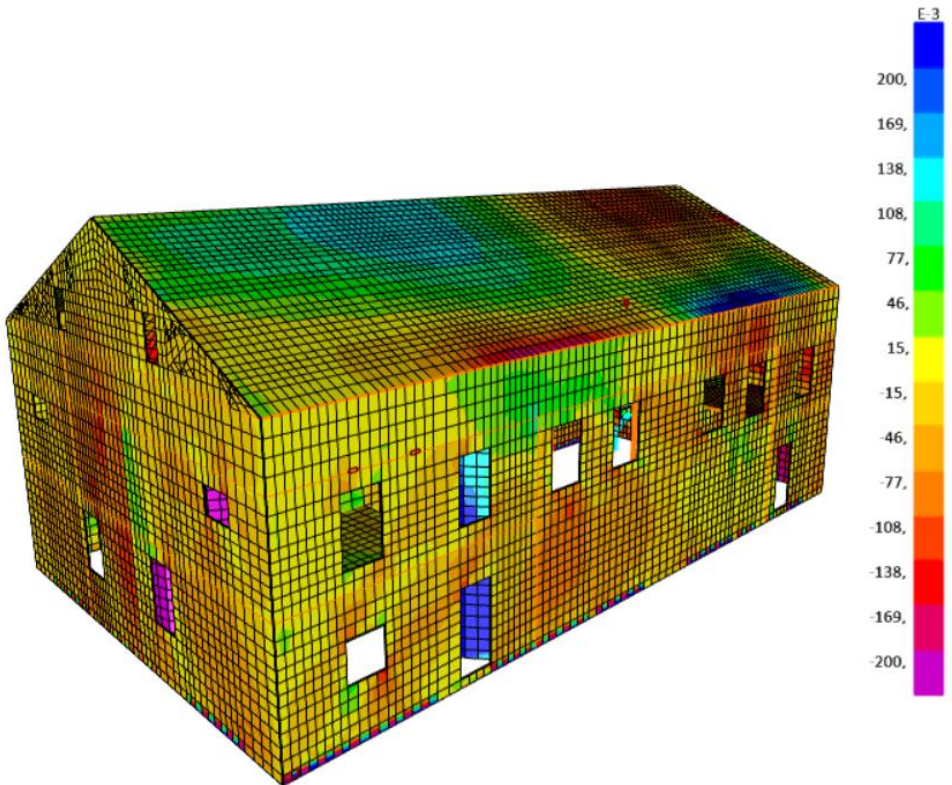
Şekil 6.24 : DD2-2 depremi için a) Max S12 Gerilmesi b) Min S12 Gerilmesi.



Şekil 6.25 : DD3-1 depremi için a) Max S12 Gerilmesi b) Min S12 Gerilmesi.



a)

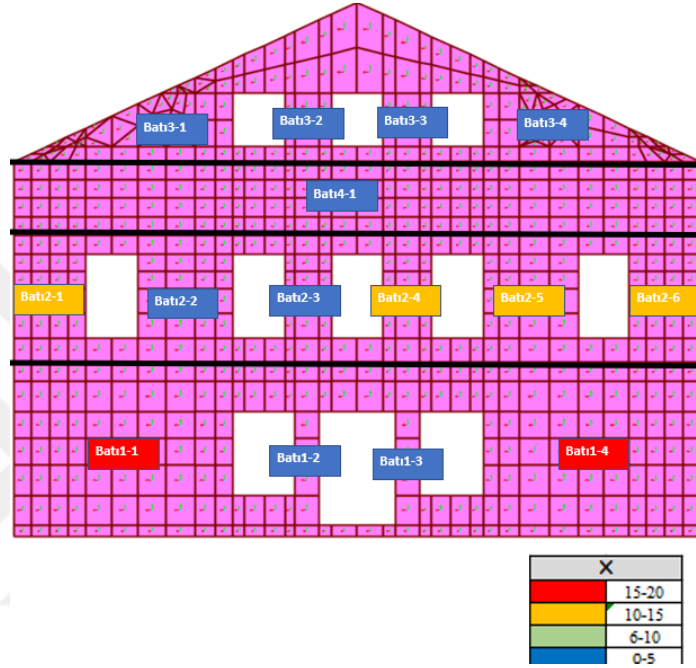


b)

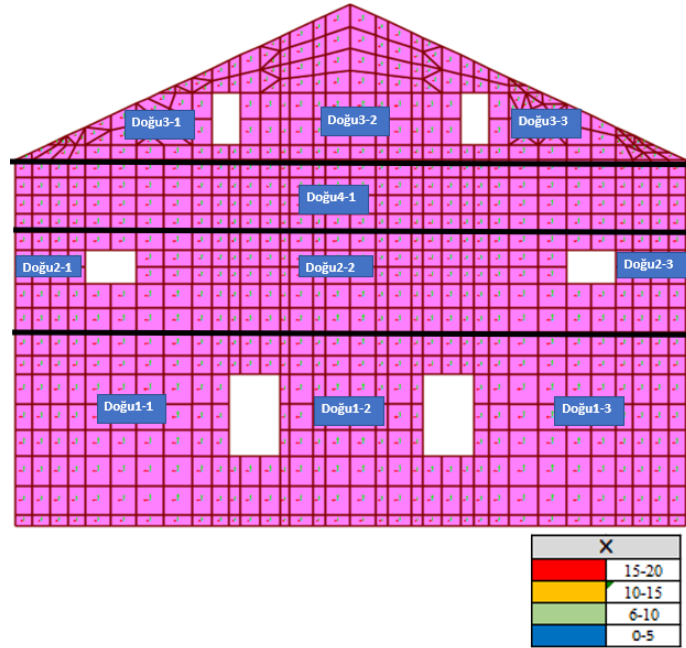
Şekil 6.26 : DD3-2 depremi için a) Max S12 Gerilmesi b) Min S12 Gerilmesi.

6.7 Kesme Dayanımı Kontrolü

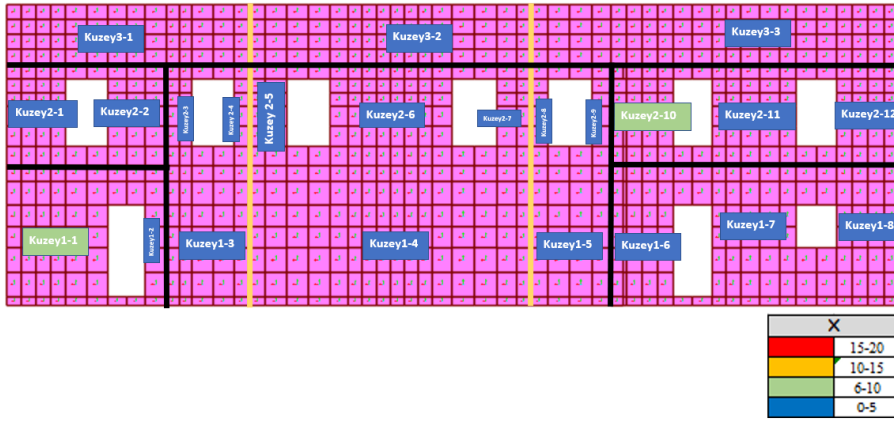
Kilisenin dört cephesinde bulunan duvarlar ve pencere-kapı boşlukları arasında kalan her bir duvar parçası için kesme dayanımı kontrolü yapılmıştır. İncelenen duvarlar, her bir cephe için Şekil 6.27’de verilmiştir. Kesitlerin ismi cephe üzerinde verilmiştir. Verilen kesit isimlerinin rengi 5 deprem çifti için, o kesitte dayanımın aşılma sayısı ile değişiklik gösterecek şekilde renklendirilmiştir.



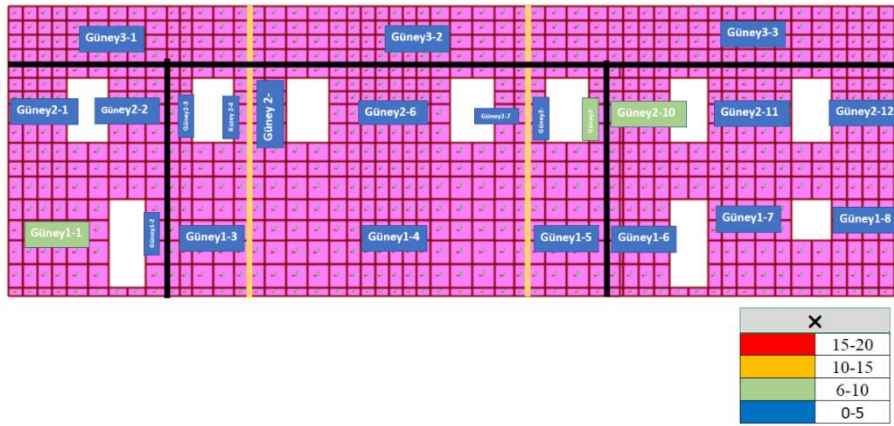
a)



b)



c)



d)

Şekil 6.27 : Kesme kontrolü yapılan cephe bölgeleri a) Doğu cephesi b) Batı cephesi c) Kuzey cephe d) Güney cephe.

İncelenen her bir duvarın kayma dayanımı (τ), TYDRYK (2017)'de verilen Denk. (6.4) ile hesaplanmıştır. Uygulanan deprem kaydı altında incelenen duvar kesitlerinde oluşan maksimum kesme kuvveti (V_E), kayma dayanımı kullanılarak hesaplanan kesme kuvveti dayanımı (V) ile karşılaştırılmıştır.

$$\tau = \tau_o + \mu \sigma_d \quad (6.4)$$

Bu denklemde; τ kayma dayanımını, τ_o başlangıç kayma dayanımını, μ sürtünme katsayısını ve σ_d ise V_E ile aynı ana ait düşey basınç gerilmesini göstermektedir. TYDRYK (2017)'de τ_o için duvar malzemesine göre değişen değerler verilmektedir. Bu değerler dikkate alınarak, kilise cephe duvarlarını oluşturan almaşık duvarlar için τ_o , 0,035 MPa olarak alınmıştır. Sürtünme katsayısı, TYDRYK (2017)'de verildiği gibi 0,5 alınmıştır.

GÖ sınır durumu için kontrol yapılırken, basınç ve çekme gerilmesi kontrolünde olduğu gibi düşey yük ve azaltılmış deprem etkisindeki dayanımların 1,5 kat kadar aşılmasına izin verilmektedir. Kesme kuvveti (V_E) ve kesme kuvveti dayanımı (V) karşılaştırılması, her bir duvar için Çizelge 6.13’de verilmiştir.

Çizelge 6.13 : Loma Prieta Kesme dayanımı kontrolü a) DD2-1 b) DD2-2 c) DD3-1 d) DD3-2.

Loma Prieta-1-DD2-GÖ							
Kesit	t (mm)	l (mm)	V_{Ed} (kN)	σ_d (MPa)	τ (MPa)	V_d (kN)	Kontrol
Batı1-1	700	5700	-664,74	0,03	0,05	203,17	✗
Batı1-2	700	625	18,63	0,11	0,09	39,65	✓
Batı1-3	700	625	-23,70	0,09	0,08	35,29	✓
Batı1-4	700	5650	-692,68	0,07	0,07	276,92	✗
Batı2-1	700	1875	-178,53	0,09	0,08	104,45	✗
Batı2-2	700	2475	-240,61	0,04	0,06	98,32	✗
Batı2-3	700	2475	-105,42	0,01	0,04	67,37	✗
Batı2-4	700	1200	-125,08	0,10	0,09	71,44	✗
Batı2-5	700	1250	-257,65	0,25	0,16	140,18	✗
Batı2-6	700	1875	-187,62	0,01	0,04	51,95	✗
Batı3-1	700	4850	127,73	0,03	0,05	176,50	✓
Batı3-2	700	1200	-56,83	0,00	0,03	27,93	✗
Batı3-3	700	1250	-64,38	0,05	0,06	51,82	✓
Batı3-4	700	4800	-160,71	0,04	0,05	182,60	✓
Batı4-1	700	17850	-686,30	0,03	0,05	622,30	✓
Doğu1-1	800	5700	-252,08	0,02	0,05	209,98	✓
Doğu1-2	800	3800	-206,14	0,05	0,06	189,56	✓
Doğu1-3	800	5650	258,58	0,04	0,05	238,62	✓
Doğu2-1	800	1875	-58,88	-0,01	0,03	45,02	✓
Doğu2-2	800	11450	-537,20	0,04	0,05	498,86	✓
Doğu2-3	800	1875	-48,33	0,10	0,08	124,61	✓
Doğu3-1	800	4400	-130,54	-0,01	0,03	101,34	✓
Doğu3-2	800	5850	-172,27	0,03	0,05	244,26	✓
Doğu3-3	800	4400	-126,42	0,03	0,05	179,95	✓
Doğu4-1	800	17850	-632,42	0,03	0,05	726,56	✓
Güney1-1	800	3350	114,20	-0,08	-0,01	-14,86	✗
Güney1-2	800	700	15,18	0,11	0,09	50,50	✓
Güney1-3	800	2750	-101,92	0,05	0,06	136,83	✓
Güney1-4	1000	9350	-374,45	0,06	0,07	610,16	✓
Güney1-5	800	2700	85,52	0,06	0,06	139,92	✓
Güney1-6	800	2050	-35,53	0,10	0,09	141,91	✓
Güney1-7	800	2800	-87,96	0,11	0,09	203,74	✓
Güney1-8	800	2100	57,53	0,10	0,08	141,79	✓

Güney2-1	800	1950	104,87	-0,03	0,02	31,12	✗
Güney2-2	800	1950	-85,10	0,03	0,05	79,10	✓
Güney2-3	800	850	-37,18	0,14	0,10	70,92	✓
Güney2-4	800	500	22,77	0,10	0,09	34,34	✓
Güney2-5	1000	1250	-48,76	0,05	0,06	76,40	✓
Güney2-6	1000	4050	-176,29	0,02	0,05	182,94	✓
Güney2-7	1000	1100	-38,60	-0,02	0,03	27,60	✓
Güney2-8	800	600	-20,38	0,80	0,43	207,89	✓
Güney2-9	800	650	-23,47	-0,01	0,03	14,69	✗
Güney2-10	800	2050	91,14	0,01	0,04	65,47	✓
Güney2-11	800	2800	63,36	0,03	0,05	110,08	✓
Güney2-12	800	2100	40,52	0,06	0,06	108,85	✓
Güney3-1	800	8925	256,18	0,02	0,04	318,67	✓
Güney3-2	1000	8475	-168,18	0,01	0,04	330,45	✓
Güney3-3	800	12300	213,71	0,02	0,04	432,67	✓
Kuzey1-1	900	3350	-159,80	0,23	0,15	452,34	✓
Kuzey1-2	900	700	22,46	0,13	0,10	62,42	✓
Kuzey1-3	900	2750	139,63	0,10	0,08	206,34	✓
Kuzey1-4	1100	9350	478,47	0,07	0,07	738,60	✓
Kuzey1-5	900	2700	-108,22	0,05	0,06	142,09	✓
Kuzey1-6	900	2050	54,44	0,01	0,04	70,07	✓
Kuzey1-7	900	2800	-116,95	0,13	0,10	253,84	✓
Kuzey1-8	900	2100	62,03	0,02	0,05	87,85	✓
Kuzey2-1	900	1950	-153,77	0,13	0,10	171,98	✓
Kuzey2-2	900	1950	-123,44	0,03	0,05	87,11	✓
Kuzey2-3	900	850	-50,47	0,16	0,11	86,69	✓
Kuzey2-4	900	500	28,37	0,15	0,11	48,60	✓
Kuzey2-5	1100	1250	-65,19	0,06	0,06	87,19	✓
Kuzey2-6	1100	4050	-230,88	0,02	0,04	191,63	✓
Kuzey2-7	1100	1100	-49,21	-0,03	0,02	25,49	✗
Kuzey2-8	900	600	-26,01	0,14	0,10	56,42	✓
Kuzey2-9	900	650	-29,28	-0,02	0,02	14,36	✗
Kuzey2-10	900	2050	93,42	0,01	0,04	78,26	✓
Kuzey2-11	900	2800	85,67	0,03	0,05	122,77	✓
Kuzey2-12	900	2100	32,51	0,05	0,06	109,28	✓
Kuzey3-1	900	8925	-335,90	0,01	0,04	339,28	✓
Kuzey3-2	1100	8475	-207,50	0,01	0,04	378,74	✓
Kuzey3-3	900	12300	156,12	0,02	0,04	481,37	✓

a)

Loma Prieta-2-DD2-GÖ							
Kesit	t (mm)	l (mm)	V_{Ed} (kN)	σ_d (MPa)	τ (MPa)	V_d (kN)	Kontrol
Batı1-1	700	5700	-645,96	0,04	0,06	220,01	✗
Batı1-2	700	625	21,73	0,12	0,09	40,77	✓
Batı1-3	700	625	-23,00	0,10	0,08	36,98	✓
Batı1-4	700	5650	-657,59	0,08	0,07	287,32	✗
Batı2-1	700	1875	-169,28	0,10	0,08	109,26	✗
Batı2-2	700	2475	246,02	0,14	0,11	183,96	✓
Batı2-3	700	2475	110,45	0,05	0,06	105,63	✓
Batı2-4	700	1200	-117,25	0,10	0,09	72,00	✗
Batı2-5	700	1250	-240,26	0,25	0,16	141,73	✗
Batı2-6	700	1875	188,22	0,12	0,09	121,59	✗
Batı3-1	700	4850	156,89	0,04	0,05	185,08	✓
Batı3-2	700	1200	61,65	0,06	0,06	53,92	✓
Batı3-3	700	1250	-60,80	0,05	0,06	52,61	✓
Batı3-4	700	4800	-152,05	0,04	0,05	180,53	✓
Batı4-1	700	17850	659,73	0,03	0,05	641,57	✓
Doğu1-1	800	5700	-255,22	0,02	0,04	199,46	✓
Doğu1-2	800	3800	-205,48	0,05	0,06	177,36	✓
Doğu1-3	800	5650	244,05	0,02	0,05	211,86	✓
Doğu2-1	800	1875	67,50	0,09	0,08	120,04	✓
Doğu2-2	800	11450	-521,49	0,04	0,05	492,14	✓
Doğu2-3	800	1875	-51,06	0,09	0,08	118,74	✓
Doğu3-1	800	4400	-122,07	-0,01	0,03	103,42	✓
Doğu3-2	800	5850	164,73	0,03	0,05	232,20	✓
Doğu3-3	800	4400	138,80	-0,02	0,03	95,88	✓
Doğu4-1	800	17850	-602,34	0,03	0,05	723,87	✓
Güney1-1	800	3350	132,03	-0,04	0,02	41,93	✗
Güney1-2	800	700	18,26	0,10	0,09	48,54	✓
Güney1-3	800	2750	120,31	0,10	0,08	182,77	✓
Güney1-4	1000	9350	-396,56	0,06	0,07	609,86	✓
Güney1-5	800	2700	-93,99	0,04	0,06	120,90	✓
Güney1-6	800	2050	-39,67	0,11	0,09	150,75	✓
Güney1-7	800	2800	-95,82	0,12	0,09	210,94	✓
Güney1-8	800	2100	52,96	0,17	0,12	202,72	✓
Güney2-1	800	1950	-113,75	0,11	0,09	142,61	✓
Güney2-2	800	1950	-93,73	0,03	0,05	79,50	✓
Güney2-3	800	850	-39,69	0,14	0,11	72,77	✓
Güney2-4	800	500	26,92	0,13	0,10	39,90	✓
Güney2-5	1000	1250	-51,75	0,05	0,06	76,27	✓
Güney2-6	1000	4050	-186,33	0,02	0,04	177,32	✓
Güney2-7	1000	1100	-40,69	-0,02	0,02	24,79	✗
Güney2-8	800	600	-21,91	0,12	0,09	44,44	✓

Güney2-9	800	650	-23,89	-0,01	0,03	14,71	✗
Güney2-10	800	2050	97,10	0,01	0,04	67,78	✓
Güney2-11	800	2800	68,26	0,02	0,04	98,03	✓
Güney2-12	800	2100	38,97	0,10	0,09	144,85	✓
Güney3-1	800	8925	254,24	0,02	0,05	322,55	✓
Güney3-2	1000	8475	-167,00	0,02	0,04	366,47	✓
Güney3-3	800	12300	220,26	0,02	0,05	449,67	✓
Kuzey1-1	900	3350	225,39	-0,05	0,01	34,08	✗
Kuzey1-2	900	700	32,08	0,15	0,11	68,02	✓
Kuzey1-3	900	2750	207,98	0,11	0,09	220,27	✓
Kuzey1-4	1100	9350	679,33	0,08	0,07	766,67	✓
Kuzey1-5	900	2700	123,81	0,06	0,06	153,15	✓
Kuzey1-6	900	2050	74,03	-0,03	0,02	36,93	✗
Kuzey1-7	900	2800	160,76	0,01	0,04	101,76	✗
Kuzey1-8	900	2100	78,56	-0,04	0,01	27,04	✗
Kuzey2-1	900	1950	167,69	-0,02	0,03	47,47	✗
Kuzey2-2	900	1950	158,34	0,07	0,07	124,96	✓
Kuzey2-3	900	850	51,76	-0,07	0,00	-0,39	✗
Kuzey2-4	900	500	45,33	0,20	0,13	60,33	✓
Kuzey2-5	1100	1250	78,36	0,04	0,06	75,71	✓
Kuzey2-6	1100	4050	318,61	0,08	0,07	331,56	✓
Kuzey2-7	1100	1100	73,28	0,13	0,10	122,81	✓
Kuzey2-8	900	600	-23,13	0,12	0,09	50,45	✓
Kuzey2-9	900	650	40,58	0,10	0,09	50,89	✓
Kuzey2-10	900	2050	152,13	0,01	0,04	70,15	✗
Kuzey2-11	900	2800	134,74	0,01	0,04	99,21	✓
Kuzey2-12	900	2100	38,00	-0,02	0,02	45,96	✓
Kuzey3-1	900	8925	364,96	0,02	0,05	373,03	✓
Kuzey3-2	1100	8475	259,48	0,03	0,05	473,97	✓
Kuzey3-3	900	12300	127,48	0,01	0,04	444,40	✓

b)

Loma Prieta-1-DD3-KH							
Kesit	t (mm)	l (mm)	V_{Ed} (kN)	σ_d (MPa)	τ (Mpa)	V_d (kN)	Kontrol
Batı1-1	700	5700	-285,84	0,05	0,06	235,38	✗
Batı1-2	700	625	9,97	0,13	0,10	42,87	✓
Batı1-3	700	625	-11,88	0,12	0,09	40,60	✓
Batı1-4	700	5650	-302,29	0,06	0,07	265,94	✗
Batı2-1	700	1875	-77,28	0,07	0,07	92,97	✓
Batı2-2	700	2475	-98,64	0,07	0,07	121,74	✓
Batı2-3	700	2475	-42,17	0,02	0,04	77,94	✓
Batı2-4	700	1200	-57,28	0,08	0,07	62,48	✓
Batı2-5	700	1250	-115,31	0,21	0,14	122,32	✓

Batı2-6	700	1875	-80,06	0,04	0,05	69,84	✗
Batı3-1	700	4850	69,22	0,02	0,05	159,45	✓
Batı3-2	700	1200	-22,62	0,01	0,04	34,94	✓
Batı3-3	700	1250	-29,50	0,04	0,05	46,12	✓
Batı3-4	700	4800	-84,47	0,03	0,05	161,20	✓
Batı4-1	700	17850	-294,43	0,03	0,05	626,18	✓
Doğu1-1	800	5700	126,76	0,09	0,08	355,70	✓
Doğu1-2	800	3800	98,93	0,04	0,06	170,72	✓
Doğu1-3	800	5650	139,26	0,05	0,06	277,47	✓
Doğu2-1	800	1875	-26,76	0,02	0,04	67,40	✓
Doğu2-2	800	11450	-235,33	0,04	0,05	495,53	✓
Doğu2-3	800	1875	23,80	0,03	0,05	73,09	✓
Doğu3-1	800	4400	-59,19	0,00	0,04	123,22	✓
Doğu3-2	800	5850	-74,80	0,03	0,05	243,22	✓
Doğu3-3	800	4400	-51,49	0,02	0,04	156,82	✓
Doğu4-1	800	17850	-275,30	0,03	0,05	726,35	✓
Güney1-1	800	3350	54,26	0,05	0,06	162,46	✓
Güney1-2	800	700	9,14	0,09	0,08	44,79	✓
Güney1-3	800	2750	53,66	0,08	0,08	168,67	✓
Güney1-4	1000	9350	-175,19	0,07	0,07	631,84	✓
Güney1-5	800	2700	-46,13	0,05	0,06	127,28	✓
Güney1-6	800	2050	-17,62	0,07	0,07	117,72	✓
Güney1-7	800	2800	-43,03	0,09	0,08	181,46	✓
Güney1-8	800	2100	-24,37	0,07	0,07	120,89	✓
Güney2-1	800	1950	-49,73	0,08	0,07	115,92	✓
Güney2-2	800	1950	-40,21	0,04	0,05	84,70	✓
Güney2-3	800	850	-20,26	0,09	0,08	55,28	✓
Güney2-4	800	500	12,30	0,09	0,08	32,17	✓
Güney2-5	1000	1250	-24,86	0,05	0,06	76,27	✓
Güney2-6	1000	4050	-83,39	0,03	0,05	210,14	✓
Güney2-7	1000	1100	-17,56	0,01	0,04	45,72	✓
Güney2-8	800	600	-13,42	0,09	0,08	37,88	✓
Güney2-9	800	650	-11,67	0,01	0,04	19,93	✓
Güney2-10	800	2050	47,23	0,02	0,05	74,97	✓
Güney2-11	800	2800	33,24	0,04	0,05	118,30	✓
Güney2-12	800	2100	-18,79	0,04	0,06	96,07	✓
Güney3-1	800	8925	-113,91	0,02	0,04	308,10	✓
Güney3-2	1000	8475	-85,77	0,01	0,04	353,64	✓
Güney3-3	800	12300	96,00	0,02	0,04	439,55	✓
Kuzey1-1	900	3350	-69,23	0,14	0,11	322,47	✓
Kuzey1-2	900	700	10,66	0,09	0,08	51,40	✓
Kuzey1-3	900	2750	61,28	0,08	0,08	190,12	✓
Kuzey1-4	1100	9350	-225,26	0,07	0,07	698,32	✓

Kuzey1-5	900	2700	-51,60	0,05	0,06	145,60	✓
Kuzey1-6	900	2050	-24,31	0,09	0,08	145,09	✓
Kuzey1-7	900	2800	-60,01	0,10	0,08	213,24	✓
Kuzey1-8	900	2100	-21,92	0,11	0,09	172,97	✓
Kuzey2-1	900	1950	-71,49	0,08	0,08	134,90	✓
Kuzey2-2	900	1950	-58,29	0,03	0,05	91,96	✓
Kuzey2-3	900	850	-27,09	0,10	0,08	65,02	✓
Kuzey2-4	900	500	14,64	0,10	0,08	37,31	✓
Kuzey2-5	1100	1250	-33,62	0,06	0,06	87,24	✓
Kuzey2-6	1100	4050	-113,85	0,03	0,05	232,28	✓
Kuzey2-7	1100	1100	-23,53	0,01	0,04	49,65	✓
Kuzey2-8	900	600	-15,08	0,10	0,09	45,97	✓
Kuzey2-9	900	650	-15,12	0,01	0,04	22,16	✓
Kuzey2-10	900	2050	53,24	0,02	0,05	86,31	✓
Kuzey2-11	900	2800	38,33	0,04	0,05	133,46	✓
Kuzey2-12	900	2100	-16,54	0,03	0,05	93,66	✓
Kuzey3-1	900	8925	-153,60	0,02	0,04	345,53	✓
Kuzey3-2	1100	8475	-106,51	0,01	0,04	385,66	✓
Kuzey3-3	900	12300	71,34	0,02	0,04	496,50	✓

c)

Loma Prieta-2-DD3-KH							
Kesit	t (mm)	l (mm)	V_{Ed} (kN)	σ_d (MPa)	τ (MPa)	V_d (kN)	Kontrol
Batı1-1	700	5700	-262,41	0,05	0,06	246,33	✗
Batı1-2	700	625	11,14	0,13	0,10	43,01	✓
Batı1-3	700	625	-11,02	0,12	0,10	41,68	✓
Batı1-4	700	5650	285,83	0,07	0,07	274,00	✗
Batı2-1	700	1875	-71,38	0,08	0,07	95,50	✓
Batı2-2	700	2475	112,73	0,11	0,09	159,30	✓
Batı2-3	700	2475	51,59	0,04	0,05	94,85	✓
Batı2-4	700	1200	-52,01	0,08	0,07	62,54	✓
Batı2-5	700	1250	-104,36	0,21	0,14	122,98	✓
Batı2-6	700	1875	84,26	0,08	0,08	101,44	✓
Batı3-1	700	4850	83,05	0,03	0,05	163,08	✓
Batı3-2	700	1200	28,83	0,04	0,06	46,47	✓
Batı3-3	700	1250	-27,18	0,04	0,05	46,32	✓
Batı3-4	700	4800	-78,65	0,03	0,05	159,68	✓
Batı4-1	700	17850	288,96	0,03	0,05	633,39	✓
Doğu1-1	800	5700	-109,68	0,05	0,06	269,14	✓
Doğu1-2	800	3800	-85,75	0,04	0,06	173,95	✓
Doğu1-3	800	5650	103,38	0,05	0,06	272,20	✓
Doğu2-1	800	1875	30,00	0,06	0,07	99,47	✓
Doğu2-2	800	11450	219,38	0,04	0,05	485,69	✓

Doğu2-3	800	1875	-21,87	0,06	0,07	97,51	✓
Doğu3-1	800	4400	-54,75	0,00	0,03	123,10	✓
Doğu3-2	800	5850	71,25	0,03	0,05	238,01	✓
Doğu3-3	800	4400	63,58	0,00	0,03	120,31	✓
Doğu4-1	800	17850	259,76	0,03	0,05	723,86	✓
Güney1-1	800	3350	59,76	0,02	0,05	125,05	✓
Güney1-2	800	700	9,01	0,08	0,08	42,83	✓
Güney1-3	800	2750	55,24	0,08	0,08	169,60	✓
Güney1-4	1000	9350	-180,63	0,07	0,07	641,87	✓
Güney1-5	800	2700	-49,69	0,05	0,06	125,44	✓
Güney1-6	800	2050	-18,48	0,07	0,07	111,80	✓
Güney1-7	800	2800	-42,38	0,08	0,08	172,53	✓
Güney1-8	800	2100	-24,90	0,09	0,08	135,59	✓
Güney2-1	800	1950	45,85	0,02	0,05	72,60	✓
Güney2-2	800	1950	36,13	0,04	0,06	89,25	✓
Güney2-3	800	850	-17,54	0,08	0,07	50,84	✓
Güney2-4	800	500	14,13	0,09	0,08	31,99	✓
Güney2-5	1000	1250	-22,06	0,06	0,06	80,47	✓
Güney2-6	1000	4050	-75,88	0,04	0,06	228,69	✓
Güney2-7	1000	1100	16,30	0,08	0,07	80,53	✓
Güney2-8	800	600	-13,46	0,09	0,08	37,79	✓
Güney2-9	800	650	-11,88	0,01	0,04	19,86	✓
Güney2-10	800	2050	53,20	0,02	0,05	74,93	✓
Güney2-11	800	2800	35,02	0,03	0,05	113,53	✓
Güney2-12	800	2100	-17,53	0,05	0,06	98,21	✓
Güney3-1	800	8925	114,35	0,02	0,04	320,12	✓
Güney3-2	1000	8475	-88,98	0,02	0,04	366,24	✓
Güney3-3	800	12300	112,02	0,02	0,05	445,30	✓
Kuzey1-1	900	3350	110,80	0,03	0,05	144,94	✓
Kuzey1-2	900	700	16,90	0,11	0,09	56,33	✓
Kuzey1-3	900	2750	103,63	0,09	0,08	198,40	✓
Kuzey1-4	1100	9350	319,26	0,07	0,07	741,13	✓
Kuzey1-5	900	2700	53,54	0,05	0,06	150,20	✓
Kuzey1-6	900	2050	34,36	0,02	0,04	78,70	✓
Kuzey1-7	900	2800	72,07	0,05	0,06	146,38	✓
Kuzey1-8	900	2100	37,80	0,03	0,05	90,55	✓
Kuzey2-1	900	1950	73,22	0,02	0,05	81,69	✓
Kuzey2-2	900	1950	71,76	0,06	0,06	111,50	✓
Kuzey2-3	900	850	-21,07	0,09	0,08	60,64	✓
Kuzey2-4	900	500	22,76	0,12	0,10	43,74	✓
Kuzey2-5	1100	1250	33,18	0,05	0,06	80,17	✓
Kuzey2-6	1100	4050	143,69	0,06	0,07	290,66	✓
Kuzey2-7	1100	1100	33,97	0,08	0,08	93,12	✓

Kuzey2-8	900	600	-13,79	0,08	0,08	41,62	✓
Kuzey2-9	900	650	17,91	0,06	0,07	39,28	✓
Kuzey2-10	900	2050	77,68	0,02	0,04	82,48	✓
Kuzey2-11	900	2800	67,08	0,03	0,05	123,72	✓
Kuzey2-12	900	2100	18,61	0,02	0,04	81,81	✓
Kuzey3-1	900	8925	159,32	0,02	0,05	361,89	✓
Kuzey3-2	1100	8475	111,15	0,02	0,05	438,32	✓
Kuzey3-3	900	12300	81,98	0,02	0,04	471,75	✓

d)

Yapılan hesaplara göre DD-2 için göçme öncesi seviyesinde yapılan kayma dayanımı kontrolünde, dayanım değerini aşan kesit sayısı DD-3 kontrollü hasar seviyesine göre çok daha fazladır. Çizelge 6.14'te görüldüğü üzere, özellikle Batı1-1 ve Batı 1-4 kesitleri hem DD-2 hem DD-3 deprem seviyeleri için yapılan kontrollerde beş deprem için tüm yer hareketi doğrultu ve seviyeleri kombinasyonları için elde edilen gerilme değerleri ilgili dayanım sınırını aşmaktadır. 1. Galeri katı seviyesinde pencere aralarında kalan bölgelerde de Batı 2-1, Batı 2-4 ve Batı 2-5 ve Batı 2-6 kesitlerinde deprem kombinasyonlarının %60'ı için dayanım değerlerinin aştığı gözükmemektedir. Aşan değerlerin %84'ü DD-2 seviyesindedir. Batı duvarında kapı ve pencere boşluklarının görece olarak fazla olması ve bu duvarın diğer duvarlara göre daha ince olması kayma gerilmelerinin, bu duvarda daha çok aşılmasına sebep olmuş olabileceği düşünülmektedir. Kayma dayanımı sınırının en çok Düzce ve Erzincan deprem kayıtları altında aşıldığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 6.14 : Tüm depremler için kesme dayanımı kontrolü (T: Toplam).

Deprem	Loma Prieta				Chichi				Düzce				Erzincan				Kocaeli				×	✓
Kesit/DD	2-1	2-2	3-1	3-2	2-1	2-2	3-1	3-2	2-1	2-2	3-1	3-2	2-1	2-2	3-1	3-2	2-1	2-2	3-1	3-2	T	T
Batı1-1	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	20	0
Batı1-2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	20
Batı1-3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	20
Batı1-4	×	×	×	×	×	×	×	✓	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	19	1
Batı2-1	×	×	✓	✓	×	×	×	✓	×	×	✓	✓	×	×	×	×	×	×	✓	✓	13	7
Batı2-2	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	×	✓	✓	4	16
Batı2-3	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	3	17
Batı2-4	×	×	✓	✓	×	×	✓	✓	×	×	✓	✓	×	×	×	✓	×	×	✓	✓	11	9
Batı2-5	×	×	✓	✓	×	×	✓	✓	×	×	✓	✓	×	×	×	×	×	×	✓	✓	12	8
Batı2-6	×	×	×	✓	×	×	✓	✓	×	×	✓	✓	×	×	✓	✓	×	×	×	✓	12	8
Batı3-1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	20
Batı3-2	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	3	17
Batı3-3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2	18
Batı3-4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	20
Batı4-1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	20
Doğu1-1	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	2	18
Doğu1-2	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2	18
Doğu1-3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2	18
Doğu2-1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	20
Doğu2-2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	20
Doğu2-3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	20

[illegible]

Güney3-3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	20
Kuzey1-1	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✓	9	11
Kuzey1-2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	20
Kuzey1-3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	20
Kuzey1-4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	20
Kuzey1-5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	20
Kuzey1-6	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2	18
Kuzey1-7	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1	19
Kuzey1-8	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1	19
Kuzey2-1	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓	5	15
Kuzey2-2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	20
Kuzey2-3	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2	18
Kuzey2-4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	20
Kuzey2-5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	20
Kuzey2-6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	20
Kuzey2-7	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	3	17
Kuzey2-8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	20
Kuzey2-9	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	3	17
Kuzey2-10	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✓	8	12
Kuzey2-11	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	20
Kuzey2-12	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	20
Kuzey3-1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	20
Kuzey3-2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	20
Kuzey3-3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	20
✗	14	16	3	2	11	15	3	1	15	18	2	2	15	13	5	4	13	15	3	2	172	
✓	57	55	68	69	60	56	68	70	56	53	69	69	56	58	66	67	58	56	68	69	1248	



7. SONUÇLAR

Sunulan tez çalışmasında, yığma Ortaköy Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Katolik Kilise yapısının üç boyutlu modeli sonlu elemanlar programı SAP2000 ile oluşturulmuş ve yapının modal ve gerçek 5 adet deprem kaydı altında zaman tanım alanında doğrusal analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonuçları esas alınarak öteleme oranı ve basınç, çekme ve kayma gerilmeleri kontrolleri, her bir deprem için ayrı ayrı olmak üzere, Tarihi Yapılar İçin Deprem Risklerinin Yönetimi Kılavuzu (TYDRYK) (2017)'de belirtilen kriterler izlenerek yapılmıştır. Tezin içeriği ve ulaşılan sonuçlar aşağıda ana hatlarıyla verilmektedir.

Gerçekleştirilen modal analiz sonuçlarına göre yapı birinci titreşim periyodu 0.31 s olarak elde edilmiştir. Bu değer, TBDY (2018)'de verilen ampirik bağıntıyla hesaplanan değer ile uyumludur. Kütle katılım oranı ilk 14 mod için X doğrultusunda %70,82 ve Y doğrultusunda %76,73 olup ilk 120. Mod için X doğrultusunda %88,74, Y doğrultusunda %88,88'dir.

Yerel öneme sahip tarihi yapılar sınıfında olduğu kabul edilen yapının, göçme öncesi ve kontrollü hasar seviyesine karşı gelen kontrolleri, TYDRYK (2017)'ye göre, sırasıyla DD-2 ve DD-3 yer hareketi seviyeleri için yapılmıştır. Her bir deprem çifti için taban kesme kuvveti ve yer değiştirmenin zamanla değişim ilişkileri verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, kesme kuvveti ve yerdeğıştirmeler maksimum değerlerini, yer hareketi ivmesinin en büyük değerine ulaştığı zaman adımı civarında almaktadır. En büyük ivme değerleri 0,54g ile Erzincan ve Loma Prieta depremlerinde görülmüştür. Taban kesme kuvvetlerinde en büyük değerler DD-2 ve DD-3 deprem seviyeleri için Erzincan depremine aittir. Bu değerler sırasıyla, 12771 ve 9551 kN'dur.

Batı cephesi duvarında düzlem içi yerdeğıştirmeler daha büyük değerler alırken, Güney cephe duvarı uzun olması ve kendisine dik destek duvarların bulunmaması sebebiyle düzlem dışı yerdeğıştirmeler daha büyük değerler almaktadır. Batı cephesi duvarında, duvarı dik doğrultuda destekleyen döşemenin olması ve duvar boyunun görece olarak kısa olması düzlem dışı etkilerin düzlem içi etkilere göre küçük olmasını sağlamıştır. Aynı zamanda Batı duvarında görece olarak daha çok kapı ve pencere

boşluğunun bulunması düzlem içi etkilerin öne çıkmasına neden olmuş olabilir. Batı cephesinde düzlem içi Y doğrultusunda en büyük yerdeğiştirme Nokta 4 kotunda DD-2 deprem seviyesi için 28 mm, DD-3 deprem seviyesi için ise 12 mm ile Erzincan depreminde görülmektedir. X doğrultusunda düzlem dışı en büyük yerdeğiştirme ise, kalkan duvar olması nedeniyle Nokta 3 kotunda, DD-2 deprem seviyesi için 11 mm, DD-3 deprem seviyesi için 5 mm ile Düzce depreminde gerçekleşmiştir. Çatı-kalkan duvar birleşim kabulü, en büyük düzlem dışı yerdeğiştirmenin kalkan duvar taban kotu (Nokta 3) seviyesinde meydana gelmesine sebep olmuştur. Güney duvarında Y doğrultusundaki düzlem dışı yerdeğiştirmeler Nokta 5'te en büyük değerine ulaşmaktadır. Kocaeli depreminde bu değer DD-2 deprem seviyesi için 48 mm'yi, DD-3 deprem seviyesi için ise 21 mm'yi bulmaktadır. Güney duvarında X doğrultusunda, düzlem içi yerdeğiştirme en büyük değerine Nokta 7 kotunda 7 mm ile Erzincan ve Düzce depremlerinde ulaşmaktadır.

Zaman tanım alanında yapılan doğrusal analiz için TYDRYK (2017) kapsamında gerekli kontroller yapılmıştır. DD-2 için göçme öncesi ve DD-3 için kontrollü hasar durumları için öteleme kontrolünde sınır değerler aşılmamıştır. En büyük öteleme oranı tüm depremler için Batı cephesinde 4,6 m ve 7,95 m kotlarında gözükmemektedir. Bu bölgede DD-2 seviyesi için düzlem içi öteleme oranı %0,34, DD-3 deprem seviyesi için %0,14 mertebesinde dir.

Basınç ve çekme gerilme kontrolünde, azaltılmış deprem etkileri altında basınç dayanımı aşılmazken, çekme dayanımı aşılmaktadır. Yığma malzemesinin çekme dayanımının düşük olması nedeniyle çekme gerilmelerinin ilgili sınır değeri aşması beklenen bir durumdur. Güney, kuzey ve doğu duvarlarında basınç ve çekme gerilmelerinin maksimum olduğu noktalar duvarların taban kotunda ortaya çıkarken, batı cephesinde özellikle narteksin ve 1. Galeri katı döşemesinin arasında kalan bölgede pencere kenarlarında ortaya çıkmaktadır. DD-3 deprem seviyesi için en büyük basınç ve çekme gerilmeleri -0,77 MPa ve 0,52 MPa ile güney cephesinde Kocaeli depreminde oluşmaktadır. DD-2 deprem seviyesi için en büyük basınç ve çekme gerilmeleri -1,59 MPa ve 1,44 MPa ile güney cephesinde Chichi ve Kocaeli depreminde oluşmaktadır.

Kesme dayanımı kontrolü yapılırken hem DD-2 hem de DD-3 deprem seviyeleri için dayanım değerini aşan noktalar belirlenmiştir. Özellikle batı duvarlarında zemin kat bölgesinde geniş duvar alanına sahip Batı 1-1 ve Batı 1-4 alanları üzerindeki pencere

boşluklarının da etkisiyle büyük kesme kuvvetlerine maruz kalmaktadır. 20 deprem kombinasyonunun tamamında bu noktalarda dayanım aşılmıştır. Düzce ve Erzincan depremleri için toplamda 284 kesitte, 38'er kez dayanım değeri aşılmıştır. Toplamda kesitlerin %12'sinde dayanım değerleri aşılmış olup, bunun %84'ü DD-2 deprem seviyesinde görülmüştür.





KAYNAKLAR

- Abbati, S. D., D'altri, A. M., Ottonelli, D., Castelazzi, G., Cattari, S., Miranda, S. ve Lagormarsino, S.** (2018). Seismic Assessment of Interacting Structural Units in Complex Historic Masonry Constructions by Nonlinear Static Analyses. *Computers and Structures*, 213. 51-71. <https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2018.12.001>
- Ahunbay, Z.** (1996). Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon (5.bs). İstanbul: Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları.
- Akan, A. E., ve Özen, Ö.** (2005). Bursa Yeşil Türbe'nin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Deprem Analizi. Deprem Sempozyumu. 758-762. 23-25 Mart 2005, Kocaeli.
- Aköz, F.** (2017). Tarihi Yapılarda Kullanılan Malzemeler ve Hasarlar, Tasarım Mühendislerine Yönelik Meslekiçi Seminerleri, 02 Mayıs 2017, İstanbul. <http://imoistanbul.org/imoarsiv/seminer-notlari-nisan-2017/fevziye-akoz/notlar.pdf>
- Aköz, H.** (2008). Deprem Etkisi Altındaki Tarihi Yığma Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Alamehmet, A. Z.** (2019). Bursa Ulucami Doğu Minaresinin Davranışının Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Analizler ile İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Deprem Mühendisliği ve Afet Yönetimi Enstitüsü, İstanbul.
- ARKE Restorasyon Mühendislik ve Mimarlık** (2019). Ortaköy Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Kilisesi ve Mektebi Vakfı Yapısal Gözlem ve Değerlendirme Raporu, İstanbul
- Arun, G.** (2005). Yığma Kargir Yapı Davranışı, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı. 17 Şubat 2005, Ankara.
- Arun, G.** (2016). Tarihi Yığma Yapılarda Hasar Teşhisi. TMMOB İnşaat Mühendisler Odası Gaziantep Şubesi Eğitim Semineri, Gaziantep
- Asatekin, N. G.** (2004). Kültür ve Doğa Varlıklarımız Neyi, Niçin, Nasıl Korumalıyız?. Ankara: Döşim Basımevi
- Atina Tüzüğü.** (1931). Tarihi Anıtların Restorasyonu için Uluslararası Tüzük (A. Ağır Çev.). Birinci Uluslararası Tarihi Anıtlar Mimar ve Teknisyenleri Kongresi, Atina.
- Barutçu, B.** (2012). Samatya Anarad Hıgutyun Ermeni Katolik Kilisesi Restorasyon Projesi. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Batar, T.** (2007). İstanbul Ermeni Kiliseleri Üzerine Bir Araştırma ve Narlıkapı Surp Hovhannes Ermeni Kilisesi (Eski Narlıkapı Ermeni Hastanesi). (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bayülke, N.** (2001). Ahşap Yapılar ve Deprem. Türkiye Mühendislik Haberleri, 414(4), sayfa 14-20.
- Bocciarelli, M., ve Barbieri, G.** (2017). A numerical procedure for the pushover analysis of masonry towers. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 93, 162–171.
<https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2016.07.022>
- Bozzetti, A. Ve Russo, C.** (2014). Enez Fatih Cami Strüktüel ve Jeolojik İnceleme Raporu, Edirne
- Brandonisio, G., Lucibello, G., Mele, E., ve Luca, A. D.** (2013). Damage and performance evaluation of masonry churches in the 2009 L'Aquila earthquake. *Engineering Failure Analysis*, 34, 693-714.
<https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2013.01.021>
- Büyüksağış, İ. S. ve Gürcan, S.** (2005). ASTM ve TSE Doğal Taş Standartlarının Karşılaştırılması, Madencilik Derigisi, 44(1), sayfa 33-41.
- Can, H., Kubin, J. ve Ünay, A. İ.** (2012). Düzensiz Geometrik Şekile Sahip Tarihi Binaların Sismik Davranışı. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27 (3). 679-686.
- Castellano, M.G. ve Infanti, S.** (2005). Seismic Protection of Monuments by Shape Memory Alloy Devices and Shock Transmitters. C. Modena, P. B. Lourenço ve P. Roca (Der.), *Structural Analysis of Historic Constructions Possibilities of Numerical and Experimental Techniques* (ss. 1229-1234), AK Leiden, Hollanda: CRC Press/Balkema.
- CEN-EN 1998-1.** (2004). Eurocode 8-Design of structures for earthquake resistance—Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings. Brussels: European Committee for Standardization
- Chmielewski, R. ve Kruszka, L.** (2015). Application of selected modern technology systems to strengthen the damaged masonry dome of historical St. Anna's Church in Wilanów (Poland). *Case Studies in Construction Materials*, 3, 92-101.
<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2015.08.001>
- Clementi, F., Gazzani, V., Poiani, M., ve Lenci, S.** (2016). Assesment of Seismic Behaviour of Heritage Masonry Buildings Using Numerical Modeling. *Journal of Building Engineering*, 8, 29-47.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jobbe.2016.09.005>
- Computers and Structures Inc.** (1975). SAP2000 (V.21.0.0) Yapısal Analiz ve Tasarım İçin Kullanılan Yazılım, ABD
- Curti, E., Lagomarsino, S., Resemini, S. ve Giovinazzi, S.** (2007). Analisi Non Lineari di Meccanismi Locali di Danno in Strutture Monumentali. *Civil and Natural Resources Engineering*.

- Dabanlı, Ö.** (2008). Tarihi Yığma Yapıların Deprem Performansının Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- D'Ayala, D. F.** (2014). Conservation Principles and Performance Based Strengthening of Heritage Buildings in Post-event Reconstruction. A. Ansal (Der.), *Perspectives on European Earthquake Engineering and Seismology* (C. 34, ss. 489-514. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07118-3_15
- De Matteis, G., Ciber, E., & Brando, G.** (2016). Damage Probability Matrices for Three-Nave Masonry Churches in Abruzzi After the 2009 L'Aquila Earthquake. *International Journal of Architectural Heritage*, 10(2-3), 120-145. <https://doi.org/10.1080/15583058.2015.1113340>
- Diodato, M., Macchioni, N., Brunetti, M., Pizzo, B., Nocetti, M., Burato, P., ... Mileto, C.** (2015). Understanding Spanish Timber Jack Arch Floors: Examples of Assessment and Conservation Issues. *International Journal of Architectural Heritage*, 9, 641-654. doi:10.1080/15583058.2015.1041193
- Dirlik, N.** (2017). Antik Dönemde Kemer ve Tono. Tarih Okulu Dergisi, 10(32), sayfa 815-846. <http://dx.doi.org/10.14225/Joh1168>
- Doğan, E. ve Elmas, M.** (2004). Binalarda Düşey Deprem Etkisinin Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi ile İncelenmesi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(1), sayfa 9-17.
- Döndüren, M.S., Şişik, Ö. ve Demiröz, A.** (2017). Tarihi Yapılarda Görülen Hasar Türleri. *Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi*, 13, 45-58.
- Düzgün, M.** (1985). Yığma Kargir Yapılar. Türkiye Mühendislik Haberleri, 316(5), sayfa 3-10.
- Eren, F. E.** (2010). Betonarme Perdelerde Kesme Kuvveti Dinamik Büyütme Katsayısının Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi İle İrdelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Fahjan, Y. M.** (2008). Türkiye Deprem Yönetmeliği (DBYBHY, 2007) Tasarım İvme Spektrumuna Uygun Gerçek Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklenmesi. *İMO Teknik Dergi*, 19 (93). 4423-4444.
- Fahjan, Y.M.** (2017) Türk Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY, 2017) Tabanlı Tasarım Spektrumları. [PowerPoint Slaytı]. Erişim Tarihi: 16 Mart 2020, Erşim Adresi: http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/0a17fba20e68218_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube=12
- Fuentes, D. D., Baquedano Julià, P. A., D'Amato, M. ve Laterza, M.** (2019). Preliminary Seismic Damage Assessment of Mexican Churches after September 2017 Earthquakes. *International Journal of Architectural Heritage*, 1-21. <https://doi.org/10.1080/15583058.2019.1628323>

- Gedik, Y.H.** (2008). Analysis, Repair and Strengthening of Historical Masonry Structures; Case Study. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Government of the District of Columbia Office of Planning Historic Preservation Office,** (t.y.). Roofs on Historic Buildings.
- Guglielmo, F.D., Angelillo, M. ve Ribera, F.** (2014). Masonry Walls Between Art and Science: Historical Building Techniques and Structural Analysis According to Heyman's Assumptions. 9th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions, 14–17 October 2014, Mexico City. DOI: 10.13140/RG.2.1.4601.9601
- Güler, İ.D.** (2019). Tarihi Ahşap Yapılarda Çatı Sistemleri: Kastamonu Örneği. (Yüksek Lisans Tezi). Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu.
- Hasol, D.** (1975). Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü (2.bs). İstanbul: Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları.
- Hofer, L., Zampieri, P., Zanini, M. A., Faleschini, F., & Pellegrino, C.** (2018). Seismic damage survey and empirical fragility curves for churches after the August 24, 2016 Central Italy earthquake. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 111, 98-109. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2018.02.013>
- Hutton, D. V.** (2004). Fundamentals of Finite Element Analysis. New York: The McGraw-Hill Companies.
- Indirli, M., Kouris, A. L., Formisano, A., Borg, R. P., ve Mazzolani, F. M.** (2013). Seismic Damage Assessment of Unreinforced Masonry Structures After The Abruzzo 2009 Earthquake: The Case Study of the Historical Centers of L'Aquila and Castelvechio Subequo. *International Journal of Architectural Heritage*, 7(5), 536-578. <https://doi.org/10.1080/15583058.2011.654050>
- Illampas, R., Ioannou, I., ve Lourenço, P. B.** (2020). Seismic appraisal of heritage ruins: The case study of the St. Mary of Carmel church in Cyprus. *Engineering Structures*, 224, 111209. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.111209>
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü** (2020). Beşiktaş Olası Deprem Kayıp Tahminleri Kitapçığı.
- İnşaat Mühendisleri Odası** (2013). Çatı Örtüleri. http://www.imo.org.tr/mevzuat/teknik_bilgiler.php
- Jain, A., Acito, M., ve Chesi, C.** (2020). Seismic sequence of 2016–17: Linear and non-linear interpretation models for evolution of damage in San Francesco church, Amatrice. *Engineering Structures*, 211, 110418. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110418>
- Kaptan, M. V.** (2010). Anıtsal Yığma Binalarda Risk Düzeyinin Tespitine İlişkin Bir Öndeğerlendirme Yöntemi. (Doktora Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Kasap, S.** (2018). Ortaköy Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Katolik Kilisesi, Restorasyon Projesi. (Yüksek Lisans Tezi). Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kaushik, H. B., Rai, D. C. ve Jain, S. K.** (2007). Stress-Strain Characteristics of Clay Brick Masonry Under Uniaxial Compression. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 19(9), 728-739. 10.1061/(ASCE)0899-1561(2007)19:9(728)
- Kaya, Ç.** (2010). Yığma Duvarların Elastik-Plastik Hesabı. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Korkmaz, K. A., Çarhoğlu, A. I., Usta, P. ve Toker, S.** (2013). Tarihi Kiliselerin Deprem Davranışının Van Akdamar Kilisesi Örneğinde İncelenmesi. *SDU International Technologic Science*, 5(2), 22-29.
- Korkmaz, K. A., Zabin, P., Çarhoğlu, A. I. ve Nuhoğlu, A.** (2014). Rize Merkez Kurşunlu Camisi'nin Deprem Davranışının İncelenmesi. *SAÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 18 (3), 149-156.
- Kuran, F , Mısır, İ , Aldemir, Ö , Tuna, E , Fırat, S** (2020). 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Yığma Yapılar Bölümü Üzerine Bir Değerlendirme ve Donatısız Yığma Bina Örnekleri için Karşılaştırmalı Analiz. *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 2 (1), 47-60. DOI: 10.46464/tdad.726301
- Lagomarsino, S.** (1998). A New Methodology for the Post-Earthquake Investigation of Ancient Churches. 11th European Conference on Earthquake Engineering, 6-11 Eylül 1998, Paris, Fransa.
- Lagomarsino, S.** (1999). Damage survey of ancient churches: The Umbria-Marche experience. A. Bernardini, (Der.), *Seismic Damage to Masonry Buildings: Proceedings of the International Workshop, Padova, Italy, 25-27 June 1998* (ss. 81-94). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Lagomarsino, S. ve Podestà, S.** (2004). Seismic Vulnerability of Ancient Churches: I. Damage Assessment and Emergency Planning. *Earthquake Spectra*, 20(2), 377-394. <https://doi.org/10.1193/1.1737735>
- Lagomarsino, S.** (2011). Damage assessment of churches after L'Aquila earthquake (2009). *Bulletin of Earthquake Engineering*, 10(1), 73-92. <https://doi.org/10.1007/s10518-011-9307-x>
- Lourenco, P. B.** (1996). Computational Strategies for Masonry Structures. (Doktora Tezi). Delft Teknik Üniversitesi, Hollanda.
- Lucibello, G., Brandonisio, G., Mele, E., ve De Luca, A.** (2010). Seismic Behavior of some Basilica Churches after L'Aquila 2009 Earthquake. *Advanced Materials Research*, 133-134, 801-806. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.133-134.801>
- Lupășteanu, R., Soveja, L., & Lupășteanu, V.** (2015). Structural Rehabilitation of old Masonry Churches. A Cost-Oriented Case Study. *"Gheorghe Asachi" Technical University of Iași Faculty of Civil Engineering and Building Service*, LXI (LXV). 27-42.

- Maheri, M. R. ve Rahmani, H.** (2003). Static and Seismic Design of One-way and Two-way Jack Arch Masonry Slabs. *Engineering Structures*, 25, 1639-1654. doi: 10.1016/S0141-0296(03)00143-3
- Mahrebel, H.A.** (2006). Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri, Hasarlar, Onarım ve Güçlendirme Teknikleri. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Martinez, G., Jara, J. M. ve Olmos, B. A.** (2019). Earthquake damage on the vaulted nave of the Atlatlahucan Ex-Convent church in Morelos, Mexico. *Vibroengineering PROCEDIA*, 27, 30-36. <https://doi.org/10.21595/vp.2019.20914>
- MEB.** (2018). Ahşap Çatı ve Kalıp Elemanları. İnşaat Teknolojisi. Ankara
- Meli, R. ve Pena, F.** (2005). On Elastic Models for Evaluation of the Seismic Vulnerability of Masonry Churches. C. Modena, P. B. Lourenço ve P. Roca (Der.), *Structural Analysis of Historic Constructions Possibilities of Numerical and Experimental Techniques* (ss. 1121-1131), AK Leiden, Hollanda: CRC Press/Balkema.
- Mülayim, S.** (2010). Sütun. *TDV İslam Ansiklopedisi*, (Cilt 38, ss. 181-182). Erişim Adresi: <https://islamansiklopedisi.org.tr/sutun> Erişim Tarihi: 12.03.2020
- Mülayim, S.** (2012) Tono. *TDV İslam Ansiklopedisi*, (Cilt 41, ss. 238-240). Erişim Adresi: <https://islamansiklopedisi.org.tr/tonoz> Erişim Tarihi: 12.03.2020.
- NTC,** (2018) Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018.). Gazzetta Ufficiale, n. 42 del 20/02/2018, Supplemento ordinario n.8.
- Olosz, E. ve Szabo, B.** (2008). The Structural Behaviour of Spires. D. D'Ayala & E. Fodde (Der.), *Structural Analysis of Historic Construction* (ss. 999-1023), AK Leiden, Hollanda: CRC Press/Balkema.
- Özalp, S., Emre, Ö. ve Doğan A.** (2013) Kuzey Anadolu Fayı Güney Kolu'nun Segment Yapısı ve Gemlik Fayının Paleosismik Davranışı, KB Anadolu. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* 147, 1-17.
- Özen, G. Ö.** (2006). Comparison of Elastic and Inelastic Behavior of Historic Masonry Structures at the Low Load Levels. (Yüksek Lisans Tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Özgül, N.** (2011) İstanbul İl Alanının Jeolojisi. Erişim Tarihi: 21.12.2019, Erişim Adresi: <http://www.ibb.gov.tr>.
- Papa, G. S., ve Silva, B.** (2018). Assessment of Post-Earthquake Damage: St. Salvatore Church in Acquapagana, Central Italy. *Buildings*, 8(3), 45. <https://doi.org/10.3390/buildings8030045>
- Perker, Z.** (2012). Sistem Yaklaşımı Bağlamında Bir Girdi ve Sistem Olarak Anadolu Konutu. *Engineering Sciences*, 7 (2), 554-571.
- Przewlocki, J., Dardzinska I. ve Swiniński, J.** (2005). Review of Historical Buildings. *Geotechnique*, 55(5), 363-372. doi:10.1680/geot.55.5.363.66017

- Roca, P., Lourenço, B. P. ve Gaetani, A.** (2019). *Historic Construction and Conservation Materials, Systems and Damage*. New York: Routledge.
- Sanchez, I. B.** (2007). *Strengthening of Arched Masonry Structures With Composite Materials*. (Doktora Tezi). Universidade do Minho,
- Sarhosis, V., Bagi, K., Lemos, J.V. ve Milani, G.** (2016). *Computational Modeling of Masonry Structures Using the Discrete Element Method*. Pensilvanya: IGI Global.
- Savaşır, K.** (2016). Kubbelerin Yapım Sistemlerinin Yük Aktarım Prensiplerine Göre İrdelenmesi. 8. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, 2-3 Haziran 2016, İstanbul.
- Seismosoft Eartquake Engineering Software Solutions.** (2020). *SeismoMatch Deprem Kayıtlarının Ölçeklendirilmesinde Kullanılan Yazılım*, İtalya.
- Seismosoft Eartquake Engineering Software Solutions.** (2016). *SeismoSignal İvme Kayıtlarının Filtrelenmesi ve Eksen Düzeltme İşleminde Kullanılan Yazılım*, İtalya
- Sesigür, H., Çelik. O. C. ve Çılı, F.** (2007). Ahi Çelebi Camisinin Onarımı ve Güçlendirilmesi. *1. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu*, 231-238. 27-29 Eylül 2007. Ankara.
- Silva, R., Costa, C. ve Arede. A.** (2020). Nonlinear Analysis of a Multispan Stone Masonry Bridge Under Railway Traffic Loading. A. Arede ve C. Costa (Der.), *Proceedings of ARCH 2019 9th International Conference on Arch Bridges* (ss. 119-127). Cham: Springer,
- Smith, M. R.** (1999). Appendix C: Stone and Rock Properties, *Stone: Building Stone, Rock Fill and Armourstone in Construction* (451-470. ss). Bath: STM & Geological Society
<https://doi.org/10.1144/GSL.ENG.1999.016.01.12>
- Söylemez, M., Demir, A. ve Onar, A.** (2011). Pişme Sıcaklığının Tuğlanın Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkileri, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilim Dergisi, 7(2), sayfa 71-80.
- Taliercio, A., ve Binda, L.** (2007). On the reliability of linear elastic analyses of historical masonry buildings: A case study. *Journal of Building Appraisal*, 2(4), 301-312. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jba.2950051>
- Tanman, M.B.** (Ed.). (2014) Ortaköy’de Gayrimüslim Cemaatlere Ait Mimari Eserler. *Büyük Mecidiye Camii ve Ortaköy* (ss.201-241). İstanbul: Kuveyt Türk Katılım Bankası Kültür Yayınları.
- TBDY.** (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği.
- Tcholakian, M. H. J.** (1998). *L'Eglise Armenienne Catholique en Turquie*. İstanbul: Ohan Matbaacılık.
- Tetik, T.** (2015). Tarihi Yığma Yapıların Deprem Performansı ve Güçlendirme Teknikleri. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Deprem Mühendisliği ve Afet Yönetimi Enstitüsü, İstanbul.
- TS 498.** (1987). Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri.

- TS 647.** (1979). Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları.
- TS ISO 9194.** (1997) Yapıların Projelendirme Esasları Taşıyıcı Olan ve Olmayan Elemanlar Depolanmış Malzemeler-Yoğunluk. TSE, Ankara
- Tuğlacı, P.** (1991). İstanbul Ermeni Kiliseleri. İstanbul: Pars Yayın.
- Uçar, T. ve Merter, O.** (2015). Gerçek Depremlerin Ölçeklenmiş Kayıtlarına Ait Tepki Spektrumlarının Farklı Tasarım İvme Spektrumları ile Uyuşumunun Araştırılması. 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı.14-16 Ekim 2015, İzmir.
- Uğur, L , Erdal, M , Üçkardeşler, A.** (2018). Çatı Kaplama Malzemesi Seçiminde Vikor Çok Kriterli Karar Verme Yönteminin Uygulanması. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi , 7 (2) , 117-130
- Uğuz, S.** (2016). Tarihi Yığma Bir Binanın Deprem Güvenlik Analizi: Tarihi Konya-Gazi Lisesi (Darü'l Muallim) Örneği. (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Ural, A.** (2009). Yığma Yapıların Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Davranışlarının İncelenmesi. (Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Vakıflar Genel Müdürlüğü** (2017). Tarihi Yapılar İçin Deprem Risklerinin Yönetimi Kılavuzu.
- Valente, M. ve Milani, G.** (2015). Failure Analysis of Seven Masonry Churches Severely Damaged During the 2012 Emilia-Romagna (Italy) Earthquake: Non-linear Dynamic Analyses vs Conventional Static Approaches. *Engineering Failure Analysis*, 54, 13-56. <http://dx.doi.org/10.1016/j.engfailanal.2015.03.016>
- Valente, M. ve Milani, G.** (2018). Damage Survey, Simplified Assessment, and Advanced Seismic Analyses of Two Masonry Churches After the 2012 Emilia Earthquake. *International Journal of Architectural Heritage*, 13(6), 901-924. <https://doi.org/10.1080/15583058.2018.1492646>
- Yergün, U. ve Çiftçi, A.** (2008). Imported construction materials and techniques in 19th century Ottoman architecture. D. D'Ayala & E. Fodde (Der.), *Structural Analysis of Historic Construction* (ss. 999-1023), AK Leiden, Hollanda: CRC Press/Balkema
- Yön, B., Sayın, E. ve Onat, O.** (2017). Earthquakes and Structural Damages. T. Zouaghi (Der.), *Earthquakes - Tectonics, Hazard and Risk Mitigation* (ss. 319-339), Intech, <https://doi.org/10.5772/65425>
- Zanazzi, E., Coisson, E., ve Ferretti, D.** (2019). GIS Analysis of the Seismic Damage on Historical Masonry Spires. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W11, 1173-1179. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W11-1173-2019>
- Url-1 Yedikule Surp Pırğıç Ermeni Hastanesi** (2012). Erişim Adresi: <http://www.agos.com.tr/tr/yazi/1625/anlatilan-osmanli-ermenilerinin-180-yillik-oykusudur>, Erişim Tarihi: 21.12.2019

Url-2 Coşkun, E. (t.y.). Geleneksel Strüktüel Sistemler ve Sorunları. Ders Notları,
<https://www.slideshare.net/ErdalCoskun/geleneksel-tayc-sistemler-sistemler>

URL-3 Sütun Nedir ve Çeşitleri Nelerdir?. (2017). Erişim Tarihi: 08.10.2019, URL:
<https://okuryazarim.com/sutun-nedir-cesitleri-nelerdir/>

URL-4 Erken Hristiyan ve Bizans Mimarlığı. (t.y.) [PowerPoint Slaytı]. Erişim Adresi: <https://docplayer.biz.tr/166567-Erken-hrgstgyan-ve-bgzans-mgmarligi.html>

URL-5 <https://en.wikipedia.org/wiki/Armenian_church_architecture>. Erişim Tarihi 21.12.2019

URL-6 Ortaköy Surp Krikor Lusavoriç Ermeni Katolik Kilisesi. (2019). <<https://keos.besiktas.bel.tr/keos///>>. Erişim Tarihi: 21.12.2019

URL-7 AFAD. (2019) Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması. Erişim Tarihi: 21.12.2019, Erişim Adresi: <https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/detayliRapor.xhtml>

URL-8 PEER Ground Motion Database. (2020).<https://ngawest2.berkeley.edu/site>.



EKLER

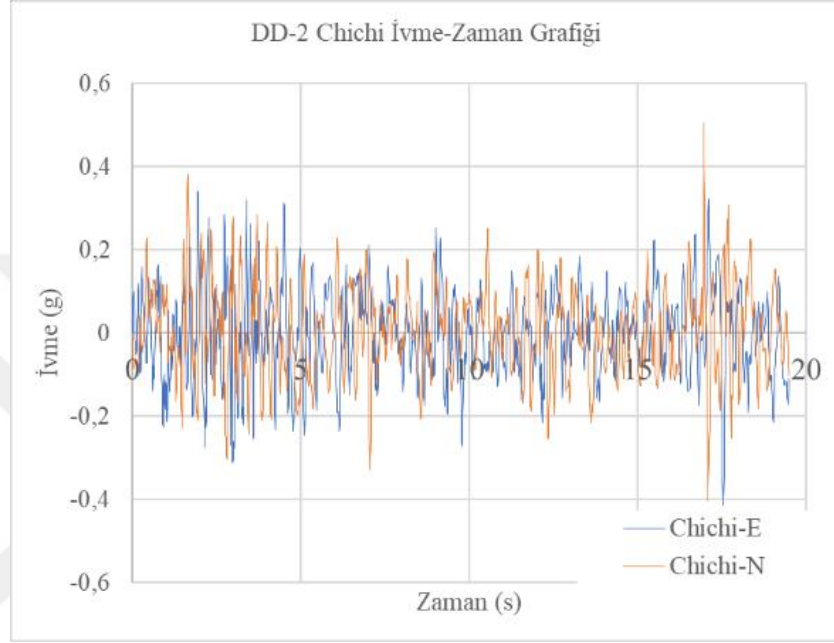
EK A Chichi, Düzce, Kocaeli, Erzincan depremlerine ait tablolar.



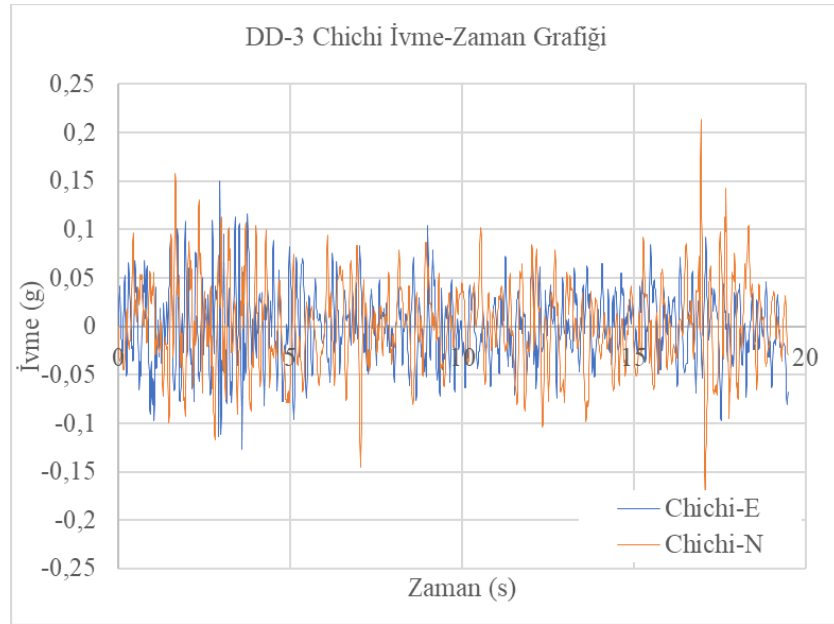


EK A

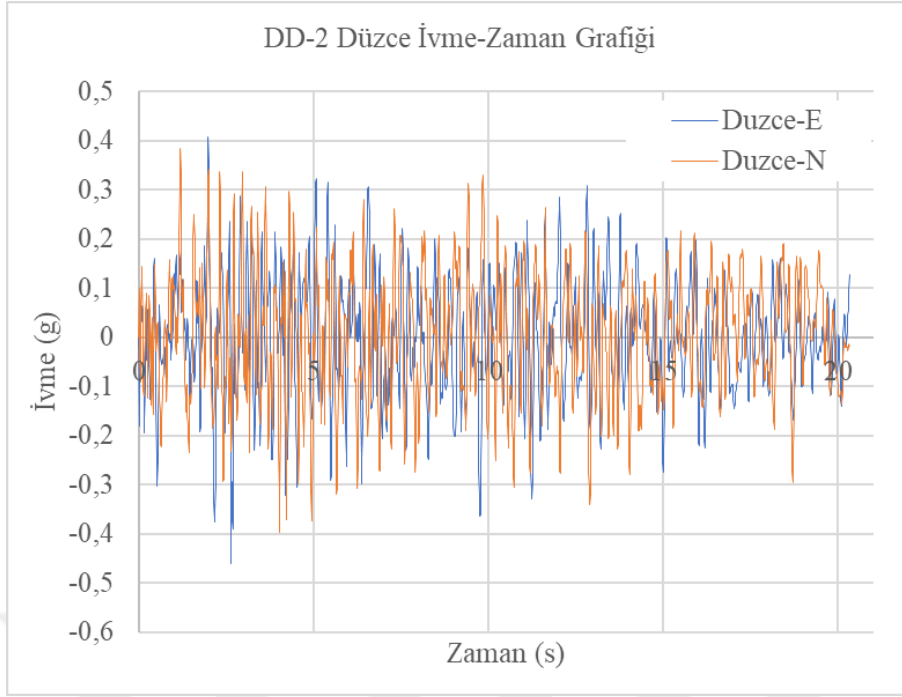
EK A1 İvme Zaman ve Taban Kesme Kuvveti Zaman Grafikleri



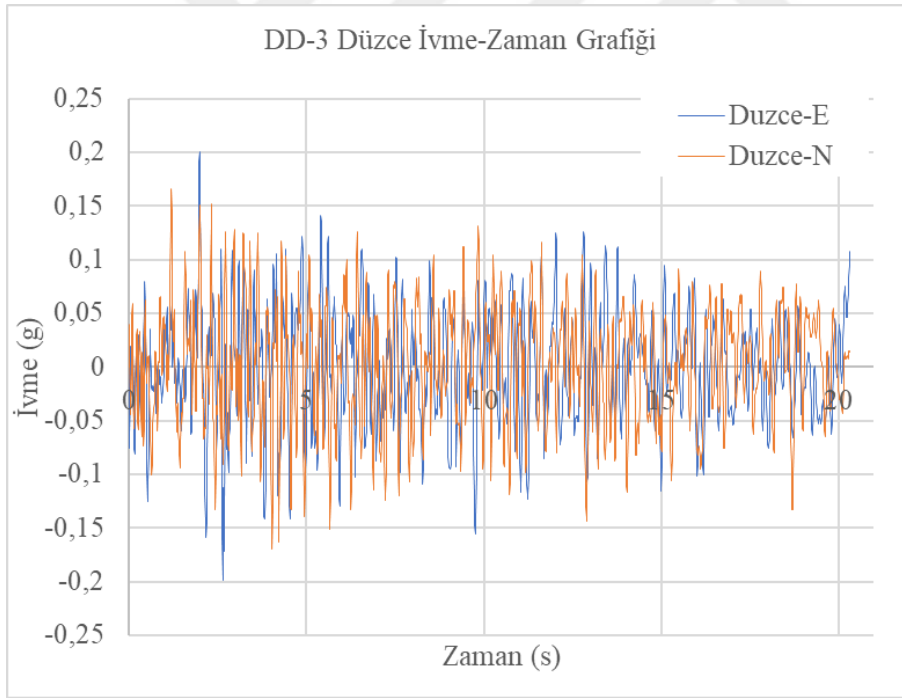
a)



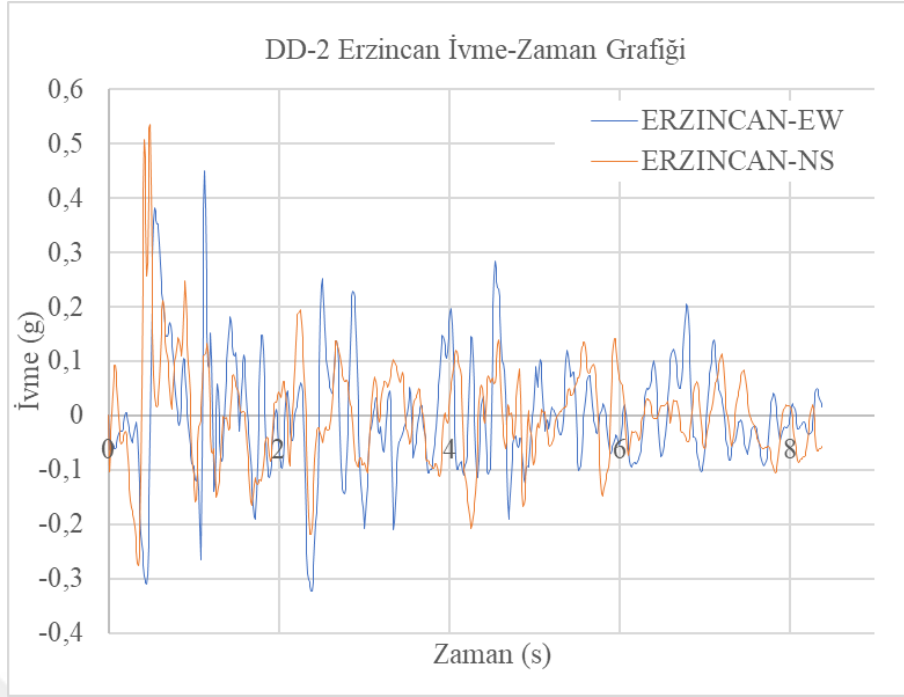
b)



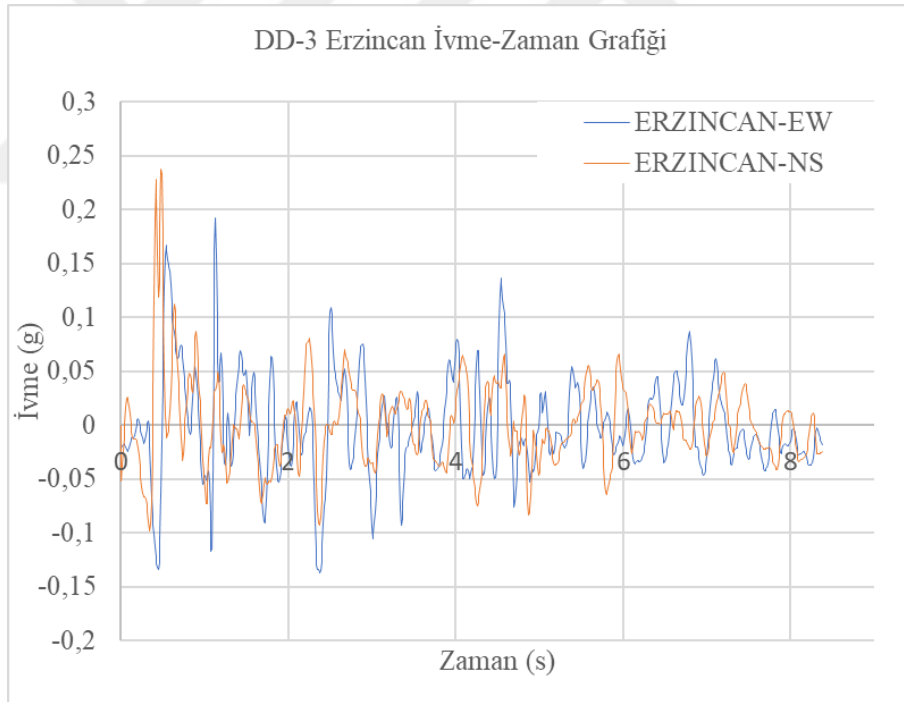
c)



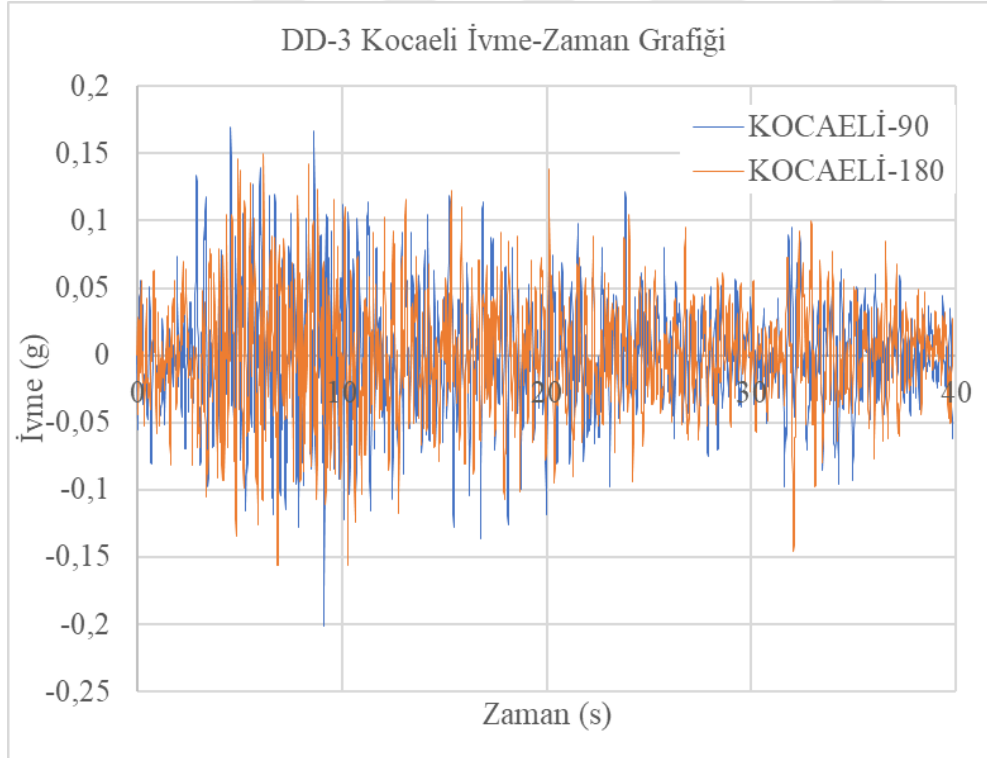
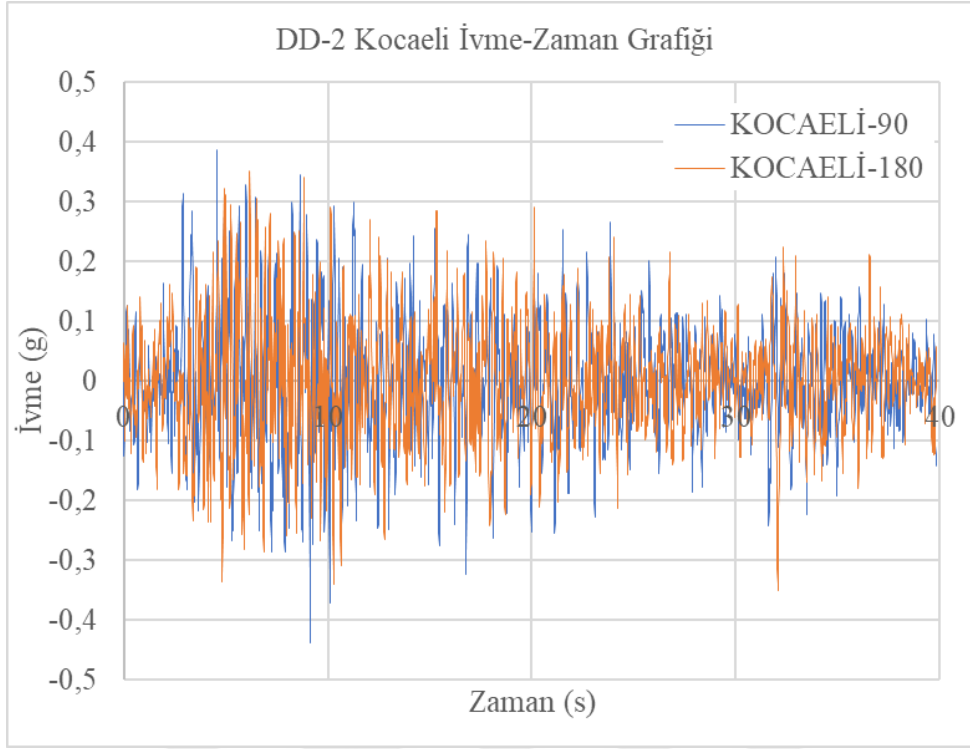
d)



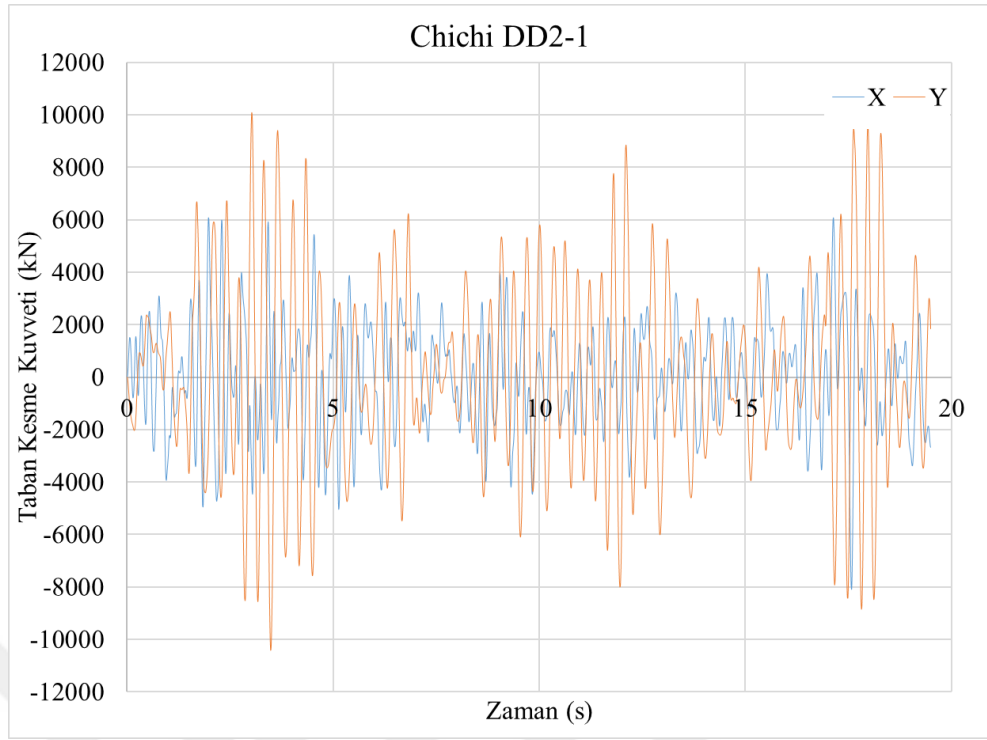
e)



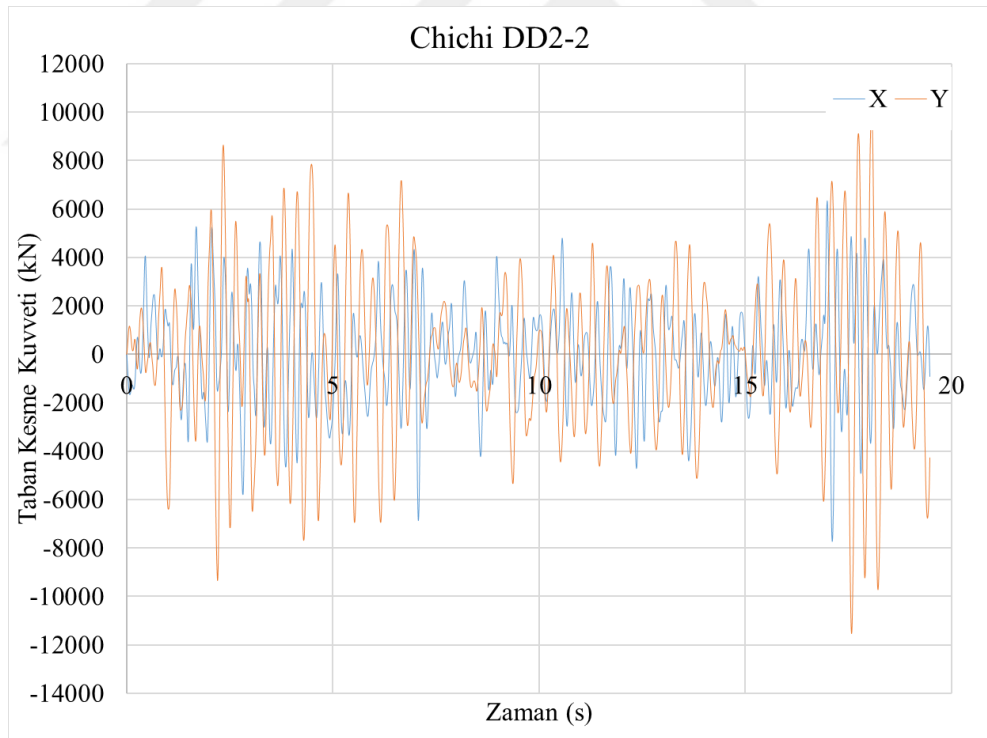
f)



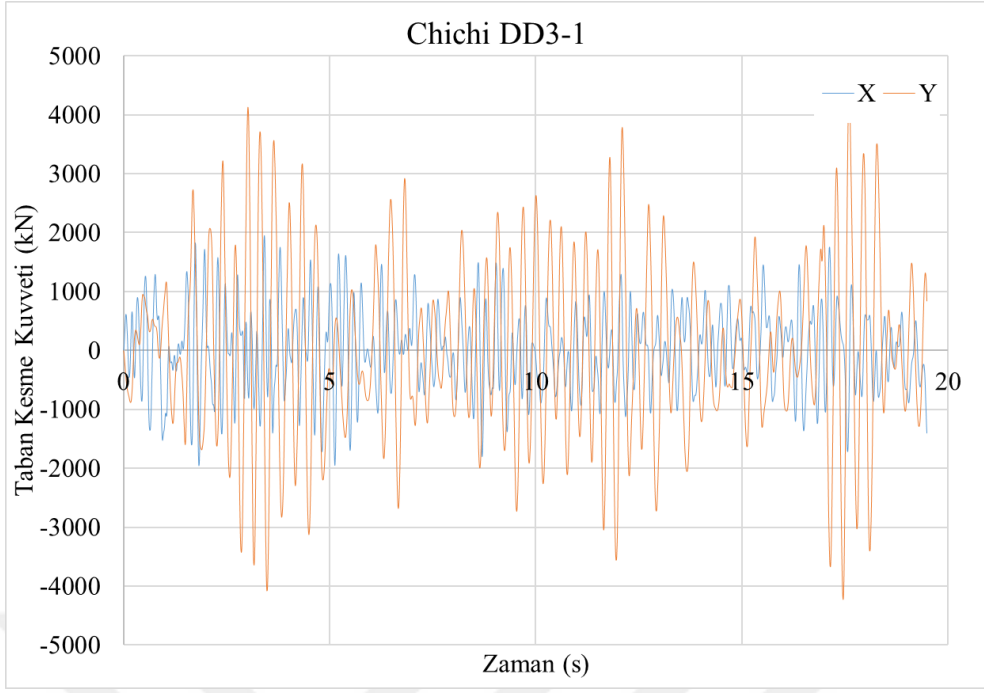
Şekil A.1.1 : Ölçeklendirilmiş ve kısaltılmış deprem ivme zaman grafiği a) DD-2 Chichi b) DD-3 Chichi c) DD-2 Düzce d) DD-3 Düzce e) DD-2 Erzincan f) DD-3 Erzincan g) DD-2 Kocaeli h) DD-3 Kocaeli.



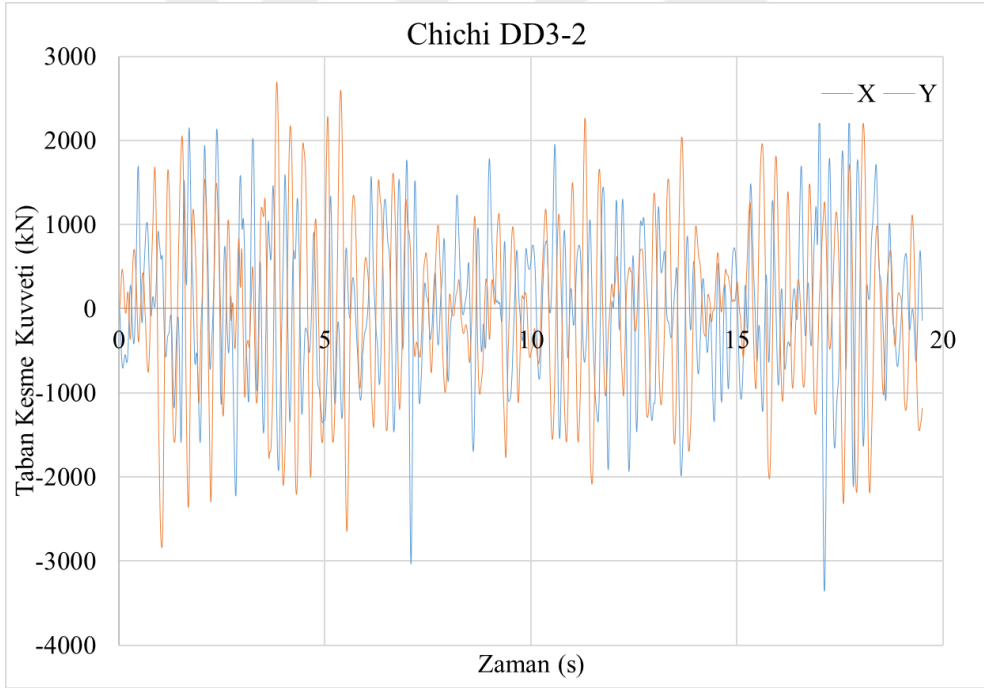
a)



b)

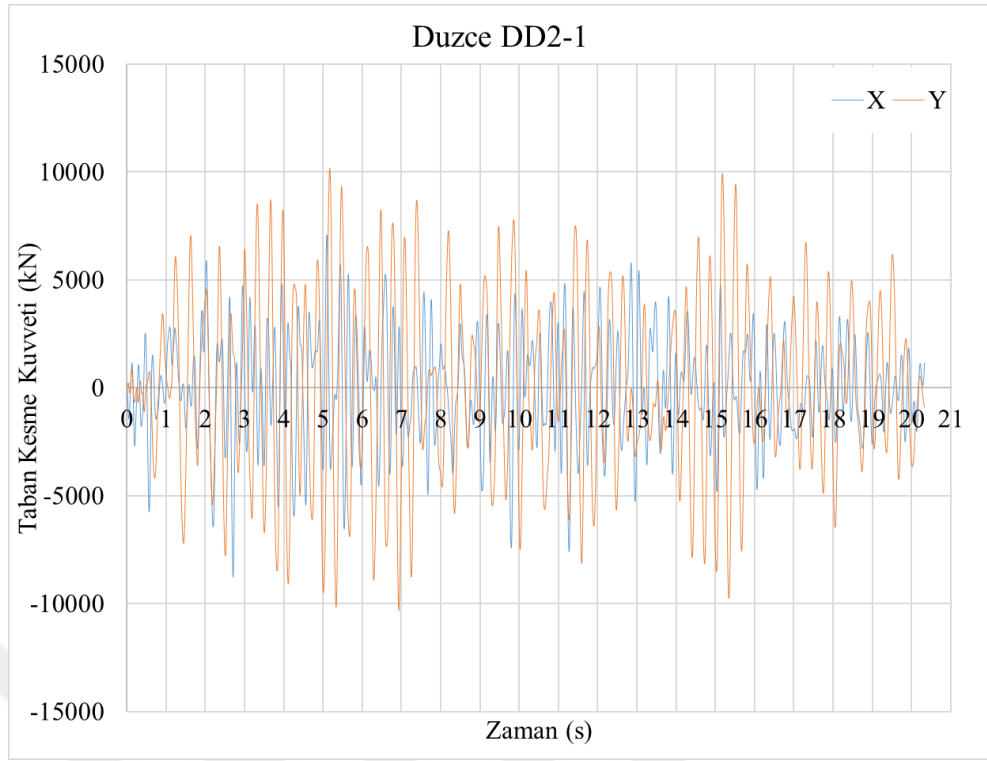


c)

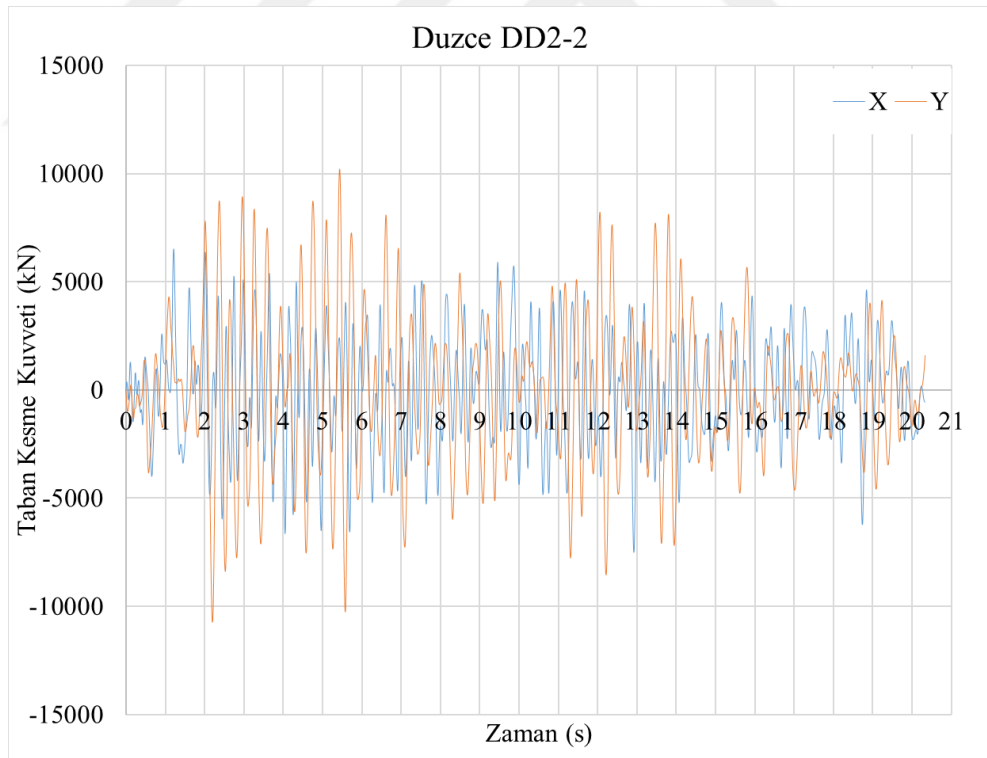


d)

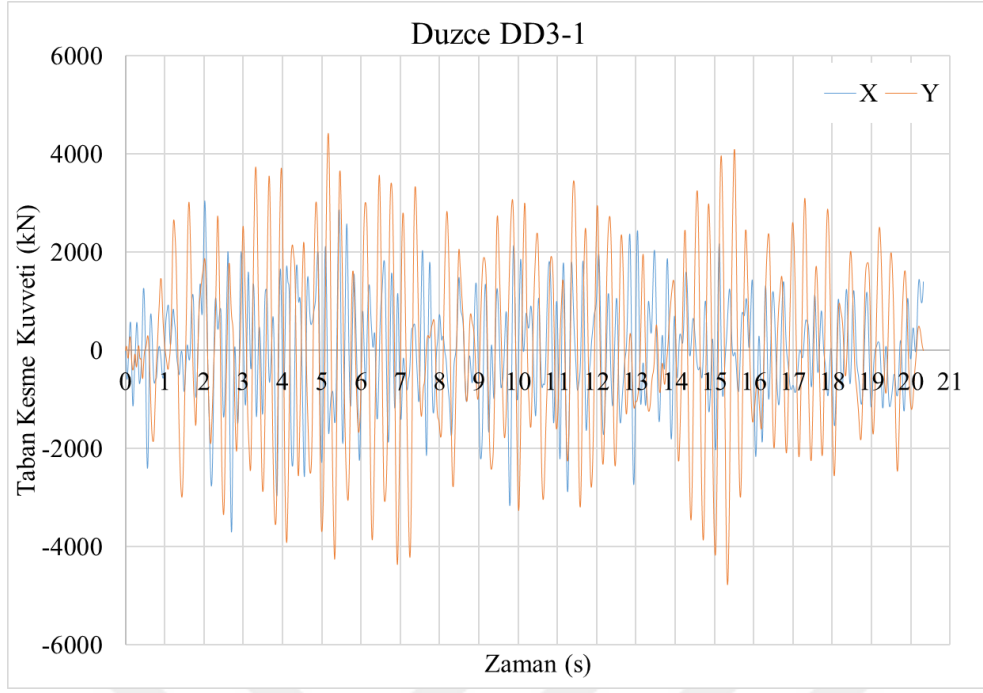
Şekil A.1.2 : Chichi depremi için zamana bağlı taban kesme kuvvetleri değişimi a) DD2-1 b) DD2-2 c) DD3-1 d) DD3-2.



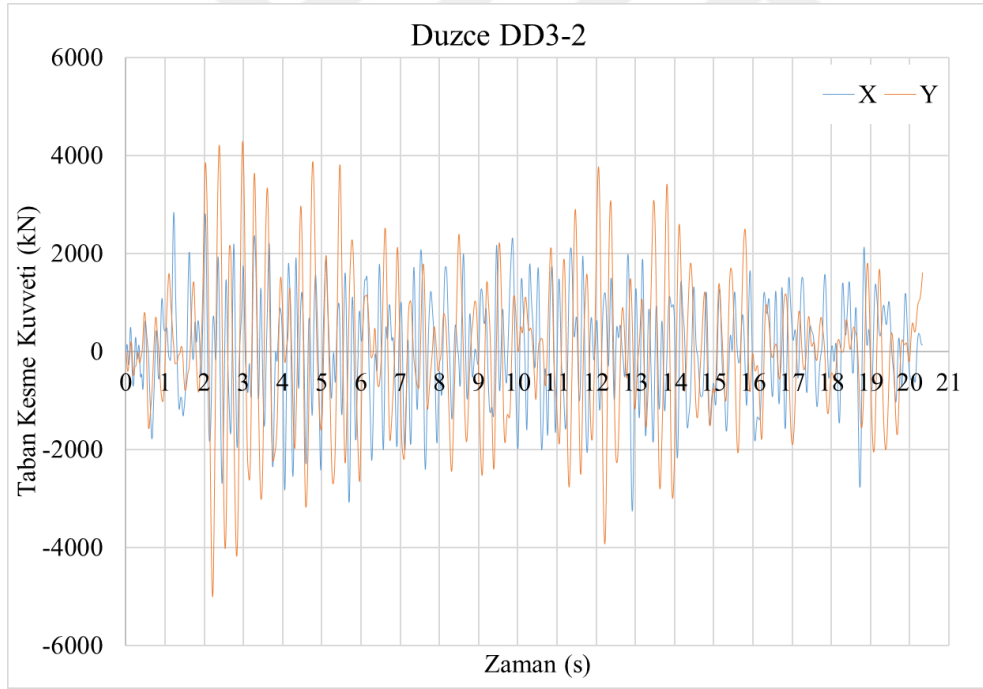
a)



b)

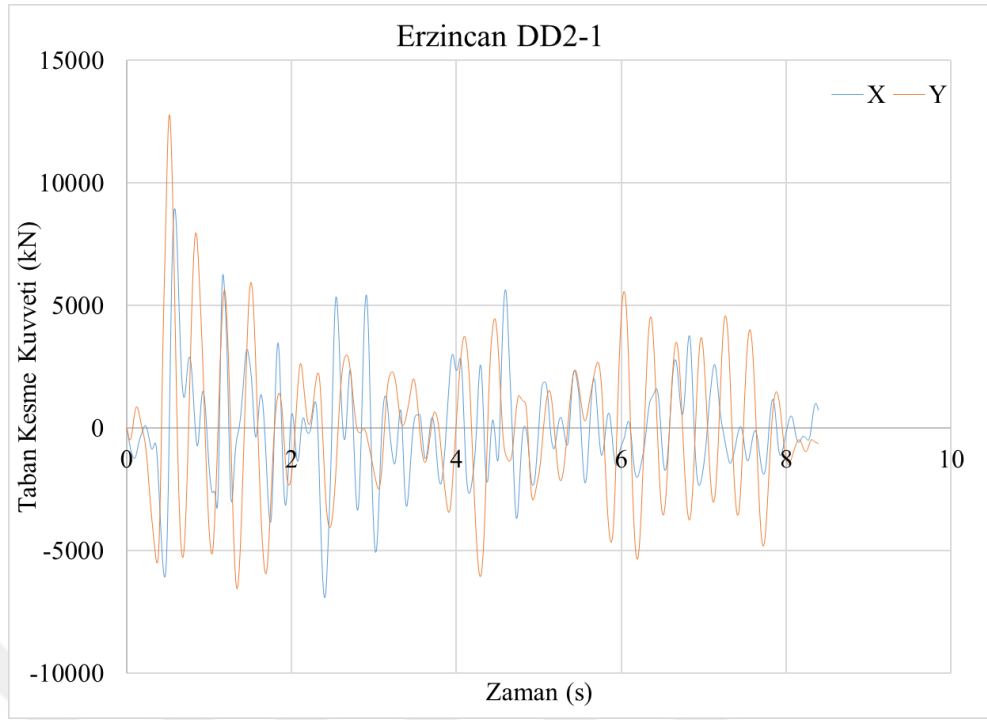


c)

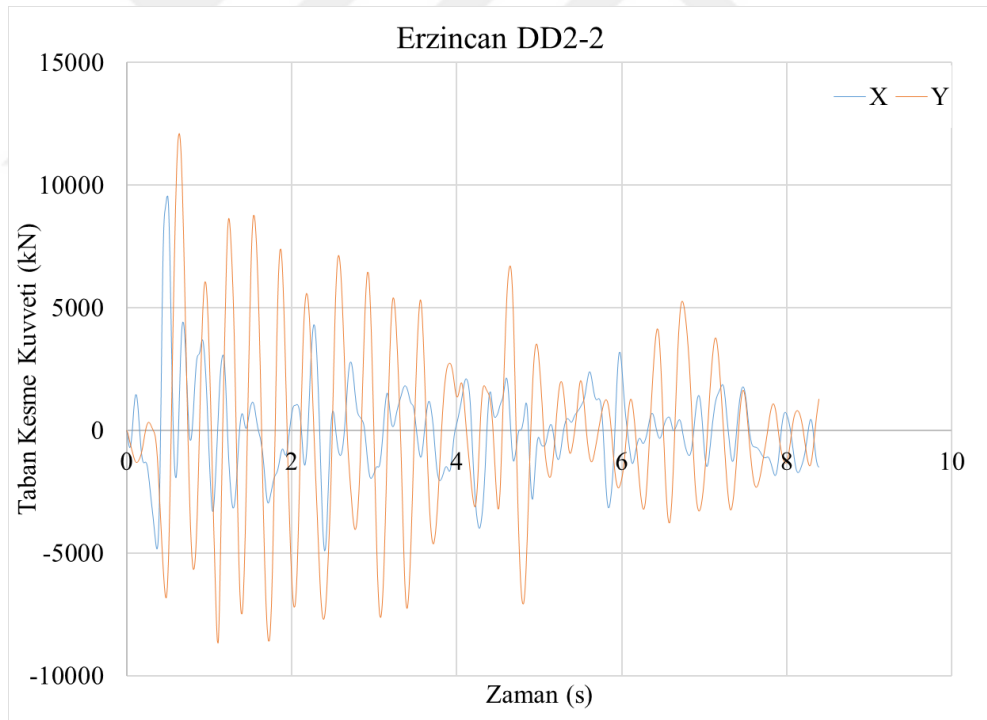


d)

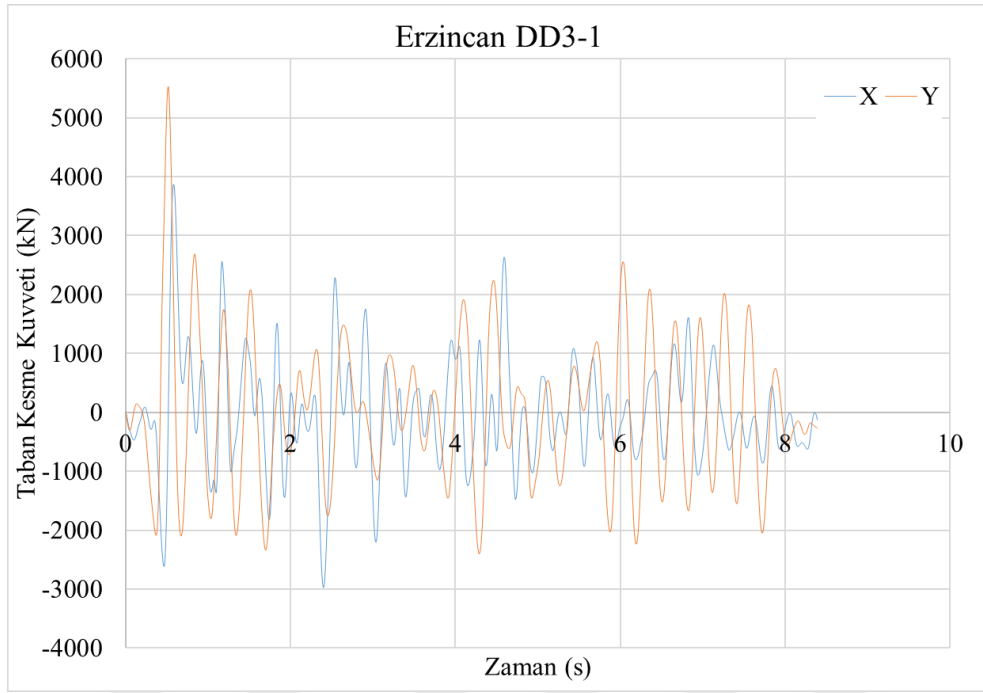
Şekil A.1.3 : Düzce depremi için zamana bağlı taban kesme kuvvetleri değişimi a) DD2-1 b) DD2-2 c) DD3-1 d) DD3-2.



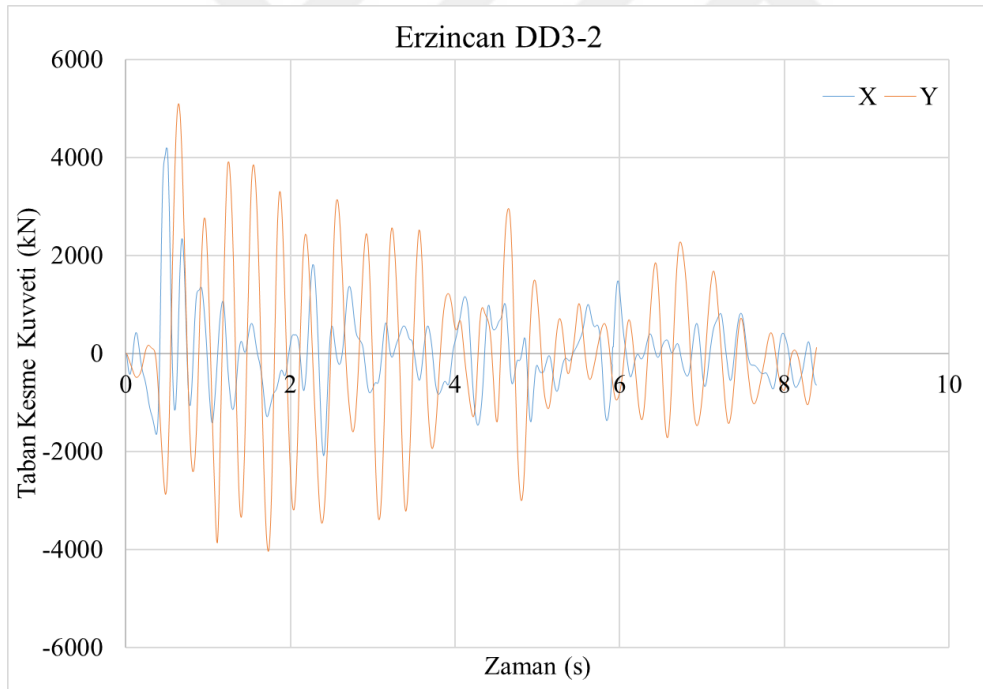
a)



b)

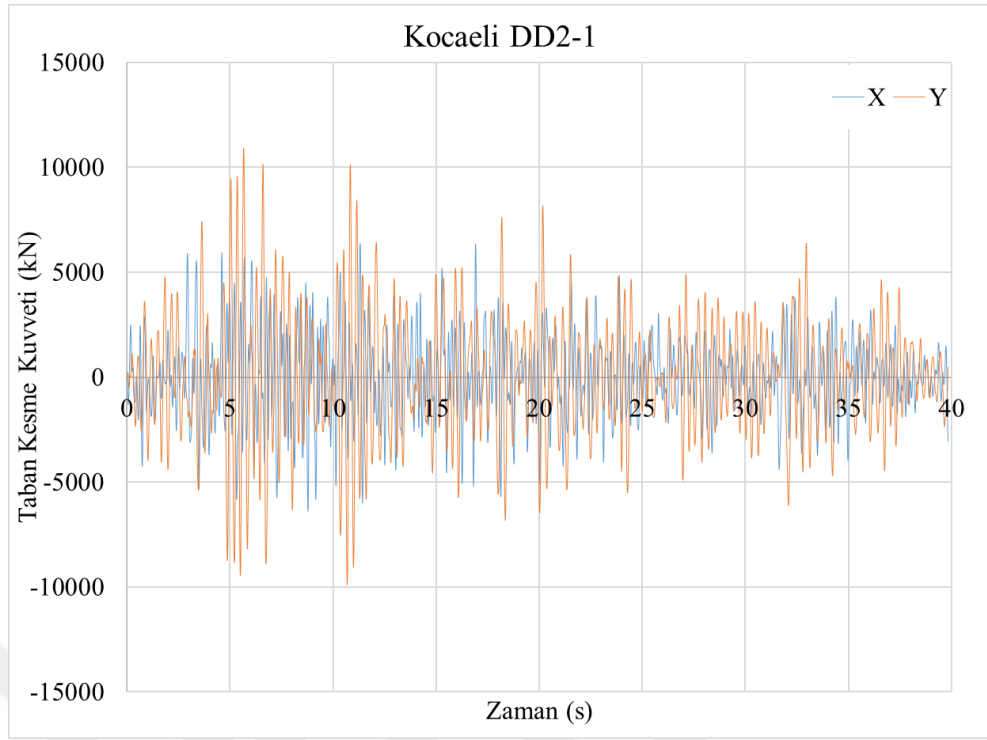


c)

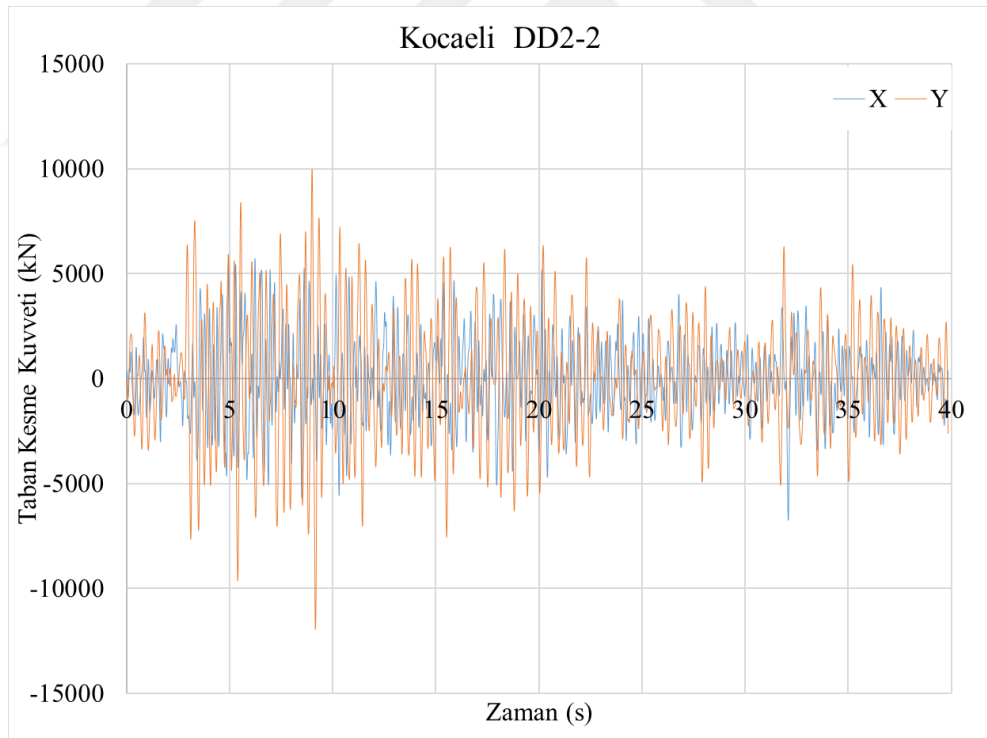


d)

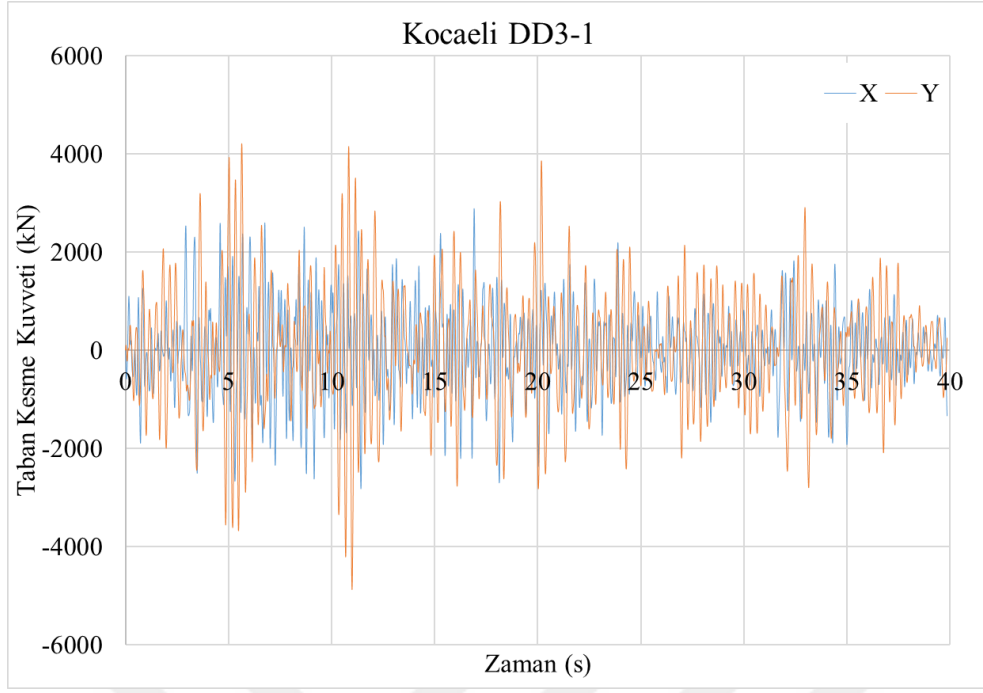
Şekil A.1.4 : Erzincan depremi için zamana bağlı taban kesme kuvvetleri değişimi a) DD2-1 b) DD2-2 c) DD3-1 d) DD3-2.



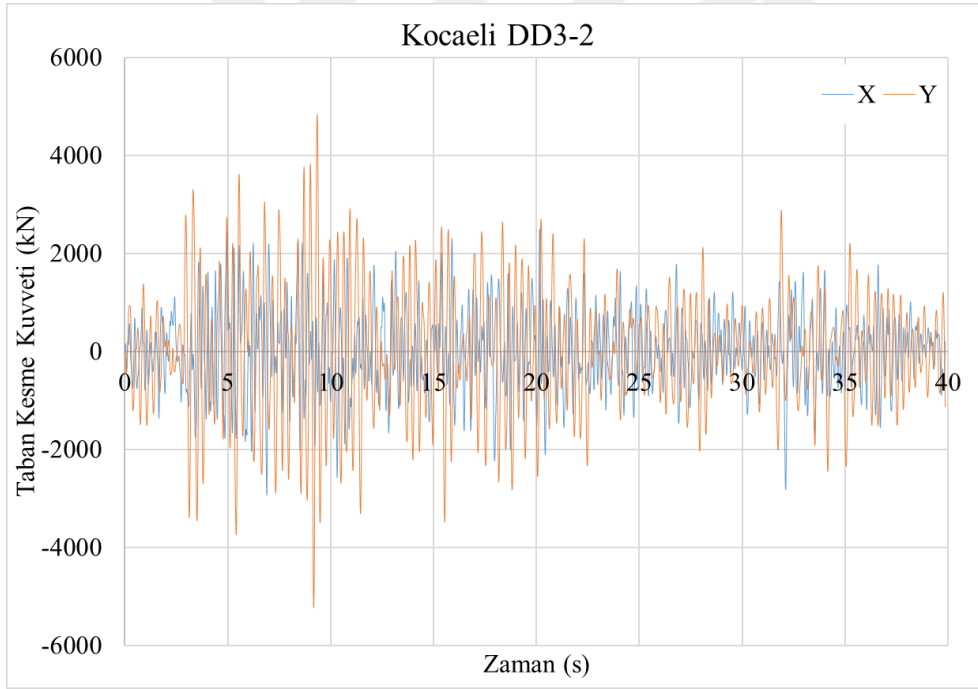
a)



b)



c)



d)

Şekil A.1.5 : Kocaeli depremi için zamana bağlı taban kesme kuvvetleri değişimi a) DD2-1 b) DD2-2 c) DD3-1 d) DD3-2.

EK A2 Kontroller

Çizelge A.2.1: Farklı deprem seviyeleri için öteleme kontrolü a) Chichi DD-2 b) Chichi DD-3 c) Düzce DD-2 d) Düzce DD-3 e) Erzincan DD-2 f) Erzincan DD-3 g) Kocaeli DD-2 h) Kocaeli DD-3.

DD-2 Chichi Depremi									
Oran		Batı Cephesi				Doğu Cephesi			
		Chi-1 (%)	Kontrol	Chi-2 (%)	Kontrol	Chi-1 (%)	Kontrol	Chi-2 (%)	Kontrol
4,6 m	Max	0,22	✓	0,24	✓	0,09	✓	0,11	✓
	Min	-0,22	✓	-0,22	✓	-0,09	✓	-0,09	✓
7,95 m	Max	0,28	✓	0,32	✓	0,09	✓	0,10	✓
	Min	-0,30	✓	-0,30	✓	-0,09	✓	-0,09	✓
9,9 m	Max	0,08	✓	0,09	✓	0,08	✓	0,09	✓
	Min	-0,08	✓	-0,08	✓	-0,08	✓	-0,08	✓
14,1 m	Max	0,06	✓	0,07	✓	0,06	✓	0,07	✓
	Min	-0,06	✓	-0,06	✓	-0,06	✓	-0,07	✓
Oran		Güney Cephesi				Kuzey Cephesi			
		Chi-1 (%)	Kontrol	Chi-2 (%)	Kontrol	Chi-1 (%)	Kontrol	Chi-2 (%)	Kontrol
4,6 m	Max	0,05	✓	0,04	✓	0,06	✓	0,06	✓
	Min	-0,05	✓	-0,06	✓	-0,05	✓	-0,06	✓
7,95 m	Max	0,07	✓	0,06	✓	0,09	✓	0,08	✓
	Min	-0,07	✓	-0,08	✓	-0,08	✓	-0,09	✓
9,9 m	Max	0,02	✓	0,02	✓	0,02	✓	0,02	✓
	Min	-0,02	✓	-0,02	✓	-0,02	✓	-0,02	✓

a)

DD-3 Chichi Depremi									
Öteleme Kontrolü		Batı Cephesi				Doğu Cephesi			
		Chi-1 (%)	Kontrol	Chi-2 (%)	Kontrol	Chi-1 (%)	Kontrol	Chi-2 (%)	Kontrol
4,6 m	Max	0,09	✓	0,06	✓	0,04	✓	0,03	✓
	Min	-0,10	✓	-0,06	✓	-0,04	✓	-0,03	✓
7,95 m	Max	0,12	✓	0,08	✓	0,04	✓	0,02	✓
	Min	-0,14	✓	-0,08	✓	-0,04	✓	-0,02	✓
9,9 m	Max	0,03	✓	0,02	✓	0,03	✓	0,02	✓
	Min	-0,04	✓	-0,02	✓	-0,04	✓	-0,02	✓
14,1 m	Max	0,02	✓	0,02	✓	0,03	✓	0,02	✓
	Min	-0,03	✓	-0,02	✓	-0,03	✓	-0,02	✓
Öteleme Kontrolü		Güney Cephesi				Kuzey Cephesi			
		Chi-1 (%)	Kontrol	Chi-2 (%)	Kontrol	Chi-1 (%)	Kontrol	Chi-2 (%)	Kontrol
4,6 m	Max	0,02	✓	0,02	✓	0,02	✓	0,02	✓
	Min	-0,02	✓	-0,02	✓	-0,02	✓	-0,02	✓

7,95 m	Max	0,03	✓	0,02	✓	0,04	✓	0,03	✓
	Min	-0,03	✓	-0,03	✓	-0,03	✓	-0,03	✓
9,9 m	Max	0,01	✓	0,01	✓	0,01	✓	0,01	✓
	Min	-0,01	✓	-0,01	✓	-0,01	✓	-0,01	✓

b)

DD-2 Düzce Depremi									
Oran		Batı Cephesi				Doğu Cephesi			
		Duz-1 (%)	Kontrol	Duz-2 (%)	Kontrol	Duz-1 (%)	Kontrol	Duz-2 (%)	Kontrol
4,6 m	Max	0,23	✓	0,25	✓	0,09	✓	0,10	✓
	Min	-0,23	✓	-0,20	✓	-0,09	✓	-0,09	✓
7,95 m	Max	0,31	✓	0,33	✓	0,09	✓	0,09	✓
	Min	-0,31	✓	-0,26	✓	-0,09	✓	-0,09	✓
9,9 m	Max	0,09	✓	0,09	✓	0,08	✓	0,09	✓
	Min	-0,09	✓	-0,07	✓	-0,09	✓	-0,08	✓
14,1 m	Max	0,06	✓	0,07	✓	0,07	✓	0,07	✓
	Min	-0,06	✓	-0,06	✓	-0,07	✓	-0,06	✓
Oran		Güney Cephesi				Kuzey Cephesi			
		Duz-1 (%)	Kontrol	Duz-2 (%)	Kontrol	Duz-1 (%)	Kontrol	Duz-2 (%)	Kontrol
4,6 m	Max	0,06	✓	0,06	✓	0,06	✓	0,06	✓
	Min	-0,06	✓	-0,06	✓	-0,06	✓	-0,06	✓
7,95 m	Max	0,09	✓	0,09	✓	0,09	✓	0,10	✓
	Min	-0,08	✓	-0,08	✓	-0,09	✓	-0,10	✓
9,9 m	Max	0,02	✓	0,02	✓	0,03	✓	0,03	✓
	Min	-0,02	✓	-0,02	✓	-0,02	✓	-0,03	✓

c)

DD-3 Düzce Depremi									
Öteleme Kontrolü		Batı Cephesi				Doğu Cephesi			
		Duz-1 (%)	Kontrol	Duz-2 (%)	Kontrol	Duz-1 (%)	Kontrol	Duz-2 (%)	Kontrol
4,6 m	Max	0,10	✓	0,10	✓	0,04	✓	0,05	✓
	Min	-0,10	✓	-0,10	✓	-0,04	✓	-0,04	✓
7,95 m	Max	0,14	✓	0,13	✓	0,04	✓	0,04	✓
	Min	-0,13	✓	-0,13	✓	-0,04	✓	-0,04	✓
9,9 m	Max	0,04	✓	0,04	✓	0,04	✓	0,04	✓
	Min	-0,04	✓	-0,04	✓	-0,04	✓	-0,04	✓
14,1 m	Max	0,03	✓	0,03	✓	0,03	✓	0,03	✓
	Min	-0,03	✓	-0,03	✓	-0,03	✓	-0,03	✓
Öteleme Kontrolü		Güney Cephesi				Kuzey Cephesi			
		Duz-1 (%)	Kontrol	Duz-2 (%)	Kontrol	Duz-1 (%)	Kontrol	Duz-2 (%)	Kontrol
4,6 m	Max	0,03	✓	0,03	✓	0,03	✓	0,02	✓
	Min	-0,03	✓	-0,02	✓	-0,03	✓	-0,02	✓

7,95 m	Max	0,04	✓	0,04	✓	0,04	✓	0,04	✓
	Min	-0,04	✓	-0,04	✓	-0,04	✓	-0,03	✓
9,9 m	Max	0,01	✓	0,01	✓	0,01	✓	0,01	✓
	Min	-0,01	✓	-0,01	✓	-0,01	✓	-0,01	✓

d)

DD-2 Erzincan Depremi									
Oran		Batı Cephesi				Doğu Cephesi			
		Erz-1 (%)	Kontrol	Erz-2 (%)	Kontrol	Erz-1 (%)	Kontrol	Erz-2 (%)	Kontrol
4,6 m	Max	0,15	✓	0,19	✓	0,06	✓	0,08	✓
	Min	-0,27	✓	-0,26	✓	-0,12	✓	-0,11	✓
8,0 m	Max	0,22	✓	0,24	✓	0,06	✓	0,08	✓
	Min	-0,34	✓	-0,34	✓	-0,11	✓	-0,11	✓
9,9 m	Max	0,06	✓	0,07	✓	0,05	✓	0,07	✓
	Min	-0,09	✓	-0,09	✓	-0,10	✓	-0,09	✓
14,1 m	Max	0,04	✓	0,05	✓	0,04	✓	0,05	✓
	Min	-0,07	✓	-0,07	✓	-0,08	✓	-0,08	✓
Oran		Güney Cephesi				Kuzey Cephesi			
		Erz-1 (%)	Kontrol	Erz-2 (%)	Kontrol	Erz-1 (%)	Kontrol	Erz-2 (%)	Kontrol
4,6 m	Max	0,04	✓	0,04	✓	0,05	✓	0,05	✓
	Min	-0,08	✓	-0,06	✓	-0,04	✓	-0,07	✓
8,0 m	Max	0,05	✓	0,06	✓	0,07	✓	0,08	✓
	Min	-0,11	✓	-0,08	✓	-0,06	✓	-0,09	✓
9,9 m	Max	0,01	✓	0,01	✓	0,02	✓	0,02	✓
	Min	-0,03	✓	-0,02	✓	-0,02	✓	-0,03	✓

e)

DD-3 Erzincan Depremi									
Öteleme Kontrolü		Batı Cephesi				Doğu Cephesi			
		Erz-1 (%)	Kontrol	Erz-2 (%)	Kontrol	Erz-1 (%)	Kontrol	Erz-2 (%)	Kontrol
4,6 m	Max	0,07	✓	0,08	✓	0,02	✓	0,04	✓
	Min	-0,11	✓	-0,11	✓	-0,05	✓	-0,05	✓
7,95 m	Max	0,10	✓	0,11	✓	0,02	✓	0,03	✓
	Min	-0,15	✓	-0,14	✓	-0,05	✓	-0,04	✓
9,9 m	Max	0,03	✓	0,03	✓	0,02	✓	0,03	✓
	Min	-0,04	✓	-0,04	✓	-0,04	✓	-0,04	✓
14,1 m	Max	0,02	✓	0,02	✓	0,02	✓	0,02	✓
	Min	-0,03	✓	-0,03	✓	-0,03	✓	-0,03	✓
Öteleme Kontrolü		Güney Cephesi				Kuzey Cephesi			
		Erz-1 (%)	Kontrol	Erz-2 (%)	Kontrol	Erz-1 (%)	Kontrol	Erz-2 (%)	Kontrol
4,6 m	Max	0,02	✓	0,02	✓	0,02	✓	0,02	✓
	Min	-0,03	✓	-0,03	✓	-0,02	✓	-0,03	✓

7,95 m	Max	0,02	✓	0,03	✓	0,03	✓	0,03	✓
	Min	-0,05	✓	-0,04	✓	-0,03	✓	-0,04	✓
9,9 m	Max	0,01	✓	0,01	✓	0,01	✓	0,01	✓
	Min	-0,01	✓	-0,01	✓	-0,01	✓	-0,01	✓

f)

DD-2 Kocaeli Depremi									
Oran		Batı Cephesi				Doğu Cephesi			
		Koc-1 (%)	Kontrol	Koc-2 (%)	Kontrol	Koc-1 (%)	Kontrol	Koc-2 (%)	Kontrol
4,6 m	Max	0,22	✓	0,25	✓	0,09	✓	0,11	✓
	Min	-0,24	✓	-0,20	✓	-0,09	✓	-0,09	✓
8,0 m	Max	0,30	✓	0,32	✓	0,08	✓	0,10	✓
	Min	-0,31	✓	-0,28	✓	-0,09	✓	-0,09	✓
9,9 m	Max	0,08	✓	0,09	✓	0,07	✓	0,09	✓
	Min	-0,08	✓	-0,08	✓	-0,09	✓	-0,08	✓
14,1 m	Max	0,06	✓	0,07	✓	0,06	✓	0,07	✓
	Min	-0,06	✓	-0,06	✓	-0,07	✓	-0,06	✓
Oran		Güney Cephesi				Kuzey Cephesi			
		Koc-1 (%)	Kontrol	Koc-2 (%)	Kontrol	Koc-1 (%)	Kontrol	Koc-2 (%)	Kontrol
4,6 m	Max	0,05	✓	0,05	✓	0,06	✓	0,04	✓
	Min	-0,06	✓	-0,05	✓	-0,06	✓	-0,06	✓
8,0 m	Max	0,07	✓	0,08	✓	0,09	✓	0,06	✓
	Min	-0,09	✓	-0,08	✓	-0,09	✓	-0,08	✓
9,9 m	Max	0,02	✓	0,02	✓	0,02	✓	0,02	✓
	Min	-0,02	✓	-0,02	✓	-0,03	✓	-0,02	✓

g)

DD-3 Kocaeli Depremi									
Öteleme Kontrolü		Batı Cephesi				Doğu Cephesi			
		Koc-1 (%)	Kontrol	Koc-2 (%)	Kontrol	Koc-1 (%)	Kontrol	Koc-2 (%)	Kontrol
4,6 m	Max	0,11	✓	0,11	✓	0,04	✓	0,05	✓
	Min	-0,10	✓	-0,11	✓	-0,04	✓	-0,04	✓
7,95 m	Max	0,14	✓	0,14	✓	0,04	✓	0,05	✓
	Min	-0,13	✓	-0,14	✓	-0,04	✓	-0,04	✓
9,9 m	Max	0,04	✓	0,04	✓	0,04	✓	0,04	✓
	Min	-0,04	✓	-0,04	✓	-0,04	✓	-0,04	✓
14,1 m	Max	0,03	✓	0,03	✓	0,03	✓	0,03	✓
	Min	-0,03	✓	-0,03	✓	-0,03	✓	-0,03	✓
Öteleme Kontrolü		Güney Cephesi				Kuzey Cephesi			
		Koc-1 (%)	Kontrol	Koc-2 (%)	Kontrol	Koc-1 (%)	Kontrol	Koc-2 (%)	Kontrol
4,6 m	Max	0,02	✓	0,02	✓	0,03	✓	0,02	✓
	Min	-0,02	✓	-0,02	✓	-0,02	✓	-0,02	✓
	Max	0,03	✓	0,03	✓	0,04	✓	0,03	✓

7,95 m	Min	-0,03	✓	-0,04	✓	-0,03	✓	-0,03	✓
9,9 m	Max	0,01	✓	0,01	✓	0,01	✓	0,01	✓
	Min	-0,01	✓	-0,01	✓	-0,01	✓	-0,01	✓

h)

Çizelge A.2.2: Farklı deprem seviyeleri için basınç ve çekme kontrolü a) Chichi b) Düzce c) Erzincan d) Kocaeli.

Ra=2,5	Chichi-1-DD3-KH Sınır Durumu				Chichi-2-DD3-KH Sınır Durumu			
	Basınç Gerilmesi (MPa)	Basınç Kontrol	Çekme Gerilmesi (MPa)	Çekme Kontrol	Basınç Gerilmesi (MPa)	Basınç Kontrol	Çekme Gerilmesi (MPa)	Çekme Kontrol
Kuzey	-0,65	✓	0,32	✗	-0,46	✓	0,17	✗
Güney	-0,71	✓	0,49	✗	-0,48	✓	0,21	✗
Batı	-0,54	✓	0,29	✗	-0,37	✓	0,15	✗
Doğu	-0,29	✓	0,11	✗	-0,24	✓	0,12	✗
Ra=2,5	Chichi-1-DD2-GÖ Sınır Durumu				Chichi-2-DD2-GÖ Sınır Durumu			
	Basınç Gerilmesi (MPa)	Basınç Kontrol	Çekme Gerilmesi (MPa)	Çekme Kontrol	Basınç Gerilmesi (MPa)	Basınç Kontrol	Çekme Gerilmesi (MPa)	Çekme Kontrol
Kuzey	-1,20	✓	0,82	✗	-1,22	✓	0,89	✗
Güney	-1,59	✓	1,21	✗	-1,50	✓	1,25	✗
Batı	-0,97	✓	0,66	✗	-1,04	✓	0,69	✗
Doğu	-0,49	✓	0,24	✗	-0,49	✓	0,27	✗

a)

Ra=2,5	Düzce-1-DD3-KH Sınır Durumu				Düzce-2-DD3-KH Sınır Durumu			
	Basınç Gerilmesi (MPa)	Basınç Kontrol	Çekme Gerilmesi (MPa)	Çekme Kontrol	Basınç Gerilmesi (MPa)	Basınç Kontrol	Çekme Gerilmesi (MPa)	Çekme Kontrol
Kuzey	-0,65	✓	0,30	✗	-0,64	✓	0,28	✗
Güney	-0,75	✓	0,45	✗	-0,73	✓	0,45	✗
Batı	-0,53	✓	0,28	✗	-0,52	✓	0,26	✗
Doğu	-0,30	✓	0,14	✗	-0,29	✓	0,13	✗
Ra=2,5	Düzce-1-DD2-GÖ Sınır Durumu				Düzce-2-DD2-GÖ Sınır Durumu			
	Basınç Gerilmesi (MPa)	Basınç Kontrol	Çekme Gerilmesi (MPa)	Çekme Kontrol	Basınç Gerilmesi (MPa)	Basınç Kontrol	Çekme Gerilmesi (MPa)	Çekme Kontrol
Kuzey	-1,30	✓	0,93	✗	-1,30	✓	0,82	✗
Güney	-1,57	✓	1,24	✗	-1,44	✓	1,11	✗
Batı	-1,02	✓	0,73	✗	-1,09	✓	0,74	✗
Doğu	-0,50	✓	0,28	✗	-0,46	✓	0,25	✗

b)

Ra=2,5	Erzincan-1-DD3-KH Sınır Durumu				Erzincan-2-DD3-KH Sınır Durumu			
	Basınç Gerilmesi (MPa)	Basınç Kontrol	Çekme Gerilmesi (MPa)	Çekme Kontrol	Basınç Gerilmesi (MPa)	Basınç Kontrol	Çekme Gerilmesi (MPa)	Çekme Kontrol
Kuzey	-0,51	✓	0,31	✗	-0,58	✓	0,30	✗
Güney	-0,58	✓	0,40	✗	-0,68	✓	0,45	✗
Batı	-0,56	✓	0,29	✗	-0,55	✓	0,29	✗
Doğu	-0,32	✓	0,17	✗	-0,30	✓	0,18	✗
Ra=2,5	Erzincan-1-DD2-GÖ Sınır Durumu				Erzincan-2-DD2-GÖ Sınır Durumu			
	Basınç Gerilmesi (MPa)	Basınç Kontrol	Çekme Gerilmesi (MPa)	Çekme Kontrol	Basınç Gerilmesi (MPa)	Basınç Kontrol	Çekme Gerilmesi (MPa)	Çekme Kontrol
Kuzey	-0,96	✓	0,96	✗	-1,08	✓	0,96	✗
Güney	-1,16	✓	1,11	✗	-1,34	✓	1,20	✗
Batı	-1,12	✓	0,77	✗	-1,10	✓	0,77	✗
Doğu	-0,54	✓	0,32	✗	-0,52	✓	0,35	✗

c)

Ra=2,5	Kocaeli-1-DD3-KH Sınır Durumu				Kocaeli-2-DD3-KH Sınır Durumu			
	Basınç Gerilmesi (MPa)	Basınç Kontrol	Çekme Gerilmesi (MPa)	Çekme Kontrol	Basınç Gerilmesi (MPa)	Basınç Kontrol	Çekme Gerilmesi (MPa)	Çekme Kontrol
Kuzey	-0,68	✓	0,28	✗	-0,66	✓	0,31	✗
Güney	-0,77	✓	0,49	✗	-0,77	✓	0,52	✗
Batı	-0,52	✓	0,29	✗	-0,54	✓	0,30	✗
Doğu	-0,30	✓	0,15	✗	-0,31	✓	0,13	✗
Ra=2,5	Kocaeli-1-DD2-GÖ Sınır Durumu				Kocaeli-2-DD2-GÖ Sınır Durumu			
	Basınç Gerilmesi (MPa)	Basınç Kontrol	Çekme Gerilmesi (MPa)	Çekme Kontrol	Basınç Gerilmesi (MPa)	Basınç Kontrol	Çekme Gerilmesi (MPa)	Çekme Kontrol
Kuzey	-1,23	✓	0,97	✗	-1,27	✓	0,83	✗
Güney	-1,54	✓	1,44	✗	-1,56	✓	1,15	✗
Batı	-1,02	✓	0,72	✗	-1,02	✓	0,76	✗
Doğu	-0,51	✓	0,26	✗	-0,51	✓	0,25	✗

d)

Çizelge A.2.3: Her cephe için mutlak maksimum basınç, çekme, kayma gerilmeleri ile gerçekleştikleri eleman konumu a) Chichi b) Düzce c) Erzincan d) Kocaeli.

CHİCHİ DEPREMİ							
Cephe	Kombinasyon İsmi	Max S22	Min S22	Max S12	Min S12	S22 Eleman No	S12 Eleman No
Kuzey	DD2-1-Max	2,043	-0,244	0,67	-0,016	4262	2881
	DD2-1-Min	0,022	-2,988	0,039	-0,696	4246	2881
Güney	DD2-1-Max	3,024	-0,238	0,841	-0,085	4189	777
	DD2-1-Min	0,02	-3,984	0,09	-0,73	4189	771

Batı	DD2-1-Max	1,651	-0,308	0,819	-0,065	4012	272
	DD2-1-Min	0,037	-2,415	0,065	-0,718	3988	452
Doğu	DD2-1-Max	0,598	-0,306	0,441	-0,124	2956	3702
	DD2-1-Min	0,071	-1,222	0,136	-0,439	2198	3767
Kuzey	DD2-2-Max	2,226	-0,253	0,701	-0,019	4261	2881
	DD2-2-Min	0,024	-3,057	0,042	-0,669	4246	2881
Güney	DD2-2-Max	3,129	-0,249	0,836	-0,092	4189	4173
	DD2-2-Min	0,021	-3,738	0,095	-0,689	4174	771
Batı	DD2-2-Max	1,731	-0,314	0,85	-0,064	3988	272
	DD2-2-Min	0,027	-2,599	0,06	-0,797	4012	452
Doğu	DD2-2-Max	0,683	-0,298	0,437	-0,127	2198	3701
	DD2-2-Min	0,072	-1,225	0,139	-0,494	2198	1698
Kuzey	DD3-1-Max	0,795	-0,333	0,384	-0,098	4261	2881
	DD3-1-Min	0,059	-1,62	0,113	-0,406	4261	2881
Güney	DD3-1-Max	1,232	-0,327	0,432	-0,126	4189	4173
	DD3-1-Min	0,055	-1,784	0,138	-0,39	4189	4188
Batı	DD3-1-Max	0,721	-0,333	0,458	-0,126	3998	272
	DD3-1-Min	0,057	-1,339	0,13	-0,368	3988	452
Doğu	DD3-1-Max	0,283	-0,377	0,303	-0,161	2954	3702
	DD3-1-Min	0,088	-0,737	0,161	-0,291	2198	3767
Kuzey	DD3-2-Max	0,428	-0,364	0,318	-0,12	3607	2881
	DD3-2-Min	0,051	-1,149	0,12	-0,329	4246	840
Güney	DD3-2-Max	0,534	-0,352	0,337	-0,131	4189	4173
	DD3-2-Min	0,052	-1,206	0,134	-0,294	4174	2812
Batı	DD3-2-Max	0,363	-0,348	0,303	-0,151	3998	82
	DD3-2-Min	0,051	-0,93	0,152	-0,291	4012	452
Doğu	DD3-2-Max	0,31	-0,379	0,255	-0,161	2954	3702
	DD3-2-Min	0,091	-0,608	0,163	-0,266	2198	3767

a)

DÜZCE DEPREMİ							
Cephe	Kombinasyon İsmi	Max S22	Min S22	Max S12	Min S12	S22 Eleman No	S12 Eleman No
Kuzey	DD2-1-Max	2,315	-0,256	0,686	-0,023	4262	2881
	DD2-1-Min	0,018	-3,245	0,036	-0,737	4261	2881
Güney	DD2-1-Max	3,088	-0,233	0,849	-0,074	4189	4174
	DD2-1-Min	0,008	-3,923	0,101	-0,723	4189	771
Batı	DD2-1-Max	1,82	-0,304	0,878	-0,063	4012	272
	DD2-1-Min	0,026	-2,542	0,064	-0,787	4012	452
Doğu	DD2-1-Max	0,688	-0,292	0,434	-0,129	2954	3702
	DD2-1-Min	0,068	-1,239	0,11	-0,457	2198	3767
Kuzey	DD2-2-Max	2,04	-0,261	0,689	-0,04	4261	2881

	DD2-2-Min	0,027	-3,253	0,039	-0,704	4261	2881
Güney	DD2-2-Max	2,787	-0,246	0,865	-0,07	4189	4173
	DD2-2-Min	0,01	-3,605	0,092	-0,661	4174	4188
Batı	DD2-2-Max	1,845	-0,301	0,782	-0,063	3988	272
	DD2-2-Min	0,027	-2,72	0,063	-0,829	4012	452
Doğu	DD2-2-Max	0,617	-0,295	0,451	-0,122	2954	3702
	DD2-2-Min	0,071	-1,161	0,108	-0,462	2326	3767
Kuzey	DD3-1-Max	0,743	-0,329	0,408	-0,093	4262	2881
	DD3-1-Min	0,049	-1,623	0,105	-0,434	4261	2881
Güney	DD3-1-Max	1,133	-0,324	0,473	-0,116	4189	4173
	DD3-1-Min	0,045	-1,873	0,135	-0,406	4174	4188
Batı	DD3-1-Max	0,7	-0,327	0,442	-0,119	3998	272
	DD3-1-Min	0,05	-1,323	0,128	-0,412	4012	452
Doğu	DD3-1-Max	0,344	-0,35	0,294	-0,16	2954	3702
	DD3-1-Min	0,079	-0,74	0,15	-0,308	2198	3767
Kuzey	DD3-2-Max	0,699	-0,337	0,422	-0,095	4261	2881
	DD3-2-Min	0,053	-1,611	0,108	-0,431	4246	2881
Güney	DD3-2-Max	1,134	-0,332	0,445	-0,122	4189	4173
	DD3-2-Min	0,045	-1,827	0,132	-0,414	4188	4188
Batı	DD3-2-Max	0,65	-0,328	0,444	-0,123	4002	272
	DD3-2-Min	0,051	-1,298	0,14	-0,396	3988	452
Doğu	DD3-2-Max	0,33	-0,361	0,309	-0,153	2954	3702
	DD3-2-Min	0,082	-0,719	0,15	-0,315	2326	3767

b)

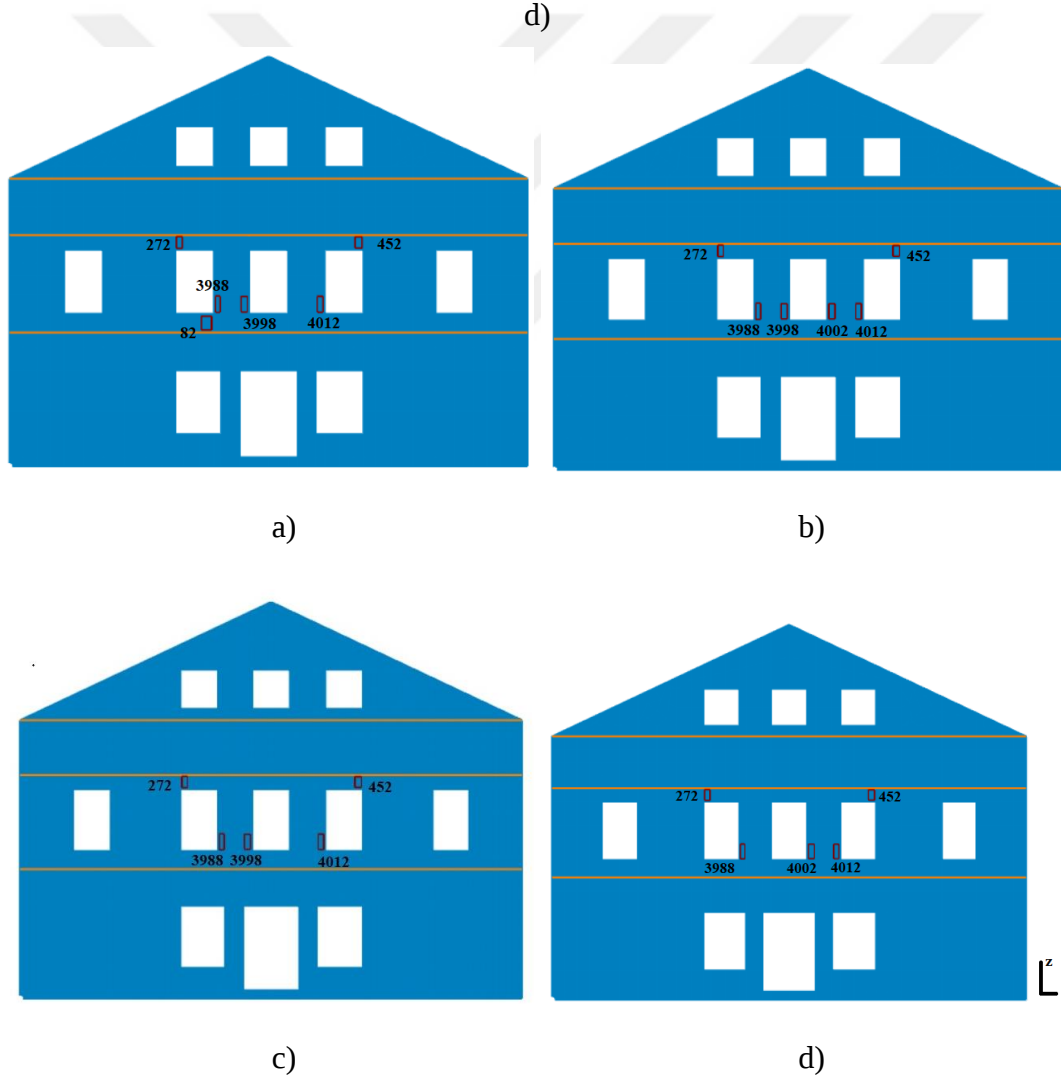
ERZİNCAN DEPREMİ							
Cephe	Kombinasyon İsmi	Max S22	Min S22	Max S12	Min S12	S22 Eleman No	S12 Eleman No
Kuzey	DD2-1-Max	2,404	-0,254	0,564	-0,00964	4261	3597
	DD2-1-Min	0,028	-2,412	0,047	-0,526	4261	4262
Güney	DD2-1-Max	2,78	-0,283	0,677	-0,081	4174	4174
	DD2-1-Min	0,02	-2,892	0,073	-0,549	4174	2812
Batı	DD2-1-Max	1,922	-0,322	0,933	-0,088	4012	272
	DD2-1-Min	0,031	-2,79	0,059	-0,565	3988	452
Doğu	DD2-1-Max	0,797	-0,3	0,534	-0,117	2954	3701
	DD2-1-Min	0,07	-1,36	0,139	-0,35	2198	3767
Kuzey	DD2-2-Max	2,399	-0,272	0,603	-0,048	4261	2881
	DD2-2-Min	0,038	-2,699	0,064	-0,647	4261	2881
Güney	DD2-2-Max	3,003	-0,252	0,745	-0,074	4189	4174
	DD2-2-Min	0,034	-3,34	0,111	-0,659	4188	771
Batı	DD2-2-Max	1,928	-0,32	0,92	-0,068	4012	272
	DD2-2-Min	0,025	-2,744	0,061	-0,637	3988	452

Doğu	DD2-2-Max	0,878	-0,28	0,515	-0,126	2956	3701
	DD2-2-Min	0,072	-1,305	0,13	-0,403	2198	3767
Kuzey	DD3-1-Max	0,776	-0,331	0,308	-0,079	4261	2881
	DD3-1-Min	0,054	-1,273	0,096	-0,341	4261	2881
Güney	DD3-1-Max	1,005	-0,344	0,386	-0,119	4189	4173
	DD3-1-Min	0,05	-1,448	0,123	-0,343	4174	2812
Batı	DD3-1-Max	0,729	-0,337	0,475	-0,149	3998	272
	DD3-1-Min	0,053	-1,405	0,13	-0,315	3988	452
Doğu	DD3-1-Max	0,413	-0,37	0,337	-0,153	2954	3702
	DD3-1-Min	0,085	-0,797	0,164	-0,254	2198	3767
Kuzey	DD3-2-Max	0,761	-0,336	0,386	-0,093	4261	2881
	DD3-2-Min	0,058	-1,459	0,116	-0,413	4261	2881
Güney	DD3-2-Max	1,136	-0,332	0,426	-0,12	4189	4173
	DD3-2-Min	0,057	-1,694	0,137	-0,383	4174	4188
Batı	DD3-2-Max	0,716	-0,336	0,469	-0,128	3998	272
	DD3-2-Min	0,049	-1,387	0,134	-0,353	3988	452
Doğu	DD3-2-Max	0,443	-0,369	0,327	-0,155	2956	3702
	DD3-2-Min	0,085	-0,757	0,16	-0,284	2198	3767

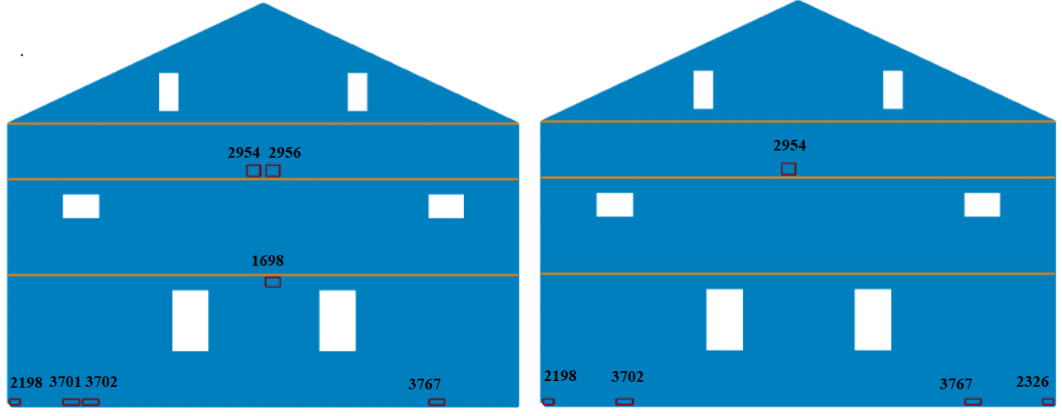
c)

KOCAELİ DEPREMİ							
Cephe	Kombinasyon İsmi	Max S22	Min S22	Max S12	Min S12	S22 Eleman No	S12 Eleman No
Kuzey	DD2-1-Max	2,428	-0,25	0,661	-0,032	4261	2881
	DD2-1-Min	0,029	-3,082	0,045	-0,705	4262	2881
Güney	DD2-1-Max	3,592	-0,241	0,891	-0,072	4189	4174
	DD2-1-Min	0,018	-3,862	0,101	-0,697	4174	771
Batı	DD2-1-Max	1,798	-0,311	0,872	-0,064	4012	272
	DD2-1-Min	0,029	-2,543	0,063	-0,763	3988	452
Doğu	DD2-1-Max	0,661	-0,31	0,476	-0,128	2954	3702
	DD2-1-Min	0,071	-1,277	0,127	-0,43	2198	3767
Kuzey	DD2-2-Max	2,077	-0,279	0,741	-0,036	4261	2881
	DD2-2-Min	0,029	-3,179	0,045	-0,768	4261	2881
Güney	DD2-2-Max	2,864	-0,283	0,823	-0,077	4189	777
	DD2-2-Min	0,028	-3,897	0,103	-0,728	4174	771
Batı	DD2-2-Max	1,901	-0,313	0,808	-0,062	3988	272
	DD2-2-Min	0,032	-2,55	0,08	-0,78	4012	452
Doğu	DD2-2-Max	0,637	-0,28	0,44	-0,129	2956	3702
	DD2-2-Min	0,071	-1,272	0,127	-0,485	2326	1698
Kuzey	DD3-1-Max	0,698	-0,336	0,419	-0,094	4247	2881
	DD3-1-Min	0,054	-1,689	0,106	-0,448	4261	2881
Güney	DD3-1-Max	1,236	-0,332	0,454	-0,121	4189	4173

	DD3-1-Min	0,048	-1,929	0,136	-0,408	4174	4188
Batı	DD3-1-Max	0,72	-0,333	0,443	-0,113	4002	272
	DD3-1-Min	0,051	-1,302	0,135	-0,402	4012	452
Doğu	DD3-1-Max	0,364	-0,37	0,299	-0,157	2954	3702
	DD3-1-Min	0,084	-0,749	0,159	-0,301	2326	3767
Kuzey	DD3-2-Max	0,777	-0,335	0,435	-0,092	4261	2881
	DD3-2-Min	0,053	-1,657	0,11	-0,457	4261	2881
Güney	DD3-2-Max	1,307	-0,334	0,456	-0,121	4189	4173
	DD3-2-Min	0,054	-1,932	0,131	-0,403	4174	771
Batı	DD3-2-Max	0,746	-0,331	0,471	-0,111	4002	272
	DD3-2-Min	0,051	-1,341	0,13	-0,413	3988	452
Doğu	DD3-2-Max	0,33	-0,359	0,295	-0,159	2956	3702
	DD3-2-Min	0,084	-0,764	0,157	-0,312	2326	3767

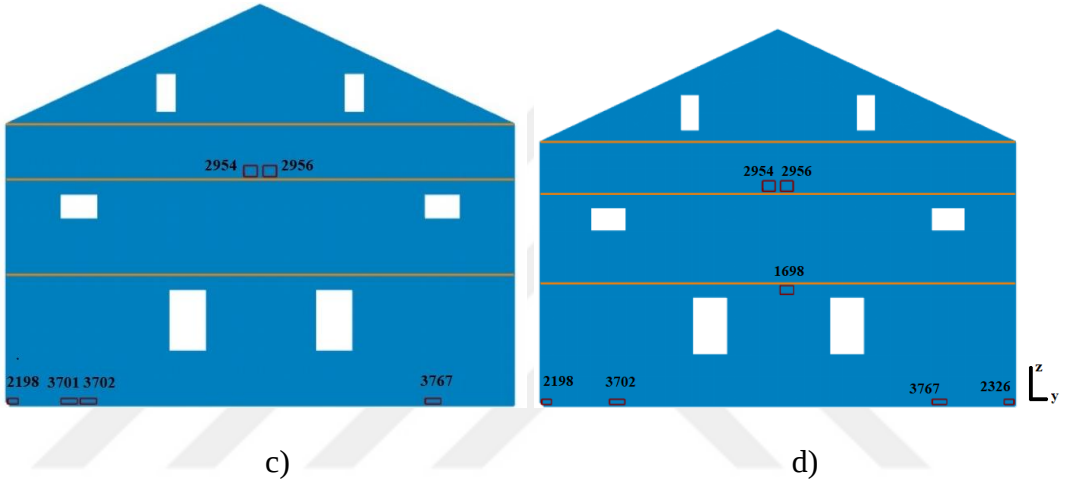


Şekil A.2.1 : Maksimum ve minimum gerilmelerin oluştuğu noktaların batı cephesi üzerinde gösterimi a) Chichi b) Düzce c) Erzincan d) Kocaeli.



a)

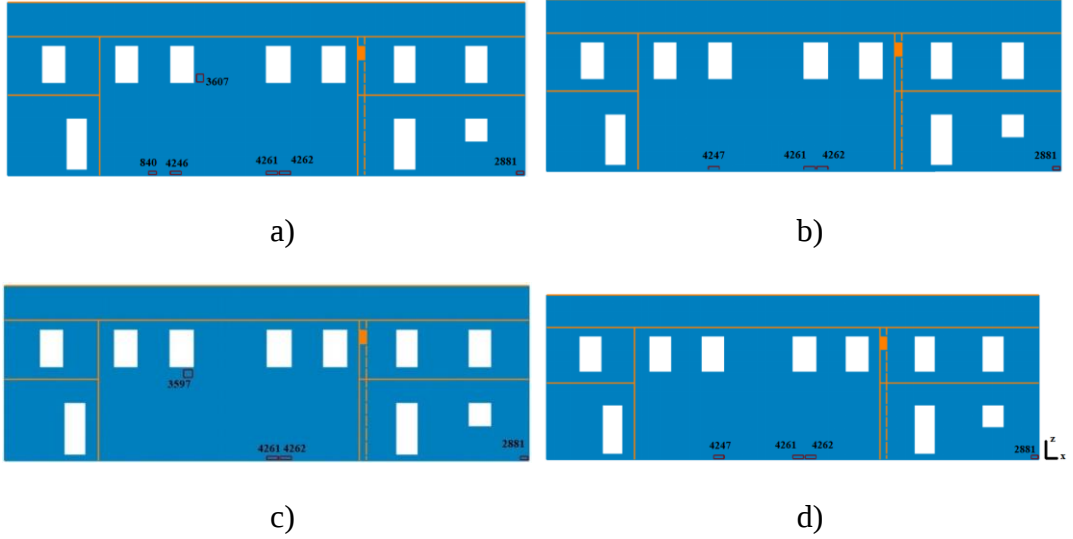
b)



c)

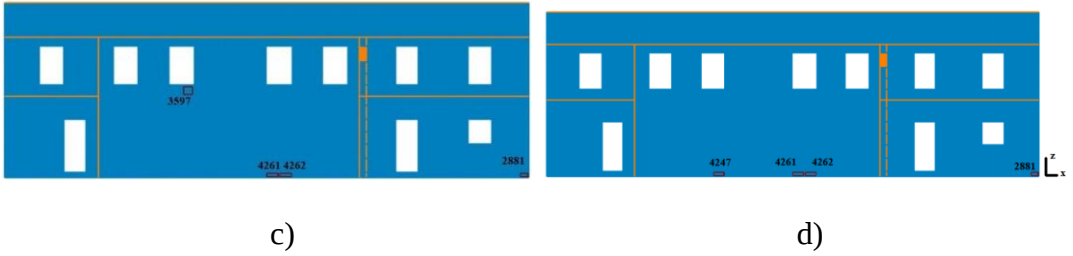
d)

Şekil A.2.2 : Maksimum ve minimum gerilmelerin oluştuğu noktaların doğu cephesi üzerinde gösterimi a) Chichi b) Düzce c) Erzincan d) Kocaeli.



a)

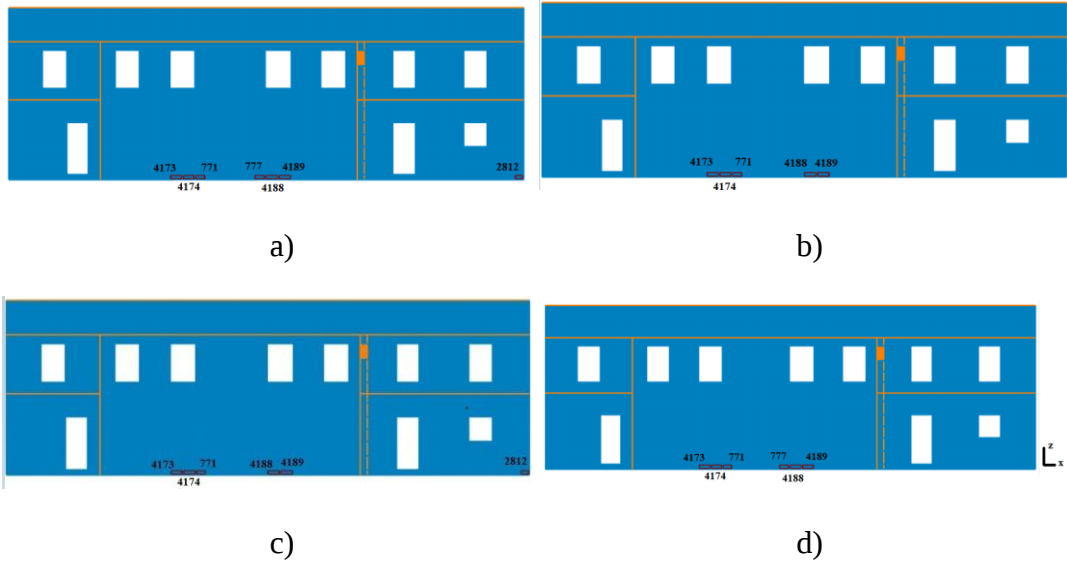
b)



c)

d)

Şekil A.2.3 : Maksimum ve minimum gerilmelerin oluştuğu noktaların kuzey cephesi üzerinde gösterimi a) Chichi b) Düzce c) Erzincan d) Kocaeli.



Şekil A.2.4 : Maksimum ve minimum gerilmelerin oluştuğu noktaların güney cephesi üzerinde gösterimi a) Chichi b) Düzce c) Erzincan d) Kocaeli.

Çizelge A.2.4: Chichi kesme dayanımı kontrolü a) DD2-1 b) DD2-2 c) DD3-1 d) DD3-2.

Chichi-1-DD2-GÖ							
Kesit	t (mm)	l (mm)	V_{Ed} (kN)	σ_d (MPa)	τ (MPa)	V_d (kN)	Kontrol
Batı1-1	700	5700	632,11	0,07	0,07	283,03	✗
Batı1-2	700	625	22,18	0,1	0,09	37,32	✓
Batı1-3	700	625	-21,78	0,1	0,09	37,45	✓
Batı1-4	700	5650	628,59	0,05	0,06	242,87	✗
Batı2-1	700	1875	-165,22	0,1	0,08	108,36	✗
Batı2-2	700	2475	236,87	0,13	0,1	175,47	✓
Batı2-3	700	2475	107,43	0,05	0,06	102,33	✓
Batı2-4	700	1200	-112,68	0,1	0,08	71,23	✗
Batı2-5	700	1250	-233,21	0,25	0,16	141,02	✗
Batı2-6	700	1875	172,41	0,1	0,08	108,98	✗
Batı3-1	700	4850	153,18	0,04	0,05	183,82	✓
Batı3-2	700	1200	58,15	0,05	0,06	51,41	✓
Batı3-3	700	1250	-59,04	0,05	0,06	52,13	✓
Batı3-4	700	4800	-146,97	0,04	0,05	178,88	✓
Batı4-1	700	17850	634,39	0,03	0,05	633,58	✓
Doğu1-1	800	5700	-259,8	0,02	0,04	201,49	✓
Doğu1-2	800	3800	-208,04	0,05	0,06	178,6	✓
Doğu1-3	800	5650	258,06	0,02	0,05	214,25	✓
Doğu2-1	800	1875	-54,6	0	0,03	50,22	✓
Doğu2-2	800	11450	-517,2	0,04	0,05	489,14	✓
Doğu2-3	800	1875	60,24	0,01	0,04	57,45	✓

Doğu3-1	800	4400	-121,31	-0,01	0,03	101,65	✓
Doğu3-2	800	5850	159,39	0,04	0,05	246,8	✓
Doğu3-3	800	4400	124,01	-0,01	0,03	103,98	✓
Doğu4-1	800	17850	-593,7	0,03	0,05	717,64	✓
Güney1-1	800	3350	-149,64	0,23	0,15	399,42	✓
Güney1-2	800	700	20,68	0,12	0,09	52,16	✓
Güney1-3	800	2750	134,23	0,1	0,08	185,14	✓
Güney1-4	1000	9350	-489,03	0,06	0,07	620,59	✓
Güney1-5	800	2700	-115,4	0,04	0,06	122,64	✓
Güney1-6	800	2050	-53,92	0,1	0,09	143,5	✓
Güney1-7	800	2800	-119,59	0,12	0,09	211,42	✓
Güney1-8	800	2100	-57,11	0,15	0,11	182,83	✓
Güney2-1	800	1950	-134,93	0,13	0,1	153,52	✓
Güney2-2	800	1950	-111,59	0,02	0,05	72,29	✗
Güney2-3	800	850	-46,03	0,16	0,12	79,59	✓
Güney2-4	800	500	29,24	0,15	0,11	44,09	✓
Güney2-5	1000	1250	-60,62	0,06	0,07	81,75	✓
Güney2-6	1000	4050	-224,92	0,03	0,05	195,88	✓
Güney2-7	1000	1100	-49,25	-0,02	0,02	27,04	✗
Güney2-8	800	600	-25,69	0,15	0,11	52,16	✓
Güney2-9	800	650	-29,83	-0,03	0,02	11,12	✗
Güney2-10	800	2050	102,9	0,01	0,04	65,01	✗
Güney2-11	800	2800	82,91	0,02	0,05	101,35	✓
Güney2-12	800	2100	-29,08	0,03	0,05	82,35	✓
Güney3-1	800	8925	-311,49	0,01	0,04	297,96	✓
Güney3-2	1000	8475	-213,08	0,01	0,04	341,75	✓
Güney3-3	800	12300	140,75	0,02	0,05	444,06	✓
Kuzey1-1	900	3350	155,3	-0,05	0,01	33,19	✗
Kuzey1-2	900	700	19,41	0,11	0,09	56,54	✓
Kuzey1-3	900	2750	124,44	0,09	0,08	203,25	✓
Kuzey1-4	1100	9350	-406,46	0,07	0,07	699,77	✓
Kuzey1-5	900	2700	-118,79	0,04	0,05	133,42	✓
Kuzey1-6	900	2050	-41,45	0,06	0,07	123,63	✓
Kuzey1-7	900	2800	-97,13	0,12	0,1	243,27	✓
Kuzey1-8	900	2100	-69,5	0,05	0,06	110,08	✓
Kuzey2-1	900	1950	-131,96	0,12	0,09	164,89	✓
Kuzey2-2	900	1950	-104,56	0,03	0,05	90,05	✓
Kuzey2-3	900	850	-43,88	0,14	0,11	81,12	✓
Kuzey2-4	900	500	30,61	0,14	0,11	47,81	✓
Kuzey2-5	1100	1250	-56,07	0,06	0,06	86,32	✓

Kuzey2-6	1100	4050	-195,6	0,02	0,05	201,02	✓
Kuzey2-7	1100	1100	43,93	0,1	0,09	103,21	✓
Kuzey2-8	900	600	-25,4	0,11	0,09	47,88	✓
Kuzey2-9	900	650	-24,26	-0,01	0,03	17,97	✓
Kuzey2-10	900	2050	109,38	0,01	0,04	74,8	✓
Kuzey2-11	900	2800	82,65	0,02	0,04	112,06	✓
Kuzey2-12	900	2100	-49,93	0,02	0,04	83,44	✓
Kuzey3-1	900	8925	-291,86	0,02	0,04	342,32	✓
Kuzey3-2	1100	8475	-176,44	0,02	0,04	412,87	✓
Kuzey3-3	900	12300	204,25	0,02	0,04	488,31	✓

a)

Chichi-1-DD2-GÖ							
Kesit	t (mm)	l (mm)	V_{Ed} (kN)	σ_d (MPa)	τ (MPa)	V_d (kN)	Kontrol
Batı1-1	700	5700	-700,8	0,06	0,06	249,79	✗
Batı1-2	700	625	22,58	0,1	0,08	36,49	✓
Batı1-3	700	625	-24,1	0,11	0,09	38,9	✓
Batı1-4	700	5650	-666,77	0,1	0,08	327,62	✗
Batı2-1	700	1875	-183,77	0,11	0,09	117,73	✗
Batı2-2	700	2475	240,06	0,13	0,1	177,09	✓
Batı2-3	700	2475	108,01	0,05	0,06	103,07	✓
Batı2-4	700	1200	-122,9	0,11	0,09	75,01	✗
Batı2-5	700	1250	-252,88	0,27	0,17	149,14	✗
Batı2-6	700	1875	178,28	0,1	0,09	113,37	✗
Batı3-1	700	4850	150,91	0,04	0,05	182,58	✓
Batı3-2	700	1200	58,94	0,05	0,06	51,67	✓
Batı3-3	700	1250	-65,17	0,06	0,06	54,86	✓
Batı3-4	700	4800	-159,55	0,04	0,05	182,57	✓
Batı4-1	700	17850	-670,33	0,03	0,05	634,33	✓
Doğu1-1	800	5700	-309,75	0	0,04	163,53	✗
Doğu1-2	800	3800	-249,98	0,03	0,05	144,85	✗
Doğu1-3	800	5650	-323,8	0,11	0,09	398,75	✓
Doğu2-1	800	1875	51,86	0,09	0,08	121,61	✓
Doğu2-2	800	11450	-599,76	0,03	0,05	477,19	✓
Doğu2-3	800	1875	-74,7	0,08	0,08	114,6	✓
Doğu3-1	800	4400	-135,56	-0,01	0,03	98,37	✓
Doğu3-2	800	5850	-180,13	0,03	0,05	234,83	✓
Doğu3-3	800	4400	128,43	-0,01	0,03	100,43	✓
Doğu4-1	800	17850	-678,28	0,03	0,05	716,86	✓
Güney1-1	800	3350	170,9	-0,07	0	5,6	✗

Güney1-2	800	700	22,68	0,12	0,09	53,13	✓
Güney1-3	800	2750	150,37	0,1	0,09	190,13	✓
Güney1-4	1000	9350	-490,81	0,06	0,07	621,32	✓
Güney1-5	800	2700	-111,36	0,04	0,06	120,78	✓
Güney1-6	800	2050	-55,83	0,06	0,07	108,56	✓
Güney1-7	800	2800	-120,54	0,11	0,09	204,19	✓
Güney1-8	800	2100	-58,21	0,15	0,11	184,87	✓
Güney2-1	800	1950	141,15	-0,02	0,02	37,66	✗
Güney2-2	800	1950	118,75	0,06	0,06	101,28	✓
Güney2-3	800	850	-44,74	0,16	0,12	78,25	✓
Güney2-4	800	500	34,26	0,16	0,12	46,55	✓
Güney2-5	1000	1250	-58,12	0,05	0,06	75,69	✓
Güney2-6	1000	4050	223,19	0,08	0,08	306,74	✓
Güney2-7	1000	1100	51,99	0,13	0,1	109,39	✓
Güney2-8	800	600	-24,6	0,15	0,11	52,76	✓
Güney2-9	800	650	-29,07	-0,03	0,02	11,5	✗
Güney2-10	800	2050	119,48	0,01	0,04	63,11	✗
Güney2-11	800	2800	92,53	0,01	0,04	92,66	✓
Güney2-12	800	2100	-27,55	0,05	0,06	99,15	✓
Güney3-1	800	8925	316,25	0,02	0,05	331,55	✓
Güney3-2	1000	8475	-211,93	0,01	0,04	345,69	✓
Güney3-3	800	12300	145,34	0,02	0,05	443,07	✓
Kuzey1-1	900	3350	182,93	-0,05	0,01	27,56	✗
Kuzey1-2	900	700	24,42	0,12	0,09	59,09	✓
Kuzey1-3	900	2750	157,88	0,1	0,08	207,92	✓
Kuzey1-4	1100	9350	466,11	0,08	0,07	764,75	✓
Kuzey1-5	900	2700	-107,54	0,04	0,05	128,6	✓
Kuzey1-6	900	2050	48,03	-0,02	0,03	46,56	✓
Kuzey1-7	900	2800	109,08	0,02	0,05	115,33	✓
Kuzey1-8	900	2100	-68,94	0,03	0,05	93,99	✓
Kuzey2-1	900	1950	137,64	-0,02	0,03	45,69	✗
Kuzey2-2	900	1950	118,16	0,06	0,06	112,28	✓
Kuzey2-3	900	850	-38,14	0,13	0,1	77,07	✓
Kuzey2-4	900	500	35,37	0,16	0,11	51,16	✓
Kuzey2-5	1100	1250	55,9	0,05	0,06	82,62	✓
Kuzey2-6	1100	4050	225,96	0,08	0,07	328,72	✓
Kuzey2-7	1100	1100	52	0,12	0,09	112,91	✓
Kuzey2-8	900	600	-24,52	0,11	0,09	49,74	✓
Kuzey2-9	900	650	26,89	0,08	0,07	43,29	✓
Kuzey2-10	900	2050	123,85	0,01	0,04	73,24	✗

Kuzey2-11	900	2800	100,65	0,01	0,04	106,54	✓
Kuzey2-12	900	2100	-53,12	0,02	0,05	86,45	✓
Kuzey3-1	900	8925	305,34	0,02	0,05	363,04	✓
Kuzey3-2	1100	8475	-188,38	0,02	0,04	403,67	✓
Kuzey3-3	900	12300	214,03	0,02	0,05	504,15	✓

b)

Chichi-1-DD3-KH							
Kesit	t (mm)	l (mm)	V_{Ed} (kN)	σ_d (MPa)	τ (MPa)	V_d (kN)	Kontrol
Batı1-1	700	5700	292,83	0,07	0,07	281,22	✗
Batı1-2	700	625	11,79	0,12	0,09	41,06	✓
Batı1-3	700	625	-10,92	0,12	0,10	41,96	✓
Batı1-4	700	5650	288,92	0,05	0,06	244,45	✗
Batı2-1	700	1875	77,72	0,04	0,06	74,23	✗
Batı2-2	700	2475	117,45	0,11	0,09	156,41	✓
Batı2-3	700	2475	54,12	0,04	0,05	93,69	✓
Batı2-4	700	1200	-50,86	0,08	0,07	62,63	✓
Batı2-5	700	1250	-101,82	0,21	0,14	123,10	✓
Batı2-6	700	1875	82,75	0,08	0,07	95,45	✓
Batı3-1	700	4850	86,82	0,03	0,05	164,31	✓
Batı3-2	700	1200	29,31	0,07	0,07	58,36	✓
Batı3-3	700	1250	-26,45	0,04	0,05	46,45	✓
Batı3-4	700	4800	-77,13	0,02	0,05	159,55	✓
Batı4-1	700	17850	302,68	0,03	0,05	630,09	✓
Doğu1-1	800	5700	-106,58	0,05	0,06	266,18	✓
Doğu1-2	800	3800	88,63	0,05	0,06	177,52	✓
Doğu1-3	800	5650	113,85	0,05	0,06	270,25	✓
Doğu2-1	800	1875	22,71	0,06	0,06	97,11	✓
Doğu2-2	800	11450	236,23	0,04	0,05	494,73	✓
Doğu2-3	800	1875	26,15	0,02	0,05	67,92	✓
Doğu3-1	800	4400	-54,60	0,00	0,04	123,86	✓
Doğu3-2	800	5850	75,75	0,03	0,05	242,99	✓
Doğu3-3	800	4400	62,73	0,00	0,03	122,09	✓
Doğu4-1	800	17850	278,30	0,03	0,05	727,43	✓
Güney1-1	800	3350	59,59	0,04	0,05	142,24	✓
Güney1-2	800	700	8,77	0,09	0,08	43,58	✓
Güney1-3	800	2750	52,02	0,08	0,08	168,12	✓
Güney1-4	1000	9350	-184,72	0,06	0,07	628,30	✓
Güney1-5	800	2700	-38,50	0,05	0,06	128,97	✓
Güney1-6	800	2050	-18,31	0,08	0,08	124,51	✓
Güney1-7	800	2800	-47,60	0,10	0,08	187,33	✓

Güney1-8	800	2100	-18,01	0,12	0,10	160,65	✓
Güney2-1	800	1950	-62,83	0,09	0,08	123,32	✓
Güney2-2	800	1950	-47,63	0,04	0,05	85,44	✓
Güney2-3	800	850	-22,59	0,10	0,09	58,00	✓
Güney2-4	800	500	13,36	0,10	0,08	33,18	✓
Güney2-5	1000	1250	-27,65	0,05	0,06	75,22	✓
Güney2-6	1000	4050	-93,09	0,03	0,05	203,06	✓
Güney2-7	1000	1100	-19,74	0,05	0,06	67,19	✓
Güney2-8	800	600	-12,27	0,10	0,08	40,66	✓
Güney2-9	800	650	-12,43	0,01	0,04	20,36	✓
Güney2-10	800	2050	49,64	0,02	0,05	75,13	✓
Güney2-11	800	2800	34,91	0,03	0,05	117,25	✓
Güney2-12	800	2100	-12,61	0,15	0,11	180,78	✓
Güney3-1	800	8925	-141,89	0,02	0,04	308,09	✓
Güney3-2	1000	8475	-91,61	0,01	0,04	349,83	✓
Güney3-3	800	12300	71,80	0,02	0,05	445,87	✓
Kuzey1-1	900	3350	71,03	0,02	0,05	142,29	✓
Kuzey1-2	900	700	10,11	0,09	0,08	48,87	✓
Kuzey1-3	900	2750	59,76	0,08	0,08	189,10	✓
Kuzey1-4	1100	9350	-163,33	0,07	0,07	702,27	✓
Kuzey1-5	900	2700	-42,74	0,05	0,06	144,63	✓
Kuzey1-6	900	2050	-16,85	0,03	0,05	95,03	✓
Kuzey1-7	900	2800	-44,41	0,09	0,08	207,45	✓
Kuzey1-8	900	2100	-19,23	0,08	0,07	139,86	✓
Kuzey2-1	900	1950	-58,17	0,40	0,24	416,02	✓
Kuzey2-2	900	1950	-45,04	0,04	0,05	95,25	✓
Kuzey2-3	900	850	-22,42	0,09	0,08	61,67	✓
Kuzey2-4	900	500	15,14	0,11	0,09	40,10	✓
Kuzey2-5	1100	1250	-26,79	0,05	0,06	85,55	✓
Kuzey2-6	1100	4050	-86,35	0,04	0,05	235,15	✓
Kuzey2-7	1100	1100	17,70	0,07	0,07	84,31	✓
Kuzey2-8	900	600	-12,82	0,11	0,09	48,80	✓
Kuzey2-9	900	650	-11,39	0,08	0,08	45,19	✓
Kuzey2-10	900	2050	57,26	0,02	0,05	84,56	✓
Kuzey2-11	900	2800	38,54	0,03	0,05	128,97	✓
Kuzey2-12	900	2100	-14,17	0,06	0,06	119,69	✓
Kuzey3-1	900	8925	-127,16	0,02	0,04	347,96	✓
Kuzey3-2	1100	8475	-81,19	0,01	0,04	388,74	✓
Kuzey3-3	900	12300	93,00	0,02	0,04	495,45	✓

c)

Chichi-2-DD3-KH							
Kesit	t (mm)	l (mm)	V_{Ed} (kN)	σ_d (MPa)	τ (MPa)	V_d (kN)	Kontrol
Batı1-1	700	5700	-169,84	0,06	0,06	258,60	✗
Batı1-2	700	625	7,81	0,12	0,10	42,34	✓
Batı1-3	700	625	-8,07	0,13	0,10	43,25	✓
Batı1-4	700	5650	-166,76	0,07	0,07	274,35	✓
Batı2-1	700	1875	-47,98	0,07	0,07	92,45	✓
Batı2-2	700	2475	67,19	0,10	0,09	148,51	✓
Batı2-3	700	2475	31,93	0,03	0,05	90,00	✓
Batı2-4	700	1200	-36,01	0,07	0,07	60,43	✓
Batı2-5	700	1250	-71,23	0,20	0,14	118,95	✓
Batı2-6	700	1875	44,31	0,07	0,07	88,96	✓
Batı3-1	700	4850	60,19	0,02	0,05	156,47	✓
Batı3-2	700	1200	17,36	0,03	0,05	42,77	✓
Batı3-3	700	1250	-19,11	0,03	0,05	44,84	✓
Batı3-4	700	4800	-60,34	0,02	0,05	154,34	✓
Batı4-1	700	17850	-173,40	0,03	0,05	629,68	✓
Doğu1-1	800	5700	-73,50	0,05	0,06	277,93	✓
Doğu1-2	800	3800	58,55	0,05	0,06	176,87	✓
Doğu1-3	800	5650	81,85	0,06	0,06	291,83	✓
Doğu2-1	800	1875	14,35	0,05	0,06	89,64	✓
Doğu2-2	800	11450	-144,55	0,04	0,05	487,08	✓
Doğu2-3	800	1875	-17,76	0,05	0,06	90,47	✓
Doğu3-1	800	4400	-39,11	0,00	0,04	128,40	✓
Doğu3-2	800	5850	-44,63	0,03	0,05	238,80	✓
Doğu3-3	800	4400	36,19	0,11	0,09	312,95	✓
Doğu4-1	800	17850	-166,13	0,03	0,05	721,06	✓
Güney1-1	800	3350	55,68	0,05	0,06	162,25	✓
Güney1-2	800	700	9,16	0,09	0,08	44,82	✓
Güney1-3	800	2750	53,50	0,08	0,08	167,89	✓
Güney1-4	1000	9350	-181,24	0,07	0,07	643,18	✓
Güney1-5	800	2700	-52,14	0,05	0,06	125,07	✓
Güney1-6	800	2050	-20,10	0,07	0,07	110,88	✓
Güney1-7	800	2800	-43,99	0,08	0,08	170,04	✓
Güney1-8	800	2100	-24,90	0,09	0,08	135,54	✓
Güney2-1	800	1950	-42,14	0,07	0,07	110,59	✓
Güney2-2	800	1950	-35,74	0,04	0,05	83,54	✓
Güney2-3	800	850	-18,28	0,16	0,11	76,54	✓
Güney2-4	800	500	12,48	0,09	0,08	32,76	✓
Güney2-5	1000	1250	-22,31	0,06	0,06	78,22	✓
Güney2-6	1000	4050	-74,36	0,04	0,05	219,16	✓
Güney2-7	1000	1100	16,18	0,19	0,13	145,30	✓
Güney2-8	800	600	-13,20	0,09	0,08	37,74	✓

Güney2-9	800	650	-11,71	0,01	0,04	20,01	✓
Güney2-10	800	2050	43,61	0,02	0,05	77,01	✓
Güney2-11	800	2800	34,25	0,04	0,05	118,69	✓
Güney2-12	800	2100	-12,98	0,05	0,06	98,01	✓
Güney3-1	800	8925	-90,32	0,02	0,04	309,14	✓
Güney3-2	1000	8475	-90,71	0,02	0,04	368,43	✓
Güney3-3	800	12300	72,79	0,02	0,04	441,25	✓
Kuzey1-1	900	3350	60,05	0,06	0,06	191,69	✓
Kuzey1-2	900	700	10,37	0,26	0,17	104,30	✓
Kuzey1-3	900	2750	58,95	0,08	0,08	189,51	✓
Kuzey1-4	1100	9350	-175,40	0,07	0,07	707,40	✓
Kuzey1-5	900	2700	-56,95	0,05	0,06	140,00	✓
Kuzey1-6	900	2050	-18,33	0,05	0,06	114,81	✓
Kuzey1-7	900	2800	-39,54	0,07	0,07	181,53	✓
Kuzey1-8	900	2100	-31,03	0,07	0,07	134,96	✓
Kuzey2-1	900	1950	-36,15	0,07	0,07	121,14	✓
Kuzey2-2	900	1950	37,34	0,05	0,06	107,43	✓
Kuzey2-3	900	850	-16,88	0,08	0,07	56,31	✓
Kuzey2-4	900	500	13,88	0,21	0,14	63,36	✓
Kuzey2-5	1100	1250	-20,58	0,06	0,07	89,64	✓
Kuzey2-6	1100	4050	75,59	0,05	0,06	273,82	✓
Kuzey2-7	1100	1100	18,73	0,06	0,07	80,92	✓
Kuzey2-8	900	600	-14,64	0,08	0,08	40,69	✓
Kuzey2-9	900	650	-11,98	0,01	0,04	22,92	✓
Kuzey2-10	900	2050	48,34	0,02	0,05	87,48	✓
Kuzey2-11	900	2800	39,96	0,04	0,05	133,42	✓
Kuzey2-12	900	2100	-22,01	0,04	0,06	106,60	✓
Kuzey3-1	900	8925	-78,49	0,02	0,04	348,85	✓
Kuzey3-2	1100	8475	-94,86	0,02	0,04	408,79	✓
Kuzey3-3	900	12300	79,78	0,02	0,04	493,71	✓

d)

Çizelge A.2.5: Düzce kesme dayanımı kontrolü a) DD2-1 b) DD2-2 c) DD3-1 d) DD3-2.

Düzce-1-DD2-GÖ							
Kesit	t (mm)	l (mm)	V_{Ed} (kN)	σ_d (MPa)	τ (MPa)	V_d (kN)	Kontrol
Batı1-1	700	5700	671,35	0,07	0,07	286,66	✗
Batı1-2	700	625	23,23	0,09	0,08	35,94	✓
Batı1-3	700	625	-22,59	0,10	0,09	37,24	✓
Batı1-4	700	5650	646,45	0,04	0,05	208,87	✗
Batı2-1	700	1875	-180,57	0,10	0,09	114,38	✗

Batı2-2	700	2475	248,56	0,13	0,10	174,57	✓
Batı2-3	700	2475	113,00	0,05	0,06	102,15	✓
Batı2-4	700	1200	-120,88	0,11	0,09	73,55	✗
Batı2-5	700	1250	-250,81	0,27	0,17	146,89	✗
Batı2-6	700	1875	180,86	0,11	0,09	116,71	✗
Batı3-1	700	4850	158,28	0,04	0,05	186,07	✓
Batı3-2	700	1200	60,46	0,06	0,06	52,88	✓
Batı3-3	700	1250	-64,29	0,05	0,06	54,34	✓
Batı3-4	700	4800	-159,22	0,04	0,05	182,56	✓
Batı4-1	700	17850	-666,66	0,03	0,05	633,58	✓
Doğu1-1	800	5700	-262,61	0,03	0,05	233,49	✓
Doğu1-2	800	3800	-215,92	0,03	0,05	156,94	✓
Doğu1-3	800	5650	-268,19	0,12	0,09	420,44	✓
Doğu2-1	800	1875	59,08	0,09	0,08	118,04	✓
Doğu2-2	800	11450	-539,85	0,04	0,05	483,92	✓
Doğu2-3	800	1875	-64,22	0,09	0,08	116,66	✓
Doğu3-1	800	4400	-131,22	-0,01	0,03	97,22	✓
Doğu3-2	800	5850	167,85	0,03	0,05	245,57	✓
Doğu3-3	800	4400	133,24	-0,01	0,03	98,92	✓
Doğu4-1	800	17850	-621,70	0,03	0,05	716,92	✓
Güney1-1	800	3350	161,61	-0,07	0,00	5,63	✗
Güney1-2	800	700	21,55	0,11	0,09	51,16	✓
Güney1-3	800	2750	143,49	0,10	0,09	187,15	✓
Güney1-4	1000	9350	-505,76	0,06	0,06	597,87	✓
Güney1-5	800	2700	-118,05	0,04	0,05	113,75	✓
Güney1-6	800	2050	-51,43	0,10	0,09	141,59	✓
Güney1-7	800	2800	-117,85	0,13	0,10	228,00	✓
Güney1-8	800	2100	-73,62	0,11	0,09	148,90	✓
Güney2-1	800	1950	-146,31	0,13	0,10	154,82	✓
Güney2-2	800	1950	-120,07	0,03	0,05	76,71	✗
Güney2-3	800	850	-49,37	0,17	0,12	81,96	✓
Güney2-4	800	500	34,24	0,16	0,11	45,78	✓
Güney2-5	1000	1250	-64,81	0,05	0,06	75,13	✓
Güney2-6	1000	4050	-236,34	0,01	0,04	159,43	✓
Güney2-7	1000	1100	-52,25	-0,04	0,02	17,96	✗
Güney2-8	800	600	-26,45	0,15	0,11	51,82	✓
Güney2-9	800	650	-31,97	-0,03	0,02	9,94	✗
Güney2-10	800	2050	119,94	0,01	0,04	62,69	✗
Güney2-11	800	2800	92,87	0,01	0,04	91,05	✓
Güney2-12	800	2100	-44,64	0,06	0,07	110,66	✓
Güney3-1	800	8925	-334,52	0,01	0,04	295,02	✓
Güney3-2	1000	8475	-236,40	0,01	0,04	324,60	✓
Güney3-3	800	12300	179,22	0,02	0,04	431,96	✓

Kuzey1-1	900	3350	176,04	-0,04	0,01	39,70	✗
Kuzey1-2	900	700	24,14	0,12	0,10	60,62	✓
Kuzey1-3	900	2750	155,17	0,10	0,08	209,45	✓
Kuzey1-4	1100	9350	-557,40	0,06	0,07	682,48	✓
Kuzey1-5	900	2700	-130,15	0,04	0,06	133,83	✓
Kuzey1-6	900	2050	-61,76	0,11	0,09	166,49	✓
Kuzey1-7	900	2800	-134,90	0,11	0,09	232,70	✓
Kuzey1-8	900	2100	-71,57	0,08	0,08	144,39	✓
Kuzey2-1	900	1950	-142,61	0,12	0,09	163,89	✓
Kuzey2-2	900	1950	122,46	0,06	0,07	115,01	✓
Kuzey2-3	900	850	-49,09	0,14	0,11	80,46	✓
Kuzey2-4	900	500	35,94	0,16	0,12	52,05	✓
Kuzey2-5	1100	1250	-67,08	0,07	0,07	94,95	✓
Kuzey2-6	1100	4050	-249,73	0,03	0,05	217,47	✓
Kuzey2-7	1100	1100	-54,59	-0,02	0,03	31,22	✗
Kuzey2-8	900	600	-29,19	0,15	0,11	59,91	✓
Kuzey2-9	900	650	-34,58	-0,03	0,02	11,47	✗
Kuzey2-10	900	2050	126,17	0,01	0,04	73,57	✗
Kuzey2-11	900	2800	98,45	0,01	0,04	104,75	✓
Kuzey2-12	900	2100	-45,62	0,05	0,06	112,78	✓
Kuzey3-1	900	8925	312,12	0,02	0,05	365,58	✓
Kuzey3-2	1100	8475	-243,46	0,01	0,04	370,76	✓
Kuzey3-3	900	12300	175,08	0,02	0,04	496,12	✓

a)

Duzce-2-DD2-GÖ							
Kesit	t (mm)	l (mm)	V_{Ed} (kN)	σ_d (MPa)	τ (MPa)	V_d (kN)	Kontrol
Batı1-1	700	5700	-703,19	0,05	0,06	248,22	✗
Batı1-2	700	625	21,00	0,11	0,09	39,55	✓
Batı1-3	700	625	-24,07	0,11	0,09	38,33	✓
Batı1-4	700	5650	-671,85	0,09	0,08	325,94	✗
Batı2-1	700	1875	-194,26	0,11	0,09	117,63	✗
Batı2-2	700	2475	-247,59	0,05	0,06	105,91	✗
Batı2-3	700	2475	-108,73	0,01	0,04	70,34	✗
Batı2-4	700	1200	-129,49	0,11	0,09	75,29	✗
Batı2-5	700	1250	-268,30	0,27	0,17	149,71	✗
Batı2-6	700	1875	-184,06	0,03	0,05	64,33	✗
Batı3-1	700	4850	144,60	0,04	0,05	181,54	✓
Batı3-2	700	1200	-57,14	0,00	0,04	31,09	✗
Batı3-3	700	1250	-68,83	0,06	0,06	55,62	✓
Batı3-4	700	4800	-168,23	0,04	0,06	184,97	✓
Batı4-1	700	17850	-713,72	0,03	0,05	635,00	✓
Doğul-1	800	5700	-290,66	0,02	0,05	209,16	✓

Doğu1-2	800	3800	-226,40	0,04	0,06	169,50	✓
Doğu1-3	800	5650	-284,61	0,12	0,09	425,50	✓
Doğu2-1	800	1875	57,16	0,08	0,08	112,85	✓
Doğu2-2	800	11450	-554,29	0,04	0,05	483,97	✓
Doğu2-3	800	1875	-65,62	0,09	0,08	121,95	✓
Doğu3-1	800	4400	-139,04	-0,02	0,03	96,17	✓
Doğu3-2	800	5850	-176,74	0,03	0,05	237,28	✓
Doğu3-3	800	4400	-123,98	0,03	0,05	176,68	✓
Doğu4-1	800	17850	-648,68	0,03	0,05	720,80	✓
Güney1-1	800	3350	182,36	-0,08	0,00	-10,16	✗
Güney1-2	800	700	23,96	0,12	0,10	53,33	✓
Güney1-3	800	2750	159,77	0,10	0,09	190,46	✓
Güney1-4	1000	9350	-514,09	0,06	0,06	607,51	✓
Güney1-5	800	2700	-112,72	0,04	0,06	122,39	✓
Güney1-6	800	2050	-51,23	0,11	0,09	150,87	✓
Güney1-7	800	2800	-121,63	0,12	0,10	213,27	✓
Güney1-8	800	2100	-69,28	0,12	0,09	155,99	✓
Güney2-1	800	1950	148,18	-0,03	0,02	33,22	✗
Güney2-2	800	1950	125,32	0,06	0,07	101,59	✓
Güney2-3	800	850	-49,64	0,16	0,11	77,60	✓
Güney2-4	800	500	36,95	0,17	0,12	48,30	✓
Güney2-5	1000	1250	-67,82	0,06	0,07	83,48	✓
Güney2-6	1000	4050	-253,38	0,02	0,05	183,71	✓
Güney2-7	1000	1100	-55,42	-0,03	0,02	21,26	✗
Güney2-8	800	600	-28,47	0,17	0,12	56,80	✓
Güney2-9	800	650	-33,82	-0,04	0,02	8,58	✗
Güney2-10	800	2050	127,09	0,00	0,04	61,19	✗
Güney2-11	800	2800	100,43	0,01	0,04	88,69	✓
Güney2-12	800	2100	-44,45	0,07	0,07	113,49	✓
Güney3-1	800	8925	340,19	0,02	0,05	333,95	✓
Güney3-2	1000	8475	-239,90	0,01	0,04	332,16	✓
Güney3-3	800	12300	203,81	0,02	0,04	438,12	✓
Kuzey1-1	900	3350	178,32	-0,03	0,02	55,42	✗
Kuzey1-2	900	700	24,07	0,12	0,10	60,16	✓
Kuzey1-3	900	2750	153,58	0,10	0,08	205,82	✓
Kuzey1-4	1100	9350	-502,64	0,06	0,07	674,11	✓
Kuzey1-5	900	2700	-105,14	0,05	0,06	141,18	✓
Kuzey1-6	900	2050	53,51	0,00	0,03	61,79	✓
Kuzey1-7	900	2800	-124,90	0,12	0,10	244,25	✓
Kuzey1-8	900	2100	-55,80	0,14	0,10	196,73	✓
Kuzey2-1	900	1950	-136,87	0,11	0,09	160,07	✓
Kuzey2-2	900	1950	-119,41	0,02	0,05	82,86	✓
Kuzey2-3	900	850	-49,89	0,15	0,11	83,89	✓

Kuzey2-4	900	500	32,86	0,15	0,11	50,27	✓
Kuzey2-5	1100	1250	-66,54	0,06	0,07	89,99	✓
Kuzey2-6	1100	4050	-241,21	0,02	0,04	199,63	✓
Kuzey2-7	1100	1100	-52,22	-0,03	0,02	26,55	✗
Kuzey2-8	900	600	-26,49	0,15	0,11	60,67	✓
Kuzey2-9	900	650	-32,02	-0,02	0,02	13,21	✗
Kuzey2-10	900	2050	114,49	0,01	0,04	75,19	✗
Kuzey2-11	900	2800	91,25	0,02	0,04	111,43	✓
Kuzey2-12	900	2100	-35,65	0,03	0,05	92,71	✓
Kuzey3-1	900	8925	-296,29	0,01	0,04	338,61	✓
Kuzey3-2	1100	8475	-222,24	0,01	0,04	356,53	✓
Kuzey3-3	900	12300	158,37	0,02	0,04	484,49	✓

b)

Duzce-1-DD3-KH							
Kesit	t (mm)	l (mm)	V_{Ed} (kN)	σ_d (MPa)	τ (MPa)	V_d (kN)	Kontrol
Batı1-1	700	5700	-293,49	0,06	0,06	250,34	✗
Batı1-2	700	625	11,60	0,12	0,09	40,87	✓
Batı1-3	700	625	-11,87	0,12	0,10	41,70	✓
Batı1-4	700	5650	-290,33	0,07	0,07	281,26	✗
Batı2-1	700	1875	-80,04	0,08	0,08	98,73	✓
Batı2-2	700	2475	111,33	0,11	0,09	155,16	✓
Batı2-3	700	2475	51,65	0,04	0,05	93,16	✓
Batı2-4	700	1200	-56,14	0,08	0,08	63,38	✓
Batı2-5	700	1250	-113,59	0,22	0,14	126,18	✓
Batı2-6	700	1875	77,41	0,07	0,07	94,27	✓
Batı3-1	700	4850	83,14	0,03	0,05	163,32	✓
Batı3-2	700	1200	27,69	0,04	0,05	44,79	✓
Batı3-3	700	1250	-29,93	0,04	0,05	47,55	✓
Batı3-4	700	4800	-84,41	0,03	0,05	161,36	✓
Batı4-1	700	17850	-289,29	0,03	0,05	631,75	✓
Doğu1-1	800	5700	-120,93	0,04	0,06	253,90	✓
Doğu1-2	800	3800	-97,40	0,04	0,06	167,86	✓
Doğu1-3	800	5650	-115,65	0,09	0,08	367,87	✓
Doğu2-1	800	1875	25,99	0,09	0,08	121,48	✓
Doğu2-2	800	11450	-244,51	0,04	0,05	487,69	✓
Doğu2-3	800	1875	-27,60	0,06	0,06	97,15	✓
Doğu3-1	800	4400	-61,59	0,00	0,03	121,60	✓
Doğu3-2	800	5850	-75,52	0,03	0,05	239,07	✓
Doğu3-3	800	4400	58,87	0,00	0,04	123,48	✓
Doğu4-1	800	17850	-281,16	0,03	0,05	721,63	✓
Güney1-1	800	3350	78,63	0,02	0,04	119,44	✓
Güney1-2	800	700	11,79	0,09	0,08	45,79	✓
Güney1-3	800	2750	73,48	0,09	0,08	172,98	✓

Güney1-4	1000	9350	-217,30	0,06	0,07	627,85	✓
Güney1-5	800	2700	-56,44	0,04	0,06	122,74	✓
Güney1-6	800	2050	-21,91	0,07	0,07	111,86	✓
Güney1-7	800	2800	-53,87	0,10	0,08	189,55	✓
Güney1-8	800	2100	-31,56	0,09	0,08	134,51	✓
Güney2-1	800	1950	-65,06	0,09	0,08	121,29	✓
Güney2-2	800	1950	-52,58	0,04	0,05	83,27	✓
Güney2-3	800	850	-24,55	0,10	0,09	59,26	✓
Güney2-4	800	500	17,80	0,11	0,09	35,52	✓
Güney2-5	1000	1250	-30,51	0,05	0,06	76,31	✓
Güney2-6	1000	4050	-104,87	0,03	0,05	203,64	✓
Güney2-7	1000	1100	23,63	0,08	0,08	84,11	✓
Güney2-8	800	600	-14,66	0,10	0,08	39,61	✓
Güney2-9	800	650	-14,75	0,00	0,04	18,73	✓
Güney2-10	800	2050	63,41	0,02	0,04	73,22	✓
Güney2-11	800	2800	47,94	0,03	0,05	110,86	✓
Güney2-12	800	2100	-19,67	0,05	0,06	102,72	✓
Güney3-1	800	8925	-146,82	0,02	0,04	306,03	✓
Güney3-2	1000	8475	-112,50	0,01	0,04	351,93	✓
Güney3-3	800	12300	98,53	0,02	0,05	443,33	✓
Kuzey1-1	900	3350	85,93	0,03	0,05	156,05	✓
Kuzey1-2	900	700	13,20	0,10	0,08	52,98	✓
Kuzey1-3	900	2750	79,35	0,09	0,08	194,03	✓
Kuzey1-4	1100	9350	-239,67	0,07	0,07	702,51	✓
Kuzey1-5	900	2700	-62,27	0,05	0,06	141,17	✓
Kuzey1-6	900	2050	-26,23	0,08	0,07	137,23	✓
Kuzey1-7	900	2800	-59,35	0,09	0,08	203,66	✓
Kuzey1-8	900	2100	-31,04	0,08	0,07	141,23	✓
Kuzey2-1	900	1950	-65,07	0,08	0,07	130,37	✓
Kuzey2-2	900	1950	56,37	0,05	0,06	108,32	✓
Kuzey2-3	900	850	-26,05	0,59	0,33	253,63	✓
Kuzey2-4	900	500	18,81	0,11	0,09	40,41	✓
Kuzey2-5	1100	1250	-32,50	0,15	0,11	150,89	✓
Kuzey2-6	1100	4050	-110,56	0,04	0,05	238,46	✓
Kuzey2-7	1100	1100	26,22	0,16	0,11	138,73	✓
Kuzey2-8	900	600	-15,74	0,10	0,08	45,13	✓
Kuzey2-9	900	650	-14,98	0,01	0,04	22,11	✓
Kuzey2-10	900	2050	66,48	0,02	0,05	84,08	✓
Kuzey2-11	900	2800	51,97	0,03	0,05	126,39	✓
Kuzey2-12	900	2100	-20,40	0,05	0,06	110,67	✓
Kuzey3-1	900	8925	-137,64	0,02	0,04	345,68	✓
Kuzey3-2	1100	8475	-106,74	0,01	0,04	396,18	✓
Kuzey3-3	900	12300	95,05	0,02	0,04	494,31	✓

c)

Duzce-2-DD3-KH							
Kesit	t (mm)	l (mm)	V_{Ed} (kN)	σ_d (MPa)	τ (MPa)	V_d (kN)	Kontrol
Batı1-1	700	5700	-297,08	0,06	0,06	252,66	✗
Batı1-2	700	625	11,15	0,12	0,10	42,27	✓
Batı1-3	700	625	-12,00	0,12	0,10	41,90	✓
Batı1-4	700	5650	-292,85	0,07	0,07	280,79	✗
Batı2-1	700	1875	-77,33	0,08	0,07	98,13	✓
Batı2-2	700	2475	108,81	0,11	0,09	157,40	✓
Batı2-3	700	2475	50,19	0,04	0,05	94,00	✓
Batı2-4	700	1200	-55,26	0,08	0,08	63,73	✓
Batı2-5	700	1250	-110,67	0,22	0,14	125,37	✓
Batı2-6	700	1875	78,72	0,08	0,07	97,71	✓
Batı3-1	700	4850	83,71	0,03	0,05	163,58	✓
Batı3-2	700	1200	27,85	0,04	0,05	46,09	✓
Batı3-3	700	1250	-28,96	0,04	0,05	47,19	✓
Batı3-4	700	4800	-81,91	0,03	0,05	160,73	✓
Batı4-1	700	17850	279,45	0,03	0,05	633,52	✓
Doğu1-1	800	5700	-134,91	0,04	0,06	258,03	✓
Doğu1-2	800	3800	-105,22	0,04	0,06	168,72	✓
Doğu1-3	800	5650	-128,94	0,09	0,08	366,78	✓
Doğu2-1	800	1875	26,14	0,05	0,06	92,48	✓
Doğu2-2	800	11450	-251,49	0,04	0,05	489,29	✓
Doğu2-3	800	1875	-28,62	0,06	0,07	97,60	✓
Doğu3-1	800	4400	-59,18	0,00	0,03	122,73	✓
Doğu3-2	800	5850	-75,41	0,03	0,05	239,87	✓
Doğu3-3	800	4400	59,66	0,00	0,03	122,87	✓
Doğu4-1	800	17850	-284,10	0,03	0,05	722,76	✓
Güney1-1	800	3350	69,09	0,02	0,05	126,98	✓
Güney1-2	800	700	10,49	0,09	0,08	44,62	✓
Güney1-3	800	2750	64,60	0,09	0,08	170,95	✓
Güney1-4	1000	9350	-212,28	0,07	0,07	634,65	✓
Güney1-5	800	2700	-55,44	0,05	0,06	126,10	✓
Güney1-6	800	2050	-20,50	0,07	0,07	112,40	✓
Güney1-7	800	2800	-48,28	0,08	0,08	173,44	✓
Güney1-8	800	2100	-31,22	0,09	0,08	135,26	✓
Güney2-1	800	1950	-53,90	0,08	0,07	116,72	✓
Güney2-2	800	1950	-44,20	0,04	0,05	83,95	✓
Güney2-3	800	850	-21,82	0,10	0,08	56,35	✓
Güney2-4	800	500	15,68	0,10	0,08	33,79	✓
Güney2-5	1000	1250	-27,30	0,51	0,29	363,74	✓
Güney2-6	1000	4050	-93,31	0,04	0,06	226,32	✓
Güney2-7	1000	1100	20,05	0,08	0,07	81,30	✓
Güney2-8	800	600	-15,04	0,09	0,08	39,52	✓
Güney2-9	800	650	-14,26	0,00	0,04	18,52	✓
Güney2-10	800	2050	57,21	0,02	0,05	74,46	✓
Güney2-11	800	2800	41,06	0,03	0,05	113,07	✓
Güney2-12	800	2100	-21,34	0,05	0,06	104,70	✓
Güney3-1	800	8925	-122,21	0,02	0,04	307,61	✓

Güney3-2	1000	8475	-110,77	0,02	0,04	361,51	✓
Güney3-3	800	12300	107,32	0,02	0,04	440,17	✓
Kuzey1-1	900	3350	83,96	0,02	0,05	142,09	✓
Kuzey1-2	900	700	12,11	0,08	0,07	46,99	✓
Kuzey1-3	900	2750	71,87	0,09	0,08	192,05	✓
Kuzey1-4	1100	9350	-223,28	0,07	0,07	698,73	✓
Kuzey1-5	900	2700	-52,72	0,05	0,06	144,18	✓
Kuzey1-6	900	2050	23,93	0,03	0,05	88,03	✓
Kuzey1-7	900	2800	-57,24	0,10	0,08	208,11	✓
Kuzey1-8	900	2100	-25,13	0,11	0,09	166,64	✓
Kuzey2-1	900	1950	-61,91	0,08	0,07	130,69	✓
Kuzey2-2	900	1950	-52,62	0,04	0,05	92,17	✓
Kuzey2-3	900	850	-25,40	0,10	0,08	63,25	✓
Kuzey2-4	900	500	17,51	0,11	0,09	40,07	✓
Kuzey2-5	1100	1250	-31,79	0,06	0,06	87,17	✓
Kuzey2-6	1100	4050	-107,76	0,04	0,05	233,97	✓
Kuzey2-7	1100	1100	23,06	0,07	0,07	85,67	✓
Kuzey2-8	900	600	-15,40	0,09	0,08	44,30	✓
Kuzey2-9	900	650	-14,90	0,01	0,04	22,10	✓
Kuzey2-10	900	2050	63,40	0,02	0,05	84,19	✓
Kuzey2-11	900	2800	46,36	0,03	0,05	127,31	✓
Kuzey2-12	900	2100	-16,37	0,04	0,06	104,39	✓
Kuzey3-1	900	8925	-132,06	0,02	0,04	346,50	✓
Kuzey3-2	1100	8475	-107,78	0,01	0,04	386,96	✓
Kuzey3-3	900	12300	79,53	0,02	0,04	491,27	✓

d)

Çizelge A.2.6: Erzincan kesme dayanımı kontrolü a) DD2-1 b) DD2-2 c) DD3-1 d) DD3-2.

Erzincan-1-DD2-GÖ							
Kesit	t (mm)	l (mm)	V_{Ed} (kN)	σ_d (MPa)	τ (MPa)	V_d (kN)	Kontrol
Batı1-1	700	5700	755,97	0,09	0,08	317,68	✗
Batı1-2	700	625	26,55	0,1	0,08	36,8	✓
Batı1-3	700	625	20,79	0,18	0,12	53,96	✓
Batı1-4	700	5650	767,62	0,05	0,06	235,06	✗
Batı2-1	700	1875	187,96	0,02	0,04	57,4	✗
Batı2-2	700	2475	270,72	0,14	0,1	181,61	✓
Batı2-3	700	2475	122,95	0,05	0,06	105,42	✓
Batı2-4	700	1200	120,24	0,02	0,04	37,35	✗
Batı2-5	700	1250	254,34	0,09	0,08	72,09	✗
Batı2-6	700	1875	202,04	0,11	0,09	118,65	✗
Batı3-1	700	4850	164,5	0,04	0,05	185,9	✓
Batı3-2	700	1200	66,1	0,06	0,06	52,87	✓
Batı3-3	700	1250	61,86	0	0,03	30,3	✗

Batı3-4	700	4800	-117,55	0,03	0,05	170,22	✓
Batı4-1	700	17850	723,19	0,03	0,05	630,02	✓
Doğu1-1	800	5700	339,5	0,14	0,1	468,06	✓
Doğu1-2	800	3800	272,59	0,05	0,06	176,89	✗
Doğu1-3	800	5650	356,32	0,02	0,05	210,01	✗
Doğu2-1	800	1875	68,22	0,1	0,08	124,34	✓
Doğu2-2	800	11450	642,79	0,04	0,05	493,19	✓
Doğu2-3	800	1875	69,34	0	0,03	51,51	✓
Doğu3-1	800	4400	125,7	0,03	0,05	178,25	✓
Doğu3-2	800	5850	192,27	0,03	0,05	242,43	✓
Doğu3-3	800	4400	144,28	-0,01	0,03	98,05	✓
Doğu4-1	800	17850	725,86	0,03	0,05	730,17	✓
Güney1-1	800	3350	-135,69	0,22	0,14	387,34	✓
Güney1-2	800	700	17,3	0,11	0,09	50,27	✓
Güney1-3	800	2750	110,08	0,09	0,08	177,63	✓
Güney1-4	1000	9350	-407,36	0,07	0,07	632,96	✓
Güney1-5	800	2700	-93,5	0,04	0,05	116	✓
Güney1-6	800	2050	-46,9	0,12	0,09	154,88	✓
Güney1-7	800	2800	-103,07	0,12	0,1	214,69	✓
Güney1-8	800	2100	-60,08	0,08	0,07	122,92	✓
Güney2-1	800	1950	-135,28	0,13	0,1	156,5	✓
Güney2-2	800	1950	-104,9	0,03	0,05	75,71	✓
Güney2-3	800	850	-41,85	0,15	0,11	73,5	✓
Güney2-4	800	500	23,64	0,13	0,1	39,29	✓
Güney2-5	1000	1250	-53,65	0,06	0,07	81,81	✓
Güney2-6	1000	4050	-192,7	0,02	0,05	191,97	✓
Güney2-7	1000	1100	-41,09	-0,02	0,03	29,9	✓
Güney2-8	800	600	-21,32	0,11	0,09	44,31	✓
Güney2-9	800	650	-23,39	-0,01	0,03	14,89	✗
Güney2-10	800	2050	83,33	0,01	0,04	68,56	✓
Güney2-11	800	2800	66,75	0,02	0,05	106,03	✓
Güney2-12	800	2100	-40,96	0,04	0,06	94,47	✓
Güney3-1	800	8925	-297,2	0,01	0,04	302,46	✓
Güney3-2	1000	8475	-174,37	0,02	0,04	361,77	✓
Güney3-3	800	12300	200,38	0,02	0,05	446,99	✓
Kuzey1-1	900	3350	221,51	-0,05	0,01	33,39	✗
Kuzey1-2	900	700	31	0,15	0,11	68,19	✓
Kuzey1-3	900	2750	198,91	0,11	0,09	218,3	✓
Kuzey1-4	1100	9350	663,47	0,08	0,07	764,76	✓
Kuzey1-5	900	2700	127,01	0,06	0,06	157,49	✓

Kuzey1-6	900	2050	71,99	-0,02	0,02	45,18	✗
Kuzey1-7	900	2800	151,85	0,02	0,05	114,04	✓
Kuzey1-8	900	2100	82,96	0	0,03	62,69	✓
Kuzey2-1	900	1950	159,51	-0,02	0,02	43,77	✗
Kuzey2-2	900	1950	147,21	0,07	0,07	122,07	✓
Kuzey2-3	900	850	47,19	-0,06	0	3,07	✗
Kuzey2-4	900	500	41,75	0,18	0,13	57,33	✓
Kuzey2-5	1100	1250	72,31	0,04	0,05	74,68	✓
Kuzey2-6	1100	4050	297,37	0,07	0,07	319,06	✓
Kuzey2-7	1100	1100	68,5	0,13	0,1	118,49	✓
Kuzey2-8	900	600	-22,47	0,11	0,09	49,44	✓
Kuzey2-9	900	650	38,13	0,1	0,09	49,86	✓
Kuzey2-10	900	2050	141,14	0,01	0,04	71,33	✗
Kuzey2-11	900	2800	126,19	0,01	0,04	105,96	✓
Kuzey2-12	900	2100	-49,89	0,02	0,05	85,92	✓
Kuzey3-1	900	8925	344,3	0,02	0,05	367,26	✓
Kuzey3-2	1100	8475	248,67	0,03	0,05	455,76	✓
Kuzey3-3	900	12300	179,92	0,01	0,04	466,33	✓

a)

Erzincan-2-DD2-GÖ							
Kesit	t (mm)	l (mm)	V_{Ed} (kN)	σ_d (MPa)	τ (MPa)	V_d (kN)	Kontrol
Batı1-1	700	5700	746,43	0,09	0,08	311,76	✗
Batı1-2	700	625	26,14	0,10	0,08	36,60	✓
Batı1-3	700	625	20,39	0,18	0,12	53,62	✓
Batı1-4	700	5650	751,07	0,05	0,06	230,43	✗
Batı2-1	700	1875	188,55	0,02	0,04	57,00	✗
Batı2-2	700	2475	269,47	0,14	0,10	179,24	✗
Batı2-3	700	2475	122,54	0,05	0,06	104,95	✓
Batı2-4	700	1200	119,83	0,02	0,04	37,41	✗
Batı2-5	700	1250	254,37	0,09	0,08	71,90	✗
Batı2-6	700	1875	198,91	0,11	0,09	116,75	✗
Batı3-1	700	4850	164,46	0,04	0,05	185,89	✓
Batı3-2	700	1200	65,39	0,08	0,08	64,45	✓
Batı3-3	700	1250	61,89	0,00	0,03	30,26	✗
Batı3-4	700	4800	-129,73	0,03	0,05	174,66	✓
Batı4-1	700	17850	721,49	0,03	0,05	628,19	✓
Doğu1-1	800	5700	305,66	0,14	0,10	471,58	✓
Doğu1-2	800	3800	251,10	0,05	0,06	177,81	✓
Doğu1-3	800	5650	322,44	0,02	0,05	204,42	✗
Doğu2-1	800	1875	61,60	0,10	0,08	124,91	✓

Doğu2-2	800	11450	610,76	0,04	0,05	495,56	✓
Doğu2-3	800	1875	65,41	0,00	0,03	50,28	✓
Doğu3-1	800	4400	125,98	0,03	0,05	179,36	✓
Doğu3-2	800	5850	186,74	0,03	0,05	243,67	✓
Doğu3-3	800	4400	140,87	-0,01	0,03	99,18	✓
Doğu4-1	800	17850	699,13	0,03	0,05	731,39	✓
Güney1-1	800	3350	165,63	0,01	0,04	107,79	✗
Güney1-2	800	700	25,07	0,14	0,11	59,33	✓
Güney1-3	800	2750	159,78	0,10	0,09	189,25	✓
Güney1-4	1000	9350	568,75	0,08	0,07	680,76	✓
Güney1-5	800	2700	115,23	0,06	0,06	138,19	✓
Güney1-6	800	2050	64,13	-0,01	0,03	50,33	✓
Güney1-7	800	2800	127,34	0,03	0,05	114,73	✓
Güney1-8	800	2100	70,80	0,00	0,04	61,91	✓
Güney2-1	800	1950	-136,97	0,13	0,10	157,88	✓
Güney2-2	800	1950	112,74	0,08	0,07	113,99	✓
Güney2-3	800	850	-42,47	0,16	0,11	76,93	✓
Güney2-4	800	500	31,86	0,17	0,12	48,69	✓
Güney2-5	1000	1250	55,93	0,03	0,05	64,96	✓
Güney2-6	1000	4050	237,91	0,06	0,07	267,35	✓
Güney2-7	1000	1100	55,03	0,10	0,09	96,23	✓
Güney2-8	800	600	-19,50	0,15	0,11	52,22	✓
Güney2-9	800	650	30,23	0,09	0,08	42,06	✓
Güney2-10	800	2050	100,72	0,01	0,04	69,58	✓
Güney2-11	800	2800	94,00	0,02	0,05	102,19	✓
Güney2-12	800	2100	-37,37	0,02	0,04	72,20	✓
Güney3-1	800	8925	-303,42	0,01	0,04	301,87	✓
Güney3-2	1000	8475	206,85	0,02	0,05	398,05	✓
Güney3-3	800	12300	156,67	0,02	0,05	452,18	✓
Kuzey1-1	900	3350	188,07	-0,07	0,00	3,63	✗
Kuzey1-2	900	700	23,78	0,12	0,09	58,85	✓
Kuzey1-3	900	2750	154,35	0,10	0,08	209,05	✓
Kuzey1-4	1100	9350	463,98	0,08	0,07	753,75	✓
Kuzey1-5	900	2700	105,47	0,07	0,07	166,10	✓
Kuzey1-6	900	2050	51,43	-0,02	0,02	42,99	✓
Kuzey1-7	900	2800	112,84	0,02	0,04	111,47	✓
Kuzey1-8	900	2100	77,81	0,12	0,10	180,08	✓
Kuzey2-1	900	1950	145,49	-0,02	0,03	44,29	✗
Kuzey2-2	900	1950	121,50	0,06	0,06	113,44	✓
Kuzey2-3	900	850	-38,19	0,13	0,10	75,49	✓
Kuzey2-4	900	500	35,18	0,16	0,11	50,96	✓
Kuzey2-5	1100	1250	55,46	0,05	0,06	81,15	✓
Kuzey2-6	1100	4050	224,10	0,07	0,07	321,62	✓

Kuzey2-7	1100	1100	51,27	0,11	0,09	109,90	✓
Kuzey2-8	900	600	-20,64	0,12	0,10	51,52	✓
Kuzey2-9	900	650	26,04	0,08	0,07	42,87	✓
Kuzey2-10	900	2050	124,97	0,01	0,04	72,07	✗
Kuzey2-11	900	2800	93,66	0,01	0,04	105,27	✓
Kuzey2-12	900	2100	56,68	0,07	0,07	129,17	✓
Kuzey3-1	900	8925	319,18	0,02	0,05	364,18	✓
Kuzey3-2	1100	8475	165,97	0,02	0,04	397,27	✓
Kuzey3-3	900	12300	261,79	0,02	0,04	482,99	✓

b)

Erzincan-1-DD3-KH							
Kesit	t (mm)	l (mm)	V_{Ed} (kN)	σ_d (MPa)	τ (MPa)	V_d (kN)	Kontrol
Batı1-1	700	5700	325,96	0,07	0,07	281,86	✗
Batı1-2	700	625	12,95	0,12	0,09	41,24	✓
Batı1-3	700	625	-8,27	0,12	0,10	42,64	✓
Batı1-4	700	5650	328,79	0,06	0,06	250,89	✗
Batı2-1	700	1875	79,87	0,04	0,06	73,60	✗
Batı2-2	700	2475	121,34	0,11	0,09	157,49	✓
Batı2-3	700	2475	56,21	0,04	0,05	94,56	✓
Batı2-4	700	1200	48,35	0,04	0,06	48,01	✗
Batı2-5	700	1250	105,06	0,14	0,11	93,53	✗
Batı2-6	700	1875	87,57	0,08	0,08	99,24	✓
Batı3-1	700	4850	86,40	0,03	0,05	163,69	✓
Batı3-2	700	1200	30,23	0,04	0,05	45,52	✓
Batı3-3	700	1250	24,78	0,01	0,04	37,02	✓
Batı3-4	700	4800	-66,66	0,02	0,05	156,12	✓
Batı4-1	700	17850	311,98	0,03	0,05	629,18	✓
Doğu1-1	800	5700	144,12	0,10	0,08	383,85	✓
Doğu1-2	800	3800	117,93	0,04	0,06	174,04	✓
Doğu1-3	800	5650	158,93	0,05	0,06	269,59	✓
Doğu2-1	800	1875	29,25	0,06	0,07	100,99	✓
Doğu2-2	800	11450	278,62	0,04	0,05	493,47	✓
Doğu2-3	800	1875	30,16	0,02	0,05	69,09	✓
Doğu3-1	800	4400	50,92	0,02	0,04	156,00	✓
Doğu3-2	800	5850	82,93	0,03	0,05	241,67	✓
Doğu3-3	800	4400	65,29	0,00	0,03	121,29	✓
Doğu4-1	800	17850	312,86	0,03	0,05	727,03	✓
Güney1-1	800	3350	57,98	0,04	0,06	152,25	✓
Güney1-2	800	700	9,23	0,09	0,08	44,42	✓
Güney1-3	800	2750	54,12	0,08	0,08	167,41	✓
Güney1-4	1000	9350	-186,67	0,07	0,07	642,96	✓
Güney1-5	800	2700	-46,57	0,05	0,06	129,23	✓

Güney1-6	800	2050	-21,04	0,08	0,08	124,22	✓
Güney1-7	800	2800	-48,30	0,09	0,08	184,73	✓
Güney1-8	800	2100	-26,05	0,07	0,07	121,64	✓
Güney2-1	800	1950	-61,56	0,08	0,08	120,32	✓
Güney2-2	800	1950	-47,35	0,04	0,05	82,73	✓
Güney2-3	800	850	-21,78	0,09	0,08	56,06	✓
Güney2-4	800	500	12,61	0,09	0,08	32,48	✓
Güney2-5	1000	1250	-26,34	0,06	0,06	79,16	✓
Güney2-6	1000	4050	-88,44	0,04	0,05	216,76	✓
Güney2-7	1000	1100	-18,16	0,02	0,04	47,89	✓
Güney2-8	800	600	-12,56	0,08	0,08	36,45	✓
Güney2-9	800	650	-11,49	0,01	0,04	20,65	✓
Güney2-10	800	2050	45,92	0,02	0,05	75,91	✓
Güney2-11	800	2800	34,35	0,04	0,05	117,92	✓
Güney2-12	800	2100	-18,40	0,05	0,06	96,61	✓
Güney3-1	800	8925	-133,30	0,02	0,04	309,12	✓
Güney3-2	1000	8475	-84,00	0,02	0,04	369,61	✓
Güney3-3	800	12300	97,18	0,02	0,05	443,27	✓
Kuzey1-1	900	3350	98,54	0,03	0,05	150,45	✓
Kuzey1-2	900	700	15,03	0,11	0,09	55,26	✓
Kuzey1-3	900	2750	90,55	0,09	0,08	195,63	✓
Kuzey1-4	1100	9350	277,17	0,07	0,07	737,62	✓
Kuzey1-5	900	2700	-53,13	0,05	0,06	144,07	✓
Kuzey1-6	900	2050	29,97	0,02	0,05	85,66	✓
Kuzey1-7	900	2800	61,06	0,05	0,06	153,68	✓
Kuzey1-8	900	2100	35,72	0,05	0,06	109,28	✓
Kuzey2-1	900	1950	65,31	0,02	0,05	80,65	✓
Kuzey2-2	900	1950	61,78	0,05	0,06	109,21	✓
Kuzey2-3	900	850	-17,85	0,08	0,07	55,56	✓
Kuzey2-4	900	500	20,07	0,10	0,09	39,16	✓
Kuzey2-5	1100	1250	27,81	0,05	0,06	80,42	✓
Kuzey2-6	1100	4050	123,76	0,06	0,06	284,70	✓
Kuzey2-7	1100	1100	29,56	0,08	0,07	88,99	✓
Kuzey2-8	900	600	-13,45	0,08	0,08	40,68	✓
Kuzey2-9	900	650	15,40	0,06	0,06	38,00	✓
Kuzey2-10	900	2050	69,79	0,02	0,05	83,56	✓
Kuzey2-11	900	2800	58,88	0,03	0,05	127,52	✓
Kuzey2-12	900	2100	-22,57	0,03	0,05	97,82	✓
Kuzey3-1	900	8925	142,72	0,02	0,04	358,69	✓
Kuzey3-2	1100	8475	95,88	0,02	0,05	428,84	✓
Kuzey3-3	900	12300	96,93	0,02	0,04	479,73	✓

c)

Erzincan-2-DD3-KH							
Kesit	t (mm)	l (mm)	V_{Ed} (kN)	σ_d (MPa)	τ (MPa)	V_d (kN)	Kontrol
Batı1-1	700	5700	315,25	0,07	0,07	286,03	✗
Batı1-2	700	625	12,65	0,12	0,09	41,28	✓
Batı1-3	700	625	-10,19	0,12	0,10	42,16	✓
Batı1-4	700	5650	319,28	0,06	0,06	255,39	✗
Batı2-1	700	1875	78,67	0,04	0,06	73,73	✗
Batı2-2	700	2475	119,37	0,11	0,09	156,97	✓
Batı2-3	700	2475	55,23	0,04	0,05	94,28	✓
Batı2-4	700	1200	47,31	0,04	0,06	48,21	✓
Batı2-5	700	1250	103,21	0,14	0,11	93,82	✗
Batı2-6	700	1875	86,33	0,08	0,08	98,92	✓
Batı3-1	700	4850	85,56	0,03	0,05	163,46	✓
Batı3-2	700	1200	29,78	0,08	0,08	65,06	✓
Batı3-3	700	1250	-24,81	0,04	0,05	46,07	✓
Batı3-4	700	4800	-73,48	0,02	0,05	158,45	✓
Batı4-1	700	17850	307,09	0,03	0,05	629,34	✓
Doğu1-1	800	5700	125,21	0,10	0,08	383,38	✓
Doğu1-2	800	3800	105,08	0,04	0,06	174,23	✓
Doğu1-3	800	5650	138,09	0,05	0,06	270,06	✓
Doğu2-1	800	1875	26,87	0,06	0,07	100,91	✓
Doğu2-2	800	11450	256,99	0,04	0,05	492,73	✓
Doğu2-3	800	1875	27,44	0,02	0,05	69,25	✓
Doğu3-1	800	4400	-51,56	0,00	0,04	124,02	✓
Doğu3-2	800	5850	78,90	0,03	0,05	242,14	✓
Doğu3-3	800	4400	63,60	0,00	0,03	121,79	✓
Doğu4-1	800	17850	295,14	0,03	0,05	727,63	✓
Güney1-1	800	3350	75,98	0,05	0,06	163,83	✓
Güney1-2	800	700	12,46	0,10	0,09	48,45	✓
Güney1-3	800	2750	74,81	0,09	0,08	172,33	✓
Güney1-4	1000	9350	241,66	0,07	0,07	663,80	✓
Güney1-5	800	2700	43,81	0,05	0,06	133,13	✓
Güney1-6	800	2050	27,66	0,03	0,05	78,44	✓
Güney1-7	800	2800	52,57	0,06	0,06	141,04	✓
Güney1-8	800	2100	30,24	0,05	0,06	96,82	✓
Güney2-1	800	1950	-60,31	0,09	0,08	122,41	✓
Güney2-2	800	1950	47,60	0,06	0,06	99,41	✓
Güney2-3	800	850	-21,24	0,10	0,08	57,09	✓
Güney2-4	800	500	15,74	0,11	0,09	35,88	✓
Güney2-5	1000	1250	-25,44	0,05	0,06	74,97	✓
Güney2-6	1000	4050	99,46	0,05	0,06	249,56	✓
Güney2-7	1000	1100	23,78	0,07	0,07	76,78	✓
Güney2-8	800	600	-11,49	0,09	0,08	38,66	✓

Güney2-9	800	650	11,90	0,05	0,06	32,48	✓
Güney2-10	800	2050	52,35	0,02	0,05	76,51	✓
Güney2-11	800	2800	44,74	0,03	0,05	116,22	✓
Güney2-12	800	2100	-16,92	0,03	0,05	85,15	✓
Güney3-1	800	8925	-131,96	0,02	0,04	308,99	✓
Güney3-2	1000	8475	-82,15	0,01	0,04	351,21	✓
Güney3-3	800	12300	88,91	0,02	0,05	444,81	✓
Kuzey1-1	900	3350	89,82	0,02	0,04	135,44	✓
Kuzey1-2	900	700	12,91	0,10	0,08	52,17	✓
Kuzey1-3	900	2750	77,93	0,09	0,08	193,64	✓
Kuzey1-4	1100	9350	217,26	0,07	0,07	733,82	✓
Kuzey1-5	900	2700	-45,19	0,06	0,07	160,43	✓
Kuzey1-6	900	2050	24,23	0,02	0,04	82,44	✓
Kuzey1-7	900	2800	50,56	0,05	0,06	150,57	✓
Kuzey1-8	900	2100	33,53	0,09	0,08	155,88	✓
Kuzey2-1	900	1950	62,19	0,02	0,05	81,02	✓
Kuzey2-2	900	1950	55,50	0,05	0,06	106,87	✓
Kuzey2-3	900	850	-20,89	0,09	0,08	60,21	✓
Kuzey2-4	900	500	18,40	0,11	0,09	39,68	✓
Kuzey2-5	1100	1250	-24,65	0,06	0,06	86,28	✓
Kuzey2-6	1100	4050	103,26	0,06	0,06	286,79	✓
Kuzey2-7	1100	1100	24,64	0,07	0,07	87,52	✓
Kuzey2-8	900	600	-12,62	0,08	0,08	41,80	✓
Kuzey2-9	900	650	11,80	0,05	0,06	35,85	✓
Kuzey2-10	900	2050	65,92	0,02	0,05	83,85	✓
Kuzey2-11	900	2800	48,86	0,03	0,05	126,17	✓
Kuzey2-12	900	2100	23,54	0,05	0,06	116,79	✓
Kuzey3-1	900	8925	137,36	0,02	0,04	358,30	✓
Kuzey3-2	1100	8475	-78,67	0,01	0,04	394,46	✓
Kuzey3-3	900	12300	126,84	0,02	0,04	488,98	✓

d)

Çizelge A.2.7: Kocaeli kesme dayanımı kontrolü a) DD2-1 b) DD2-2 c) DD3-1 d) DD3-2.

Kocaeli-1-DD2-GÖ							
Kesit	t (mm)	l (mm)	V_{Ed} (kN)	σ_d (MPa)	τ (MPa)	V_d (kN)	Kontrol
Batı1-1	700	5700	669,46	0,09	0,08	315,5	✗
Batı1-2	700	625	23,84	0,1	0,09	37,87	✓
Batı1-3	700	625	-22,28	0,1	0,09	38,28	✓
Batı1-4	700	5650	682,3	0,05	0,06	240,61	✗
Batı2-1	700	1875	-176,3	0,1	0,09	114,58	✗
Batı2-2	700	2475	248,32	0,14	0,1	178	✓

Batı2-3	700	2475	112,67	0,05	0,06	103,31	✓
Batı2-4	700	1200	-118,05	0,1	0,09	73,03	✗
Batı2-5	700	1250	-244,71	0,26	0,17	144,74	✗
Batı2-6	700	1875	181,25	0,1	0,09	113,91	✗
Batı3-1	700	4850	159,19	0,04	0,05	185,19	✓
Batı3-2	700	1200	61,06	0,05	0,06	51,62	✓
Batı3-3	700	1250	-62,52	0,05	0,06	54,12	✓
Batı3-4	700	4800	-154,89	0,04	0,05	181,25	✓
Batı4-1	700	17850	665,87	0,03	0,05	635,66	✓
Doğu1-1	800	5700	-261,9	0,03	0,05	222,49	✓
Doğu1-2	800	3800	207,65	0,04	0,06	169,33	✓
Doğu1-3	800	5650	261,91	0,02	0,05	207,25	✓
Doğu2-1	800	1875	60,54	0,09	0,08	119,54	✓
Doğu2-2	800	11450	538,68	0,04	0,05	487,81	✓
Doğu2-3	800	1875	64,25	0	0,04	52,53	✓
Doğu3-1	800	4400	-129,19	-0,01	0,03	98,75	✓
Doğu3-2	800	5850	168,83	0,03	0,05	239,59	✓
Doğu3-3	800	4400	131,22	-0,01	0,03	101,3	✓
Doğu4-1	800	17850	626,64	0,03	0,05	722,24	✓
Güney1-1	800	3350	174,02	-0,06	0	12	✗
Güney1-2	800	700	24,1	0,12	0,1	53,72	✓
Güney1-3	800	2750	159,86	0,1	0,09	191,78	✓
Güney1-4	1000	9350	-501,71	0,06	0,07	608,21	✓
Güney1-5	800	2700	-96,78	0,05	0,06	124,83	✓
Güney1-6	800	2050	-53,34	0,13	0,1	164,76	✓
Güney1-7	800	2800	-124,22	0,13	0,1	224,68	✓
Güney1-8	800	2100	60,82	0	0,04	60,17	✓
Güney2-1	800	1950	-145,97	0,13	0,1	154,62	✓
Güney2-2	800	1950	-121,84	0,03	0,05	75,25	✗
Güney2-3	800	850	-49,58	0,17	0,12	81,12	✓
Güney2-4	800	500	35,83	1,57	0,82	327,2	✓
Güney2-5	1000	1250	-65,52	0,06	0,06	78,48	✓
Güney2-6	1000	4050	-239,89	0,01	0,04	166,38	✓
Güney2-7	1000	1100	54,77	0,13	0,1	111,9	✓
Güney2-8	800	600	-24,38	0,15	0,11	53,48	✓
Güney2-9	800	650	-30,28	-0,03	0,02	11,58	✗
Güney2-10	800	2050	122,33	0,01	0,04	63,4	✗
Güney2-11	800	2800	101,59	0,01	0,04	92,41	✓
Güney2-12	800	2100	-33,77	0,09	0,08	131,83	✓
Güney3-1	800	8925	-324,93	0,01	0,04	298,18	✓

Güney3-2	1000	8475	-224,47	0,01	0,04	331,8	✓
Güney3-3	800	12300	199,84	0,02	0,05	445,91	✓
Kuzey1-1	900	3350	187,11	-0,05	0,01	33,31	✗
Kuzey1-2	900	700	24,88	0,12	0,1	61,31	✓
Kuzey1-3	900	2750	160,7	0,1	0,08	209,77	✓
Kuzey1-4	1100	9350	505,54	0,08	0,07	752,2	✓
Kuzey1-5	900	2700	-99,92	0,04	0,06	136,68	✓
Kuzey1-6	900	2050	56,23	-0,02	0,03	46,85	✓
Kuzey1-7	900	2800	121,09	0,02	0,05	115,25	✓
Kuzey1-8	900	2100	-53,21	0,17	0,12	226,05	✓
Kuzey2-1	900	1950	139,35	-0,01	0,03	52,97	✗
Kuzey2-2	900	1950	123,79	0,06	0,07	117,8	✓
Kuzey2-3	900	850	-44,63	0,14	0,11	81,75	✓
Kuzey2-4	900	500	35,72	0,16	0,12	52,26	✓
Kuzey2-5	1100	1250	58,37	0,04	0,06	78,04	✓
Kuzey2-6	1100	4050	238,83	0,07	0,07	313,98	✓
Kuzey2-7	1100	1100	54,82	0,11	0,09	109,42	✓
Kuzey2-8	900	600	-22,81	0,12	0,1	52,3	✓
Kuzey2-9	900	650	28,79	0,08	0,08	44,29	✓
Kuzey2-10	900	2050	123,46	0,01	0,04	73,52	✗
Kuzey2-11	900	2800	98,33	0,02	0,04	107,2	✓
Kuzey2-12	900	2100	-41,85	0,06	0,06	122,25	✓
Kuzey3-1	900	8925	310,4	0,02	0,05	367	✓
Kuzey3-2	1100	8475	182,74	0,03	0,05	451,66	✓
Kuzey3-3	900	12300	164,33	0,02	0,05	502,89	✓

a)

Kocaeli-2-DD2-GÖ							
Kesit	t (mm)	l (mm)	V_{Ed} (kN)	σ_d (MPa)	τ (MPa)	V_d (kN)	Kontrol
Batı1-1	700	5700	-711,21	0,04	0,05	217,23	✗
Batı1-2	700	625	20,65	0,11	0,09	38,35	✓
Batı1-3	700	625	-24,99	0,1	0,08	36,46	✓
Batı1-4	700	5650	-719,27	0,08	0,07	293,52	✗
Batı2-1	700	1875	-181,58	0,1	0,08	109,49	✗
Batı2-2	700	2475	-240,33	0,05	0,06	100,54	✗
Batı2-3	700	2475	-106,01	0,01	0,04	67,7	✗
Batı2-4	700	1200	-126,11	0,1	0,09	72,92	✗
Batı2-5	700	1250	-258,76	0,26	0,16	143,67	✗
Batı2-6	700	1875	-185,78	0,01	0,04	54,5	✗
Batı3-1	700	4850	145,55	0,04	0,05	181,4	✓
Batı3-2	700	1200	-56,52	0	0,03	27,85	✗

Batı3-3	700	1250	-64,88	0,05	0,06	52,02	✓
Batı3-4	700	4800	-158,63	0,04	0,05	182,13	✓
Batı4-1	700	17850	-683,71	0,03	0,05	624,75	✓
Doğu1-1	800	5700	-311,84	0,01	0,04	174,92	✗
Doğu1-2	800	3800	-248,11	0,04	0,06	172,23	✓
Doğu1-3	800	5650	-302,67	0,13	0,1	449,25	✓
Doğu2-1	800	1875	-61,49	-0,01	0,03	42,32	✓
Doğu2-2	800	11450	-606,76	0,04	0,05	484,63	✓
Doğu2-3	800	1875	-62,62	0,09	0,08	118,65	✓
Doğu3-1	800	4400	-136,52	-0,01	0,03	99,08	✓
Doğu3-2	800	5850	-182,95	0,03	0,05	237,1	✓
Doğu3-3	800	4400	-124,11	0,03	0,05	176,42	✓
Doğu4-1	800	17850	-687,86	0,03	0,05	714,64	✓
Güney1-1	800	3350	158,28	-0,04	0,02	40,64	✗
Güney1-2	800	700	22,17	0,12	0,09	52,84	✓
Güney1-3	800	2750	145,03	0,1	0,08	185,79	✓
Güney1-4	1000	9350	431,44	0,08	0,07	696,45	✓
Güney1-5	800	2700	-94,3	0,04	0,06	120,34	✓
Güney1-6	800	2050	45,45	0	0,03	56,31	✓
Güney1-7	800	2800	98,06	0,03	0,05	110,53	✓
Güney1-8	800	2100	-51,6	0,06	0,07	112,18	✓
Güney2-1	800	1950	116,42	-0,01	0,03	46,06	✗
Güney2-2	800	1950	100,84	0,06	0,06	98,5	✓
Güney2-3	800	850	-35,65	0,13	0,1	68,79	✓
Güney2-4	800	500	31,05	0,15	0,11	44,44	✓
Güney2-5	1000	1250	49,38	0,05	0,06	77,45	✓
Güney2-6	1000	4050	203,62	0,08	0,07	300,81	✓
Güney2-7	1000	1100	47,44	0,12	0,09	104,27	✓
Güney2-8	800	600	-20,5	0,1	0,08	40,08	✓
Güney2-9	800	650	24,5	0,08	0,07	38,97	✓
Güney2-10	800	2050	105,39	0,01	0,04	65,64	✗
Güney2-11	800	2800	90,2	0,02	0,04	99,28	✓
Güney2-12	800	2100	-36,57	0,07	0,07	120,46	✓
Güney3-1	800	8925	275,53	0,02	0,05	323,8	✓
Güney3-2	1000	8475	-170,66	0,01	0,04	347,1	✓
Güney3-3	800	12300	177,85	0,02	0,04	435,25	✓
Kuzey1-1	900	3350	174,06	-0,04	0,01	41,41	✗
Kuzey1-2	900	700	23,43	0,12	0,09	58,71	✓
Kuzey1-3	900	2750	150,8	0,1	0,08	206,47	✓
Kuzey1-4	1100	9350	-463,07	0,06	0,07	681,1	✓

Kuzey1-5	900	2700	-104,85	0,04	0,06	139,38	✓
Kuzey1-6	900	2050	-51,66	0,12	0,1	178,66	✓
Kuzey1-7	900	2800	-120,55	0,12	0,1	244,84	✓
Kuzey1-8	900	2100	55,89	0,05	0,06	117,49	✓
Kuzey2-1	900	1950	-141,8	0,13	0,1	172,39	✓
Kuzey2-2	900	1950	-117,72	0,03	0,05	83,6	✓
Kuzey2-3	900	850	-48,36	0,15	0,11	83,27	✓
Kuzey2-4	900	500	34	0,15	0,11	50,42	✓
Kuzey2-5	1100	1250	-63,28	0,06	0,07	89,64	✓
Kuzey2-6	1100	4050	-227,81	0,02	0,05	204,76	✓
Kuzey2-7	1100	1100	49,86	0,2	0,13	160,53	✓
Kuzey2-8	900	600	-24,24	0,15	0,11	58,57	✓
Kuzey2-9	900	650	-29,39	0,21	0,14	80,83	✓
Kuzey2-10	900	2050	119,63	0,01	0,04	74,26	✗
Kuzey2-11	900	2800	95,01	0,02	0,04	107,32	✓
Kuzey2-12	900	2100	37,68	0,04	0,05	101,51	✓
Kuzey3-1	900	8925	-308,22	0,02	0,04	345,36	✓
Kuzey3-2	1100	8475	-203,09	0,01	0,04	363,11	✓
Kuzey3-3	900	12300	168,5	0,02	0,04	474,46	✓

b)

Kocaeli-1-DD3-KH							
Kesit	t (mm)	l (mm)	V_{Ed} (kN)	σ_d (MPa)	τ (MPa)	V_d (kN)	Kontrol
Batı1-1	700	5700	-299,96	0,05	0,06	242,19	✗
Batı1-2	700	625	11,12	0,12	0,10	41,66	✓
Batı1-3	700	625	-12,22	0,12	0,09	41,10	✓
Batı1-4	700	5650	-307,51	0,07	0,07	272,82	✗
Batı2-1	700	1875	-78,91	0,08	0,07	96,17	✓
Batı2-2	700	2475	108,18	0,11	0,09	156,43	✓
Batı2-3	700	2475	50,03	0,04	0,05	93,55	✓
Batı2-4	700	1200	-57,53	0,08	0,08	63,32	✓
Batı2-5	700	1250	-115,43	0,21	0,14	124,31	✓
Batı2-6	700	1875	-78,58	0,04	0,05	71,21	✗
Batı3-1	700	4850	82,14	0,03	0,05	163,00	✓
Batı3-2	700	1200	27,43	0,04	0,05	45,31	✓
Batı3-3	700	1250	-29,57	0,04	0,05	46,52	✓
Batı3-4	700	4800	-83,34	0,03	0,05	161,15	✓
Batı4-1	700	17850	-289,67	0,03	0,05	628,81	✓
Doğu1-1	800	5700	-121,75	0,04	0,06	259,95	✓
Doğu1-2	800	3800	-96,59	0,04	0,06	174,61	✓
Doğu1-3	800	5650	-110,06	0,10	0,08	377,52	✓

Doğu2-1	800	1875	-25,45	0,02	0,04	65,88	✓
Doğu2-2	800	11450	-244,59	0,04	0,05	489,69	✓
Doğu2-3	800	1875	25,09	0,02	0,05	70,74	✓
Doğu3-1	800	4400	-61,13	0,00	0,03	122,06	✓
Doğu3-2	800	5850	-76,13	0,03	0,05	240,43	✓
Doğu3-3	800	4400	58,47	0,00	0,03	122,95	✓
Doğu4-1	800	17850	-282,29	0,03	0,05	722,02	✓
Güney1-1	800	3350	68,24	0,03	0,05	129,47	✓
Güney1-2	800	700	11,01	0,09	0,08	46,14	✓
Güney1-3	800	2750	66,70	0,09	0,08	171,74	✓
Güney1-4	1000	9350	-214,99	0,07	0,07	632,57	✓
Güney1-5	800	2700	-50,28	0,05	0,06	125,27	✓
Güney1-6	800	2050	-22,37	0,08	0,08	123,76	✓
Güney1-7	800	2800	-54,06	0,10	0,08	186,35	✓
Güney1-8	800	2100	-26,47	0,11	0,09	148,82	✓
Güney2-1	800	1950	-59,74	0,08	0,08	119,46	✓
Güney2-2	800	1950	-49,55	0,04	0,05	82,13	✓
Güney2-3	800	850	-23,29	0,10	0,08	57,26	✓
Güney2-4	800	500	15,32	0,10	0,08	33,26	✓
Güney2-5	1000	1250	-29,25	0,06	0,06	78,54	✓
Güney2-6	1000	4050	-101,15	0,03	0,05	211,11	✓
Güney2-7	1000	1100	-21,52	0,01	0,04	44,04	✓
Güney2-8	800	600	-14,19	0,10	0,08	40,56	✓
Güney2-9	800	650	-14,07	0,00	0,04	19,01	✓
Güney2-10	800	2050	55,85	0,02	0,05	74,70	✓
Güney2-11	800	2800	42,79	0,03	0,05	115,41	✓
Güney2-12	800	2100	-15,48	0,03	0,05	87,94	✓
Güney3-1	800	8925	-130,75	0,02	0,04	307,70	✓
Güney3-2	1000	8475	-107,10	0,01	0,04	357,31	✓
Güney3-3	800	12300	90,47	0,02	0,04	441,43	✓
Kuzey1-1	900	3350	77,58	0,03	0,05	151,59	✓
Kuzey1-2	900	700	11,76	0,09	0,08	51,46	✓
Kuzey1-3	900	2750	69,60	0,08	0,08	191,67	✓
Kuzey1-4	1100	9350	-193,03	0,07	0,07	705,76	✓
Kuzey1-5	900	2700	-51,11	0,05	0,06	144,57	✓
Kuzey1-6	900	2050	-21,44	0,08	0,07	133,91	✓
Kuzey1-7	900	2800	-50,87	0,10	0,08	212,14	✓
Kuzey1-8	900	2100	-23,31	0,06	0,06	118,39	✓
Kuzey2-1	900	1950	-66,02	0,08	0,08	135,14	✓
Kuzey2-2	900	1950	-50,44	0,04	0,05	95,53	✓
Kuzey2-3	900	850	-24,18	0,17	0,12	90,02	✓
Kuzey2-4	900	500	16,12	0,10	0,08	37,93	✓
Kuzey2-5	1100	1250	-28,84	0,15	0,11	154,68	✓

Kuzey2-6	1100	4050	-93,69	0,03	0,05	233,00	✓
Kuzey2-7	1100	1100	21,44	0,07	0,07	83,88	✓
Kuzey2-8	900	600	-14,04	0,09	0,08	42,59	✓
Kuzey2-9	900	650	-12,53	0,09	0,08	45,49	✓
Kuzey2-10	900	2050	57,74	0,02	0,05	85,40	✓
Kuzey2-11	900	2800	43,09	0,03	0,05	130,11	✓
Kuzey2-12	900	2100	-19,67	0,38	0,22	422,45	✓
Kuzey3-1	900	8925	-143,87	0,02	0,04	347,77	✓
Kuzey3-2	1100	8475	-90,95	0,02	0,04	396,66	✓
Kuzey3-3	900	12300	83,69	0,02	0,05	498,26	✓

c)

Kocaeli-2-DD3-KH							
Kesit	t (mm)	l (mm)	V_{Ed} (kN)	σ_d (MPa)	τ (MPa)	V_d (kN)	Kontrol
Batı1-1	700	5700	-311,30	0,05	0,06	244,15	✗
Batı1-2	700	625	12,35	0,12	0,10	41,76	✓
Batı1-3	700	625	-12,54	0,12	0,09	41,25	✓
Batı1-4	700	5650	-315,15	0,07	0,07	276,57	✗
Batı2-1	700	1875	-81,58	0,08	0,07	96,16	✓
Batı2-2	700	2475	115,71	0,11	0,09	159,07	✓
Batı2-3	700	2475	53,80	0,04	0,05	94,81	✓
Batı2-4	700	1200	-59,30	0,08	0,08	63,52	✓
Batı2-5	700	1250	-119,28	0,22	0,14	124,84	✓
Batı2-6	700	1875	83,96	0,08	0,08	100,20	✓
Batı3-1	700	4850	85,12	0,03	0,05	164,34	✓
Batı3-2	700	1200	29,11	0,04	0,06	46,21	✓
Batı3-3	700	1250	-30,66	0,04	0,05	46,52	✓
Batı3-4	700	4800	-85,47	0,03	0,05	161,59	✓
Batı4-1	700	17850	-302,64	0,03	0,05	627,87	✓
Doğu1-1	800	5700	-139,78	0,04	0,06	255,46	✓
Doğu1-2	800	3800	-109,22	0,04	0,06	171,90	✓
Doğu1-3	800	5650	-130,23	0,10	0,08	374,51	✓
Doğu2-1	800	1875	-27,01	0,02	0,04	65,00	✓
Doğu2-2	800	11450	-266,99	0,04	0,05	488,11	✓
Doğu2-3	800	1875	-27,89	0,06	0,07	98,55	✓
Doğu3-1	800	4400	-64,07	0,00	0,03	121,19	✓
Doğu3-2	800	5850	-81,15	0,03	0,05	239,26	✓
Doğu3-3	800	4400	61,61	0,00	0,03	121,77	✓
Doğu4-1	800	17850	-303,59	0,03	0,05	720,42	✓
Güney1-1	800	3350	69,22	0,03	0,05	132,46	✓
Güney1-2	800	700	10,69	0,09	0,08	45,21	✓
Güney1-3	800	2750	65,38	0,09	0,08	171,09	✓
Güney1-4	1000	9350	-171,32	0,07	0,07	635,25	✓
Güney1-5	800	2700	-46,15	0,05	0,06	127,01	✓

Güney1-6	800	2050	-18,40	0,07	0,07	113,64	✓
Güney1-7	800	2800	-45,52	0,10	0,08	186,20	✓
Güney1-8	800	2100	-22,07	0,07	0,07	118,56	✓
Güney2-1	800	1950	-57,38	0,08	0,08	118,49	✓
Güney2-2	800	1950	-46,04	0,04	0,05	83,35	✓
Güney2-3	800	850	-21,86	0,10	0,08	56,40	✓
Güney2-4	800	500	15,40	0,42	0,24	97,72	✓
Güney2-5	1000	1250	-26,68	0,51	0,29	364,11	✓
Güney2-6	1000	4050	-89,99	0,03	0,05	212,51	✓
Güney2-7	1000	1100	19,89	0,07	0,07	77,45	✓
Güney2-8	800	600	-12,49	0,10	0,08	39,91	✓
Güney2-9	800	650	-12,04	0,01	0,04	20,37	✓
Güney2-10	800	2050	54,99	0,02	0,05	74,76	✓
Güney2-11	800	2800	41,97	0,03	0,05	114,29	✓
Güney2-12	800	2100	-15,96	0,04	0,05	89,93	✓
Güney3-1	800	8925	-130,04	0,02	0,04	310,51	✓
Güney3-2	1000	8475	-87,83	0,01	0,04	353,85	✓
Güney3-3	800	12300	92,73	0,02	0,04	438,95	✓
Kuzey1-1	900	3350	82,48	0,03	0,05	152,27	✓
Kuzey1-2	900	700	12,45	0,09	0,08	51,78	✓
Kuzey1-3	900	2750	74,40	0,09	0,08	192,07	✓
Kuzey1-4	1100	9350	203,92	0,07	0,07	735,04	✓
Kuzey1-5	900	2700	-53,93	0,05	0,06	142,65	✓
Kuzey1-6	900	2050	21,96	0,02	0,05	85,04	✓
Kuzey1-7	900	2800	-52,92	0,09	0,08	206,71	✓
Kuzey1-8	900	2100	-26,28	0,09	0,08	148,80	✓
Kuzey2-1	900	1950	-65,76	0,09	0,08	136,09	✓
Kuzey2-2	900	1950	50,37	0,05	0,06	105,88	✓
Kuzey2-3	900	850	-23,87	0,84	0,46	348,13	✓
Kuzey2-4	900	500	17,41	0,10	0,09	39,02	✓
Kuzey2-5	1100	1250	-29,29	0,06	0,06	86,87	✓
Kuzey2-6	1100	4050	-98,15	0,04	0,05	237,17	✓
Kuzey2-7	1100	1100	23,08	0,16	0,11	138,36	✓
Kuzey2-8	900	600	-14,38	0,23	0,15	80,97	✓
Kuzey2-9	900	650	-13,38	0,01	0,04	23,02	✓
Kuzey2-10	900	2050	62,52	0,02	0,05	84,64	✓
Kuzey2-11	900	2800	47,39	0,03	0,05	127,34	✓
Kuzey2-12	900	2100	-17,08	0,05	0,06	114,07	✓
Kuzey3-1	900	8925	-141,59	0,02	0,04	348,71	✓
Kuzey3-2	1100	8475	-97,10	0,01	0,04	390,52	✓
Kuzey3-3	900	12300	85,41	0,02	0,04	489,99	✓

d)

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Arda YILDIRIM

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2011-2015, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği
- **Yüksek Lisans** : 2017-2021, İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Deprem Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- **Nursanlar İnşaat:** (10.2016- Halen) Nursanlar Kartal, Teknik Ofis Mühendisi.
- **Ege Yapı** : (11.2015-10.2016) Batışehir, Teknik Ofis Mühendisi
- **Taşyapı** : (08.2015-10.2015) Okmeydanı Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Planlama Mühendisi