

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ DEPREM MÜHENDİSLİĞİ VE AFET
YÖNETİMİ ENSTİTÜSÜ**

**TARİHİ YIĞMA YAPILARIN DEPREM PERFORMANSI VE GÜÇLENDİRME
TEKNİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuğçe TETİK

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

ARALIK 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TARİHİ YIĞMA YAPILARIN DEPREM PERFORMANSI VE GÜÇLENDİRME
TEKNİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Tuğçe TETİK
(802121043)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zekai CELEP

ARALIK 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 802121043 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Tuğçe TETİK**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**TARİHİ YIĞMA YAPILARIN DEPREM PERFORMANSI VE GÜÇLENDİRME TEKNİKLERİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Zekai CELEP**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Zekai CELEP**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Kadir GÜLER
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Yasin FAHJAN
Gebze Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **03 Aralık 2015**
Savunma Tarihi : **21 Aralık 2015**



ÖNSÖZ

Araştırma ve çalışma sürecinde, çalışmama yön vererek tez danışmanlığımı yürüten, Prof. Dr. Zekai Celep'e, yapıya ait rölöveyi temin edebildiğim, İstanbul Vakıflar 1.Bölge Müdürlüğü'ne ve bu süreçte destek olan aileme teşekkürlerimi arz ederim.

Mayıs 2015

Tuğçe Tetik
(İnşaat Mühendisi,
Araştırma Görevlisi
Namık Kemal Üniversitesi, İnşaat
Mühendisliği Bölümü)





İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	24
1.1 Tezin Amacı	24
1.2 Literatür Araştırması	24
2. TARİHİ YAPILAR.....	28
2.1 Tarihi Yapıların Korunması	28
2.2 Tarihi Yapıların Korunması ile İlgili Yapılan Çalışmalar	29
2.2.1 Atina Tüzüğü (Carta Del Restauro)	29
2.2.2 Venedik Tüzüğü.....	29
2.2.3 Amsterdam Bildirgesi	29
3. YIĞMA YAPILAR	30
3.1 Yığma Yapı Tanımı.....	30
3.2 Yığma Yapılarda Kullanılan Malzemeler	30
3.2.1 Doğal taş	31
3.2.2 Kerpiç.....	31
3.2.3 Tuğla	32
3.2.4 Harç	33
3.2.4.1 Horasan harcı	33
3.2.4.2 Kireç harcı.....	34
3.2.5 Ahşap	34
3.3 Yığma Yapı Elemanları.....	35
3.3.1 Kemerler ve tonozlar.....	38
3.3.2 Kubbeler.....	39
3.3.3 Sütunlar	40
3.3.4 Duvarlar	42
3.4 Yığma yapıda hasar çeşitleri ve sebepleri	42
3.4.1 Temellerde oluşan hasarlar	43
3.4.2 Duvarlarda oluşan hasarlar.....	44
3.4.3 Kemerlerde oluşan hasarlar.....	45
3.4.4 Kubbelerde oluşan hasarlar	48
3.5 Güçlendirme Teknikleri	49
3.5.1 Yapının yıkılan bölümlerinin yeniden inşası ile güçlendirme	50
3.5.2 Enjeksiyon ile güçlendirme.....	50
3.5.3 Berkitme yapılarak güçlendirme	51
3.5.4 Yığma birimlerinin birbirine bağlanmasıyla güçlendirme.....	52
3.5.5 Çelik hasır ile takviye	52

3.5.6 Çelik elemanların eklenmesiyle güçlendirme	53
3.5.7 Ankraj takviyesi	58
3.5.8 Gergi takviyesi	58
3.5.9 LP ile güçlendirme	61
3.5.10 Temel güçlendirmesi	63
3.5.11 Yapının askıya alınması ve yapıya geçici takviye yapılması	65
3.6 Yığma Yapılarda Performans Kavramı	66
3.7 Yığma Yapıların Modellenmesi	68
3.7.1 Modelleme teknikleri	69
3.7.1.1 Ayrıntılı mikro modelleme	69
3.7.1.2 Basitleştirilmiş mikro modelleme	69
3.7.1.3 Makro modelleme	70
3.7.1.4 Sonlu elemanlar yöntemi	70
3.8 Yığma Yapılarda Analiz Yöntemleri	72
3.8.1 Doğrusal analiz yöntemleri	72
3.8.1.1 Eşdeğer deprem yükü yöntemi	72
3.8.1.2 Mod birleştirme yöntemi	73
3.8.2 Doğrusal olmayan analiz yöntemleri	73
3.8.2.1 Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi	74
3.8.2.2 Artımsal mod birleştirme yöntemi	74
3.8.2.3 Zaman tanım alanında hesap yöntemi	75
4. ŞEYH SÜLEYMAN MESCİDİ İÇİN YAPILAN SAYISAL ÇALIŞMALAR, BULGULAR VE İRDELEMELER.....	76
4.1 Yapı İle İlgili Genel Bilgiler	76
4.1.1 Tarihçesi	76
4.1.2 Taşıyıcı sistem özellikleri	78
4.1.3 Malzeme özellikleri	81
4.1.4 Deprem güvenliği	82
4.2 Yapısal Modelin Oluşturulması	82
4.2.1 Sonlu eleman modeli	83
4.2.2 Taşıyıcı sistem için yüklemeler	86
4.3 Analiz Sonuçları	87
4.3.1 İşaret uyumu ve yön kabulleri	88
4.3.2 Yapının kendi ağırlığına bağlı statik analiz sonuçları	90
4.3.3 Dinamik analiz sonuçları	94
4.3.3.1 Modal analiz sonuçları	94
4.3.3.2 Davranış spektrumu analiz sonuçları	96
4.3.3.3 Zaman tanımlı analiz sonuçları	103
4.4 Güçlendirme Önerisi	114
5. SONUÇ.....	116
KAYNAKLAR.....	117
EKLER.....	121
ÖZGEÇMİŞ.....	139

KISALTMALAR

1B	: Bir Boyutlu
2B	: İki Boyutlu
3B	: Üç Boyutlu
CG	: Can Güvenliği
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
EDY-X	: X Doğrultusunda Eş Değer Deprem Yüğü Analizi
EDY-Y	: Y Doğrultusunda Eş Değer Deprem Yüğü Analizi
GÖ	: Göçme Öncesi
H	: Horizontal (Yatay kuvvet)
HK	: Hemen Kullanım
ICOMOS	: Uluslararası Anıtlar ve Sit Konseyi
LP	: Lifli Polimer
P	: Birincil (Primer) Deprem Dalgaları
RBTE	: Riskli Binaların Tespit Edilmesi Hakkındaki Esaslar
S	: İkincil (Seconder) Deprem Dalgaları
SPE-X	: X Doğrultusunda Spektrum Analizi
SPE-Y	: Y Doğrultusunda Spektrum Analizi
V	: Vertical (Dikey kuvvet)

SEMBOLLER

A_0	: Etkin yer ivme kat sayısı
$A(T_1)$: Spektral ivme kat sayısı
c	: Sönüm
$CaCO_3$: Kalsiyum karbonat
CaO	: Kalsiyum oksit
CO_2	: Karbondioksit
$Ca(OH)_2$: Kalsiyum hidroksit
d_{fi}	: Binanın i'inci katında F_{fi} fiktif yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
F_{fi}	: Birinci doğal titreşim periyodunun hesabında i'inci kata etkiyen fiktif yük
I	: Bina önem kat sayısı
$[K]$: Rijitlik matrisi
m_i	: Binanın i'inci katının kütlesi
M_n	: n'inci doğal titreşim moduna ait modal kütle
R	: Yapının taşıyıcı sistem davranış kat sayısı
$\{R\}$: Dış yük vektörü
R_a	: Deprem yükü azaltma kat sayısı
$R_a(T_1)$: Taşıyıcı deprem Yüğü azaltma kat sayısı
$S(T_1)$: Spektrum Kat Sayısı
S_{11}	: X eksenindeki normal gerilme
S_{22}	: Y eksenindeki normal gerilme
S_{33}	: Z eksenindeki normal gerilme
S_{12}	: X eksenini doğrultusunda uzanan, YZ düzleminin Y doğrultusundaki gerilme bileşeni
SV_{max}	: Düzlem dışı kesme gerilmeleri
T	: Yapının doğal titreşim periyodu
T_A, T_B	: Spektrum karakteristik periyotları [s]
T_m, T_n	: Binanın m'inci ve n'inci doğal titreşim periyotları [s]
$\{u\}$: Yer değiştirme vektörü
u_g	: Yer hareketi
V_t	: Taban kesme kuvveti
W	: Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
σ	: Gerilme
η_{bi}	: Burulma düzensizliği kat sayısı
∞	: Sonsuz



ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1 : Doğal yapı taşlarının ortalama mekanik özellikleri.	31
Çizelge 3.2 : Tuğlaların ortalama mekanik özellikleri.	32
Çizelge 3.3 : Serbest basınç dayanımı bilinmeyen duvarların basınç emniyet gerilmeleri (DBYBHY, 2007).	32
Çizelge 3.4 : Duvarların çatlama emniyet gerilmeleri (DBYBHY, 2007).	32
Çizelge 3.5 : Ahşapların ortalama mekanik özellikleri.	35
Çizelge 4.1 : Malzeme özellikleri.	82
Çizelge 4.2 : Ana yük tanımlamaları.	86
Çizelge 4.3 : Yük birleşimleri tanımlamaları.	87
Çizelge 4.4 : Serbest titreşim periyotları ve kütle katılım oranları (U: Yer değiştirme, R:Dönme).....	94
Çizelge 4.5 : Yapısal analiz parametreleri.	97



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 : Colosseum-Roma/İtalya (Tetik, 2009)	35
Şekil 3.2 : Selimiye Camii-Edirne/Türkiye (Tetik, 2011)	36
Şekil 3.3 : Mardin Taş Evleri-Miniatürk/Türkiye (Tetik, 2012)	36
Şekil 3.4 : Yerebatan Sarnıcı-Miniatürk/Türkiye (Tetik, 2012)	37
Şekil 3.5 : Ayasofya-İç mekan/Türkiye (Tetik, 2015).....	37
Şekil 3.6 : Kemerin yük aktarımı 1	38
Şekil 3.7 : Kemerin yük aktarımı 2.....	38
Şekil 3.8 : Topkapı Sarayı Mutfak Bölümü (Tetik, 2013).....	39
Şekil 3.9 : Santa Clara-Coimbra/Portekiz (Tetik, 2009).....	39
Şekil 3.10 : Topkapı Sarayı-Mutfak Bölümü (Tetik, 2013)	40
Şekil 3.11 : Grand Palais-Paris/Fransa (Tetik, 2009)	41
Şekil 3.12 : Sütun alt başlığı-tabanı	41
Şekil 3.13 : Kabuk duvar detayı	42
Şekil 3.14 : Yığma duvarın şişmesi ve duvarda oluşan yığma birim dökülmeleri, Fatih/İstanbul (Tetik, 2014).....	45
Şekil 3.15 : Harçta çatlak oluşumu	45
Şekil 3.16 : Yığma yapıda hasar oluşumu (Bayraktar ve diğ., 2005).....	46
Şekil 3.17 : Real Collegio, Lucca/Italy (Islam, 2008)	47
Şekil 3.18 : Gergi hasarı (Bayraktar ve diğ., 2005).....	47
Şekil 3.19 : Vasat Atik Ali Paşa Camiisi - Gergi çubuğunda burkulma (Sesigür ve diğ., 2007)	47
Şekil 3.20 : Kubbede çekme ve basınç bölgeleri	48
Şekil 3.21 : Küçük Ayasofya Camii kubbe hasarı (Güler ve diğ., 2004)	48
Şekil 3.22 : Enjeksiyon yapımı (da Porto ve diğ., 2003).....	50
Şekil 3.23 : Enjeksiyon ile güçlendirme - Santa Giustina Basilica Çan Kulesi, Padova/İtalya (Modena ve diğ., 2011)	51
Şekil 3.24 : İki binayı birbirine bağlayan berkitme kemeri (Islam, 2008)	51
Şekil 3.25 : Yığma birimlerin bağ levhası ile birbirine ankre edilmesi	52
Şekil 3.26 : Taş temele çelik hasır ankre edilmesi (Celep, 2015).....	53
Şekil 3.27 : Sütunlarda çekme çemberi ile güçlendirme detayı.....	54
Şekil 3.28 : Sütunlarda çekme çemberi ile güçlendirme örneği	54
Şekil 3.29 : Sütunlarda çekme çemberi ile güçlendirme örneği detayı	55
Şekil 3.30 : Edirne Tütünsüz Baba Türbesi güçlendirme çalışması (Çelik, 2014)....	55
Şekil 3.31 : Ahi Çelebi Camisi kubbe eteğindeki çelik takviye elemanın birleşim detayı	56
Şekil 3.32 : İtalya Padova Saat Kulesi'nin çelik çubuk ile güçlendirilmesi (Modena ve diğ., 2011).....	56
Şekil 3.33 : Öngerilme elemanları ile güçlendirme örneği.....	57
Şekil 3.34 : İtalya Padova Monselice St. Stefano Kilisesi'nin paslanmaz çelik kuşak ile güçlendirilmesi (Modena ve diğ., 2011)	57

Şekil 3.35 : Ankraj uygulaması (Islam, 2008).....	58
Şekil 3.36 : Kemerin gergi ile güçlendirilmesi	59
Şekil 3.37 : Sultan II. Bayezid Külliyesi Müzesi kemer ve gergi birleşimi, Edirne/Türkiye (Tuğçe Tetik, 2011)	59
Şekil 3.38 : Arasta Çarşısı kemer ve gergi birleşimi, Edirne/Türkiye (Tuğçe Tetik, 2011).....	60
Şekil 3.39 : Sütun başlığında gergi birleşim detayı	60
Şekil 3.40 : LP çubuğun yerleştirilmesi (1; yatay yönde yerleştirilen karbon bandı, 2; harç malzemesi, 3; mevcut duvar, 4; LP çubuklarıyla güçlendirilerek oluşturulan duvar bölümü)	61
Şekil 3.41 : LP çubuğun yerleştirilme detayı-önden görünüm(1; yatay yönde yerleştirilen karbon bandı, 2; harç malzemesi, 3; mevcut duvar, 4; LP çubuklarıyla güçlendirilerek oluşturulan duvar)	62
Şekil 3.42 : LP kumaş ile Küçük Ayasofya Camisi'nin güçlendirilmesi (Aköz, 2008)	62
Şekil 3.43 : LP ile Mısır El-Eini Kubbesi'nin güçlendirilmesi (Mahfouz ve Rizk, 2003).....	62
Şekil 3.44 : Eski Tekel Binası temel güçlendirmesi 1 (Özdemir, 1997)	64
Şekil 3.45 : Eski Tekel Binası temel güçlendirmesi 2 (Özdemir, 1997)	64
Şekil 3.46 : Çelik elemanlar ile yapının askıya alınması	65
Şekil 3.47 : İtalya L'Aquila St. Domenico Kilisesi'nin ahşap elemanlar ile askıya alınması (Modena ve diğ., 2011).....	65
Şekil 3.48 : Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen performans hedefleri	68
Şekil 3.49 : Örnek yığma yapı elemanı.....	69
Şekil 3.50 : Ayrıntılı mikro modelleme tekniği	69
Şekil 3.51 : Basitleştirilmiş mikro modelleme tekniği	70
Şekil 3.52 : Makro modelleme tekniği.....	70
Şekil 3.53 : 1B, 2B, 3B eleman modelleri	71
Şekil 3.54 : 1B, 1. çizimde; toplam düğüm sayısı ∞ , her bir noktanın serbestlik derecesi 6, toplam serbestlik derecesi ∞ . 2. çizimde; toplam düğüm sayısı 8, her bir noktanın serbestlik derecesi 6, toplam serbestlik derecesi 48. 71	71
Şekil 4.1 : Şeyh Süleyman Mescidi mevcut durumu (Url-3, 2013).....	76
Şekil 4.2 : Şeyh Süleyman Mescidi (Url-2, 2015).....	77
Şekil 4.3 : Şeyh Süleyman Mescidi'nin XIX. yüzyılın ikinci yarısında çizilen gravürü (Paspatis, 1877)	78
Şekil 4.4 : Mescid ve krypta (Url-2, 2015)	79
Şekil 4.5 : Mescidin iç görünüşü ve kubbesi (Kırımtayf, 2001).....	80
Şekil 4.6 : Krypta iç görünüşü (Url-1, 2015).....	80
Şekil 4.7 : Dış cephe (Url-1, 2015).....	81
Şekil 4.8 : Çatı dolgu görünüşü (Url-1, 2015)	81
Şekil 4.9 : Üç boyutlu görünüm; XY planı	83
Şekil 4.10 : Üç boyutlu görünüm -1	84
Şekil 4.11 : Üç boyutlu görünüm.....	84
Şekil 4.12 : Üç boyutlu görünüm; Birinci Bodrum (Krypta-Mezar)	85
Şekil 4.13 : Üç boyutlu görünüm; Kryptanın üst yapıyla olan bağlantısının izdüşüm çizgisinin gösterilişi.....	85
Şekil 4.14 : Üç boyutlu görünüm; İkinci Bodrum (Su kuyusu).....	85
Şekil 4.15 : Analizde kullanılan yapısal model	88

Şekil 4.16 : Sekiz noktalı katı elemanın yön kabulü ve gerilmeleri(SAP2000 Manuel, 2014).....	89
Şekil 4.17 : Kabuk elemanın yön kabulü (SAP2000 Manuel, 2014).....	89
Şekil 4.18 : Düzlem kabuk eleman gerilmeleri (SAP2000 Manuel, 2014)	90
Şekil 4.19 : (0-Sabit) Birinci asal eksenindeki normal gerilmeler, MPa	91
Şekil 4.20 : (0-Sabit) İkinci asal eksenindeki normal gerilmeler, MPa.....	91
Şekil 4.21 : (0-Sabit) Üçüncü asal eksenindeki düşey doğrultuda basınç gerilmeleri, MPa	92
Şekil 4.22 : (0-Sabit) SMax gerilmeleri, MPa	92
Şekil 4.23 : (0-Sabit) SVmax gerilmeleri, MPa.....	93
Şekil 4.24 : (0-Sabit) Hasar görüntüsü	93
Şekil 4.25 : Birinci mod, T= 0.107s, Y doğrultusunda öteleme-yerdeğiştirme.....	95
Şekil 4.26 : 2. Mod, T= 0.107s, X doğrultusunda öteleme-yerdeğiştirme	95
Şekil 4.27 : 3. Mod, T= 0.069s, burulma-dönme.....	96
Şekil 4.28 : (1-SPE-X) , Birinci asal eksenindeki normal gerilmeler, MPa	98
Şekil 4.29 : (1-SPE-X) , İkinci asal eksenindeki normal gerilmeler, MPa	98
Şekil 4.30 : (1-SPE-X) , Üçüncü asal eksenindeki düşey basınç gerilmeleri, MPa.....	99
Şekil 4.31 : (1-SPE-X) , τ_{XY} kayma gerilmeleri, MPa.....	99
Şekil 4.32 : (1-SPE-X) , τ_{YZ} kayma gerilmeleri, MPa	100
Şekil 4.33 : (1-SPE-Y) , Birinci asal eksenindeki normal gerilmeler, MPa	100
Şekil 4.34 : (1-SPE-Y) , İkinci asal eksenindeki normal gerilmeler, MPa	101
Şekil 4.35 : (1-SPE-Y) , Üçüncü asal eksenindeki düşey basınç gerilmeleri, MPa....	101
Şekil 4.36 : (1-SPE-Y) , τ_{YX} kayma gerilmeleri, MPa.....	102
Şekil 4.37 : (1-SPE-Y) , τ_{YZ} kayma gerilmeleri, MPa	102
Şekil 4.38 : Elastik spektral ivme grafiği, g.....	103
Şekil 4.39 : Kocaeli Depremi ivme(g)-zaman(s) grafiği	103
Şekil 4.40 : Kocaeli Depremi hız(cm/s)-zaman(s) grafiği.....	104
Şekil 4.41 : Kocaeli Depremi yerdeğiştirme(cm)-zaman(s) grafiği	104
Şekil 4.42 : Kocaeli Depremi'nde yapının herhangi üç düğüm noktasının zaman tanım alanında teşhisi	104
Şekil 4.43 : (3-TH-KOCAELİ) Birinci asal eksenindeki normal gerilmeler, MPa	105
Şekil 4.44 : (3-TH-KOCAELİ) İkinci asal eksenindeki normal gerilmeler, MPa.....	105
Şekil 4.45 : (3-TH-KOCAELİ) Üçüncü asal eksenindeki düşey basınç gerilmeleri, MPa	106
Şekil 4.46 : (3-TH-KOCAELİ) τ_{XY} kayma gerilmeleri, MPa.....	106
Şekil 4.47 : (3-TH-KOCAELİ) τ_{YZ} kayma gerilmeleri, MPa.....	107
Şekil 4.48 : Northridge Depremi ivme(g)-zaman(s) grafiği	107
Şekil 4.49 : Northridge Depremi hız(cm/s)-zaman(s) grafiği.....	107
Şekil 4.50 : Northridge Depremi yer değiştirme(cm)-zaman(s) grafiği	108
Şekil 4.51 : Northridge Depremi'nde yapının herhangi üç düğüm noktasının zaman tanım alanında teşhisi	108
Şekil 4.52 : (3-TH-NORTHRIDGE) Birinci asal eksenindeki normal gerilmeler, MPa	108
Şekil 4.53 : (3-TH-NORTHRIDGE) İkinci asal eksenindeki normal gerilmeler, MPa	109
Şekil 4.54 : (3-TH-NORTHRIDGE) Üçüncü asal eksenindeki düşey basınç gerilmeleri, MPa.....	109
Şekil 4.55 : (3-TH-NORTHRIDGE) τ_{XY} kayma gerilmeleri, MPa	110
Şekil 4.56 : (3-TH-NORTHRIDGE) τ_{YZ} kayma gerilmeleri, MPa	110
Şekil 4.57 : Imperial Valley Depremi ivme(g)-zaman(s) grafiği	111

Şekil 4.58 : Imperial Valley Depremi hız(cm/s)-zaman(s) grafiği	111
Şekil 4.59 : Imperial Valley Depremi yerdeğiştirme(cm)-zaman(s) grafiği.....	111
Şekil 4.60 : Imperial Valley Depremi'nde yapının herhangi üç düğüm noktasının zaman tanım alanında teşhisi.....	111
Şekil 4.61 : (3-TH-IMPERIAL VALLEY) Birinci asal eksenindeki normal gerilmeler, MPa	112
Şekil 4.62 : (3-TH-IMPERIAL VALLEY) İkinci asal eksenindeki normal gerilmeler, MPa	112
Şekil 4.63 : (3-TH-IMPERIAL VALLEY) Üçüncü asal eksenindeki düşey basınç gerilmeleri, MPa.....	113
Şekil 4.64 : (3-TH-IMPERIAL VALLEY) τ_{xy} kayma gerilmeleri, MPa	113
Şekil 4.65 : (3-TH-IMPERIAL VALLEY) τ_{yz} kayma gerilmeleri, MPa.....	114
Şekil 4.66 : Yerleştirilen çelik çubuğun yapı üzerindeki davranışı	115
Şekil 4.67 : Çelik çubukların yerleştirilmesi önerilen bölgeler	115



TARİHİ YIĞMA YAPILARIN DEPREM PERFORMANSI VE GÜÇLENDİRME TEKNİKLERİ

ÖZET

Yurdumuz, birçok medeniyete ev sahipliği yaptığı için zengin bir kültürel mirası vardır. Özellikle Osmanlı İmparatorluğu ve Selçuklular Dönemi'nden birçok cami, türbe, hamam, köprü, su kanalları ve kuyuları bulunmaktadır. Fakat yurdumuzun Kuzey Anadolu Fay Hattı üzerinde bulunması nedeniyle yapılarımız deprem riski ile karşı karşıyadır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve Vakıflar Genel Müdürlüğü de dahil olmak üzere birçok ulusal kurum, olası bir depremin etkilerini azaltmak için tarihi yapılar üzerinde çalışma yapmaktadır. Tarihi yapıların deprem güvenliği değerlendirmelerini yaparak optimum güçlendirme çalışmalarını uygulamaktadır. Genellikle, tarihi yapılarda mevcut yapısal elemanların performansını incelemek için; yapıda kullanılan malzemeler ve özellikleri, çevre koşulları ve doğal afetler nedeniyle oluşan çatlaklar ve hasarlar belirlenir, yapının tarihçesi ile yapıya daha önceden uygulanan yapısal ve mimari tüm müdahaleler belirlenir. Daha sonra yapı güvenirliliğini değerlendirmek için yapısal modelleme çalışmaları yapılır. Oluşturulan model üzerinde gerekli yük analizleri yapılarak yapı performansı irdelenir. Sonuçlara göre en uygun güçlendirme yöntemine karar verilir ve yapıya uygulanır.

Bu tez çalışmasının ilk bölümünde, tezin amacı ve konu ile ilgili daha önce yapılan çalışmalar üzerinde durulmuştur.

İkinci bölümünde tarihi yapılarımızın geçmişten günümüze korunması ile ilgili alınan tedbirler ve izlenecek yollar özet olarak sunulmuştur.

Üçüncü bölümünde yığma yapıların tanımı, yığma yapılarda kullanılan malzemelere ait özellikler, bu yapılarda tercih edilen yapı elemanları, yığma yapıda görülebilecek hasar çeşitleri ve bu hasarların nedenleri, yığma yapılara uygulanabilecek güçlendirme teknikleri, yığma yapılarda performans kavramı, yığma yapıların modelleme teknikleri ve analiz yöntemleri hakkında teorik bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde İstanbul Tarihi Yarımada'da bulunan Şeyh Süleyman Mescidi örnek yapı olarak ele alınmıştır ve yapı hakkında yapılan çalışmalar sunulmuştur. Yapının bilinen tarihi ve taşıyıcı sistemi hakkında bilgiler verilmiştir. İki bodrum kata sahip olan bu yapıya ait sonlu eleman modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan bu modelde, yapının kendi ağırlığı altındaki ve düşey yükler altında ve düşey yükler ve deprem yükleri altında inceleme yapılmıştır. Depremlili durumda statik, dinamik, zaman tanım alanındaki yük analizleri yapılarak yapının mevcut durumu incelenmiştir. Çekme ve basınç dayanımları belirlenen yapının zayıf kesitleri görülerek güçlendirme önerisinde bulunulmuştur. Bu önerilen güçlendirmenin yapı performansına etkisi belirtilmiştir.

Son bölümde ise elde edilen statik ve dinamik analiz sonuçları irdelenmiş ve genel sonuçlar özetlenmiştir.



STRUCTURAL PERFORMANCE OF HISTORICAL MASONRY BUILDING AND TECHNIQUES OF STRENGTHENING

SUMMARY

As being host to many civilizations in history, Turkey has a rich cultural heritage. Especially from the Ottoman Empire, including mosques, mausoleums, bathhouses, bridges and aqueducts.

On the other hand Istanbul is very close to a major earthquake source of Turkey, i.e., the North Anatolian Fault Line. More than a million earthquakes happen in the world each year. Public do not notice most of them because they are very small. However, a quake can be very destructive if it is more powerful. Earthquakes can make buildings fall down and set off landslides. This disaster can also cause many serious diseases such as cholera or dysentery. In addition to this, if an earthquake occurs at the bottom of the sea, it can and create massive waves which are called tsunamis. This huge waves can cause massive devastation.

It is not possible to predict certain earthquakes beforehand with the current technology. But, governments and people should take some precautions to prevent loss of lives and destructions of buildings. It is important to construct buildings that are earthquake resistant. Some of the famous building which becomes valuable in terms of culture and history demand longer service life. For the history buildings, reinforcement is required. Reinforcement means to increase one or more than one of the following parameters; tensile capacity, shear capacity, flexural capacity, compressive capacity, member stability, ductility, strength and stiffness.

There are several statements that a major earthquake is likely to strike Istanbul in a short time. Several Turkish national institutions including the Istanbul Metropolitan Municipality and the Directorate General of Foundation are at work to mitigate the effect of a probable earthquake on historical buildings, one of them is related to the seismic evaluation of the historical buildings in the city.

In these evaluations, generally a survey of the existing structural elements is carried out and the material used and cracks or damages due to environmental conditions and abuse are determined. All previous documents available related historical building is collected and all previous structural and architectural interventions are determined. Structural safety is evaluated by modeling the building and strengthening interventions are determined, when it is necessary.

If a reinforcement is required for historical buildings, should be avoid damage to the original tissue of the structure. Various reinforcement techniques are summarized in this study. This methods can be given; reconstruction, injection, anchored to each other elements of the masonry units, buildup steel elements, bands of FRP, reinforcement of foundation, rubber bands. This methods are extending the life of the structure by increasing the structural performance.

At the final state a application drawings are prepared and implementation of the architectural and structural intervention is carried out under proper supervision.

In the present study, Sheikh Suleiman Masjid located in Istanbul Historical Peninsula, is investigated by considering gravity loads and seismic loads. Masjid's Byzantine history remains vague. Purely, neither its identity nor its function is known. It was turned into a masjid by Şeyh Süleyman, a sheikh in the reign of Sultan Mehmed II; hence the Turkish name of the building. In Turkish times the building appears too have undergone various renovation, most particularly the doors and windows.

This building has two basement floors that first of them is krypta and second of them is cistern. Documents show that humid air-polluted air cycle occurs via cisterns. Thus preventing possible consequences such as disorder, corrosion, to freckling and causing decay. The first basement, krypta is an arcosolium. Arcosolium is an arched recess used as a place of entombment. The external walls of the building continue down to the first basement. They are thickened into the ground. The basements are in the harmony with the structure and soil around its. So, structure and soil interaction is extremely small.

The historical structure has an octagonal plan with four arches and four lateral niches of similar sizes. The entrance in a lateral niche where is the opposite to Mihrab. Every niche has a window for the lightining and top of them is cincture. Cinctures distribute loads. So, it supports the structural performance.

The building has ribbed roof. There is a stone layer beneath the bricks on top of the roof. Beneath this stone layer it is made by filling amphora. It is still unknown why the filling was made.

The main walls of Sheikh Suleiman Masjid are infilled masonry. It is made of stone, brick and external mortar with crushed brick and lime, but internal nucleus made with irregular stones and earthy mortar or even only earth with very little consistence. According to material properties, compressive strenght of the wall is relatively high, but the tensile strenght is very low.

The masonry building is modeled by adopting finite element technique where linear and plane elements are used. The homogeneity has been achieved by paying attention to have similar size each element. SAP2000 which is the general purpose programme for structures has been used for this finite element model. Every structural element has modelled with solid elements and every one has shown with different colours. Appearances of the model are given in detail.

Proper material properties have been assigned to the model. There is no experimental results concerning the structure characteristics for this masjid. Therefore, mean values are assigned to the model.

However, sensitivity of these parameters is studied as well. Stress concentrations in the structural elements obtained from the static, dynamic and time history analysis are compared with the existing crack patterns and damages to comment on the present condition of the building.

Various strengthening methods for increasing the structural and seismic performance of the building are discussed in detail.

The studying presents a summary of the results of the structural response analyses of the building at the end of thesis, including its response under gravity and seismic loads.



1. GİRİŞ

1.1 Tezin Amacı

Tarihi yığma yapıların eleman ve malzeme özelliklerini incelemek, tarihi yığma yapılara uygulanabilen güçlendirme tekniklerini araştırmak, yapı modeli oluşturmak ve model üzerinde statik ve dinamik analizleri uygulamak; tezin temel amacıdır. Bu hedefe varabilmek için, sarnıç ile krypta olmak üzere iki bodrum kata sahip Şeyh Süleyman Mescidi'nin sonlu eleman modeli oluşturulup analizleri yapılmıştır. Sonucunda ise yapının zayıf kesitleri belirlenerek güçlendirme önerisi yapılacaktır.

1.2 Literatür Araştırması

Yığma yapıların sonlu eleman modeli oluşturulduktan sonra doğrusal yöntemler ile yapılan analiz ve güçlendirme çalışmalarından bazıları incelenerek, kronolojik sıra ile aşağıda özet halinde sunulmuştur.

Kuruşcu (2005) yığma yapıların tarihçesi, malzeme özellikleri ve yapı elemanlarına ilişkin açıklamalar yapmış, mevcut sayısal yöntemler ve modelleme tekniklerini irdelleyerek gerçek ölçekli duvar deneyi yapmış ve yük-yerdeğiştirme eğrileri bulunan duvar örnekleri ile önerilen sayısal analiz yöntemini kıyaslamıştır.

Bayraktar ve diğ. (2007) tarihi köprülerin deprem davranışına sonlu eleman model iyileştirilmesinin etkisini araştırmıştır. Trabzon, Akçaabat'ta bulunan tarihi Şinik Köprüsü örnek yapı olarak seçilmiştir. Öncelikle yapının sonlu eleman modeli oluşturularak, üç boyutlu modal analizi yapılmıştır. Sonrasında ise deneysel yöntemlerle ile dinamik karakteristikler belirlenmiştir. Teorik ve deneysel olarak elde edilen dinamik karakteristikler karşılaştırılarak tarihi köprünün sonlu eleman modeli iyileştirilme yapılmıştır. 1992 Erzincan depremi için tarihi köprünün her iki sonlu eleman modeli oluşturulup, analizi yapılmıştır. İyileştirilmiş ve iyileştirilmemiş sonlu eleman modellerinden elde edilen yerdeğiştirmeler ve asal gerilmeler birbirleriyle karşılaştırmışlardır.

Celep, İncecik, Pakdamar (2008), Bulgaristan, Filibe'de bulunan Muradiye Camisi'nin, İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından belirlenen yapı hasarları, yapı eleman ve malzeme özellikleri ve geoteknik incelemeleri sonuçlarını ele alarak güçlendirme önerisinde bulunmuşlardır. Elastik sonlu eleman yöntemi ile yapıyı modellemişlerdir ve modelde iki kez yapısal çözüm yapmışlardır. Bunlardan birincisi mevcut durumda gerilme durumunu belirlemek ve ikincisi güçlendirme müdahalelerini de ekleyerek bunların etkisini belirlemek amacıyla yapmışlardır. Temel güçlendirmesi için mikro kazık takviyesini, kubbe bütünlüğünü sağlamak için ise çelik profil takviyesini uygun görmüşlerdir. Bunlara ek olarak ise çatlaklara harç takviyesi ile onarımı önermişlerdir.

Dabanlı (2008) tarihi yığma yapılar hakkında açıklamalarda bulunarak yığma yapıların güvenlik seviyelerinin belirlenmesi ve yapısal değerlendirmesi için sonlu elemanlar yöntemiyle Hırka-i Şerif Camii'yi modelleyip statik ve dinamik analizler yapmıştır. Sonuçlara göre, güçlendirme önerisinde bulunmuştur.

Ural (2009) yığma yapı sistemleri ve malzeme özellikleri hakkında açıklamalarda bulunmuş, ilgili yönetmelik ve standartlar ile yığma yapıların statik ve dinamik yükler altındaki davranışlarını doğrusal ve doğrusal olmayan yönleriyle ele almıştır. Bir adet pratik deprem hesabı programı, iki adet sonlu elemanlar programı tanıtmıştır. LUSAS ve DIANA programları ile de çeşitli analizler sunmuştur.

Okuyucu ve Erdil (2009) toplumda öne çıkan insanlar için yapılan anıtsal mezar olarak nitelendirilen Ahlat bölgesindeki kümbetlere dikkat çekmek için bir çalışma hazırlamıştır. Bu çalışmada Emir Bayındır Kümbeti'ni ele alarak yapıyı sonlu eleman modeli yöntemi ile modellemiş ve gerekli yapısal analizleri uygulamıştır.

Güngör (2010) mevcut bir karayolu köprüsünün doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler ile performansını belirlemiştir. Bu çalışma için; İzmit/Tatlıkuyu Karayolu Köprüsü'nün doğrusal elastik yöntem ile performansını değerlendirirken mod birleştirme yöntemi kullanılmış ve köprünün dayanım esaslı performansı incelenmiştir. Doğrusal olmayan yöntemler kullanılarak ise şekil değiştirme esaslı analizi yapılmıştır. Bu analiz kapsamında “Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü ile İtme Analizi” ve Zaman Tanım Alanında Hesap” yöntemlerini kullanmıştır. Doğrusal

elastik ve doğrusal olmayan hesap sonuç verileri karşılaştırarak, mevcut köprü için performans değerlendirilmesi yapılmıştır.

Kaya (2010) donatısız yığma duvara ait sonlu eleman modeli oluşturduktan sonra yatay ve düşey yükler altındaki davranışına açıklık getirmek için duvarların doğrusal olmayan analizi ile ilgili modelleme tekniklerini araştırmıştır. Bu çalışmada Drucker-Prager kırılma kriteri kullanılmıştır.

Kıran (2010) yaptığı çalışmada, mevcut binaların tasarım depreminde yapının performans değerlendirmesini yapabilmek için doğrusal yöntemlerden eşdeğer deprem yükü ve doğrusal olmayan yöntemlerden artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi ile itme analizi yöntemini kullanmıştır.

Yaldız, Yavuz ve Yılmaz (2011) yaptıkları çalışmada, Nevşehir, Ürgüp, İbrahim Paşa Köyü'nde bulunan yığma taş bir binayı ele alarak yapıyı tarihi ve mimari açıdan incelemiş, yapısal hasarları belirleyerek güçlendirme önerisinde bulunmuştur. Yapı özgünlüğünü bozmamak adına; taş elemanlar arasındaki boşluklara, çatlaklara ve yarıklara uygun kimyasal reçinelerin enjeksiyonu, temel zeminindeki farklılıklar ve boşluklu zayıf bölgeler için poliüretan ve silikat esaslı enjeksiyon reçineleri uygulanması önermiş ve çatlakların büyümesini önlemek amacıyla dikiş yöntemi kullanılmasını belirtmiştir.

Chamaky (2014) tarihi yığma yapıların deprem analizi ve uygun güçlendirme teknikleri hakkında çalışmıştır. Sonlu elemanlar yöntemini kullanarak İstanbul'da bulunan tarihi Çinili Karakolu, Fatih İlköğretim Okulu ve Sirkeci Kredi Han binalarının modellerini oluşturmuştur ve doğrusal yöntemlerle analiz yapmıştır.



2. TARİHİ YAPILAR

2.1 Tarihi Yapıların Korunması

Tarihi yapılar, ortak mirasımız olan kültürel varlıklardır. Bu mirası korumak ve sürekliliğini sağlamak için hem iyi bir çalışma kadrosuna hem de maddi kaynağa gereksinim duyulur. Bu alandaki her türlü araştırmayı desteklemek, yönlendirmek, gelişmelerin yayın ve toplantılarla duyurulmasına olanak sağlayan Uluslararası Anıtlar ve Sit Konseyi (ICOMOS) oluşturulmuştur.

Bu uluslararası kuruluşun amaçları şöyle sıralanmaktadır.

- Dünyanın dört bir yanındaki koruma uzmanlarını bir araya getirerek mesleki tartışma ve bilgi alışverişi ortamı oluşturmak,
- Koruma ilkeleri, teknikleri ve politikaları konusunda bilgi toplamak, değerlendirmek ve yaymak,
- Koruma konusunda belge toplayan merkezler kurulması için ulusal ve uluslararası kuruluşlarla işbirliği yapmak, mimari mirası korunması ve geliştirilmesi konusundaki uluslararası sözleşmelerin kabulü ve uygulanması için çalışmak,
- Dünya çapında etkili olacak koruma uzmanları yetiştirme programlarının organizasyonuna katılmak,
- Çok iyi yetişmiş uzman ve meslek adamlarının bilgilerini uluslararası camianın hizmetine sunmak. (Ahunbay, 2009)

Tarihi yapıların korunmasında sadece yapı güvenliği gözetilmemektedir. Yapı güvenliğine ek olarak; yapının özgün halinin bozulmamasına, görünümünde herhangi bir değişiklik olmamasına dikkat edilmektedir. Bu sebeple ülkeler, tarihi yapıların korunumu ile ilgili ortak çalışmalar hazırlamışlardır.

2.2 Tarihi Yapıların Korunması ile İlgili Yapılan Çalışmalar

20. yüzyıl başlarından itibaren tarihi yapıların korunması ve restorasyonu, tüm ülkelerde sorun haline gelmeye başlamış ve uluslararası çalışmalar yapılmaya başlanmıştır ve bu çalışmalar kapsamında belirlenen ilkeler, günümüzde yapılan restorasyonlara halen yol göstermektedir. Birçok ülkenin benimsediği bu ilkeler doğrultusunda, ülkemiz de 1970'li yıllardan itibaren çalışmalarında artış göstermiştir. Bu bölümde, yapılan çalışmalar sonucu ortaya çıkan ilk tüzükler verilmiştir. Atina Tüzüğü, Venedik Tüzüğü ve Amsterdam Bildirgesi; kültür varlıklarının korunması ile ilgili en temel çalışmalardır.

2.2.1 Atina Tüzüğü (Carta Del Restauro)

İtalya Eski Eserler ve Güzel Sanatlar Yüksek Kurulu, ülkede ulusal sorun haline gelen kültürel varlıkların korunması ve onarımı işi için bilim, sanat ve tekniği birleştiren çalışmalar yapmışlardır ve 1931 yılında Atina Tüzüğü (Ek A1) kabul edilmiştir.

2.2.2 Venedik Tüzüğü

1931 yılında kabul edilen Atina Tüzüğü'nü (Carta Del Restauro) tamamlayıcı nitelikte, tarihi yapılara yapılacak müdahalenin minimum seviyede olmasını vurgulayan 1964 tarihli Venedik Tüzüğü (Ek A2) kabul edilmiştir.

2.2.3 Amsterdam Bildirgesi

Avrupa Konseyi tarafından "Geçmişimiz İçin Bir Gelecek" sloganı ile başlatılan 1975 Avrupa Mimari Miras Yılı'nda Avrupa'daki tüm ülkelerin delegelerinin katılımıyla tarihi yapıların korunması ve onarımı için Amsterdam Kongresi yapılmıştır ve bu konudaki ortak çalışmalar sonucu Amsterdam Bildirgesi (EK A3) kabul edilmiştir.

3. YIĞMA YAPILAR

3.1 Yığma Yapı Tanımı

Yüzyıllar boyunca birçok medeniyete ev sahipliğı yapan yurdumuz zengin bir tarihi yapı mirasına sahiptir. Bu tarihi yapılar, yığma yapı olarak nitelendirilen taşıyıcı sistemle inşa edilmişlerdir. Tarihi yığma yapıların korunup gelecek nesillere aktarılabilmesi için aldıkları düşey ve yatay yüklere karşı gösterdikleri yapısal davranışların incelenmesi gerekir.

Yığma yapılar; Farsça'da taş, tuğla, kerpiç malzemeleriyle yapılmış olan yapı anlamına gelen kârgir yapılar olarak da adlandırılır. Bu tür yapıların malzemeleri onlara etki eden gerilmeler karşısındaki davranışları göze alındığında basınç mukavemetleri yüksek, buna karşılık çekme mukavemetleri düşüktür. Bu nedenle yapısal tasarımda ve yapının davranışı incelenirken, yapının çekme kuvveti taşımadığı varsayılır.

Yığma yapılarda taşıyıcı sistem geometrisi çizgisel (kemer), düzlemsel (yük taşıyan yığma duvar), hacimsel (tonoz, kubbe) olabilir. Yapım şekillerine göre ise donatısız, donatılı, kuşatılmış olarak üç gruba ayrılabilir. Fakat tarihi yığma yapılar, çoğunlukla bağlayıcı harç ile yığma birimlerin (taş, tuğla, harç) örülmesiyle donatısız olarak inşa edilmiş yapılardır. Yüksek rijitliğe sahip olan donatısız yığma yapılar, kullanılan malzemeler sebebiyle düşey ve yatay yükler altında gevrek davranış gösterirler.

3.2 Yığma Yapılarda Kullanılan Malzemeler

Yığma yapı elemanları, çamurdan yapılmış kerpiçten doğal taş kadar geniş bir yelpazede, metalik özellik taşımayan inorganik malzemelerin çoğunu içinde barındırır. Ancak, yığma yapılarda en çok kullanılan malzemeler doğal taş ve tuğladır. Bu malzemeler, yapının taşıma gücünü doğrudan etkilemektedir. Günümüzde, malzemelerin mekanik ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi için çeşitli deneyler yapılmaktadır. Yığma yapı elemanlarının dayanım ve şekil değiştirme özelliklerinin analitik yöntemlerle belirlenmesi oldukça zordur. Öte yandan, yığma

yapıların taşıyıcı elemanlarının taşıma gücünün laboratuvar deneyleriyle belirlenmesi çok zor bir işlemdir. Ancak, sanat ve kültürel değerlerini yaralamadan, bu yapılardan alınabilecek çok küçük örnekler veya aynı özellikleri taşıyan prototip modeller laboratuvarlarda denenebilmektedir. Fakat, bu deneyler sonucunda elde edilen veriler yaklaşık değerlerdir. Küçük bir örnekten elde edilen sonuçlar çok daha büyük boyutlara sahip mevcut yapı elemanlarının gerçek davranış özelliğini yansıtmaz (Kaya, 2010). Bu bölümde, yapı elemanlarında kullanılan malzemelerin genel özellikleri üzerinde durulacaktır.

3.2.1 Doğal taş

Taş; basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşük bir malzemedir. Taşın basınç, çekme, aşınma, eğilme dayanımları ve elastik modülü gibi mekanik özellikleri, malzemenin; cins, kesilme biçimi, birleşim dokusu, işçilik, kullanım alanı gibi birçok etkene bağlıdır. Ortalama mekanik özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007), eski tarihlerde vazgeçilmez bir yapı malzemesi olan doğal taşların, yığma yapıların sadece bodrum ve zemin katlardaki taşıyıcı duvarlarda kullanılmasına izin verdiği için tercih edilmemektedir.

Çizelge 3.1 : Doğal yapı taşlarının ortalama mekanik özellikleri.

Taşın Cinsi	Basınç Dayanımı (MPa)	Kayma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Elastisite Modülü (GPa)
Granit	30-70	14-33	4-7	15-70
Mermer	25-65	9-45	1-15	25-70
Kireç Taşı	18-65	6-20	2-6	10-55
Kumtaşı	5-30	2-10	2-4	13-50
Kuvars	10-30	3-10	3-4	15-55
Serpantin	7-30	2-10	6-11	23-45

3.2.2 Kerpiç

Toprak; yapı inşasında, ilk zamanlarda dolgu malzemesi olarak kullanılmıştır. Daha sonra, toprak çeşitleri ile kullanım alanı da genişlemiştir.

Kerpiç toprağı, %20 - %70 arasında kili ihtiva etmekle beraber en uygun oranı %30 - %40 arasında kil bulunan topraktır (TS 2514, 1977).

Killi toprağın, atmosfer ortamındaki dayanıklılığı keşfedilerek kerpiç elde edilmiştir. Killi toprağın dayanıklı bitki sapları, kırıntıları ile birleşiminden oluşan kerpiç; uzun ömürlü eski bir yapı malzemesidir.

Kerpiçlerin en küçük basınç dayanımı 0.8MPa 'dan az olmaması önerilir (TS 2514, 1977).

3.2.3 Tuğla

Tuğla; pişirilmiş kerpiç olarak tanımlanır. Malzemenin pişirilme süresi ve boşluk oranı, dayanımını etkilemektedir. Bu malzemenin, Çizelge 3.2'de de görüldüğü gibi ortalama olarak basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşüktür.

Çizelge 3.2 : Tuğlaların ortalama mekanik özellikleri.

Malzeme Cinsi	Basınç Dayanımı (MPa)	Kayma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Elastisite Modülü (GPa)
Tuğla	3-10	1-3	0.2-0.5	1-5

Çizelge 3.3 : Serbest basınç dayanımı bilinmeyen duvarların basınç emniyet gerilmeleri (DBYBHY, 2007).

Duvarda Kullanılan Kargir Birim Cinsi ve Harç	Duvar Basınç Emniyet Gerilmesi (MPa)
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35'den az, çimento takviyeli kireç harcı ile)	1.0
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35-45 arasında, çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.8
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %45'den fazla, çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.5
Dolu blok tuğla veya harman tuğlası (çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.8

Çizelge 3.4 : Duvarların çatlama emniyet gerilmeleri (DBYBHY, 2007).

Duvarda Kullanılan Kargir Birim Cinsi ve Harç	Duvar Çatlama Emniyet Gerilmesi (MPa)
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35'den az, çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.25
Düşey delikli blok tuğla (delik oranı %35'den fazla, çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.12
Dolu blok tuğla veya harman tuğlası (çimento takviyeli kireç harcı ile)	0.15

3.2.4 Harç

Harç, yığma birimlerin ara yüzeylerini dolduran bağlayıcı malzemedir. Harcın çekme dayanımı ve yığma birim ile arasındaki aderans dayanımı oldukça önemlidir.

Yığma yapıda malzemenin mukavemeti, içindeki harcın mukavemetine eşdeğerdir, zira tuğla veya taş birimlere kıyasla önce zayıf halka olan harç güç tükenmesine erişir. Kireç harcı kullanılmış bir malzemede emniyet gerilmesi $\sigma=0.2-0.6\text{MPa}$, horasan için ise $\sigma=1.5-3.0\text{MPa}$ mertebesinde (Saraç, 2003). Bu emniyet gerilme değerleri, basınç gerilmeleridir.

Harçtaki bileşenlerin çözünüp dışarı sızması ve yüzeyde kristalleşip birikmesi sonucu oluşan çiçeklenme lekelerine karşı harcın dirençli olması ve nemin dengede tutulması için malzemenin su buharı geçirgenliğinin iyi olması gerekmektedir.

3.2.4.1 Horasan harcı

Horasan; pişirildikten sonra öğütülmüş kildir. Tarihi yapılarımızda kullanıldığı görülen horasan harcı, horasan ve kireçle yapılan bağlayıcı harca denir ve bu harç aynı amaçlı kullanılan farklı karışımlarla oluşturulmuştur.

Bunlar,

1. Geleneksel horasan harcı :

- a) Dinlendirilmiş kireç + yumurta akı + horasan pirinci + su
- b) 1 kireç kaymağı + 1 yıkanmış kavrulmuş kum + $\frac{1}{2}$ alçı + su
- c) 2 kireç + 1 horasan + bir miktar dişli kum + bir miktar meşe külü + su

2. Kum horasan harcı :

- a) Dövmüş kireç + yumurta akı + kum + horasan pirinci + su olup, karma süresi uzundur.

3. Lökün :

- a) Dövme kireç + üç ayda suda çürütülmüş pamuk + su
- b) Dövme kireç + zeytinyağı + keten elyafı + su
- c) Dövme kireç + kızgın zeytinyağı + Koyun yünü elyafı + su

4. Horasan sıvası:

- a) Yumurta akı + alçı + tuz + kireç
- b) 2 horasan + ½ perdah kumu + ½ beyaz çimento + ½ kireç şerbeti
(öneri)

olarak sınıflandırılmıştır (Mahrebel, 2006).

3.2.4.2 Kireç harcı

Kireç harcı; su ile karıştırıldığında tipine göre hava veya suda katılma özelliği gösteren kireç ve dolgu malzemesi olarak agregaların karışımı ile elde edilen en eski bağlayıcılardan birisidir.

Kirecin hammaddesi, kalsiyum karbonat (CaCO_3) minerallerinden oluşan kireç taşlarıdır. Bu taşlar ısı ile kalsine olup karbondioksit gazının (CO_2) yapıdan ayrılması sonucunda kalsiyum okside (CaO) dönüşürler. Elde edilen bu ürüne sönmemiş kireç adı verilir. Kalsinasyon sonucunda elde edilen sönmemiş kireç (CaO), su veya havada bulunan nem ile reaksiyona girerek kalsiyum hidroksite (Ca(OH)_2) dönüşmektedir. Bu ürün, sönmüş kireç olarak adlandırılmaktadır. Kirecin sönmesi için havada %15 oranında nem bulunması yeterlidir (Boynton, 1980).

Kireç harçlarının plastik özellikleri fazladır. Şekil değişimi yapabilme yeteneğinin fazlalığı nedeniyle yapıda çatlama oranı düşüktür. Fakat yapıdaki çatlak oluşumu, kirecin yeteri kadar söndürülüp söndürülmemesine bağlıdır. Eğer kireç söndürülmemişse bu işlem yapıda tamamlanır ve kirecin kullanıldığı yerlerde çatlak vb. kusurlar oluşur.

3.2.5 Ahşap

Ahşap; tarihten günümüze, yapı malzemesi olarak her yapı türünde kullanılmıştır. Malzemenin seçiminde ağaç gövdesinin (tomruk), budaksız olması aranmaktadır. Tomrukta budak, boyuna liflerin dışına dönmesi veya ahşabın lifli yapısında oluşan bozulmalar ile ifade edilebilir. Dolayısıyla budaklı gövdenin ömrü kısa olur. Ahşap, hem çekme gerilmelerine hem de basınç gerilmelerine karşı çalışabildiği için eğilme elemanı olarak kullanılır ve özellikle döşemelerde büyük açıklıkların geçilmesine olanak sağlar. Çizelge 3.5'te mekanik özellikleri verilen bu malzemenin basınç ve çekme dayanımları, malzeme yapısındaki liflerin yönüne göre değişir.

Çizelge 3.5 : Ahşapların ortalama mekanik özellikleri.

Dayanım Türü	Liflere olan Yönü	III.Sınıf (MPa)		II.Sınıf (MPa)		I.Sınıf (MPa)		Elastisite Modülü (GPa)	
		Çam	Kayın (Meşe)	Çam	Kayın (Meşe)	Çam	Kayın (Meşe)	Çam	Kayın (Meşe)
Çekme	Paralel	-	-	8.5	10	10.5	11	1.0	12.5
Basınç	Paralel	6	7	8.5	10	11	12	1.0	12.5
Basınç	Dik	2	3	2	3	2	3	0.3	0.6

3.3 Yığma Yapı Elemanları

Duvar, kemer, tonoz, kubbe, sütun, döşeme elemanlarıyla inşa edilen yığma yapılara örnekler, bu bölümde Şekil 3.1-3.5 ile gösterilmiştir.



Şekil 3.1 : Colosseum-Roma/İtalya (Tetik, 2009)



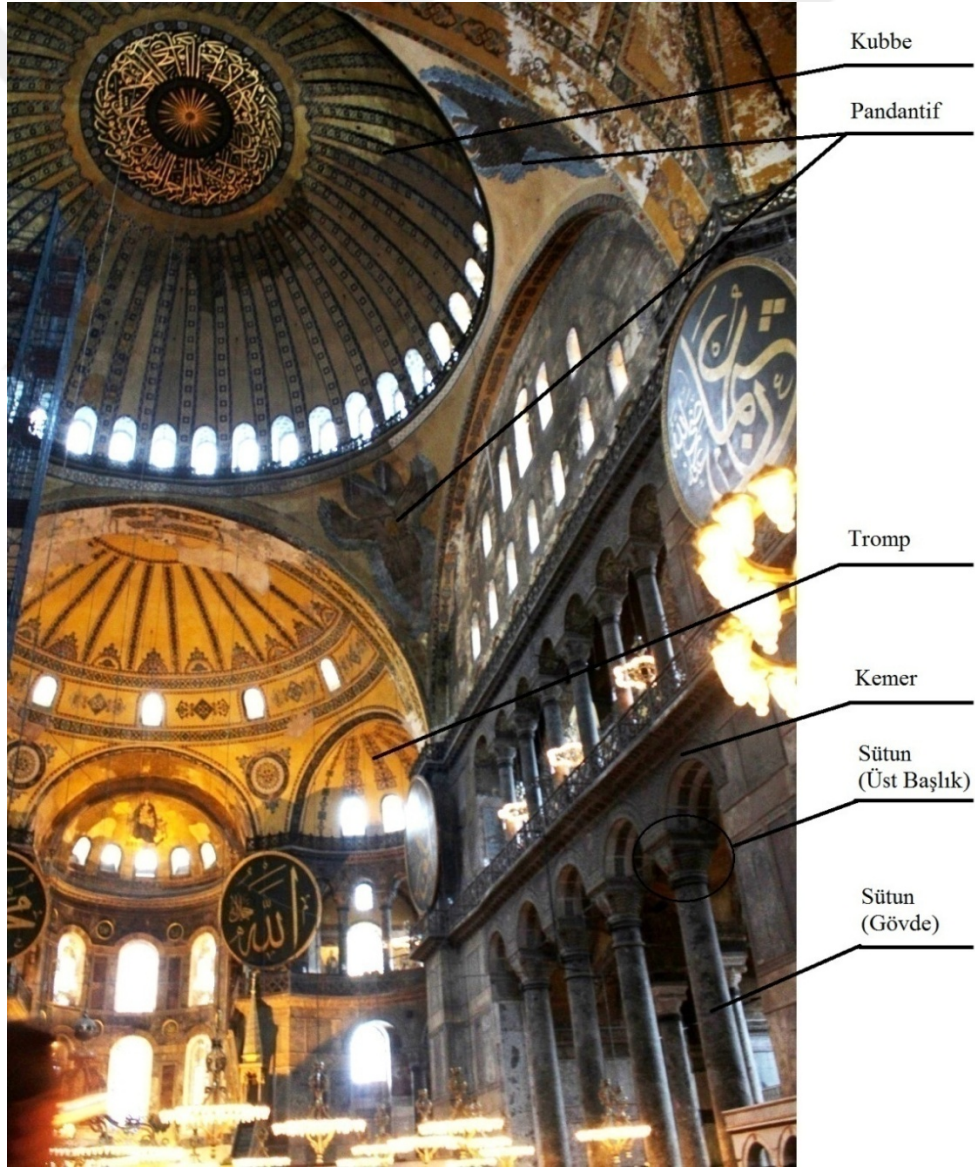
Şekil 3.2 : Selimiye Camii-Edirne/Türkiye (Tetik, 2011)



Şekil 3.3 : Mardin Taş Evleri-Miniatürk/Türkiye (Tetik, 2012)



Şekil 3.4 : Yerebatan Sarnıcı-Miniatürk/Türkiye (Tetik, 2012)



Şekil 3.5 : Ayasofya-İç mekan/Türkiye (Tetik, 2015)

Bu yapı elemanlarının özellikleri de bu bölümün devamında verilmiştir.

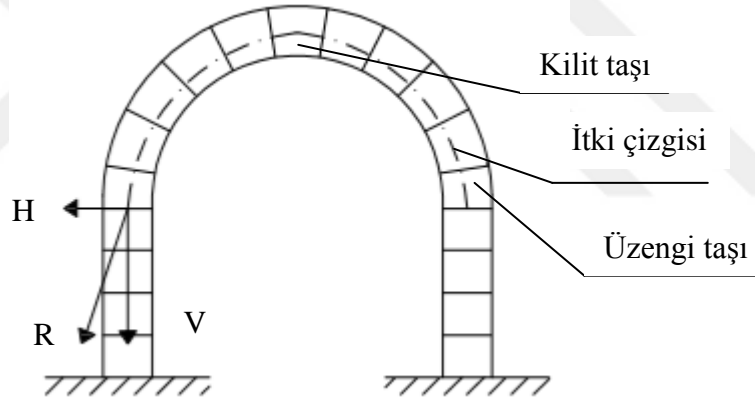
3.3.1 Kemerler ve tonozlar

Kemerler ve tonozlar, yapısal özellikleri ve taşıyıcılık özellikleri bakımından birbirine benzerdir. Eğer kemerlerin derinliği, açıklığını geçerse o eleman; tonoz olarak adlandırılır.

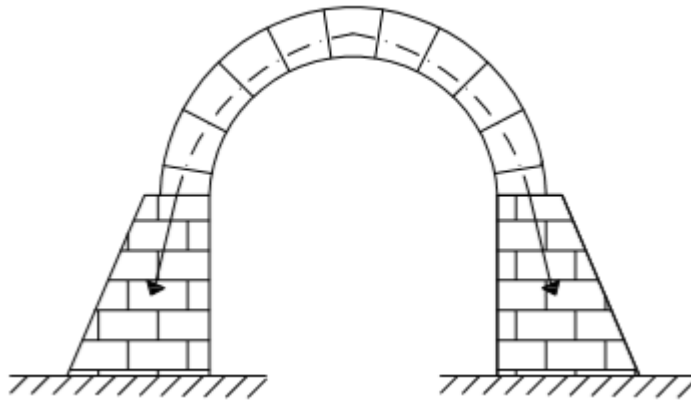
Bu yapı elemanları, aldığı düşey yükü iki mesnetine iletir. Mesnet kuvvetleri, genellikle duvarlar tarafından karşılanır.

Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'de görülen, kemerde kesikli çizgi ile gösterilmiş olan bileşke kuvvet çizgisi, diğer adıyla itki çizgisi, gösterilmiştir. Eğer bu çizgi yığma yapı elemanı içerisinde kalırsa, kesitte meydana gelen basınç gerilmeleriyle dış yük karşılanır ve yapıda yıkılma olmaz.

Şekil 3.8 ve Şekil 3.9 ise yığma yapıda kemerlere örnektir.



Şekil 3.6 : Kemerin yük aktarımı 1



Şekil 3.7 : Kemerin yük aktarımı 2



Şekil 3.8 : Topkapı Sarayı Mutfak Bölümü (Tetik, 2013)



Şekil 3.9 : Santa Clara-Coimbra/Portekiz (Tetik, 2009)

3.3.2 Kubbeler

Kubbeler, kemerin simetri eksenini etrafında 360° dönmesi ile oluşan genellikle dönel simetrik yapı elemanlarıdır. Kubbelerin duvara oturan parçasına kasnak denir. Kasnağın oturduğu yatay düzlem ile kubbe tepesi arasındaki yüksekliğin kubbe

apına oranına basıklık denir. Basıklığın arttırılması ile kesitlerde basınç gerilmesinin daha etkili olması sağlanır.

Ağırlık merkezleri boşlukta oluşan büyük kütleli kubbeler, eğer yapı simetrik değil ise düşey ve yatay yükler altında kararsız davranış gösterirler ve yapıda burulmalar oluşur. Kubbenin bulunduğu yapının burulma etkisini azaltmak için kasnak ve alt yapı yapımına dikkat edilir.

Kubbeler; dairesel yapıların çatı örtüsü olarak ortaya çıktığı için kare duvarlarda kullanılmak istenildiğinde düşey yükleri aktarmak için bazı yardımcı elemanlara (tromp, pandantif, Türk üçgeni...) gereksinim duyulur.

Kubbeler düşey duvarların birarada tutulmasında da önemli rol oynarlar. Şekil 3.10 ile kubbe örneği gösterilir.



Şekil 3.10 : Topkapı Sarayı-Mutfak Bölümü (Tetik, 2013)

3.3.3 Sütunlar

Çatı ve döşemelerden gelen yükler, düşey elemanlar olan sütunlar ile temele aktarılır. Şekil 3.11'de gösterilen sütunlar; alt başlık, gövde, üst başlık olmak üzere üç parçadan oluşur.

Sütunların oturduğu tabanlar, sütunun taban gerilmesini düşürmek için Şekil 3.12'de görüldüğü gibi taş dilimlerinden yastıklar (alt başlık-taban) şeklinde yapılır.

Tavanların sütuna basan yerlerinde ise taşıma kapasitesini arttırmak amacıyla yastıklar (üst başlık) yerleştirilir.

Basınca çalışan sütunların, eğilme momenti etkisinde oluşacak çekme gerilmesini önlemek için, bu yapı elemanı parçalarının birleşimi her devirde mafsallı olarak yapılmıştır.



Şekil 3.11 : Grand Palais-Paris/Fransa (Tetik, 2009)

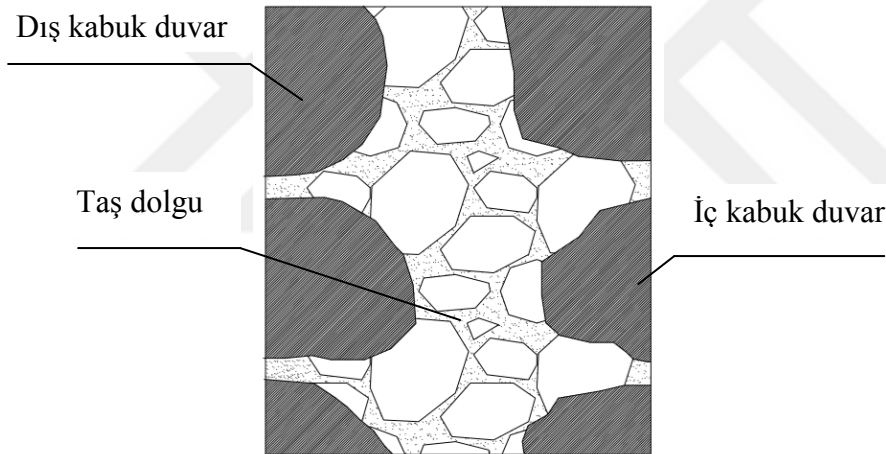


Şekil 3.12 : Sütun alt başlığı-tabanı

3.3.4 Duvarlar

Duvarlar; aldıkları düzlem içi ve dışı etkiler altında, meydana gelen çekme gerilmeleri dolayısıyla güç tükenmesine ulaşır ve bu gerilmeler yapı elemanı üzerinde kayma mekanizması oluşturmaktadır. Yatay olan kesme kuvvetleri yatay ve düşey doğrultuda kayma gerilmesi veya köşegen doğrultularında çekme ve basınç gerilmeleri oluştururlar. Bu sebepten köşegen doğrultusunda X çatlakları meydana gelir. Bu mekanizmanın oluşmasını önlemek için, yatay harekete direnmek amacıyla duvarın diğer yöndeki duvarlara uygun bir şekilde mesnetlenmiş olması gerekmektedir.

Bu elemanlar tarihte, genellikle Şekil 3.13'te görüldüğü gibi iç ve dış kabuk duvarlar ile bu duvarlar arasına dolgu yerleştirilerek inşa edilmiştir. Kabuk duvarlarda oluşan gerilmeler yapısal analizlerde ele alınırken dolgu üzerindeki gerilmeler dolgunun elastisite modülünün az olması sebebiyle ihmal edilir.



Şekil 3.13 : Kabuk duvar detayı

3.4 Yığma yapıda hasar çeşitleri ve sebepleri

Yığma yapıların maruz kaldığı düşey ve deprem yükleri, normal ve kayma gerilmelerini meydana getirir.

Normal gerilmeler; düşey yüklerin, duvardaki kapı ve pencere boşluk en kesitleri kadar azaltılmış, duvar en kesit alanına bölünerek bulunur. Bu gerilmelerin, duvar cinsine göre izin verilen basınç gerilmesinden büyük olmaması gerekir (Celep, 2015).

Bölüm 3.2.3, Çizelge 3.3'te; izin verilen basınç gerilmeleri belirtilmiştir.

Kayma gerilmeleri, deprem kuvvetinden oluşur. Yapıdaki kat kesme kuvvetinin kayma rijitlik merkezinden geçmesi durumunda, kesme kuvveti duvarlar tarafından yatay öteleme kuvveti rijitlikleri ile orantılı olarak karşılanır. Eğer kat kesme kuvvetinin kayma rijitlik merkezine göre bir dışmerkezliği varsa, oluşan kat burulma momentinden duvarlarda ek kayma gerilmeleri meydana gelir (Celep, 2015).

Yığma yapıların taş, tuğla vb. kubbe, tonoz, duvar ve temel elemanları arasında deprem yanal etkileri ve/veya hava şartları nedeniyle meydana gelen yarı, açıklık ve boşluklar taşların birbirine “yük” aktarmasını önlemektedir. Duvar ve temel elemanları birbirine yük aktarmayan yapılar yanal yüklere karşı tamamen “desteksiz” kalmaktadır. Ayrıca taşların arasına daha çok giren yağmur ve zemin suyu vb. özellikle kış aylarında donma ve çözülme süreçlerinde duvar ve temel elemanlarına daha çok tahribat yapmaktadır (Kasapgil, 2007).

Düşey ve yatay yükler etkisindeki yığma yapıda, kritik bölgelerden başlayarak çekme gerilmeleri altında çatlaklar ve basınç gerilmelerinin altında ezilmeler oluşur ve yükleme devam ederse yapı çökmeye başlar. Kapı ve pencere boşlukları çevresi, duvar ve döşeme birleşimleri, duvar kesişim ve birleşimleri kritik bölgelerdir.

Yığma yapılar ağır ve rijit olup, büyük deprem kuvvetinin oluşmasına sebep olurlar. Yığma yapının çekme ve basınç altındaki sünek olmayan davranışı, yapının önemli bir plastik şekil değiştirme göstermeden ani göçmesine sebep olur (Celep, 2015).

Bu bölümde yığma yapı elemanlarında görülen hasarlar incelenmiştir.

3.4.1 Temelerde oluşan hasarlar

Yapının kendi ağırlığı ve yapıya gelen deprem etkileri nedeniyle yapı temellerinde de hasarlar görülür. Düşey doğrultuda ilerlediği varsayılan deprem dalgalarının sonsuz rijit yatay taban kayası düzleminde meydana getirdiği yatay ve düşey hareketler, deprem yer hareketi olarak bilinir.

Taban kayası üzerindeki zeminin yatay tabakalı bir ortam olduğu varsayılmaktadır. Bu tabakalı zemin ortamı içinde, P (birincil) ve S (ikincil) deprem dalgaları düşey doğrultuda ilerlerler. Bu dalgalar tabaka sınırlarından kırılıp yansyarak zemin yüzeyine ve aynı zamanda temele ulaşır ve yüzeyde yatay ve düşey yer hareketleri oluşturur.

Temelerde oluşan hasarlara sebebiyet veren maddeleri aşağıdaki gibi özetleyebiliriz.

- 1) Zemin hareketleri,
- 2) Yeraltı su seviyesinin değişmesi,
- 3) Temel tabanındaki taşların çatlaması ve dağılması,
- 4) Temellerde bulunan havalandırma sistemlerinin işlevini kaybetmesi,
- 5) Yer altı veya zemin sularının temellerin altındaki zeminleri yıkayarak boşaltmaları,
- 6) Zemin gerilmelerinin taşıma gücü gerilmesine yakın olması.

Bu nedenlerden dolayı, taşıma gücü zayıflayan temellerde oturmalar ve göçmeler oluşmaktadır.

3.4.2 Duvarlarda oluşan hasarlar

Duvarlarda;

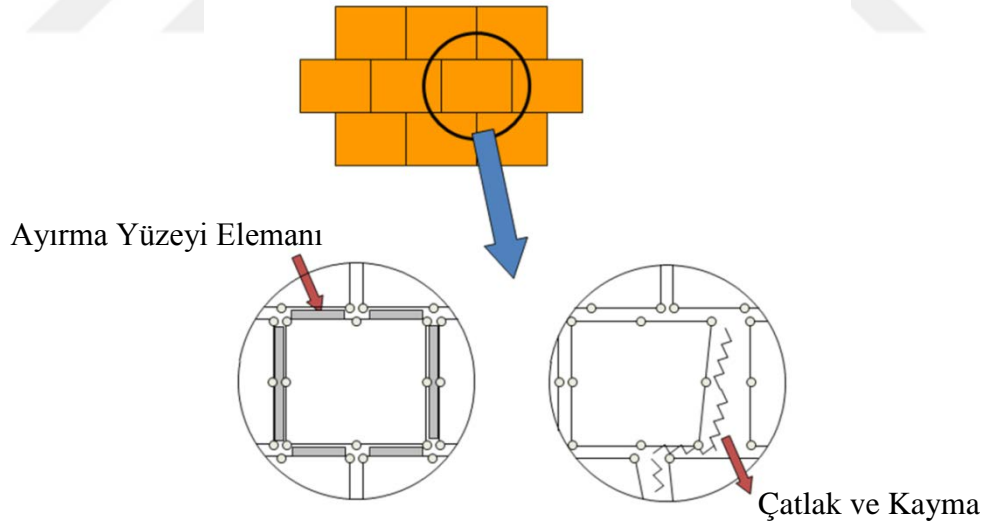
- 1) Duvarların düşey basınç gerilmeleri sebebiyle taşıma gücüne ulaşması,
- 2) Duvarların kayma gerilmelerinin oluşturduğu çekme gerilmeleri sebebiyle taşıma gücüne ulaşması ile oluşan çatlak, ayrılma ve dağılma,
- 3) Duvar taşları arasındaki çekme gerilmelerinin karşılanmaması (duvar taşlarını birleştiren harçların veya kenetlenme elemanlarının uzun yıllar sonunda işlevini kaybetmesi),
- 4) Tersinir deprem yükleri etkisinde oluşan kılcal çatlakların yüzyıllar sonucu derinleşerek ciddi boyutlara ulaşması,
- 5) Derzsiz inşaa edilen taş duvarlarda gerilme yığılmalarından dolayı dökülmelerin olması,
- 6) Kesişen duvarlara gelen büyük deprem kuvvetleri sebebi ile süreksizlik olan bu bölümlerde duvar yüksekliği boyunca ayrılmaların oluşması,
- 7) Duvar örgü sisteminin zayıf olması veya aşırı yük sebebiyle duvarlarda oluşan şişme,
- 8) Yetersiz harç kullanımı

sebepleriyle çeşitli hasarlar meydana gelmektedir.

Yapıya gelen yükler etkisinde duvarda çekme ve basınç gerilmeleri ortaya çıkar. Eğer duvarın çekme dayanımı aşılırsa, dolu duvar parçalarında 45 derecelik eğik çekme çatlakları oluşur. Duvardaki aksenal basıncın büyüklüğüne göre bu çatlakların açısı değişir. Şekil 3.14 ve Şekil 3.15 sırasıyla duvarlarda meydana gelen hasarlardan şişmeyi ve harçta oluşan çatlağı gösterir.



Şekil 3.14 : Yığma duvarın şişmesi ve duvarda oluşan yığma birim dökülmeleri, Fatih/İstanbul (Tetik, 2014)



Şekil 3.15 : Harçta çatlak oluşumu

3.4.3 Kemerlerde oluşan hasarlar

Bu yapı elamanında;

- 1) Kemer kesitlerinde büyük basınç gerilmelerinin oluşumu veya simetrik olmayan yüklemde kesitlerde karşılanamayacak çekme gerilmesi oluşumu,

- 2) Kemer kesitlerinde karşılanamayacak çekme gerilmesi oluşumu ve kemer taşlarında açılmaların meydana gelmesi,
- 3) Çelik gergi çubuklarının paslanarak işlevini kaybetmesi,
- 4) Ahşap gergi çubuklarının çürüme ve mantarlaşma gibi sebeplerle işlevini kaybetmesi,
- 5) Gergi çubuklarının mesnetlerinde oynamaların ve açılmaların oluşması,
- 6) Yapıdaki farklı oturmalar nedeniyle gergi çubuklarında burkulma oluşması gibi çeşitli hasarlar görülmektedir.

Şekil 3.16-3.19, kemerlerde oluşan hasarlara örnek olarak gösterilir.



Şekil 3.16 : Yığma yapıda hasar oluşumu (Bayraktar ve diğ., 2005)



Şekil 3.17 : Real Collegio, Lucca/Italy (Islam, 2008)



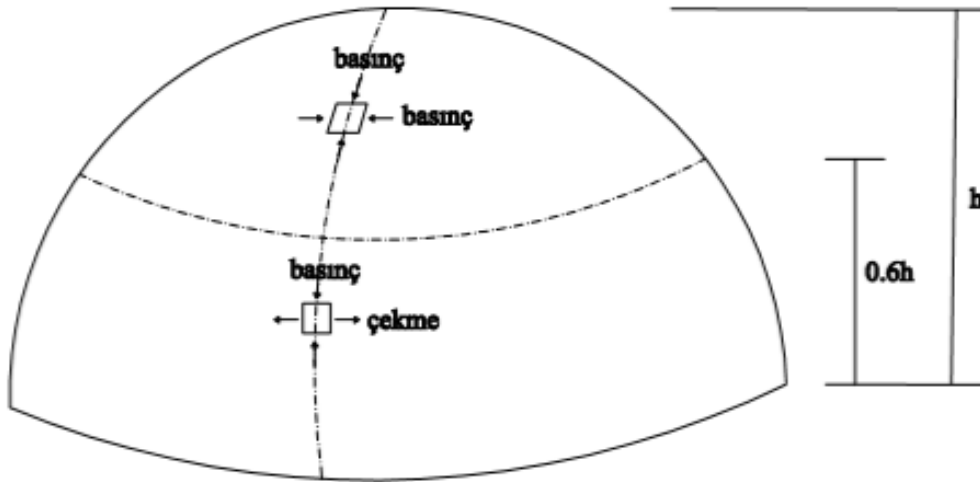
Şekil 3.18 : Gergi hasarı (Bayraktar ve diğ., 2005)



Şekil 3.19 : Vasat Atik Ali Paşa Camiisi - Gergi çubuğunda burkulma (Sesigür ve diğ., 2007)

3.4.4 Kubbelerde oluşan hasarlar

Kubbelerde düzgün yayılı düşey yük altında, Şekil 3.20'de gösterildiği gibi boylam doğrultusunda basınç gerilmeleri ve meridyen doğrultusunda üst bölümlerde basınç ve alt bölümlerde (mesnete yakın bölüm) çekme gerilmeleri meydana gelir ve meridyen doğrultusunda çatlaklar oluşabilir.



Şekil 3.20 : Kubbeye çekme ve basınç bölgeleri

Ayrıca yerel ve simetrik olmayan yüklemelerden ortaya çıkan kesit momentleri çekme gerilmesi de oluşturur ve çatlaklara sebep olabilir. Bu sebepten kubbe ve kemer ve tonozların simetrik yüklenmesine özen gösterilmelidir. Özellikle inşaat safhasında bu tür yüklemeler ortaya çıkabilir. Mesnetlerin farklı oturması veya açılmasında çekme gerilmelerinin oluşmasına sebep olabilir. Şekil 3.21, gerilmeler sonucu kubbeye oluşan hasar örneğidir.



Şekil 3.21 : Küçük Ayasofya Camii kubbe hasarı (Güler ve diğ., 2004)

Kubbelerde belirlenen hasarları açıklamak için; Ahi Çelebi Camisinin güçlendirme öncesindeki durumu örnek olarak verilebilir.

Belirlenen çatlaklar;

- 1) Kubbenin dış yüzeyinde ve meridyen doğrultusunda çekme bölgesinde oluşan çatlaklar,
- 2) Kubbenin çeşitli bölgelerinde sınırlı ve yerel olarak oluşan çatlaklar.

Bu çatlakların kubbe mesnetlerinin farklı oturmaları nedeniyle oluştuğu düşünülmektedir.

3.5 Güçlendirme Teknikleri

Bir yapının karakteristiklerini (yük taşıma kapasitesi, rijitliği, sünekliği, stabilitesi vb.), önceki duruma getirmek veya mevcut durumun üzerine çıkarmak amacıyla, yapıda değişiklikler yapılabilir. Bu değişikliklerin tümüne güçlendirme adı verilir.

Yığma yapılar için önerilen çeşitli güçlendirme teknikleri;

- a) Yapının yıkılan bölümlerinin yeniden inşası,
- b) Yapı elemanları arasındaki boşluklara, çatlaklara ve yarıklara uygun kimyasal reçinelerin enjekte edilerek bütünlüğünün sağlanması ve kesitlerin mukavemetinin artırılması,
- c) Berkitme yapılması,
- d) Yığma yapılarının çelik çubuk ve levhalarla sarılarak bütünlük sağlanarak güçlendirilmesi,
- e) Çelik hasır ile takviye yapılması,
- f) Çelik profil elemanları ile takviye yapılması,
- g) Çelik kenet elemanları ile takviye yapılması,
- h) Ankraj takviyesi,
- i) Gergi takviyesi,
- j) LP çubuk takviyesi,
- k) LP şerit takviyesi,
- l) LP kumaş takviyesi,
- m) Temel güçlendirmesi yapılması.

Bu tekniklerin yardımı ile deprem yüklerinin düzlem içi ve düzlem dışı etkilerine karşı yapı elamanının gücü arttırılmaktadır.

Tarihi yığma yapıların güçlendirilmesinde sadece yapı güvenliğinin artırılması hedeflenmez. Bahsedilen güçlendirme tekniklerinden, yapı görünümünü değiştirmeyen ya da yapılabilecek en az müdahale tercih edilir.

3.5.1 Yapının yıkılan bölümlerinin yeniden inşası ile güçlendirme

Yıkılan veya çok harap olmuş bir bölümün yeniden yapılması (rekonstrüksiyon) çok özel bir durumdur. Tarihi yapının karakterine, malzemesine ve işçiliğine sahip olmadığından tarihi bir değer taşımamaktadır. Yeniden yapılabilmesi için yapılacak bölümün teknik verileri, rölövesi, fotoğrafı gibi belgelerin olması gerekmektedir.

3.5.2 Enjeksiyon ile güçlendirme

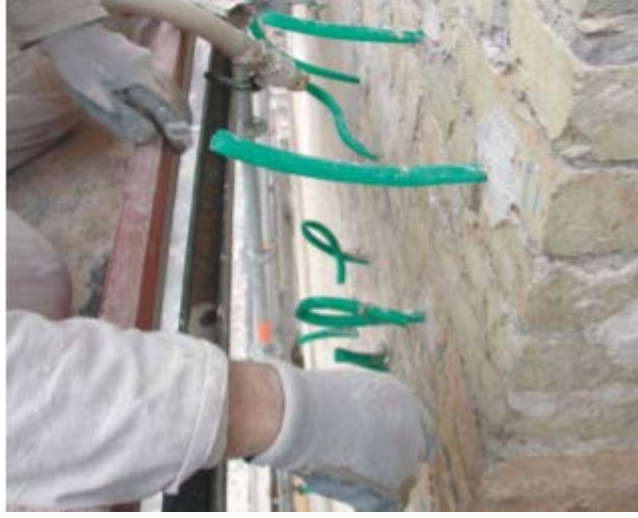
Yapıda oluşan boşlukların (çatlakların, yarıkların vb.) onarılması ve yapı birimlerinin yeniden birlikte çalışmasını sağlamak için, bu boşluklara hidrolik kireç esaslı enjeksiyon malzemeleri doldurulur. Bu malzemelerin düşük hidratasyon sıcaklığına sahip olması ve sülfata karşı dayanıklı olması gerekir.

Güçlendirme aşamasında; yapıdaki çatlaklara, çatlak genişliğine bağlı olarak (yaklaşık 50-100cm arasında) hortumlar konulmakta ve çatlak üzeri sızdırma yapmayacak şekilde hidrolik kireç esaslı malzeme ile kaplanmaktadır. En az 24 saat sonra enjeksiyon pompası kullanılarak uygun malzeme çatlak içine enjekte edilmektedir. Enjeksiyon malzemesi en alt noktadan uygulanmaktadır ve malzeme üst noktaya ulaşıncaya kadar devam etmektedir (Keskin ve Özen, 2011).

Şekil 3.22 ve Şekil 3.23 enjeksiyon ile güçlendirme örneği olarak gösterilebilir.



Şekil 3.22 : Enjeksiyon yapımı (da Porto ve diğ., 2003)



Şekil 3.23 : Enjeksiyon ile güçlendirme - Santa Giustina Basilica Çan Kulesi, Padova/İtalya (Modena ve diğ., 2011)

Bu yöntem ile güçlendirilmiş binalara örnekler verebiliriz: Adana Ulu Cami Minaresi, Aksaray Ulu Cami Minaresi, İzzet Paşa Camisi (Safranbolu), Mevlevihane Camisi (Gelibolu).

3.5.3 Berkitme yapılarak güçlendirme

Hasarlı yapıların ya da elemanların çökme riski ile karşı karşıya olduğu, taşıma gücü işlevini yerine getiremediği durumlarda berkitme yolu ile güçlendirme yapılabilir. Şekil 3.24 berkitme ile yapılan güçlendirmeye örnek olarak gösterilebilir.

Düşey veya eğik destekler kullanılabilir. Kullanılan bu elemanlar, basınç kuvvetini karşılayarak yapının sürekliliğini sağlayacak şekilde tasarlanır. Düşey elemanlar, yapının kendi ağırlığını taşımaya destek olurlar. Eğik elemanlar ise yapının yanıl rijitliğini artırır ve düzlem dışı etkilere karşı koyar.

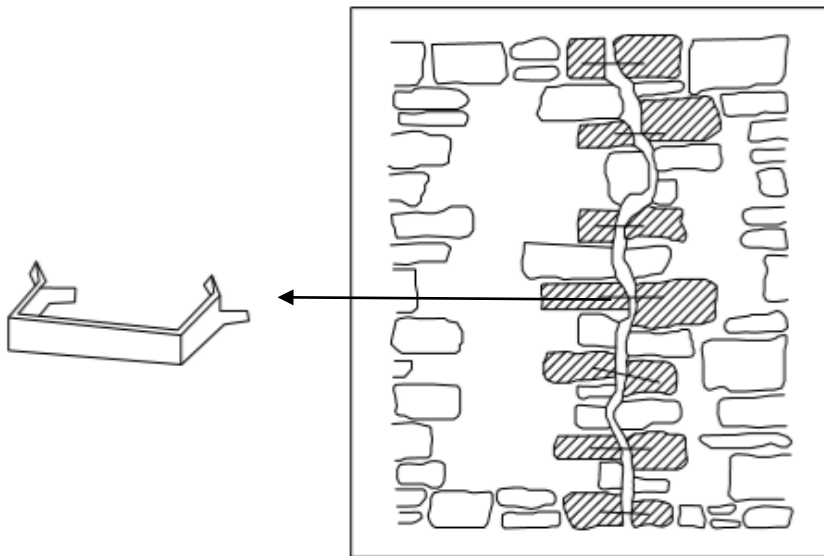


Şekil 3.24 : İki binayı birbirine bağlayan berkitme kemeri (İslam, 2008)

3.5.4 Yığma birimlerinin birbirine bağlanmasıyla güçlendirme

Yığma birim elemanlarının birbirine yük aktaracak şekilde yerleştirilmesi sağlandıktan sonra meydana gelen çekme ve çekme doğrultusundaki kayma gerilmelerini karşılamak için yığma birimler, paslanmaz galvanizli çelikten yapılmış bir malzeme ile birbirine bağlanır. Şekil 3.25 ile yığma birimlerin bağ levhası yardımıyla birbirine ankre edilmesi gösterilmiştir.

Bu işlem için; çatlak veya derz boyunca, yığma birimler projesine göre istenen yerlerde, çaplarda ve uzunluklarda, yapıştırma kartuşları sürülerek delinir. Yapıştırma kartuşları, bulon vb saplamaların ve dübellerin yapıştırılması için üretilir. Bu kartuşlar, içerisinde reçine harcı ve sertleştirici bulunan iki bölümden oluşur. Saplamanın delik içine itilmesi sırasında iki bileşik birbirine karışmakta ve reçine harcı sertleşmektedir. Kartuş sistemi hızlı sertleşerek kısa sürede yük taşıır hale (5 dakika içinde 60MPa basınç dayanımı) gelmektedir. Ankraj tijleri tamamen delik içinde kalır ve daha sonra delik yerleri onarılır ve imitasyon vb. yöntemle kapatılır (Kasapgil, 2007).

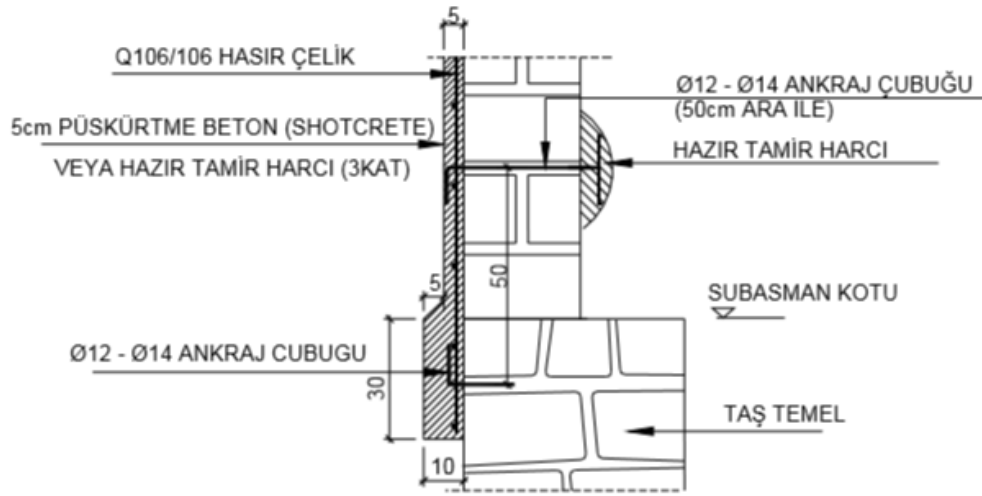


Şekil 3.25 : Yığma birimlerin bağ levhası ile birbirine ankre edilmesi

3.5.5 Çelik hasır ile takviye

Yığma duvara çelik hasır ile püskürtme beton veya tamir harcı uygulanabilir. Bu yöntem ile duvarın kesme kuvveti kapasitesi artırılır. Mevcut yığma yapıların güçlendirilmesinde çok tercih edilen bir yöntem olsa bile uygulama tekniği sebebiyle tarihi yığma yapıların güçlendirilmesinde tercih edilmez.

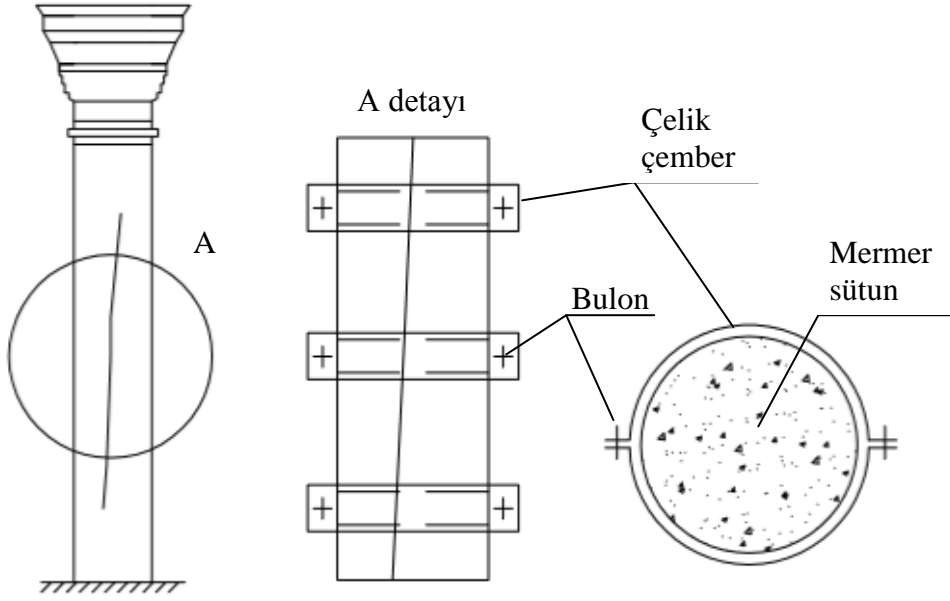
Bir veya iki taraflı yapılacak bu uygulamada beton tabakası ve donatı duvarın hem onarılması ve hem de kalınlaştırılması suretiyle duvara ek kesme kuvveti kapasitesi kazandırılır. Ancak, püskürtme betonun iç hacimlerde uygulanması güçlükler çıkarır. Bu nedenle iç hacimler gibi dar mekanlarda hazır tamir harcının uygulanması tercih edilebilir. Duvara yerleştirilen çelik hasır kenetleme donatıları ile duvara bağlanarak mevcut duvarla bütünleşmesi sağlanır. İki taraflı püskürtme beton uygulamasında, iki yüzdeki çelik hasırlar birbirine duvarı delen donatılarla bağlanır (Celep, 2015). Bu uygulamaya örnek, taş temele çelik hasır ankre edilmesi olarak Şekil 3.26'da gösterilmiştir.



Şekil 3.26 : Taş temele çelik hasır ankre edilmesi (Celep, 2015)

3.5.6 Çelik elemanların eklenmesiyle güçlendirme

Çelik elemanların takviyesi, çekme gerilmelerine karşı yapılan bir çözüm yöntemidir. Yüzeye yapıştırma pek tercih edilmediğinden elemanı tamamen çevreleyen çember niteliğinde yapılarak iki ucu birbirine kenetlenir. Kasnak çevresinde ve kubbe eteğinde, sütunlarda rahatlıkla kullanılabilir. Diğer yandan çelik çembere belirli oranda ön gerilme de verilebilir. Kullanılan çelik çemberlerin paslanmaz olması, yangın ve diğer dış etkilerden korunması önemlidir. Şekil 3.27-3.34 ile çelik elemanların eklenmesiyle yapılan güçlendirmelere örnek verilmiştir.



Şekil 3.27 : Sütunlarda çekme çemberi ile güçlendirme detayı



Şekil 3.28 : Sütunlarda çekme çemberi ile güçlendirme örneği



Şekil 3.29 : Sütunlarda çekme çemberi ile güçlendirme örneği detayı

Güçlendirme aşamasında; uygulanacak yüzey temizlenerek düzgün bir yüzey elde edilir. Daha sonra ölçüler kontrol edilerek çelik çember hazırlanır ve uygulama yapılır. Bu çemberleri beton için almak veya üstüne uygun kalınlıkta sıva yapmak uygun koruma yöntemlerindendir (Keskin ve Özen, 2011).



Şekil 3.30 : Edirne Tütünsüz Baba Türbesi güçlendirme çalışması (Çelik, 2014)

Ahi Çelebi Camisi kubbesinin genel stabilitesini sağlamak amacıyla yapılan güçlendirme çözümünü bu yönetime örnek olarak verilebilir: Kubbe eteği kotunda enkesit ölçüleri 10mmX100mm olan 2 adet galvanizli çelik çekme çemberi düzenlenmiştir. Birleşimlerde M24 yüksek mukavemetli bulonlar kullanılmış, bulonların sıkılması yoluyla çekme çemberinin boşluğu alınarak bir miktar öngerilme verilmiştir. Güçlendirme sonrası, zaman tanım alanında yapılan elastik hesap sonucunda kubbedeki normal gerilmelerin %60'a varan oranlarda azaldığı belirlenmiştir (Sesigür ve diğ., 2007).



Şekil 3.31 : Ahi Çelebi Camisi kubbe eteğindeki çelik takviye elemanın birleşim detayı



Şekil 3.32 : İtalya Padova Saat Kulesi'nin çelik çubuk ile güçlendirilmesi (Modena ve diğ., 2011)



Şekil 3.33 : Öngerilme elemanları ile güçlendirme örneği

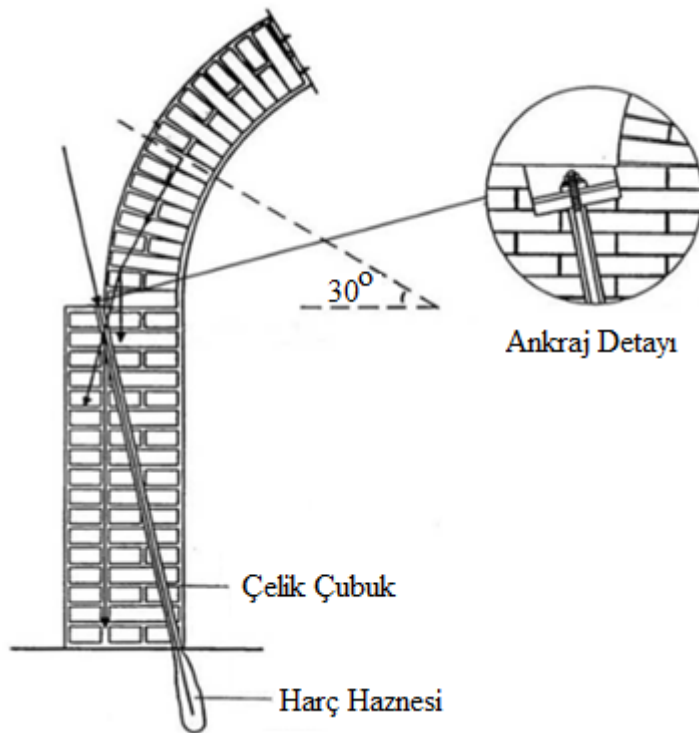


Şekil 3.34 : İtalya Padova Monselice St. Stefano Kilisesi'nin paslanmaz çelik kuşak ile güçlendirilmesi (Modena ve diğ., 2011)

3.5.7 Ankraj takviyesi

Yapının stabilitesini arttırmak ve olası şekil değiştirmeleri sınırlamak amacıyla ankraj takviyesi yapılabilir. Kaya, zemin ya da daha sıkı bir yapıya paslanmaz veya galvanizli çelik çubuklar geçirilerek uygulanır. Böylece bu elemanlar, yapıda oluşan çekme ve çekme doğrultusundaki kayma gerilmelerini karşılar.

Yapıda oluşan çatlak boyunca yığma birimler (taş, tuğla vb.) istenilen yerlerde, çaplarda ve uzunluklarda delinir. Daha sonra bulon ve saplamalar ileriye doğru sürülür. Bu elemanların ileri sürülmesi için yapıştırma kartuşu adı verilen reçine harcı ve sertleştirici hazneli bir kartuş kullanılır. Kartuştaki malzemeler, bulon ve saplamaların delik içine döndürülerek itilmesi sırasında birbirine karışarak sertleşir ve 5 dakika içinde 60MPa basınç dayanımına ulaşır. Bu şekilde yığma birimler birbirine ankre edilir. Şekil 3.35 ile ankraj uygulamasının çizimi verilmiştir.

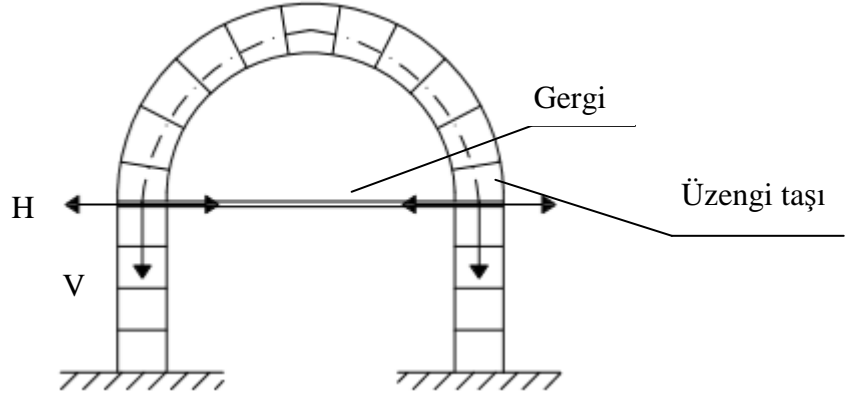


Şekil 3.35 : Ankraj uygulaması (Islam, 2008)

3.5.8 Gergi takviyesi

Yığma yapı elemanlarından olan kemerlerin düşey duvarlara birleştiği uçlarındaki iki üzengi taşı arasına yerleştirilen gergiler, kemerleri güçlendirmek ve korumak için en iyi tekniktir. Yapının maruz kaldığı çekme kuvvetini taşıyan bu elemanlar çelik, demir veya ahşap olabilir. Şekil 3.36, kemerin gergi ile güçlendirilmesine örnek bir

Çizimi gösterir. Şekil 3.37, Şekil 3.38, Şekil 3.39 ise sırasıyla ahşap gergi, elik gergi, sütün başlığında gergi birleşim detayına örnek göstermiştir.



Şekil 3.36 : Kemerin gergi ile gclendirilmesi



Şekil 3.37 : Sultan II. Bayezid Külliyesi Müzesi kemer ve gergi birleşimi, Edirne/Türkiye (Tuğçe Tetik, 2011)



Şekil 3.38 : Arasta Çarşısı kemer ve gergi birleşimi, Edirne/Türkiye
(Tuğçe Tetik, 2011)



Şekil 3.39 : Sütun başlığında gergi birleşim detayı

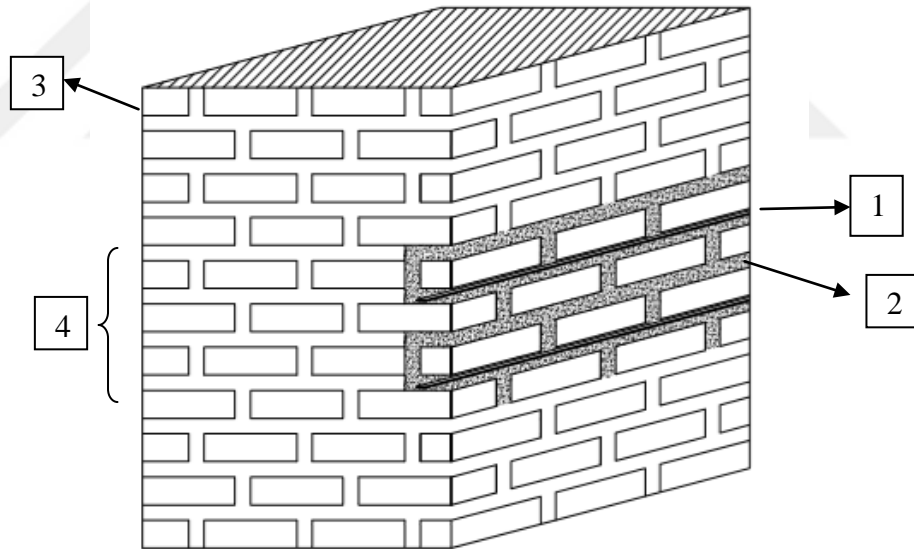
3.5.9 LP ile güçlendirme

Yığma yapının süneklik ihtiyacını karşılayacak ve çekme gerilmelerini alacak elemana olan ihtiyacı lif takviyeli polimer (LP) malzeme ile karşılanabilir. Karbon mamulü olan bu malzemenin çekme dayanımı çeliğin yaklaşık olarak üç katıdır. LP malzemesi çubuk, şerit, kumaş şeklinde yapıya uygulanabilir.

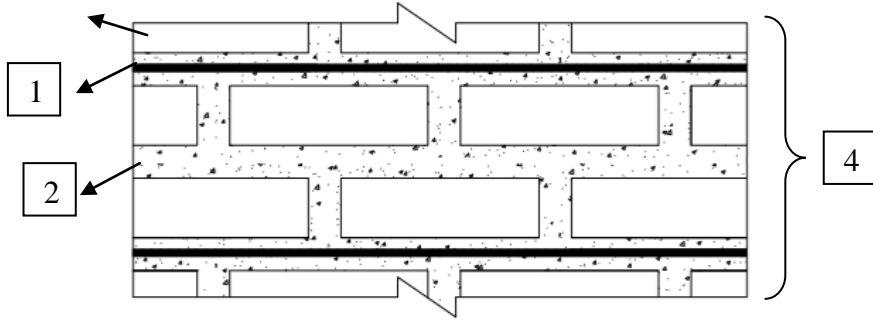
Lif takviyeli polimer çubuklar, yığma yapılarda özellikle derz araları boşaltılarak yerleştirilir. Derzler, yaklaşık 7-10cm açılır ve çubuklar içine yerleştirilir (Bayraktar, 2006). Daha sonra boşluklar yüksek mukavemetli kireç esaslı harçlarla kapatılır.

LP uygulamalarının yapı bünyesine entegrasyonunda yapıdaki geleneksel harcın kullanımı yerine özel reçine veya epoksi macunu gibi yeni bağlayıcıların kullanımı yapı bünyesine uzun vadede zarar verebilir (Aydın ve diğ., 2007).

Şekil 3.40 ve Şekil 3.41'de, LP çubukların yığma duvara yerleştirilmesi gösterilmektedir. Şekil 3.42 ve Şekil 3.43, LP malzemesi ile güçlendirilen binalara örnektir.



Şekil 3.40 : LP çubuğun yerleştirilmesi (1; yatay yönde yerleştirilen karbon bandı, 2; harç malzemesi, 3; mevcut duvar, 4; LP çubuklarıyla güçlendirilerek oluşturulan duvar bölümü)



Şekil 3.41 : LP çubuğun yerleştirilme detayı-önden görünüm(1; yatay yönde yerleştirilen karbon bandı, 2; harç malzemesi, 3; mevcut duvar, 4; LP çubuklarıyla güçlendirilerek oluşturulan duvar)



Şekil 3.42 : LP kumaş ile Küçük Ayasofya Camisi'nin güçlendirilmesi (Aköz, 2008)



Şekil 3.43 : LP ile Mısır El-Eini Kubbesi'nin güçlendirilmesi (Mahfouz ve Rizk, 2003)

LP uygulamasının üstünlükleri:

- Kopma dayanımının yüksek olması,
- Korozyon-çürüme-bozulma gibi sakıncaların olmaması,

- Belirli bölgelerde harcın temizlenip derzlere LP yerleştirilmesi nedeniyle yapının görünümüne zarar vermemesi ve duvar ile malzemenin beraber çalışmasının sağlanması,
- Bağlayıcı niteliğiyle kayma gerilmelerini taşıması,
- Hafif olması nedeniyle ilave yük artışına sebep olmaması,
- Takviye uygulanan yapı elemanının kesiti sebebiyle atalet momenti ve rijitliği değişmediği için gerilme yığılmalarının ve ek tesirlerin oluşmasını engellemesi,
- Düzlem dışı eğilme mukavemetini arttırması.

LP uygulamasının sakıncaları:

- Duvar çatlağı oluşumunu engelleyememektedir.
- Uygulama alanlarında yayılmış mikro (küçük) ve makro (büyük) kabarcıklar, fiber hizalamalarında ve yüzey hazırlıklarındaki yanlış birleşimler gibi üretim hataları LP şeritlerin sıkça karşılaşılan uygulama hatalarıdır ve bu hatalar dayanıklılık üzerinde önemli etkiye sahiptirler. Ayrıca malzeme bilimciler tarafından yürütülen deneysel testler, ince uygulanan LP şeritlerin dayanıksız olduğunu ortaya koymaktadır (Bastianini ve diğ., 2005).
- LP şeritlerin yapı bünyesine entegrasyonu arttırmak amacıyla örülen ek duvarlar tarihi yapıda niteliksiz eklere neden olmaktadır.
- Malzeme, sünek değildir. Artan gerilme ile malzemede kopma oluşmaktadır.

3.5.10 Temel güçlendirmesi

Yapının stabilitesini olumsuz etkileyen durumlardan biri de 3.4.1. Bölüm'de anlatılan temel hasarlarıdır. Temel hasarlarını önlemek ve yapının sağlamlığını arttırmak için öncelikle suların ortamdan uzaklaştırılmasını sağlayan drenaj sistemleri yapılmaktadır. Bu sistemin bağlantılarının düzgün olmasına, kanalların sızdırma yapmamasına dikkat edilmektedir. Drenaj sistemleri, özellikle sıvılaşmaya eğimli olan zeminlerde mukavemet kaybı ve büyük deplasmanlar oluşmasını engelleyerek yapı temelini korur.

Temellerin güçlendirilmesinde, eski ve yeni yapı bölümleri beraber çalışma yapmalı, eski elemanlardan yeni elemana yük aktarımı yapılmalıdır. Yığma yapılarda mevcut temel hatılına ek takviye temeli (temelin genişletilmesi veya derinleştirilmesi) yapılabilir.

Temel yapısının mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi ve daha iyi bir yük dağılımı sağlanması için; çakma, itmeli, mini kazık çeşitlerinden biriyle veya jet-grout kolonları ile temel yükleri daha derindeki taşıyıcı tabakaya aktarılabilir.

Şekil 3.44 ve Şekil 3.45 ile Eski Tekel Binası'na ait temel güçlendirmesi gösterilmiştir.



Şekil 3.44 : Eski Tekel Binası temel güçlendirmesi 1 (Özdemir, 1997)



Şekil 3.45 : Eski Tekel Binası temel güçlendirmesi 2 (Özdemir, 1997)

3.5.11 Yapının askıya alınması ve yapıya geçici takviye yapılması

Hasarlı yığma yapılarda yerel stabilitesini sağlamak ve göçme riski var ise bu riski önlemek amacıyla Şekil 3.46 ve Şekil 3.47'de görüldüğü gibi ahşap veya çelik elemanlarla yapı askıya alınabilir.



Şekil 3.46 : Çelik elemanlar ile yapının askıya alınması



Şekil 3.47 : İtalya L'Aquila St. Domenico Kilisesi'nin ahşap elemanlar ile askıya alınması (Modena ve diğ., 2011)

Yapıyı kararlı duruma getirmek için; yeniden inşa ya da diğer belirlenen müdahalelerin yapımını kabul etmeden önce yığma yapı elemanının ön stabilizasyonu yapılabilir. Yapı bölgesel olarak askıya alınarak kayma gerilmelerine karşı desteklenir. Böylece yapıya geçici olarak hızlı bir müdahale yapılabilir.

Yapı askıya; ahşap elamanlar ile alınırsa yangın riskine dikkat edilmeli, çelik elemanlar ile alınırsa malzemenin korozyona uğramaması için gerekli önlemler alınmalıdır. Yapının geçici müdahalesinin sürekli müdahaleye dönüşmesi istenilmeyen bir durum olduğu için, bu müdahale minimum düzeyde tutulmalıdır.

3.6 Yığma Yapılarda Performans Kavramı

Tarihi yapılarda mevcut yapısal elemanların performansını incelemek için; yapıda kullanılan malzemeler ve özellikleri, çevre koşulları ve doğal afetler nedeniyle oluşan çatlaklar ve hasarlar belirlenir. Son yıllarda yapı tasarımında, performansa dayalı tasarım önem kazanmıştır. Fakat tarihi yapılar için bu kavram ile ilgili çalışmalar kısıtlıdır.

Yığma binaların performans seviyesine, Deprem Yönetmeliği'nde (2007) bulunan binalar hakkındaki bilgi düzeylerine ve yine yönetmelikte bulunan yığma yapıların depreme dayanıklı yapı tasarımı kuralları göz önünde bulundurularak karar verilmektedir.

Eğer yığma binanın her iki doğrultudaki tüm duvarlarının kesme dayanımı uygulanan deprem etkileri altında oluşan kesme kuvvetlerini karşılamaya yeterli ise, binanın Hemen Kullanım Performans Düzeyi'ni sağladığı sonucuna varılır. Herhangi bir katta uygulanan deprem doğrultusunda bu koşulu sağlamayan duvarların kat kesme kuvvetine katkısı %20'nin altında ise binanın Can Güvenliği Performans Düzeyi'ni sağladığı kabul edilecektir. Bu durumların dışında binanın Göçme Durumu'nda olduğu kabul edilir (DBYBHY, 2007).

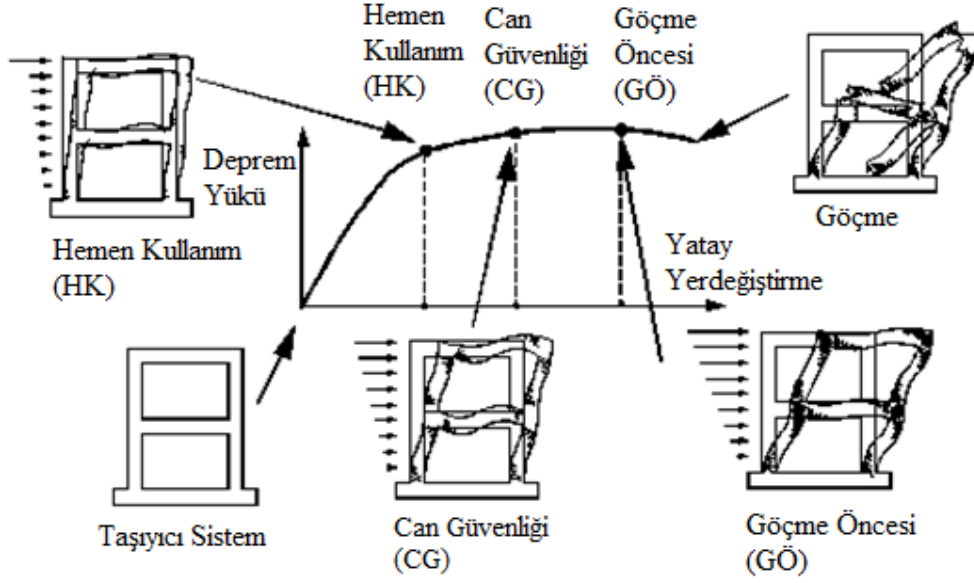
Yığma binalarda kritik kattaki taşıyıcı duvarların kesme dayanımı, deprem etkileri altında oluşan kesme kuvvetleri ile karşılaştırılır. Karşılaştırma binanın her iki doğrultusu için ayrı ayrı yapılır. Dayanımı yeterli olmayan duvarların kat kesme kuvvetine katkısı herhangi bir doğrultuda %50'nin üstünde ise, bina "Riskli Bina" olarak kabul edilir (RBTE, 2013).

Deprem Yönetmeliği'nde tasarım için verilen bütün kayıtları aşağıdaki gibi üç ana bölümde toplamak mümkündür:

- a. Yönetmelikte *Tasarım Depremi*, orta şiddetteki bir deprem olarak ve *Bina Önem Katsayısı* $I=1$ olan binalar için, ilgili bölgede bu depreminin 50 yıllık bir süre içinde aşılma olasılığı %10 olacak şekilde belirlenir. İlgili kurallar kullanılarak deprem etkisi altında taşıyıcı sistemde oluşacak yükler sistemin elastik ötesi davranışı sebebiyle sistemin kapasitesindeki artma ve deprem etkisi talebindeki azalma gözönüne alınarak azaltılan deprem yükü ve ilgili düşey yükler altındaki kesit etkileri karşılanacak şekilde tasarım yapılır.
- b. Yönetmelik, deprem yükü altında taşıyıcı olmayan elemanların hasarını sınırlandırılmasını öngörür. Bu sınırlandırma ikinci mertebe etkilerin sınırlandırılması olarak kabul edilebileceği gibi, belirli ölçüde daha az etki meydana getirecek olan “*hafif şiddetteki deprem*”lerde binalardaki yapısal olmayan sistem elemanlarındaki hasarın minimuma indirilmesi olarak da kabul edilebilir.
- c. Yönetmelik, daha küçük olasılıkla daha büyük deprem etkilerinin ortaya çıkabileceğini gözönüne alarak taşıyıcı sistemin göçmeye erişmemesi için kapasite tasarım kuralları ile konstrüktif kurallarının sağlanması öngörülür.

Yönetmelik bu kayıtlarla *Tasarım Depremi*'nde (50 yıl/%10 aşılma olasılığı) *Can Güvenliği* performans düzeyinin sağlanmasını ve *En Büyük Deprem*'de (50 yıl/%2 aşılma olasılığı) de *Göçme Öncesi* performans düzeyinin sağlanması öngörür. Her ne kadar açık bir kayıt yoksa da, yönetmelik *Kullanım Depremi*'nde (50 yıl/%50 aşılma olasılığı) *Hemen Kullanım* performans düzeyinin sağlandığını kabul eder. Yönetmelik bina önem katsayısı $I > 1$ olan toplumsal önemli binalarda, deprem yükünü arttırarak *En Büyük Deprem*'de (50 yıl/%2 aşılma olasılığı) de *Can Güvenliği* performans düzeyinin sağlanmasını öngörür. Yönetmelik, dolaylı olarak bina önem katsayısını arttırarak R_a Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı'nı küçülttüğü için, *Tasarım Depremi*'nde *Hemen Kullanım* performans düzeyinin sağladığını kabul eder. Ancak, bina önem katsayısının değerine göre bu durum farklılık gösterir (DBYBHY, 2007).

Şekil 3.48 ile farklı deprem düzeylerinde, binalar için öngörülen performans hedefleri özetlenmiştir.



Şekil 3.48 : Farklı deprem düzeylerinde binalar için öngörülen performans hedefleri

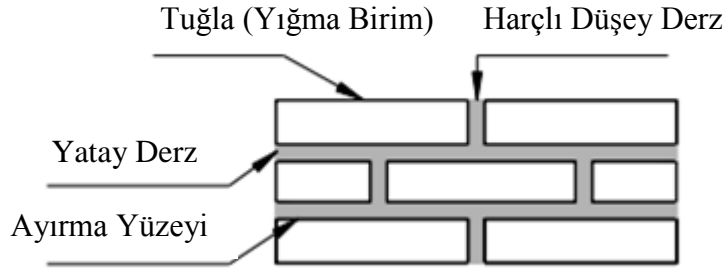
3.7 Yığma Yapıların Modellenmesi

Yığma yapı sistemleri, ülkemizde hem kırsal kesimlerde tercih edildikleri için hem de kültürel yapı mirasımızı oluşturdukları için çok kullanılan yapı grubudur. Yapısal çözümleri, malzeme özellikleri ve malzemelerin bir araya getirilme biçimleri göz önüne alındığında diğer yapı gruplarına göre oldukça farklıdır.

Sonlu elemanlar yöntemiyle yığma yapıların modellenmesinde kullanılan eleman ve kabuller, betonarme yapılar için kullanılanlardan oldukça farklıdır. Çünkü betonarme heterojen bir malzeme olmasına rağmen, yapılan kabullerle bir yapısal elemanı aynı çeşit sonlu elemanla geçmek mümkün olmaktadır. Oysa yığma yapı duvarlarında taş ve tuğla gibi yığma birimlerin ve farklı karakteristiklere sahip harcın bulunması tek tip sonlu eleman kullanmayı zorlaştırmaktadır. Bu durumda kabule uygun ve gerçekten uzaklaşmayacak şekilde bir modelleme tekniği geliştirmek gerekmektedir. Ya da bu birimleri ayrı ayrı modellemek yolu tercih edilmelidir. Yığma birimlerin ve ara yüzey elemanlarının ayrı ayrı modellendiği bu durumda ise bilinmeyen sayısı oldukça fazla olmaktadır (Ural, 2009).

3.7.1 Modelleme teknikleri

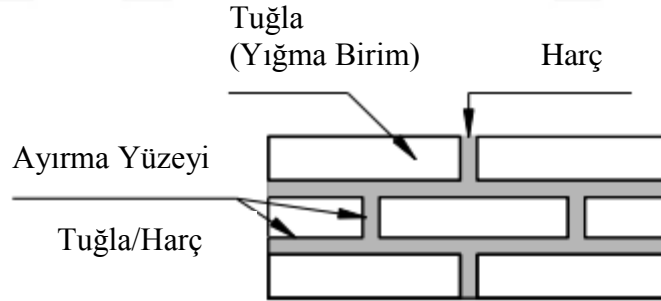
Yığma yapılar heterojen bir yapıya sahip oldukları için yığma birimlerin, harcın ve bunlar arasındaki aderansın, statik ve dinamik yükler altındaki davranışı dikkate alınır. Bu yüzden modelleme yapılırken çeşitli varsayımlarda bulunulur ve bu varsayımlara göre de çeşitli stratejilerden yararlanılır.



Şekil 3.49 : Örnek yığma yapı elemanı

3.7.1.1 Ayrıntılı mikro modelleme

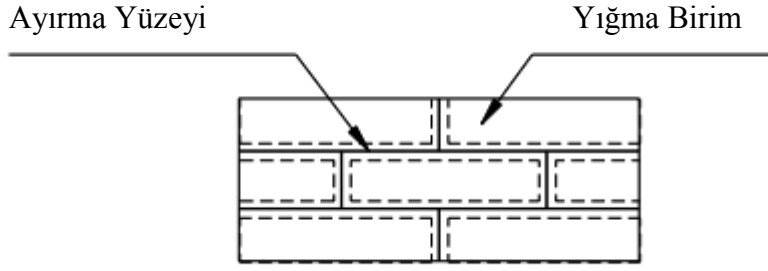
Bu modellemeye göre, yığma duvarı meydana getiren yığma birimin ve harcın mekanik özellikleri ayrı ayrı ele alınır. Yapının hasar görmesi durumunda ise çatlakların yığma birimin ve harcın arasındaki ara yüzeylerde oluştuğu varsayılmaktadır.



Şekil 3.50 : Ayrıntılı mikro modelleme tekniği

3.7.1.2 Basitleştirilmiş mikro modelleme

Bu modellemeye göre, yığma birimlerinin boyutları, harç tabakasının kalınlığının yarısı kadar genişletilerek harç tabakası ihmal edilmektedir. Yığma birimler ortalama ara yüzey çizgileriyle birbirinden ayrılmaktadır. Yığma duvarda meydana gelebilecek olan çekme ve kayma çatlaklarının ise ara yüzeylerde oluşacağı ve tuğlalarda meydana gelebilecek olan potansiyel çatlakların ise tuğlanın orta kısmında düşey olarak gerçekleşeceği varsayımı yapılır.



Şekil 3.51 : Basitleştirilmiş mikro modelleme tekniği

3.7.1.3 Makro modelleme

Makro modellemeler; karmaşık ve büyük sistemlerde, tüm yığma binanın analizinde tercih edilmektedir. Uygun sonlu elemanlara ayırmak suretiyle makro modelleme zaman açısından tasarruf sağladığından dolayı tercih edilmektedir (Ural, 2009).

Bu modellemeye göre, yığma birimler ile harç arasındaki etkileşim ihmal edilir.

Bütün Birim



Şekil 3.52 : Makro modelleme tekniği

3.7.1.4 Sonlu elemanlar yöntemi

Bu yöntem; düzensiz ve karmaşık geometrili sistemlerin basitleştirilerek modellenmesine, yapıdaki kritik kesimlerin ise daha detaylı incelenmesine olanak sağlar.

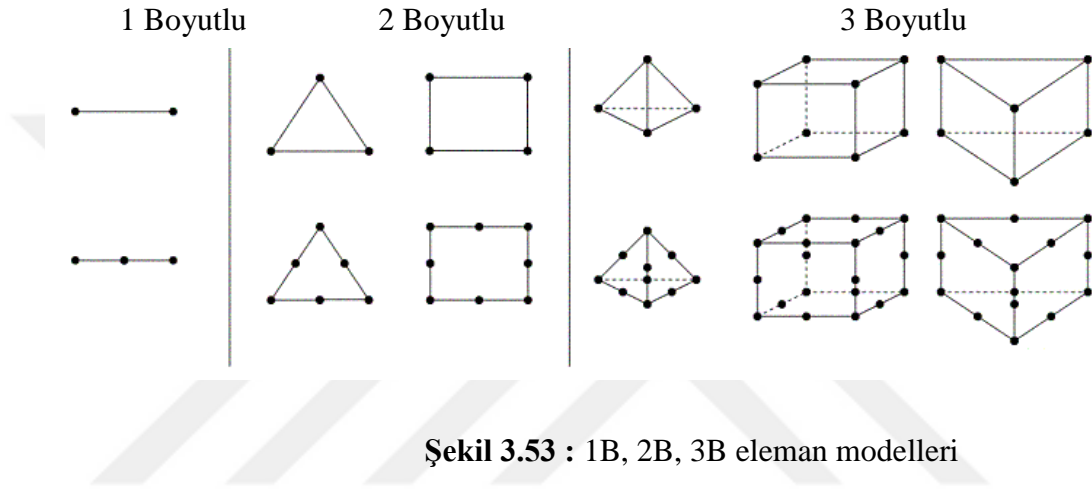
Bir fizik problemde serbestlik derecesi sonsuzdur. Yöntemin amacı problemi sonlu sayıda bilinmeyen kullanarak ve aynı zamanda gerçeğe olabildiğince yakın kalacak bir biçimde bilgisayar ortamında çözmektir (Omurtag, 2010).

Bu yöntem, geometrik yapı modelinde gerekli sadeleştirmeler yapıp eleman tipi seçildikten sonra birkaç adımda tamamlanır.

1. İlk adımda problem, küçük alt yapılara ayrılarak ağ yapısı oluşturulur. Ağ yapısı, çubuk elemanlar ve bu elemanları birleştiren düğüm noktalarından oluşmaktadır.

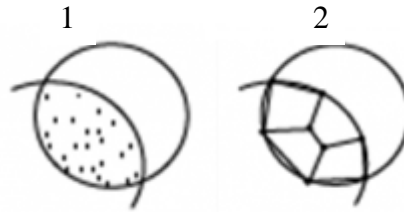
2. Kalınlık, uzunluk, atalet momenti gibi geometrik özellikler, malzeme özellikleri, değişkenler (sınır koşulları) belirlendikten sonra elemanlar oluşturulur.

Problemin ihtiyacına göre, kullanılan sonlu elemanlar, bir, iki ya da üç boyutlu olabilir. Çubuklar bir boyutlu elemanlarla, yüzeysel taşıyıcılar (plak ve kabuklar) iki boyutlu elemanlarla ve yüzeysel taşıyıcılar kuramının sınırları dışına çıkan üç boyutlu cisim ebadındaki geometriler üç boyutlu elemanlarla çözülür (Omurtag, 2010).



Şekil 3.53 : 1B, 2B, 3B eleman modelleri

Sonlu elemanlar yönteminde serbestlik derecesi kavramı oldukça önemlidir. Serbestlik derecesi; eleman boyutuna, eleman ve analiz tipine bağlıdır. Bir ağ yapısının toplam serbestlik derecesi; toplam düğüm sayısının her bir düğüm noktasının serbestlik derecesi ile çarpımına eşittir.



Şekil 3.54 : 1B, 1. çizimde; toplam düğüm sayısı ∞ , her bir noktanın serbestlik derecesi 6, toplam serbestlik derecesi ∞ . 2. çizimde; toplam düğüm sayısı 8, her bir noktanın serbestlik derecesi 6, toplam serbestlik derecesi 48.

3.8 Yığma Yapılarda Analiz Yöntemleri

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'te detaylı olarak anlatılıp hesaplama formülleri ve gerekli sınır koşulları verilmiş olan analiz yöntemleri için yapılan kabuller, bu bölümde kısaca özetlenmiştir.

3.8.1 Doğrusal analiz yöntemleri

Malzemenin lineer - elastik davranış gösterdiği kabul edilerek yapılan analizdir. Bu analiz ile yapının limit yük durumları elde edilir. Yaklaşık hesap metodu olarak nitelendirilirler. Yapıdaki mevcut düzensizliklere göre bir yöntem seçilip tasarımı yapılır.

3.8.1.1 Eşdeğer deprem yükü yöntemi

Bu yarı dinamik yöntemin hesabı yapılırken yapının birinci doğal titreşim periyodu kullanılmaktadır. Bu hesapta kat ağırlıklarının kat seviyesinde toplanmış olduğu kabul edilmektedir. Yapının ağırlığı, sünekliği, zemin bilgileri, bulunduğu deprem bölgesi göz önünde bulundurularak eşdeğer deprem yükü hesaplanmaktadır.

DBYBHY 2007 yönetmeliğine göre; toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti), V_t , denklem (3.1) ile belirlenmektedir.

$$V_t = \frac{WA(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10A_0IW \quad (3.1)$$

Bu denklemde T_1 , binanın birinci doğal titreşim periyodunu vermektedir ve denklem (3.2) ile hesaplanmaktadır.

$$T_1 = 2\pi \left(\frac{\sum_{i=1}^N m_i d_{fi}^2}{\sum_{i=1}^N F_{fi} d_{fi}} \right)^{1/2} \quad (3.2)$$

Denklem (3.1)'de verilen binanın deprem yüklerinin hesaplanmasında kullanılacak toplam ağırlık, W , denklem (3.3) ile belirlenir.

$$W = \sum_{i=1}^N w_i \quad (3.3)$$

Taşıyıcı deprem yükü azaltma katsayısı, $R_a(T_1)$ ise yapının taşıyıcı sistem davranış katsayısı, R ile yapının doğal titreşim periyodu, T 'ye göre değişmektedir. Süneklik

düzeyine göre yığma yapılar için taşıyıcı deprem yükü azaltma katsayısı $R_d(T_I)=2$ olarak alınmaktadır.

Yerel zemin sınıflarına ve doğal titreşim periyoduna göre belirlenen spektrum katsayısı $S(T_I)$ ise yığma yapılar için DBYBHY 2007'ye göre 2.5 olarak alınmaktadır.

Etkin yer ivme katsayısı olan A_0 , yapının bulunduğu deprem bölgesine göre seçilirken, bina önem katsayısı, I ise yapının kullanım amacına göre belirlenir.

Spektral ivme katsayısı, $A(T_I)$, denklem (3.4)'e göre hesaplanmaktadır.

$$A(T) = A_0 I S(T) \quad (3.4)$$

3.8.1.2 Mod birleştirme yöntemi

Yaklaşık dinamik analiz yöntemi olan bu hesaplamada, kütlelerin yapı düğüm noktalarında toplandığı kabul edilmektedir. Birinci modlar yanında diğer yüksek modların da etkisi kabul edilerek hesaplanan kütle katılımları, istatistiksel olarak birleştirilir. Böylece yapıdaki maksimum iç kuvvetler ve yerdeğiştirmeler belirlenir.

DBYBHY 2007'ye göre; x ve y doğrultularında etkin kütleler denklem (3.5) ile hesaplanmaktadır. Hesaplanan maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için de denklem (3.6) sağlanmış ise Karelerinin Toplamının Kare Kökü (SRSS) kuralı uygulanır. Denklem (3.6)'da alınan T_m ve T_n değerleri, herhangi iki titreşim moduna ait doğal periyotlardır.

$$\sum_{n=1}^Y M_{xn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{xn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i \quad (3.5)$$
$$\sum_{n=1}^Y M_{yn} = \sum_{n=1}^Y \frac{L_{yn}^2}{M_n} \geq 0.90 \sum_{i=1}^N m_i$$

$$T_m < T_n \Rightarrow T_m / T_n < 0,80 \quad (3.6)$$

3.8.2 Doğrusal olmayan analiz yöntemleri

Deprem etkisi altında mevcut binaların yapısal performanslarının belirlenmesi ve güçlendirme analizleri için kullanılacak doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinin amacı, verilen bir deprem için sünek davranışa ilişkin plastik şekil değiştirme istemleri ile gevrek davranışa ilişkin iç kuvvet istemlerinin hesaplanmasıdır (DBYBHY, 2007).

Doğrusal olmayan analiz yöntemleri; artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi, artımsal mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yöntemi olmak üzere üç bölümde incelenir.

3.8.2.1 Artımsal eşdeğer deprem yükü yöntemi

Tek modlu statik itme analizi olarak da bilinen bu yöntemde, artan yükler altında yapı elemanlarındaki iç kuvvetlerin yeniden dağılımı dikkate alınarak gerçekçi sonuçlar elde edilmektedir.

Eşdeğer statik yatay yüklerin yapıya adım adım arttırılarak uygulandığı bu yöntemde, ilk adımlarda yapı doğrusal elastik davranır. Daha sonraki adımlarda, taşıyıcı yapı elemanlarında yerdeğiştirme ve şekil değiştirme meydana gelir, plastik mafsallar oluşmaya başlar ve yapı elastik ötesi (plastik) davranış gösterir. Son adımda maksimum değerler hesaplanır.

Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nin kullanılabilmesi için, binanın kat sayısının bodrum hariç 8'den fazla olmaması ve herhangi bir katta ek dışmerkezlik gözönüne alınmaksızın doğrusal elastik davranışa göre hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} < 1.4$ koşulunu sağlaması gereklidir. Ayrıca gözönüne alınan deprem doğrultusunda, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci (hakim) titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütesine (rijit perdelerle çevrelenen bodrum katlarının kütleleri hariç) oranının en az 0.70 olması zorunludur (DBYBHY, 2007).

3.8.2.2 Artımsal mod birleştirme yöntemi

Artımsal Mod Birleştirme yöntemi ile çözümde modal kuvvetler binaya birbirinden bağımsız şekilde ayrı ayrı etkililerek statik itme analizi yapılır ve gözönüne alınan bütün modlara ait modal kapasite diyagramları ve modal yerdeğiştirme istemleri elde edilir. Elde edilen modal değerler bir istatistik yöntemle birleştirilerek, taşıyıcı sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik dönme ve iç kuvvet istemleri hesaplanır.

Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile itme analizinin en önemli sakıncası, taşıyıcı sistemin deprem davranışının sadece birinci (deprem doğrultusunda hakim) doğal titreşim modundaki davranıştan ibaret olduğunun varsayılmasıdır. Bu nedenle

yöntem, çok katlı olmayan ve deprem doğrultusuna göre planda simetrik veya simetriğe yakın olan binalarla sınırlıdır (DBYBHY, 2007).

3.8.2.3 Zaman tanım alanında hesap yöntemi

Yapıların zaman tanım alanında doğrusal elastik ya da doğrusal elastik olmayan deprem hesabı için, yapay yollarla üretilen, daha önce kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılabilir (DBYBHY, 2007).

Doğrusal veya doğrusal olmayan hesapta; üç yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların maksimumu, en az yedi yer hareketi kullanılması durumunda ise sonuçların ortalaması tasarım için esas alınmaktadır.



4. ŞEYH SÜLEYMAN MESCİDİ İÇİN YAPILAN SAYISAL ÇALIŞMALAR, BULGULAR VE İRDELEMELER

Bu bölümde, ikinci bölümde edinilen teorik bilgiler yardımı ile örnek bir yapı üzerinde matematiksel çalışmalar yapılmaktadır.

4.1 Yapı İle İlgili Genel Bilgiler

Matematiksel çalışmaları yapabilmek için İstanbul Vakıflar 1. Bölge Müdürlüğü'nden, Şeyh Süleyman Mescidi'ne ait 2004 yılında yapılmış rölöve çizimleri alınmıştır. Yapı tarihçesi ve taşıyıcı sistemi ile ilgili yapılan araştırmalar bu bölümde anlatılmaktadır. Yapıda kullanılan malzemelerin mevcut deneysel değerlerine ve yapı zeminine ait kesin verilere ulaşılamadığı için, bu tez çalışmasında ortalama değerler kullanılmaktadır.



Şekil 4.1 : Şeyh Süleyman Mescidi mevcut durumu (Url-3, 2013)

4.1.1 Tarihçesi

İstanbul'un Fatih semti Sinanağa Mahallesi'nde, Zeyrek Caddesi ile At Pazarı Sokak'ın kesiştiği yerde konumlandırılan ve mescide dönüştürülmüş olan bu yapının tarihi konusunda bilgiler tam değildir.



Şekil 4.2 : Şeyh Süleyman Mescidi (Url-2, 2015)

Palaiologoslar devrinde elden geçtiği bilinen yapının erken dönem Bizans'ının bir mausoleumu olduğu bilinmektedir (Sav, 2009).

Semavi Evce'ye göre; mimarisi, bir Bizans, hatta daha da eski bir erken Hristiyan yapısı olduğuna işaret eder. Planı bakımından aslında bir kilise olmadığı bellidir. Bazıları tarafından iddia edilen ve zaman zaman başkalarının da tekrarladıkları gibi bir binanın, yakınındaki Pantokrator Manastırı'nın kütüphanesi olduğu yolundaki görüş de dayanıksızdır. Komnenos Hanedanı dönemi içinde 12. yy'ın ortalarında yapılan bu büyük ve ünlü manastırın bir kütüphanesi olduğu bir gerçektir, ancak Şeyh Süleyman Mescidi olan bina, planı ve yapım tekniği bakımından çok daha önceye ait olduğu bildirilmiştir. Böylece Pantokrator Manastırı ile birlikte, onun kütüphanesi olarak yapılmış olduğu kabul edilmemektedir. Eğer manastırın sınırları içinde bulunuyorsa belki o dönemde kütüphane olarak kullanılmış olabilir. Bina, erken Hristiyan ve ilk Bizans dönemlerinin merkezi plan yapılarından olduğu kabul edilir. Bu tipteki yapılar, genellikle; vaftizhane ve mezar binası olarak kullanılmıştır. 1950'li yıllarda içinde yapılan bir incelemede, tabanın altında bir mezar olduğunu açıkça gösterir. A. M. Schneider de daha 1930'lu yıllarda bunun bir mezar binası olabileceğine işaret etmişti.

Fetihten sonra Sultan II. Bayezid döneminde (1481-1512) Şeyh Süleyman Halife tarafından, vakfiye kaydına göre 904/1498-99'da mescide çevrilerek vakfedilmiştir. Şeyh Süleyman Mescidi 1756'da Cibali Yangını'nda yanmış ve III. Mustafa (1757-1774) döneminde, Ayşe Sultan kethüdası Kazgani Hasan Ağa'nın gayretiyle ihya

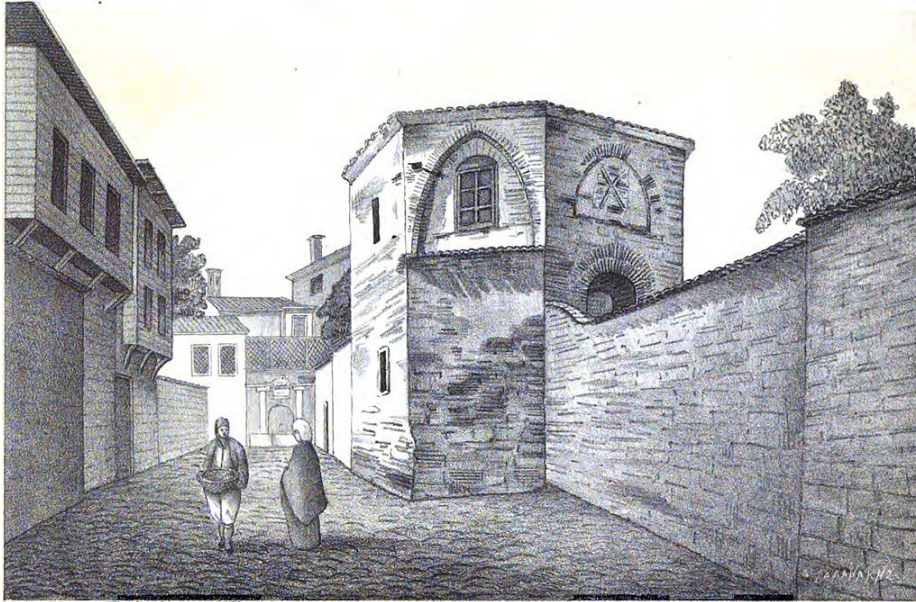
ettirilmiş, bu arada minber de konulmuştur. 19.yy'ın sonlarına doğru karşısına bir de medrese yapılmıştır.

Çevrede 23 Ağustos 1908 tarihinde Çırçır Yangını olduğu bilinmekte ancak; bina üzerinde yangın izine rastlanmamaktadır (İlhan, 2015).

Mart 2013'te imzalanan bir sözleşme ile İtalya-Türkiye ortak çalışması olarak, yapının restore edilmesine ve çevre düzenlemesinin yapılmasına karar verilmiştir. Çalışmalar halen devam etmektedir.

4.1.2 Taşıyıcı sistem özellikleri

Yapıya dışarıdan bakıldığında, üst yapı; 6,5 m lik alt kısım kare, 5 m lik üst kısım ise sekizgen görülmektedir. Fakat yapının içerisi tamamen sekizgendir. Sekizgeni oluşturan duvarların her biri dıştan sivri kemerlidir. Üst kısımda, bu kemerlerin içinde aydınlatma amaçlı yapılan pencereler bulunmaktadır. Kubbesi bulunan bu yapının her köşegeninde nişler bulunmaktadır. Yapı, kaburgalı çatıya sahiptir. Çatı üstündeki tuğlaların altında taş tabaka bulunmaktadır. Bu taş tabakanın altında ise Şekil 4.8'de görüldüğü gibi anfora ile yapılmış dolgu bulunmaktadır. Bu dolgunun yapılma nedeni halen bilinmemektedir.



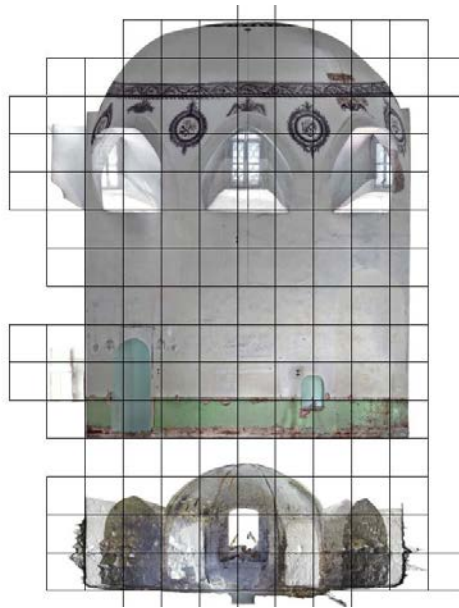
Şekil 4.3 : Şeyh Süleyman Mescidi'nin XIX. yüzyılın ikinci yarısında çizilen gravürü (Paspatis, 1877)

Zemin altında kalan alt yapı ise iki bodrum kattan oluşmaktadır. Şekil 4.6'da gösterilen birinci bodrum kat, "krypta" olarak adlandırılmaktadır. Krypta sistemi, arkosolyumdur. Arkosolyum; Güzel Sanatlar Terimleri Sözlüğü'ne (1968) göre,

katakomplarda ölülerin içine dikine yerleştirildiği duvar oyuğudur. Katakomp ise Türk Dil Kurumu'nun yapmış olduğu tanıma göre; ilk hristiyanların kayaları oyarak veya yer altını kazarak uzun dehlizler biçiminde yaptıkları, ölülerini gömdükleri veya tapınak olarak kullandıkları mezarlıktır. Krypta, nervürlü kubbeye sahiptir.

17.07.2001 günü yapılan çalışmada Şeyh Süleyman'ın altındaki 8 derin nişli kriptaya tekrar girilmiştir. Bu nişler 2 metre derinliğinde olup, kemer açıklıkları 1.35 metredir. Kubbe tonozla örtülmüş olup, tepe noktası 1.85 metre yüksekliğindedir. Dış halka duvar kaba taştan, nişler ise tamamen tuğladandır. Niş etrafında kırmızı fresk bordürler hala görülebilmektedir (Özgümüş, Dark 2002).

İkinci bodrum kat ise, su ile dolmuş olan kuyu bölümüdür. Sarnıç kısım olarak adlandırılır. Bu kat, yapı zemininin nemli ve kirli hava transferini gerçekleştirmeye yaramaktadır. Normal şartlarda, zemin bir döngü halinde, atmosfere nemli hava vermekte ve atmosferin de kirli havasını emmektedir. Zemin üzerine yapı inşa edildiğinde, bu işlem yapının kendi kapiler kanalları aracılığıyla yapılmaktadır. Bu da yapı malzemesinde çiçeklenme, çillenme, çürüme, korozyon gibi bozukluklara neden olmaktadır. Bu sorunu önlemek için, tarihte sarnıçlar inşa edilmiştir ve hava transferi bu yapılar ile gerçekleştirilmiştir. Sarnıçlar hava iletimi dışında, deprem süresince de yapıya katkıda bulunmaktadır. Çünkü olası bir depremde, aniden yükselen yer altı suyunun boşluk suyu basıncı bu yapılar aracılığıyla dışarı akıtılır, böylece zeminin mukavemeti korunmuş olur. Deprem sonrasında oluşma ihtimali olan sıvılaşma tehlikesi de engellenmiş olur.



Şekil 4.4 : Mescid ve krypta (Url-2, 2015)



Şekil 4.5 : Mescidin iç görünüşü ve kubbesi (Kırımtayf, 2001).



Şekil 4.6 : Krypta iç görünüşü (Url-1, 2015)



Şekil 4.7 : Dış cephe (Url-1, 2015)



Şekil 4.8 : Çatı dolgu görünüşü (Url-1, 2015)

4.1.3 Malzeme özellikleri

Yapının dıştan kare olarak gözlemlenen 6.5 m lik bölümü; düzensiz yerleştirilmiş taş, toprak harç ya da sadece çok az kıvamlı toprak ile iç çekirdek oluşturularak taş, tuğla ve dış harç (tuğla kırığı ve kireç) ile örülerek dolgu duvar olarak inşa edilmiştir. Yapının sekizgen olarak görülen 5 m lik üst bölüm ve kemerler tuğla olarak inşa edilmiştir. Tuğla ve taş malzemeler kullanılarak yığma bir yapı oluşturulmuştur.

Malzeme özellikleri incelenirken, binanın tarihi bir yapı olduğu göz önünde bulundurularak elastisite modülleri günümüzdeki malzemelere göre daha düşük alınmıştır. Bu durum yapının rijitliğini azaltarak, oluşan şekil değiştirmeleri görebilmemize ve optimum güçlendirme önerisi yapılabilmesine olanak sağlamaktadır.

Çizelge 4.1 : Malzeme özellikleri.

Malzeme Tipi	Poison Oranı	Elastisite Modülü (E) GPa	Özgül Ağırlık kN/m³
Tuğla (Kemer)	0.18	3	18
Tuğla (Üst yapıdaki sekizgene ait duvarlar)	0.18	3	18
Tuğla (Üst yapıdaki, dış duvar tuğlaları)	0.18	3	18
Taş + tuğla (Kubbe)	0.20	10	20
Taş (Üst yapıdaki, dış duvar taşları)	0.20	10	22
Taş dolgu (Zemindeki)	0.20	10	22
Taş (Krypta kubbesi)	0.20	10	22
Toprak dolgu	0.18	2	15
Tuğla (Krypta kemerleri)	0.18	3	18

4.1.4 Deprem güvenliği

Şeyh Süleyman Mescidi, kalın duvarları, kemerleri, kubbesiyle ağır bir kütleye sahip olduğu için, diğer tarihi yapılarda olduğu gibi deprem etkisinde rijit cisim hareketine benzer bir performans gösterir. Bu yapının analiz sonuçlarında verildiği gibi, ağırlığıve rijit duvarları sebebiyle periyodu düşüktür. Dolayısıyla kısa periyottaki yapı, büyük bir deprem etkisi altında büyük risk taşımaktadır.

4.2 Yapısal Modelin Oluşturulması

Modeli hazırlayabilmek için 2004 yılında hazırlanmış olan, yapının ilk rölövesi niteliğindeki projeden yararlanılmıştır. Yapıya ait restorasyon projesi bulunmamaktadır.

Yapısal davranışı en doğru şekilde belirleyebilmek amacıyla, modelleme çalışmalarında yapı geometrisine büyük ölçüde uyulmuş ve üç boyutlu olarak modellenmiştir. Binanın yapısal modelinin oluşturulmasına, CAD ortamında hazırlanan geometrik modelin SAP2000 programına aktarılmasıyla başlanmıştır.

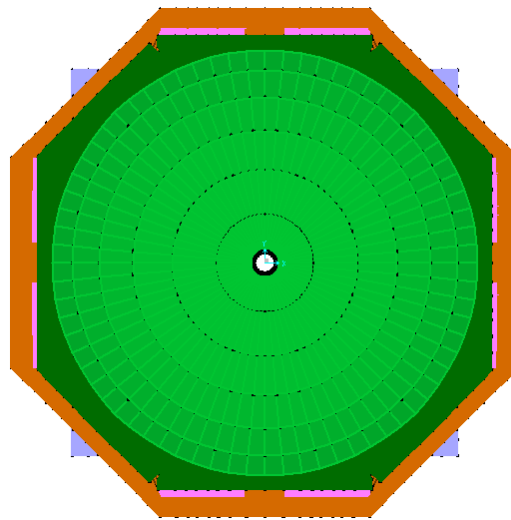
Yığma duvarlar kalın kesitlere sahip olduğu için üç boyutlu katı elemanlar, kubbe nispeten ince kabul edilen bir yapı elemanı olduğu için kabuk eleman olarak modellenmiştir. Kemerler modellenirken, elemanı oluşturan birimlerin yapımı ve dizilişi dikkate alınarak modellenmiştir. Yığma yapılarda zemine oturan döşemeler ise genel olarak modellenmediği için yapıda da modellenmemiştir.

Modelleme çalışmalarında, yapısal açıdan kritik kesimlerde sonlu elemanlar daha fazla parçaya bölünerek bu bölgelerde daha hassas sonuçlar elde edilmesi amaçlanmıştır. Sonlu elemanlara ayırıştırma işlemi sırasında farklı elemanların birbirleriyle kesiştiği düğüm noktalarının birbiriyle uyumlu olması ve süreksizlik yaratmaması sağlanmıştır.

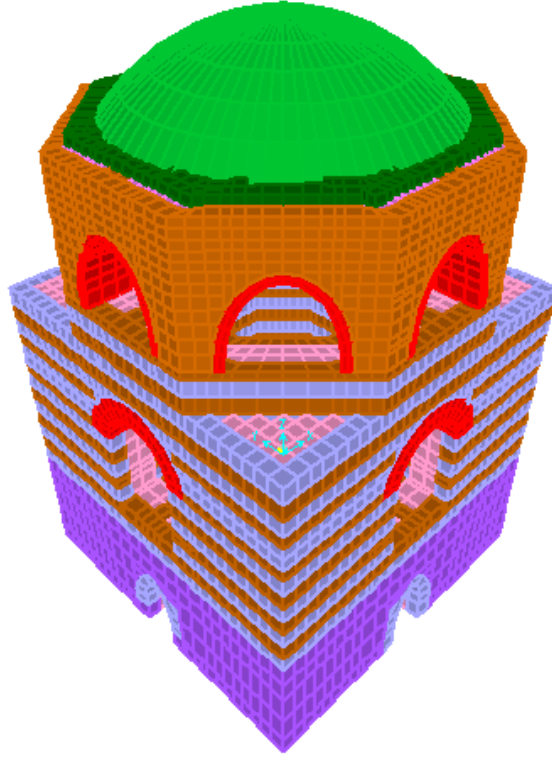
Bundan sonraki aşamada ise, yapının belirlenmiş olan geometrik koşulları doğrultusunda sınır koşulları, mesnetlerin ve düğüm noktalarının serbestlik dereceleri ve model üzerine etkiyen yatay ve düşey yükler belirlenerek SAP2000 ortamında girilmiş ve böylece model, analize hazır hale getirilmiştir.

4.2.1 Sonlu eleman modeli

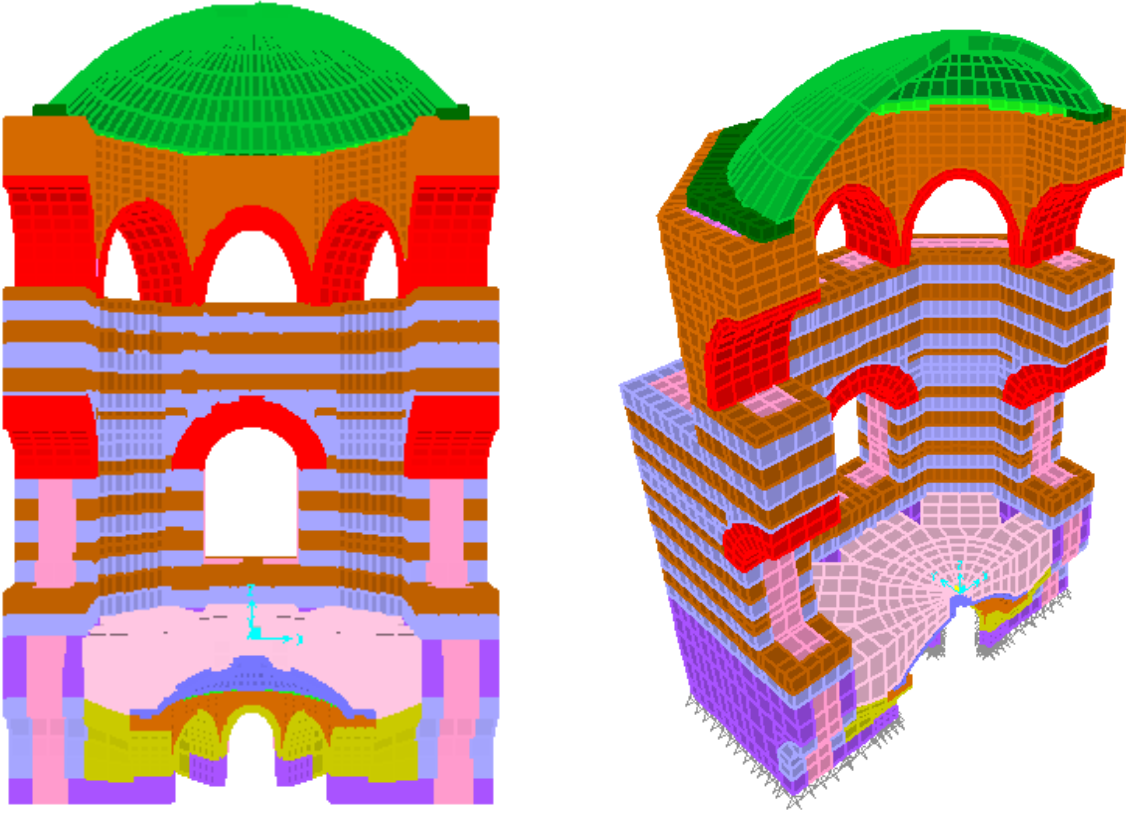
Bu bölümde, yapıya ait sonlu eleman modeli oluşturularak bu üç boyutlu modele ait izometrik cephe görünüşlerine yer verilmiştir. Model üzerindeki renk farklılıkları, farklı karakteristikteki elemanları temsil etmektedir. Yapının duvarları taş, tuğla, harç olmak üzere üç ana malzemeden oluşmaktadır.



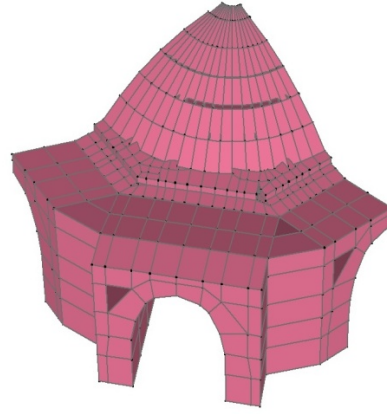
Şekil 4.9 : Üç boyutlu görünüm; XY planı



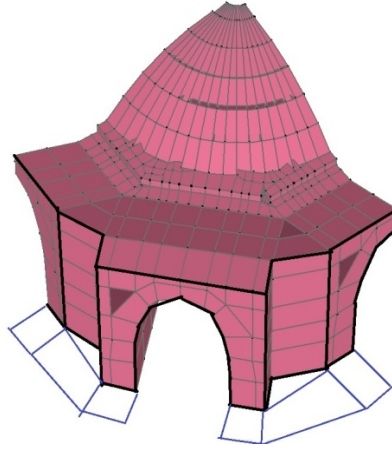
Şekil 4.10 : Üç boyutlu görünüm -1



Şekil 4.11 : Üç boyutlu görünümler

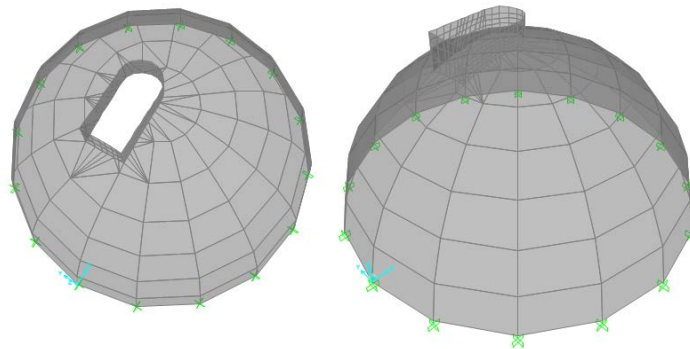


Şekil 4.12 : Üç boyutlu görünüm; Birinci Bodrum (Krypta-Mezar)



Şekil 4.13 : Üç boyutlu görünüm; Kryptanın üst yapıyla olan bağlantısının izdüşüm çizgisinin gösterilişi

Şekil 4.13'de gösterilen çizimde; mavi çizgiler, izdüşüm çizgisi, siyah çizgiler ise dış duvara paralel olan yüzeydir. Bu yüzeye 1.75m uzaklıkta dış duvar bulunmaktadır.



Şekil 4.14 : Üç boyutlu görünüm; İkinci Bodrum (Su kuyusu)

4.2.2 Taşıyıcı sistem için yüklemeler

Yapının dış etkiler altındaki davranışını belirlemek için çeşitli yük kombinasyonları yapılmaktadır. Bu yük kombinasyonları ve ana yüklemeler aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Yapı tasarım ve analiz paket programları; genellikle spektrum analizinde, deprem yükünü iki yönde etkilemektedir ve dolayısıyla bütün yük seçeneklerini irdelemek için maksimum ve minimum değerleri görmek yeterlidir. Bu yük kombinasyonun adına envelope denir. Çizelge 4.2'de sabit, sabit yükü, SPE-X ve SPE-Y, spektrum analizini, EDY-X ve EDY-Y eş değer deprem yükü ile yapılan analizi ifade eder. Çizelge 4.2'de verilen yükler ile oluşturulan yük birleşimleri Çizelge 4.3 ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 : Ana yük tanımlamaları.

Yükleme Durumu	Yükleme Tipi	Modal Durumu	Tasarım Tipi
Sabit	Doğrusal Statik		Sabit Yük
Modal	Doğrusal Modal		Deprem
SPE-X	Doğrusal Tepki Spektrumu	Modal	Deprem
SPE-Y	Doğrusal Tepki Spektrumu	Modal	Deprem
EDY-X	Doğrusal Statik	Modal	Deprem
EDY-Y	Doğrusal Statik	Modal	Deprem
Kocaeli Depremi	Doğrusal Zaman Alanında Tanımlı	Modal	Deprem
Northridge Depremi	Doğrusal Zaman Alanında Tanımlı	Modal	Deprem
Bingöl Depremi	Doğrusal Zaman Alanında Tanımlı	Modal	Deprem
Imperial Valley Depremi	Doğrusal Zaman Alanında Tanımlı	Modal	Deprem

Çizelge 4.3 : Yük birleşimleri tanımlamaları.

Yük Kombinasyonu Adı	Yük Kombinasyonu Tipi	Yük Kombinasyonunu Oluşturan Yüklerin Tipi	Yük Kombinasyonunu Oluşturan Yüklerin Adı
0-Sabit	Doğrusal	Doğrusal Statik	Sabit
1-SPE-X	Doğrusal	Doğrusal Statik	Sabit
1-SPE-X	Doğrusal	Davranış Spektrumu	SPE-X
1-SPE-Y	Doğrusal	Doğrusal Statik	Sabit
1-SPE-Y	Doğrusal	Davranış Spektrumu	SPE-Y
2-G-DEPREM-X	Doğrusal	Doğrusal Statik	Sabit
2-G-DEPREM-X	Doğrusal	Doğrusal Statik	EDY-X
2-G-DEPREM-Y	Doğrusal	Doğrusal Statik	Sabit
2-G-DEPREM-Y	Doğrusal	Doğrusal Statik	EDY-Y
3-TH-KOCAELİ	Doğrusal	Doğrusal Statik	Sabit
3-TH-KOCAELİ	Doğrusal	Doğrusal Zaman Tanımlı	Kocaeli Depremi
3-TH-NORTHRIDGE	Doğrusal	Doğrusal Statik	Sabit
3-TH- NORTHRIDGE	Doğrusal	Doğrusal Zaman Tanımlı	Northridge Depremi
3-TH-BİNGÖL	Doğrusal	Doğrusal Statik	Sabit
3-TH-BİNGÖL	Doğrusal	Doğrusal Zaman Tanımlı	Bingöl Depremi
3-TH-IMPERIAL VALLEY	Doğrusal	Doğrusal Statik	Sabit
3-TH-IMPERIAL VALLEY	Doğrusal	Doğrusal Zaman Tanımlı	Imperial Valley Depremi

4.3 Analiz Sonuçları

Yapı tasarımlarında, geoteknik ve yapısal kıstasların yerine getirilmesi hedeflenerek; yapı temelini zemin ile birlikte mümkün mertebe uyumlu çalışması amaçlanır. Genelde; üst yapının en alt kat taşıyıcı elemanları ankastre mesnetli olarak çözümlenir ve üst yapı ile temelin ayrı ayrı çözümlemesi yapılır. Böylece, zemin ile yapının birbirinden etkilenmediği varsayılır.

Yapının temelinde, dinamik etkileşim nedeniyle meydana gelen gerilmeleri ve yer değiştirmeleri belirlemek için farklı kabuller altında çözümleme sonuçları önemli ölçüde değişiklik gösterir. Bu da yapılmış olan çözümlemelerin gerçekçiliğini yitirmesine neden olur. Yapı ve zemin etkileşimi üzerine kurulan sistem çözümlemesi, zemini elastik ortam kabul ederek elastisite modülü, poisson oranı, çökme ve dönme rijitlikleri gibi belirlenmesi oldukça güç olan parametreler nedeniyle karmaşık bir yapıdadır (Korkmaz, Demir, 2012).

Buna ek olarak, Şekil 3.13'teki dolgu duvar detayında orta bölümde bulunan dolgu malzemelerinin düşük elastisite modülüne sahip olmaları, kabuk duvarlara göre ihmal edilebilir düzeyde gerilme almalarını etkiler. Bu yüzden yapılan analiz çalışmalarında kabuk duvarlardaki gerilmeler dikkate alınmıştır.

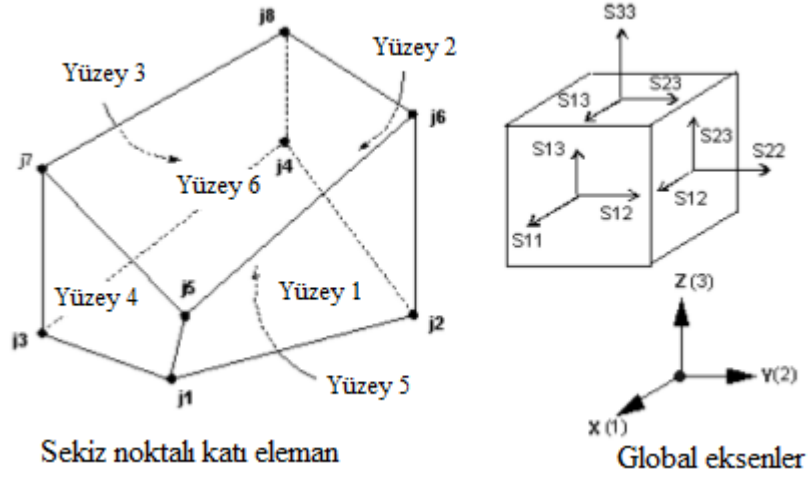
Bu nedenlerle yapı, aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi analize hazır hale getirilmiştir.



Şekil 4.15 : Analizde kullanılan yapısal model

4.3.1 İşaret uyumu ve yön kabulleri

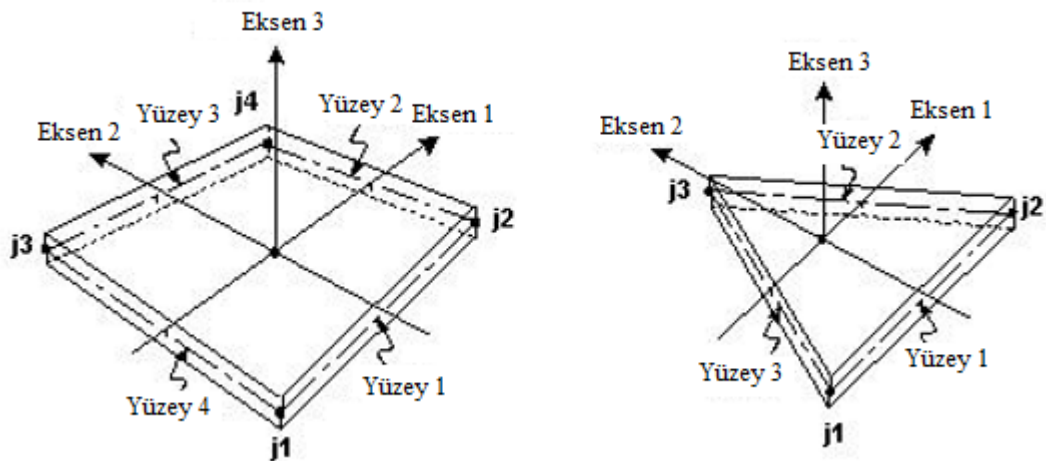
Yapının sonlu eleman modelinde kullanılan üç boyutlu katı eleman ve kabuk elemanların gerilmelerine ait yön kabulleri ve işaret uyumu ile gerilme isimleri aşağıda gösterilmiştir. Bu işaret uyumu sayısal modellemenin yapıldığı yazılımın kabullerinden alınmıştır.



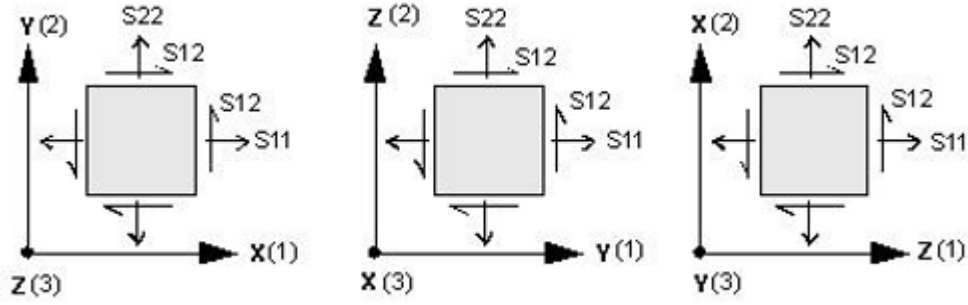
Şekil 4.16 : Sekiz noktalı katı elemanın yön kabulü ve gerilmeleri(SAP2000 Manuel, 2014)

Katı elemana ait S11, S22 ve S33 gerilmeleri sırasıyla X, Y ve Z eksenlerindeki normal gerilmeleri ifade eder. S12 gerilmesi X eksenini doğrultusunda uzanan, YZ düzleminin Y doğrultusundaki gerilme bileşenidir ve kayma gerilmesini ifade eder. S12 ve S21 gerilmeleri aynı değerdedir. Model üzerinde Z eksenini düşey eksen kabul edildiği için deprem kuvvetlerinden oluşan kayma gerilmeleri, deprem yükünün yönüne uygun olmak şartıyla S13 ve S23 gerilmeleri şeklinde oluşmaktadır. Analiz bölümünde şekillerde gösterilen SVmax ise düzlem dışı kesme gerilmelerini ifade etmektedir ve denklem (4.1) ile hesaplanmaktadır.

$$\sqrt{S_{13}^2 + S_{23}^2} \quad (4.1)$$



Şekil 4.17 : Kabuk elemanın yön kabulü (SAP2000 Manuel, 2014)



Şekil 4.18 : Düzlem kabuk eleman gerilmeleri (SAP2000 Manuel, 2014)

4.3.2 Yapının kendi ağırlığına bağlı statik analiz sonuçları

Bu bölümde, yapının devamlı olarak taşıdığı düşey yükler (sabit yükler, hareketli yükler, kar yükü gibi) altında elde edilen analiz sonuçları verilmektedir. Bu sonuçlar aracılığıyla yapıdaki gerilme dağılımı ve şekil değiştirmeler belirlenerek, mevcut veya oluşma ihtimali olan yapısal hasarlar görülür.

Yapı sonlu eleman modeli, Çizelge 4.3'te verilen yük kombinasyonlarından 0-Sabit (Sabit-sadece yapının kendi ağırlığı) ile analiz edilmiştir.

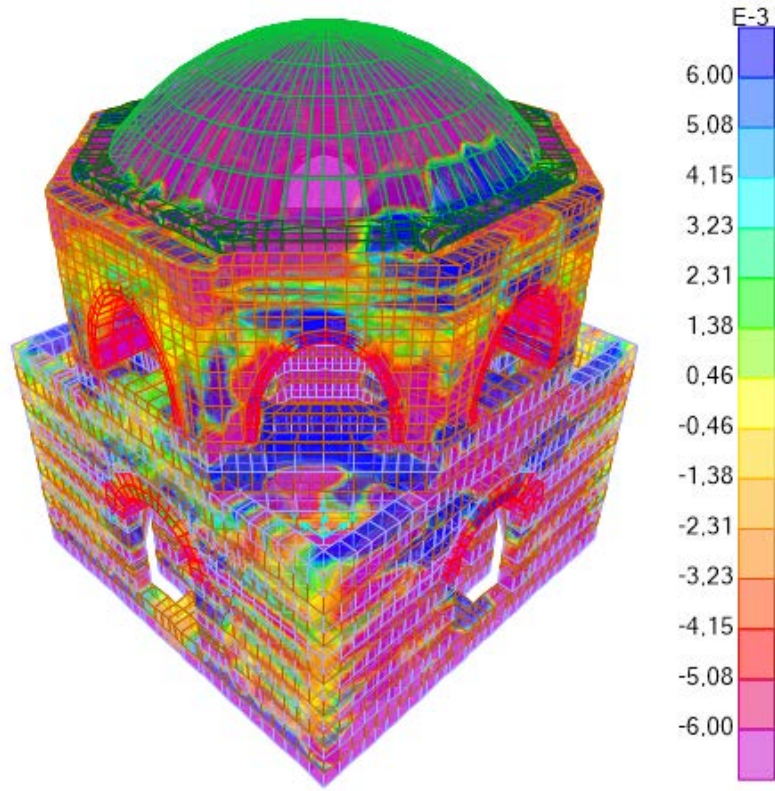
Bu bölümdeki şekillerde; global eksenlere göre gösterilmiş olan gerilmelerin pozitif işaretli olanları çekme, negatif işaretli olanları ise basınç olarak ifade edilmektedir.

Statik analiz yapılırken sonlu elemanların şekil değiştirmesi ile yer değiştirmesi arasında denklem (4.2) kullanılmaktadır.

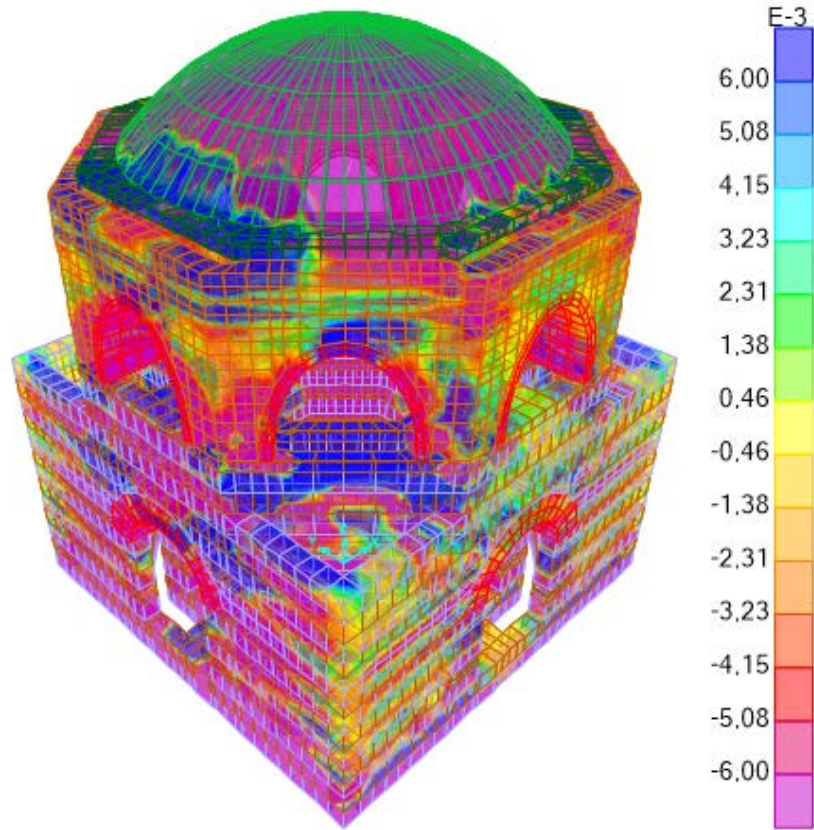
$$[K]\{u\} = \{R\} \quad (4.2)$$

Burada, $[K]$ rijitlik matrisi, $\{u\}$ yer değiştirme vektörü ve $\{R\}$ ise dış yük vektörü olarak ifade edilmiştir.

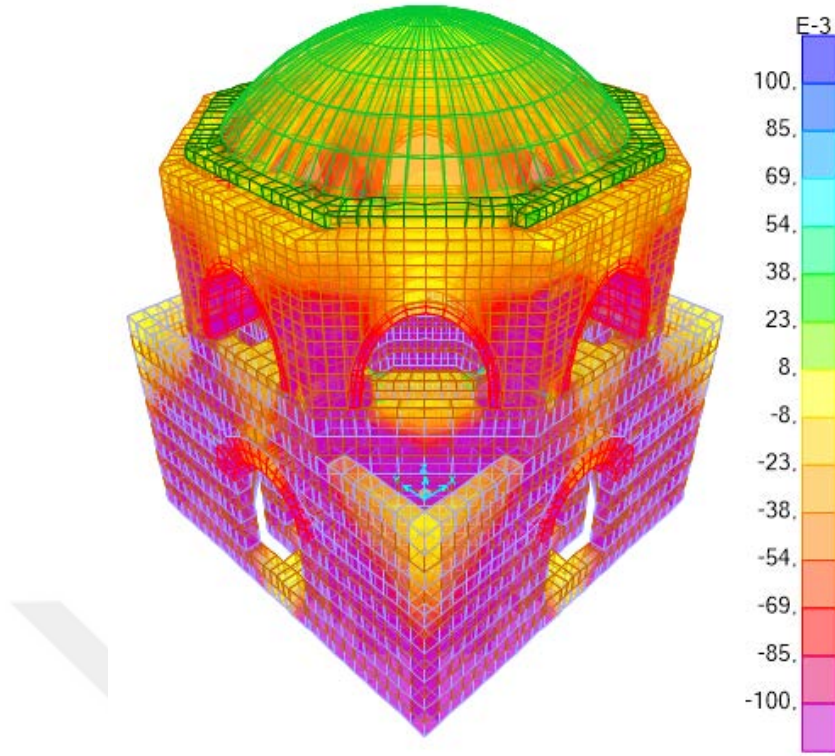
Yapının kendi ağırlığı altındaki gerilmeler, bu bölümdeki Şekil 4.19-Şekil 4.23 gösterilmektedir.



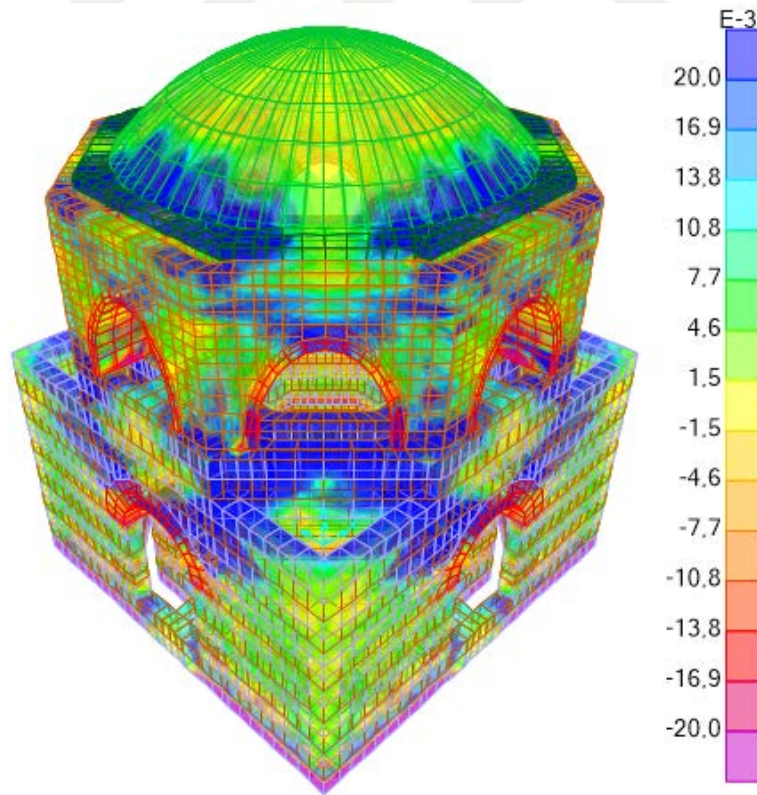
Şekil 4.19 : (0-Sabit) Birinci asal eksenindeki normal gerilmeler, MPa



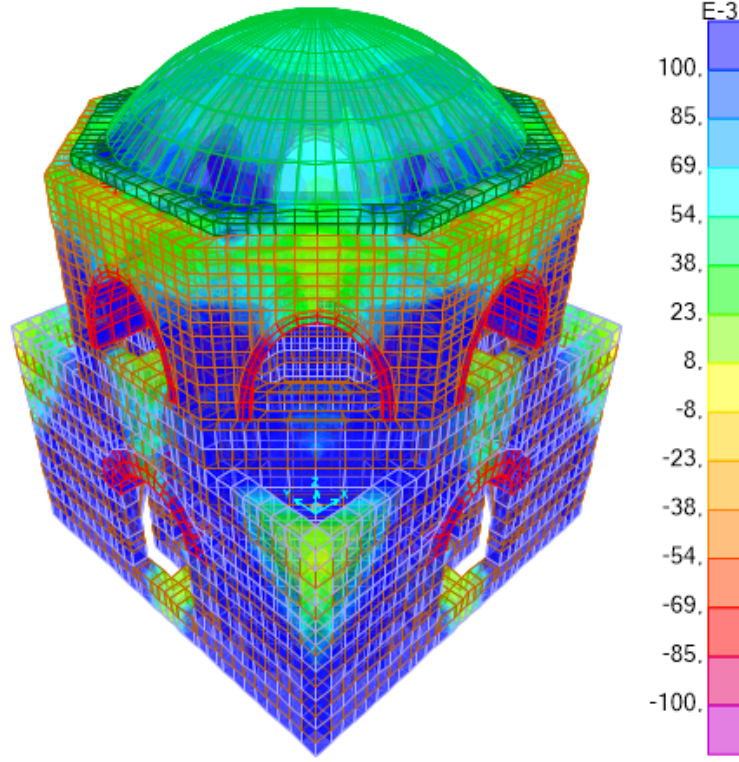
Şekil 4.20 : (0-Sabit) İkinci asal eksenindeki normal gerilmeler, MPa



Şekil 4.21 : (0-Sabit) Üçüncü asal eksendeki düşey doğrultuda basınç gerilmeleri, MPa



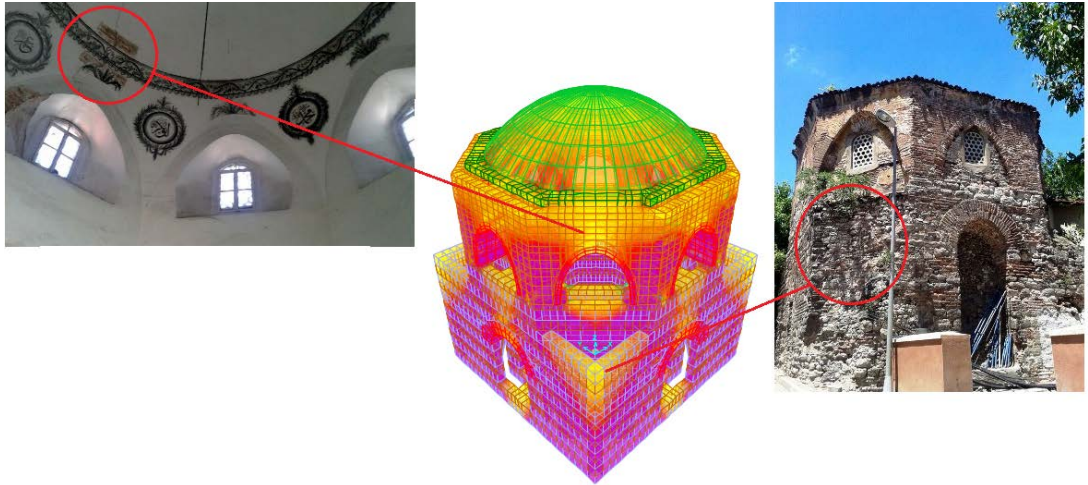
Şekil 4.22 : (0-Sabit) SMax gerilmeleri, MPa



Şekil 4.23 : (0-Sabit) SVmax gerilmeleri, MPa

Yapının duvarlarında düşey yükler altında S11 ve S22 gerilmelerinin en büyük değerinin 0.25 MPa olduğu görülmektedir. Yapıda S33 düşey normal gerilmelere bakıldığında ise, en büyük gerilmelerin 0.90 MPa olduğu görülmüştür.

Duvar kalınlıkları yeterli olan yapıda, düşey normal gerilmeler açısından bir sorun görülmemektedir.



Şekil 4.24 : (0-Sabit) Hasar görüntüsü

4.3.3 Dinamik analiz sonuçları

4.3.3.1 Modal analiz sonuçları

Bu bölümde, yapının serbest titreşim periyotlarını ve oluşan mod şekillerini belirlemek için modal analiz yapılmıştır. Bu analiz yönteminde, yapı sisteminin kütle ve rijitlik matrisleri kullanılmaktadır. Öz değer analizi olarak isimlendirilmektedir.

Şeyh Süleyman Mescidi'nin sonlu eleman modeli, SAP2000 programı aracılığıyla modal analiz yapılmıştır. Yapının serbest titreşim periyotları ve kütle katılım oranları, ilk 100 mod için hesaplanmış olup ilk 10 mod için Çizelge 4.4'te verilmiştir.

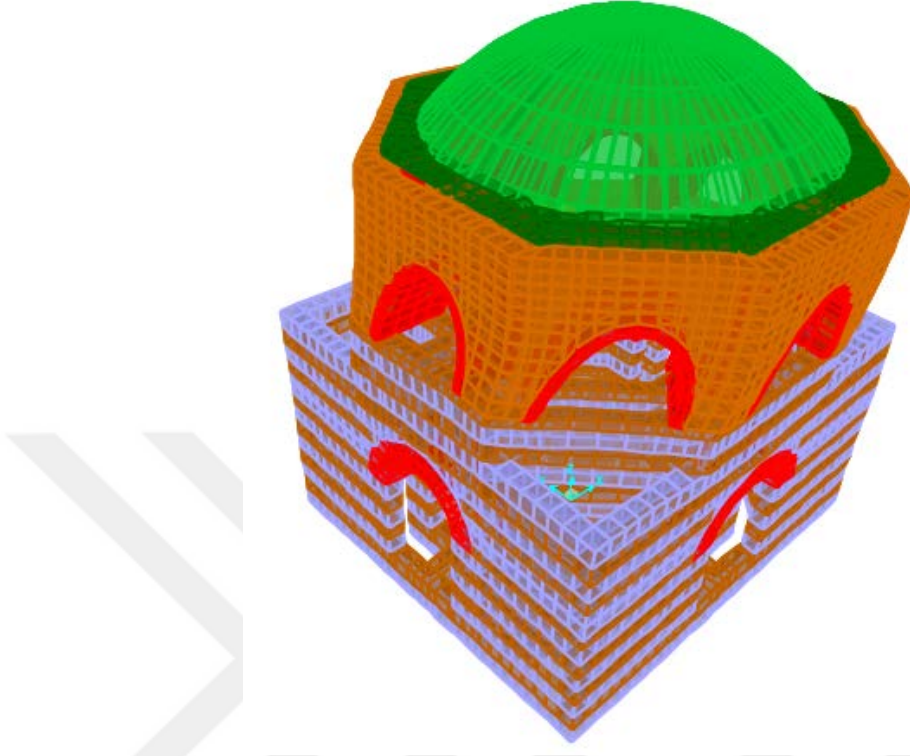
Çizelge 4.4 : Serbest titreşim periyotları ve kütle katılım oranları (U: Yer değiştirme, R:Dönme).

Modlar	Periyot (s)	UX	UY	UZ	ΣUX	ΣUY	ΣUZ	RX	RY	RZ
MOD1 (Y doğrultusunda öteleme)	0,107	0,03	0,35	0,00	0,03	0,35	0,00	0,41	0,04	0,00
MOD 2 (X doğrultusunda öteleme)	0,107	0,35	0,03	0,00	0,38	0,38	0,00	0,04	0,41	0,00
MOD 3 (burulma)	0,069	0,00	0,00	0,00	0,38	0,38	0,00	0,00	0,00	0,41
MOD 4	0,051	0,00	0,00	0,00	0,38	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00
MOD 5	0,049	0,00	0,00	0,00	0,38	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00
MOD 6	0,047	0,00	0,15	0,00	0,38	0,53	0,00	0,01	0,00	0,00
MOD 7	0,047	0,15	0,00	0,00	0,53	0,53	0,00	0,00	0,01	0,00
MOD 8	0,042	0,00	0,00	0,39	0,53	0,53	0,39	0,00	0,00	0,00
MOD 9	0,036	0,00	0,00	0,00	0,53	0,53	0,39	0,00	0,00	0,16
MOD 10	0,035	0,00	0,00	0,00	0,53	0,53	0,39	0,06	0,00	0,00

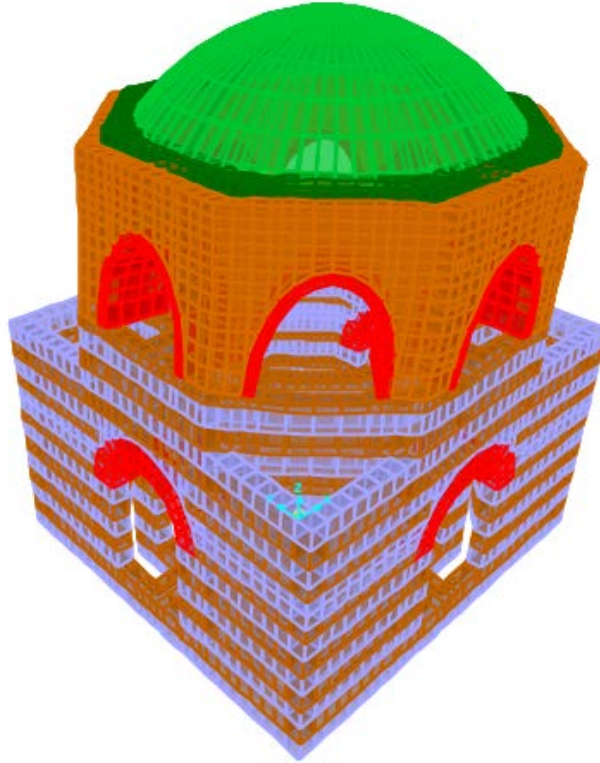
Yapının analizinde ilk 10 modun X ve Y doğrultularında kütle katılım oranları toplamı %53 olmaktadır. X ve Y eksenleri doğrultusunda katılımların etkin modlarda aynı olmasının sebebi yapının genel simetrik özelliğinden kaynaklanmaktadır. Yapının kütleli olarak serbest titreşim hareketlerine katıldığı en önemli modlar, mod 1 ve mod 2'dir.

Yapı doğal titreşim halindeyken, ana kütleli hem X doğrultusunda yatay yer değiştirme ve dönme hareketini gösteren ikinci modun kütle katılım oranı, hem de Y doğrultusunda yatay yer değiştirme ve dönme hareketini gösteren birinci modun kütle katılım oranı %35 olarak hesaplanmıştır. Küçük periyot ile titreşen yapının rijit olduğu görülmüştür. Yapının simetrik olması sebebiyle iki doğrultuda da rijitlik aynıdır.

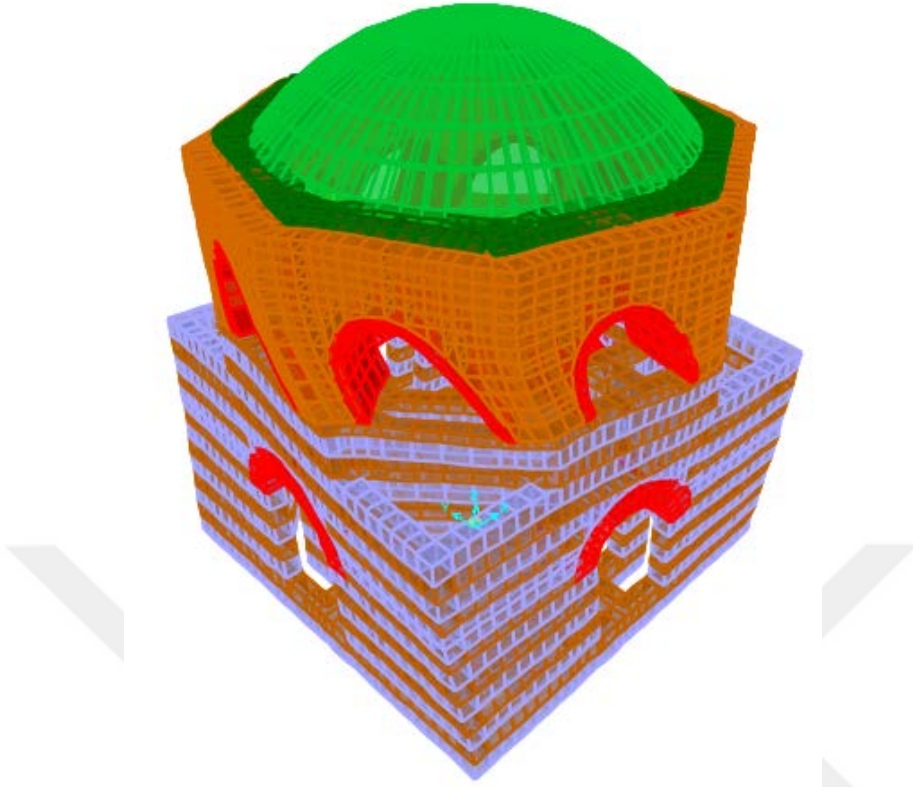
Modal analiz sonucu elde edilen serbest titreşim modlarının ilk üçüne ait titreşim şekilleri, Şekil 4.25-4.27 ile gösterilmektedir. Bu şekiller, yapının fiziksel özelliklerine ve yüklerine bağlıdır.



Şekil 4.25 : Birinci mod, $T= 0.107s$, Y doğrultusunda öteleme-yerdeğiştirme



Şekil 4.26 : 2. Mod, $T= 0.107s$, X doğrultusunda öteleme-yerdeğiştirme



Şekil 4.27 : 3. Mod, $T= 0.069s$, burulma-dönme

4.3.3.2 Davranış spektrumu analiz sonuçları

Bu bölümde, zamana bağlı olarak değişen yükler altındaki yapının davranışı incelenmektedir. Oluşan yer değiştirmeler, atalet kuvvetlerini ortaya çıkarmaktadır. Bu durumda yapı, hem harekete neden olan dış yükler hem de hareketin ivmelenmesine karşı koymaya çalışan atalet kuvvetleri olmak üzere iki çeşit yük etkisinde kalır.

Yapının yer hareketi karşısındaki dinamik davranışı denklem (4.3) ile ifade edilir. Bu denklemde, m , c ve k yapının sırasıyla kütle, sönüm ve rijitlik matrislerini ifade eder. u yer değiştirme vektörlerini, u_g ise yer hareketini göstermektedir.

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = -m\ddot{u}_g \quad (4.3)$$

Yapıya üç doğrultuda uygulanan yükleme ile yapıdaki gerilme ve yer değiştirmeler izlenir. En büyük gerilme ve yer değiştirme değerleri her bir mod için ayrı ayrı

hesaplanır. Daha sonra ise tüm modların Bölüm 3.8.1.2'de özetlenen, mod birleştirme yöntemi uygulanır.

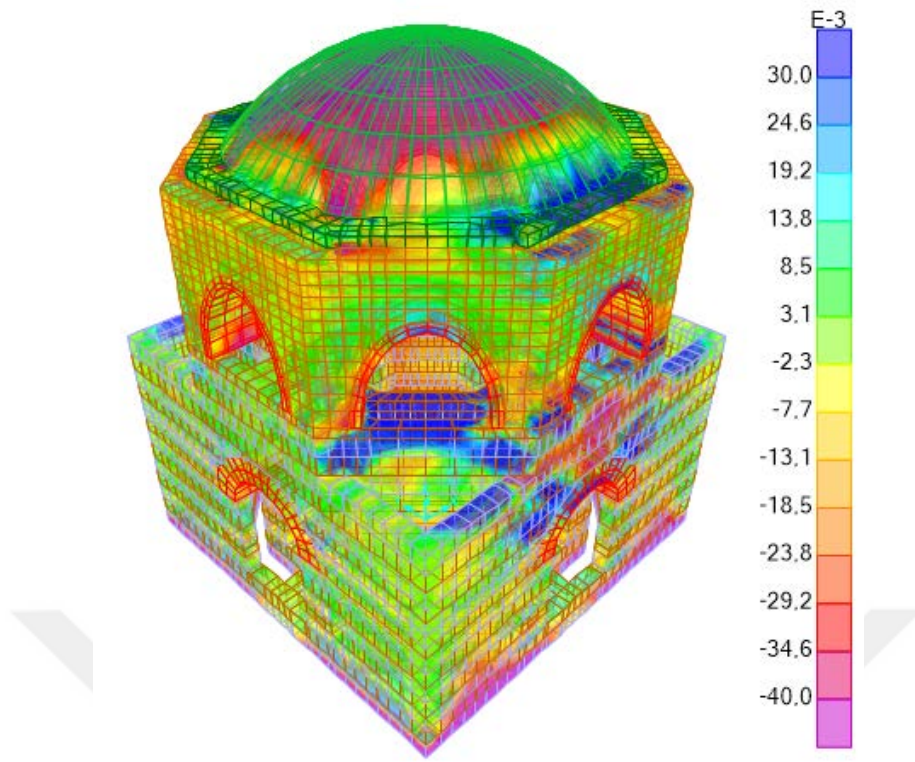
Kısacası dinamik analiz ile; yapının bulunduğu bölgede gerçekleşen veya gerçekleşebilecek şiddetli bir depremde, yapı modelinde oluşan gerilme dağılımı ve şekil değiştirmeler belirlenerek, yapının mevcut veya yapıda oluşabilecek hasarlar hakkında bilgi edinilmektedir.

Davranış spektrumu analizi için bir deprem kaydı ve yapının davranışı ile ilgili bazı parametreler belirlenir. DBYBHY 2007'ye göre deprem bölgesi ve yığma yapılar için belirlenen yapısal analiz parametreleri Çizelge 4.5'te verilmiştir.

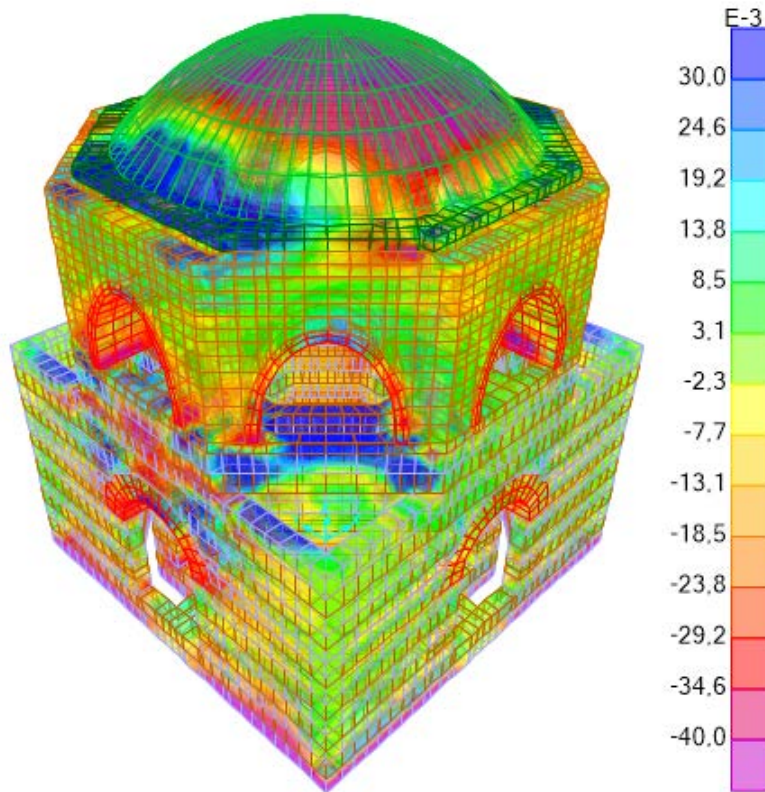
Çizelge 4.5 : Yapısal analiz parametreleri.

Sıra No	Yapısal Analiz Parametresinin Adı	Değeri
1	Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_o)	0.4
2	Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı	2
3	Bina Önem Katsayısı (I)	1.4
4	Yerel Zemin Sınıfı	Z1
5	Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A/T_B)	(0.10s/0.30s)
6	Spektrum Katsayısı S(T)	2.5

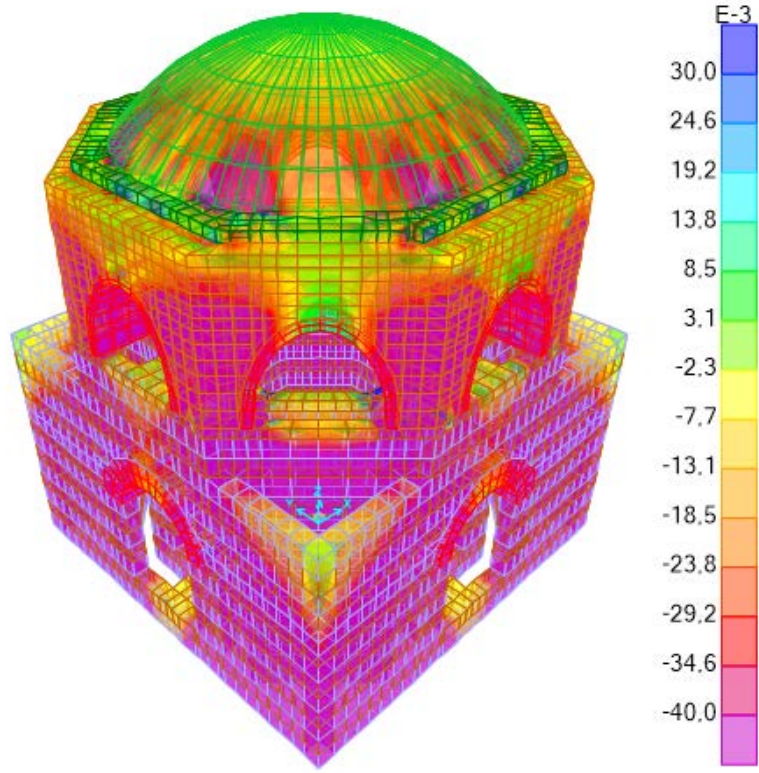
Bu analizde, Çizelge 4.3'te verilen yük kombinasyonlarından 1-SPE-X (yapının kendi ağırlığı + SPE-X) ve 1-SPE-Y (yapının kendi ağırlığı + SPE-Y) kullanılmıştır. X yönündeki deprem yüklemesine ait gerilme diyagramları aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



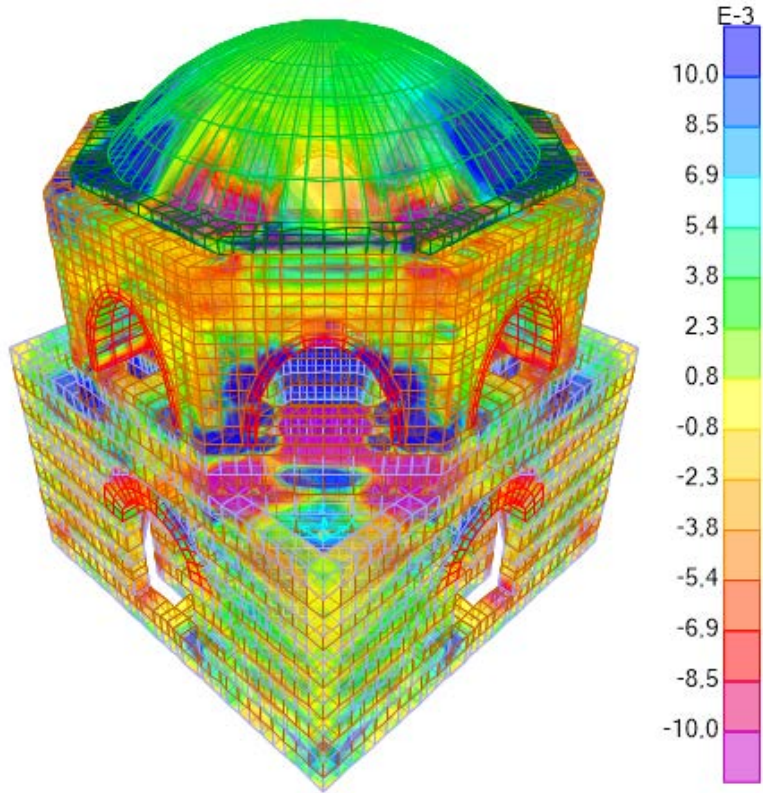
Şekil 4.28 : (1-SPE-X) , Birinci asal eksenindeki normal gerilmeler, MPa



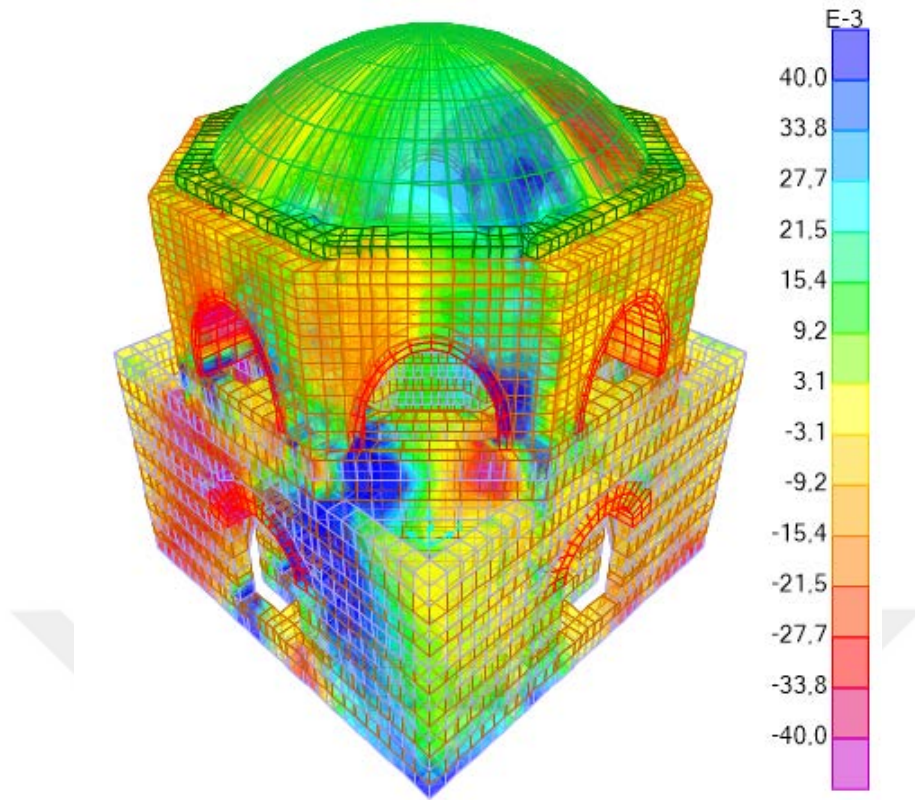
Şekil 4.29 : (2-SPE-Y) , İkinci asal eksenindeki normal gerilmeler, MPa



Şekil 4.30 : (1-SPE-X) , Üçüncü asal eksendeki düşey basınç gerilmeleri, MPa

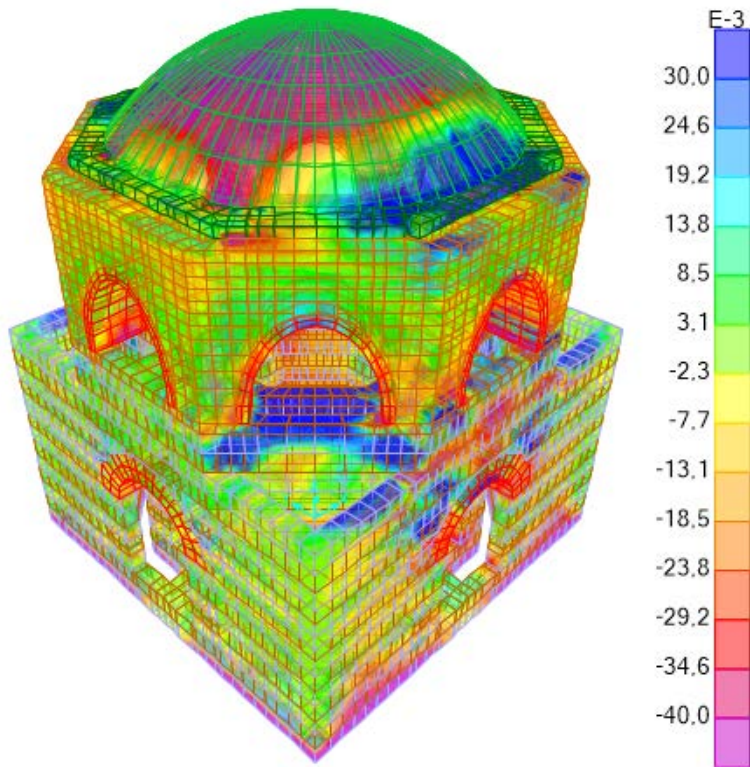


Şekil 4.31 : (1-SPE-X) , τ_{xy} kayma gerilmeleri, MPa

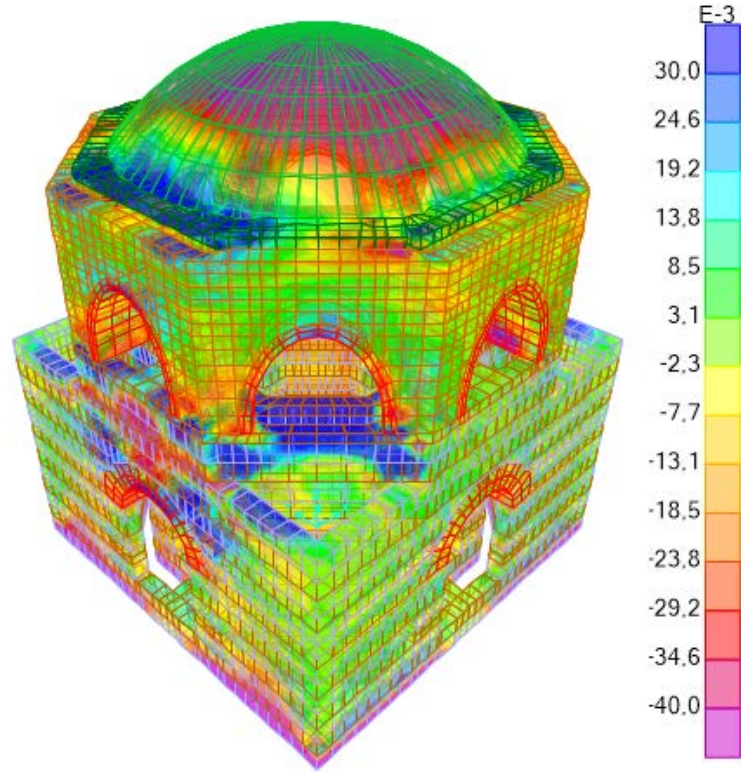


Şekil 4.32 : (1-SPE-X) , T_{YZ} kayma gerilmeleri, MPa

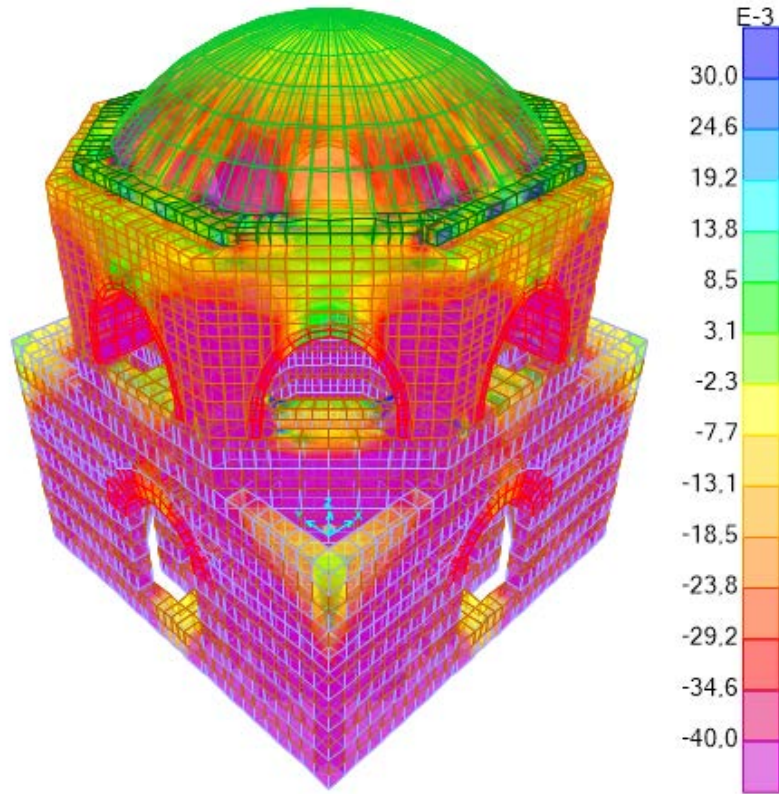
Y yönündeki deprem yüklemesine ait gerilme diyagramları aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



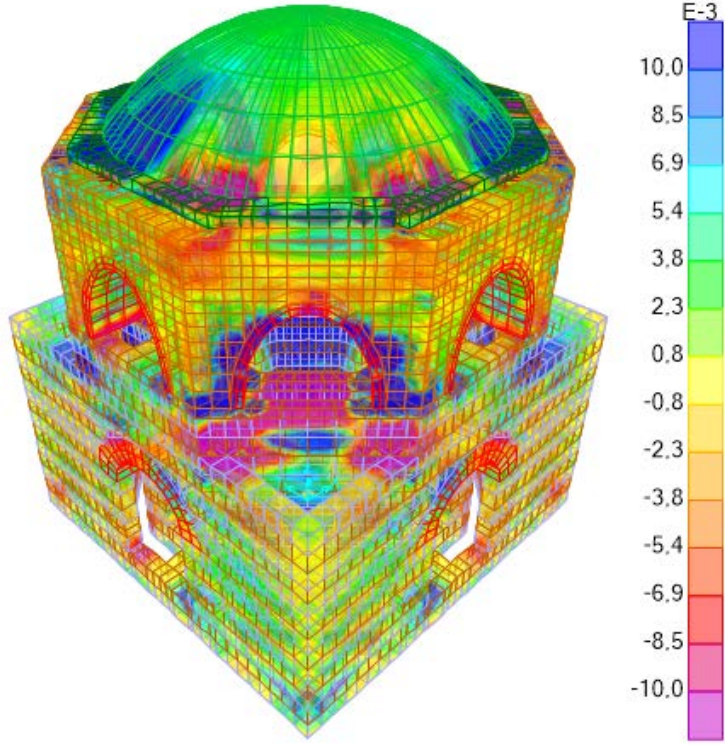
Şekil 4.33 : (1-SPE-Y) , Birinci asal eksendeki normal gerilmeler, MPa



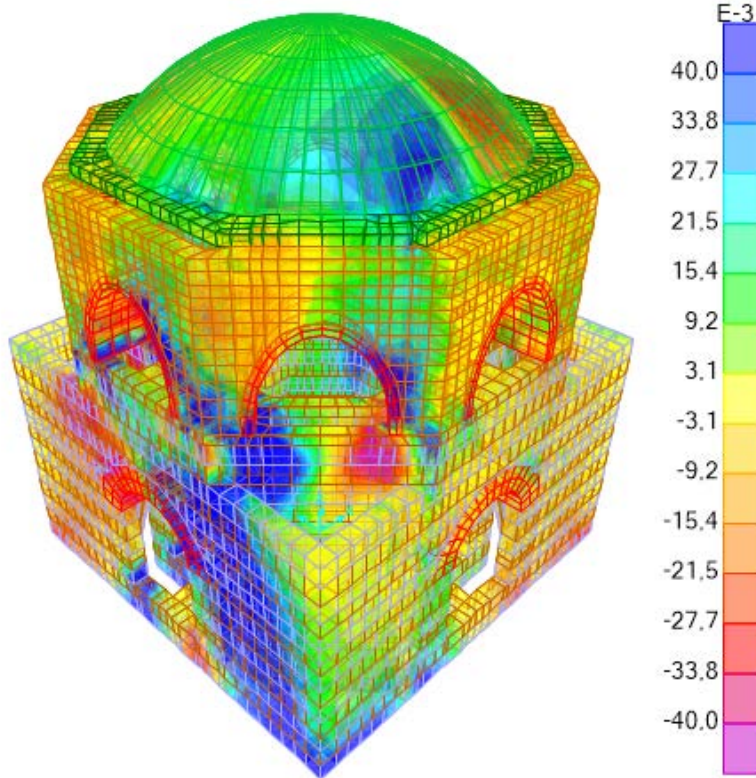
Şekil 4.34 : (1-SPE-Y) , İkinci asal eksenindeki normal gerilmeler, MPa



Şekil 4.35 : (1-SPE-Y) , Üçüncü asal eksenindeki düşey basınç gerilmeleri, MPa



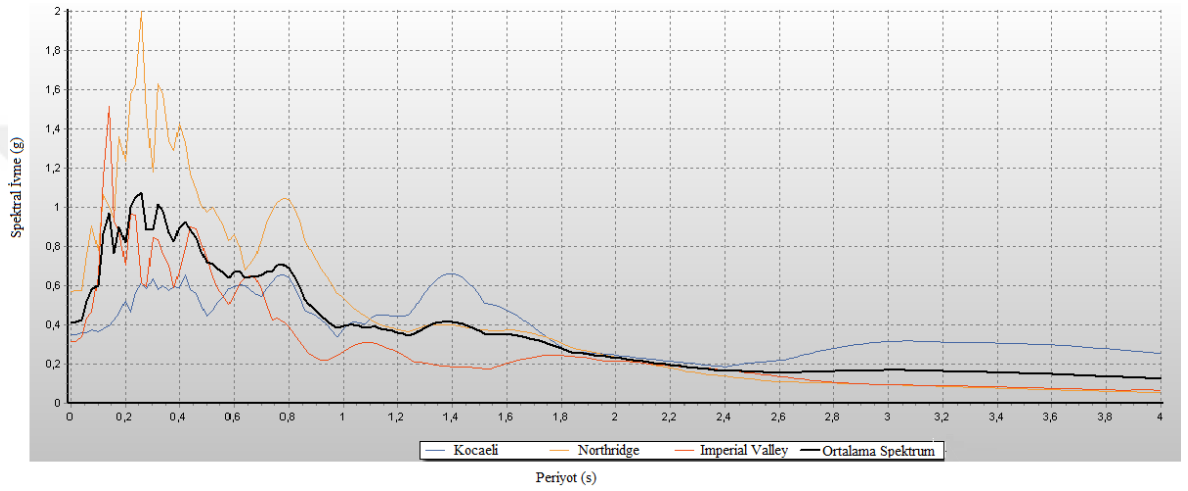
Şekil 4.36 : (1-SPE-Y) , T_{YX} kayma gerilmeleri, MPa



Şekil 4.37 : (1-SPE-Y) , T_{YZ} kayma gerilmeleri, MPa

4.3.3.3 Zaman tanımlı analiz sonuçları

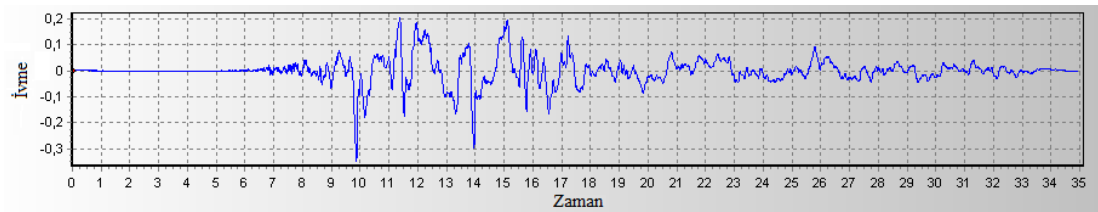
Bu bölümde; Kocaeli Depremi, Northridge Depremi ve Imperial Valley olmak üzere üç tane yer hareketi kullanılmıştır. Bu yer hareketlerine ait elastik spektral ivme grafiği aşağıdaki şekilde verilmiş olup, devamında da kullanılan yer hareketleri ile ilgili bilgiler ile analiz sonuçları verilmiştir. Bu bölümdeki şekillerde, zamana bağlı olan gerilmelerin en büyük (envelop max) olanları gösterilmiştir. Yapılan zaman tanımlı doğrusal analiz sonucunda en büyük gerilme değerlerini veren yer hareketinin sonuçları alınmıştır.



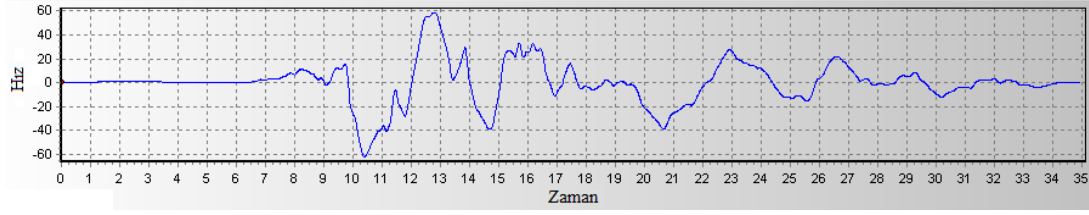
Şekil 4.38 : Elastik spektral ivme grafiği, g

1. Kocaeli depremi

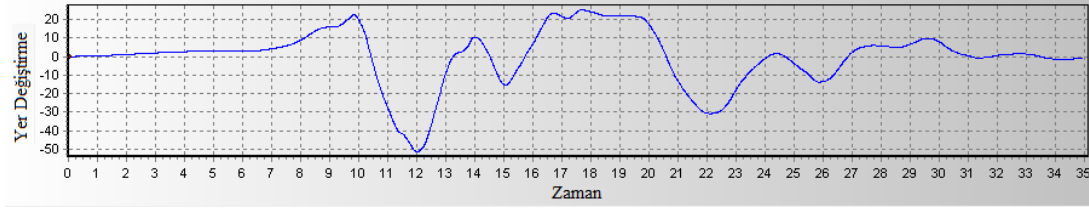
Kocaeli Depremi, 17 Ağustos 1999 tarihinde yerel saatle 03:02'de gerçekleşmiştir. Odak derinliği 10-15km olan depremin moment şiddeti büyüklüğü $7.5M_w$ olarak ölçülmüştür. Bu yer hareketinin SeismoSignal programı ile elde edilen ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafikleri aşağıda gösterilmiştir.



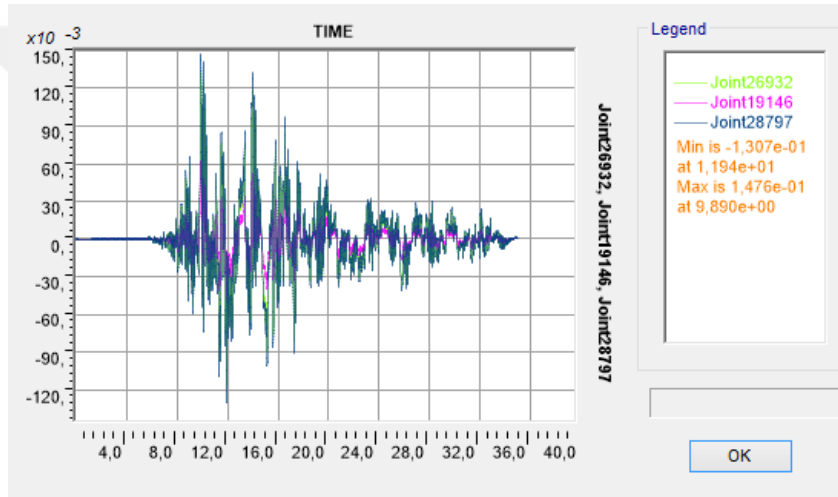
Şekil 4.39 : Kocaeli Depremi ivme(g)-zaman(s) grafiği



Şekil 4.40 : Kocaeli Depremi hız(cm/s)-zaman(s) grafiği

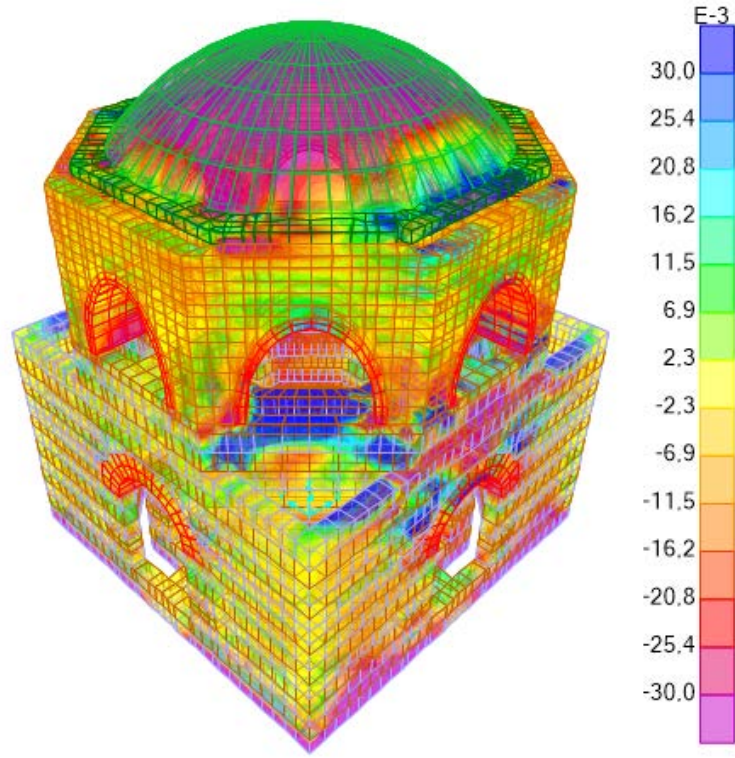


Şekil 4.41 : Kocaeli Depremi yerdeğiştirme(cm)-zaman(s) grafiği

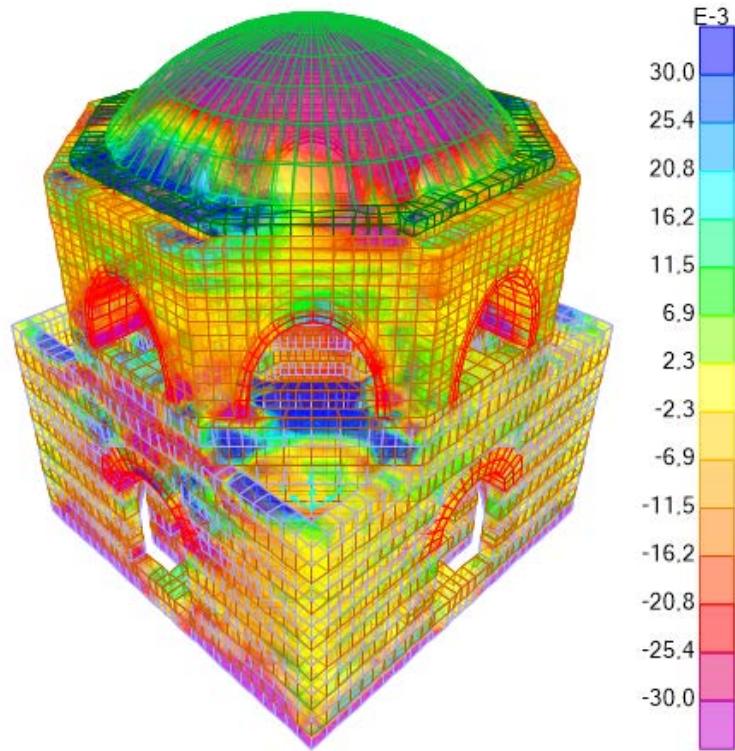


Şekil 4.42 : Kocaeli Depremi'nde yapının herhangi üç düğüm noktasının zaman tanım alanında teşhisi

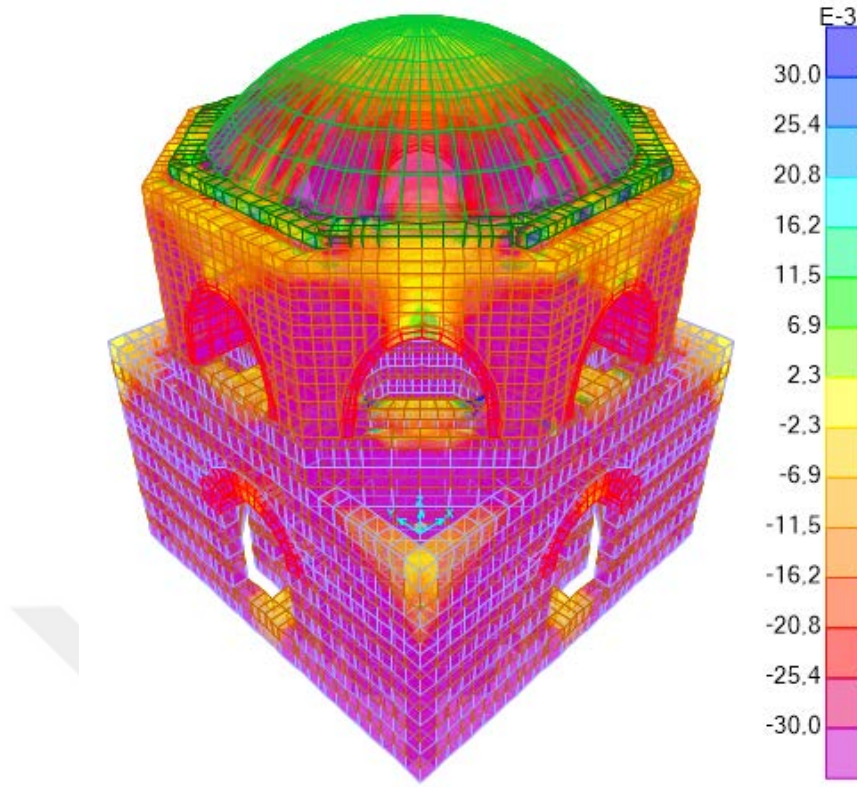
Yapı sonlu eleman modeli, Çizelge 3.3'te verilen yük kombinasyonlarından 3-TH-KOCAELİ (yapının kendi ağırlığı + Kocaeli Depremi) ile analiz edilmiştir. Şekil 4.43-4.47 ile gerilme diyagramları gösterilmiştir.



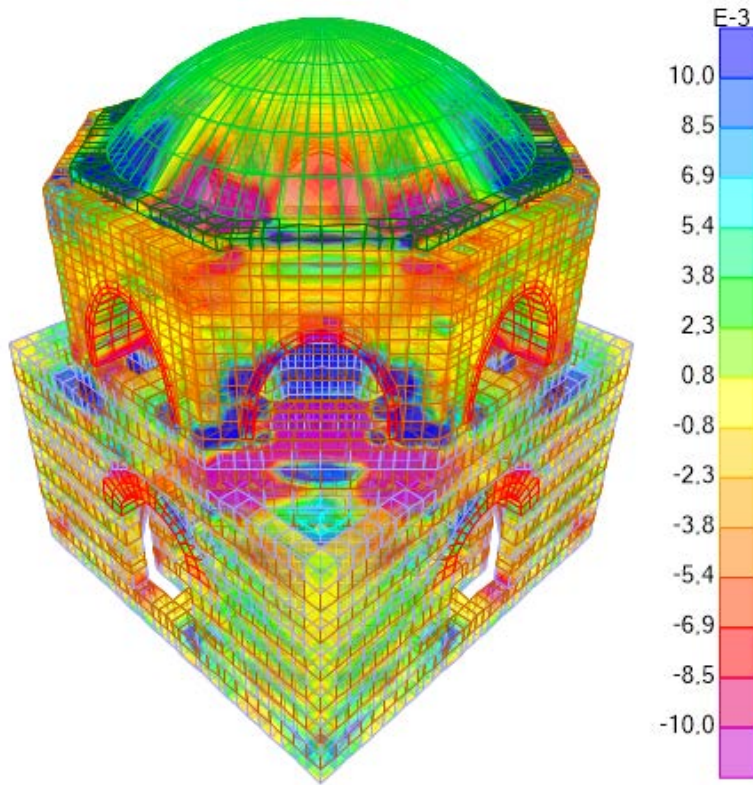
Şekil 4.43 : (3-TH-KOCAELİ) Birinci asal eksendeki normal gerilmeler, MPa



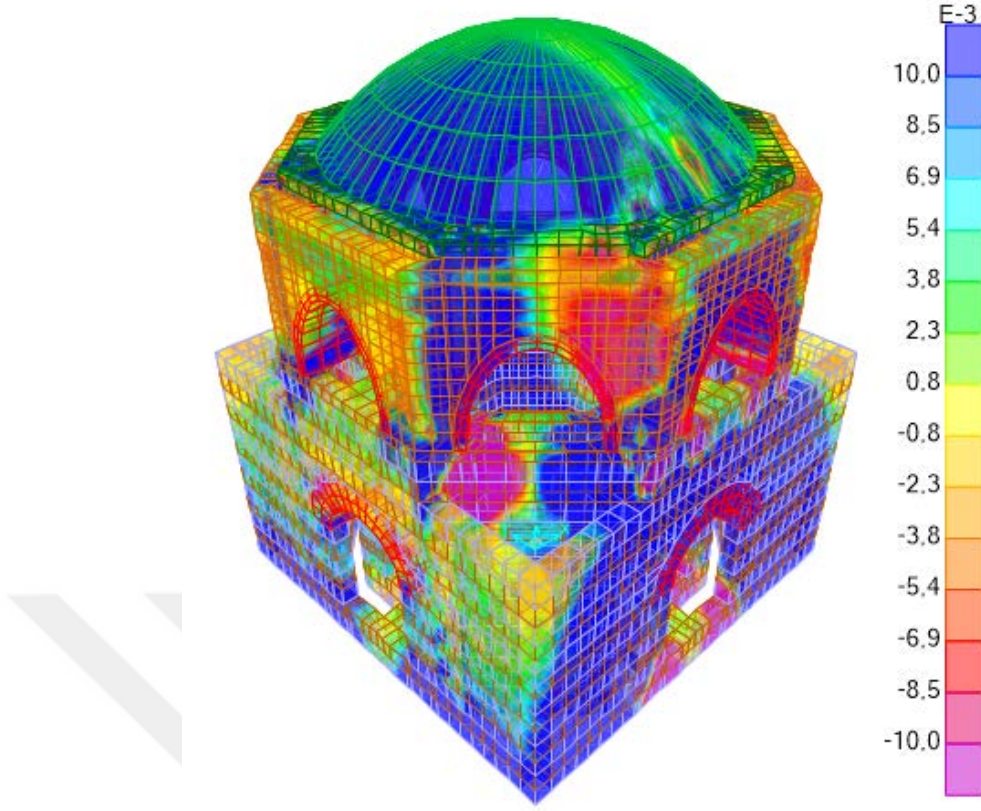
Şekil 4.44 : (3-TH-KOCAELİ) İkinci asal eksendeki normal gerilmeler, MPa



Şekil 4.45 : (3-TH-KOCAELİ) Üçüncü asal eksendeki düşey basınç gerilmeleri, MPa



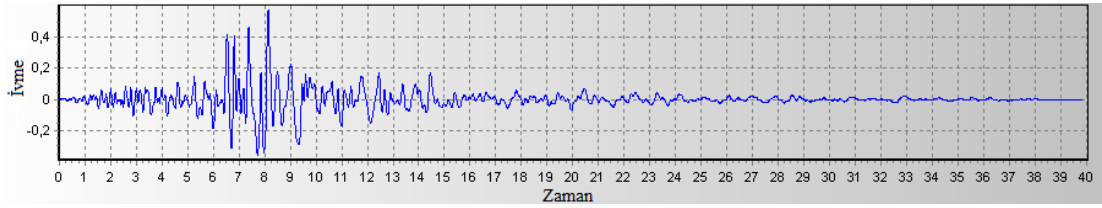
Şekil 4.46 : (3-TH-KOCAELİ) τ_{xy} kayma gerilmeleri, MPa



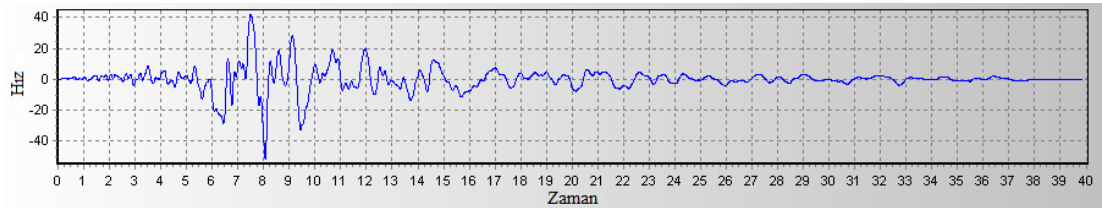
Şekil 4.47 : (3-TH-KOCAELİ) τ_{yz} kayma gerilmeleri, MPa

2. Northridge depremi

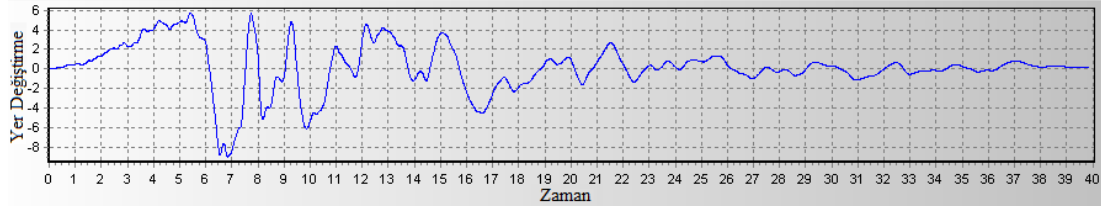
Northridge Depremi, 17 Ocak 1994 tarihinde yerel saatle 04:31'de gerçekleşmiştir. Odak derinliği 17km olan depremin moment şiddeti büyüklüğü $6.7M_w$ olarak ölçülmüştür. Bu yer hareketinin SeismoSignal programı ile elde edilen ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafikleri aşağıda gösterilmiştir.



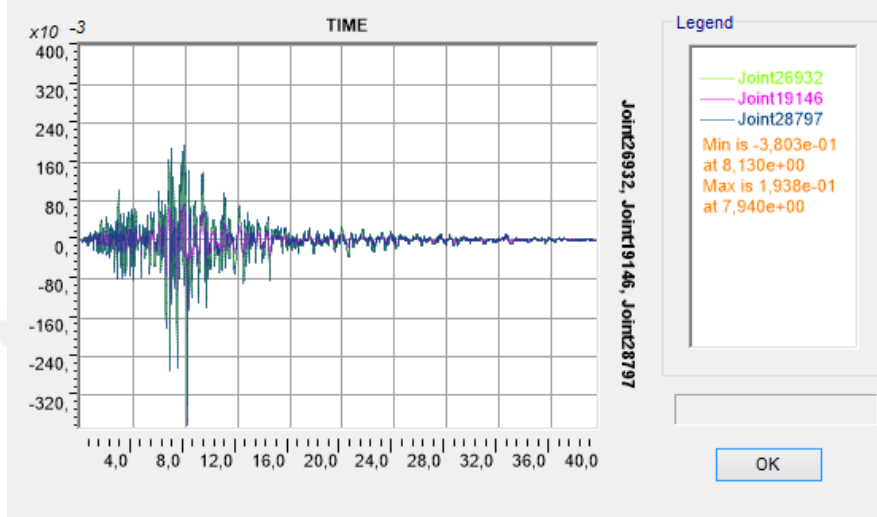
Şekil 4.48 : Northridge Depremi ivme(g)-zaman(s) grafiği



Şekil 4.49 : Northridge Depremi hız(cm/s)-zaman(s) grafiği

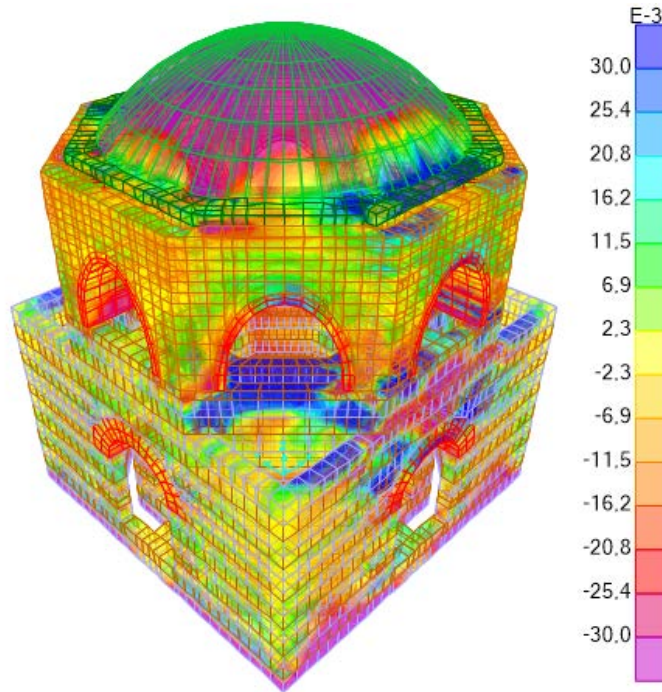


Şekil 4.50 : Northridge Depremi yer değiştirme(cm)-zaman(s) grafiği

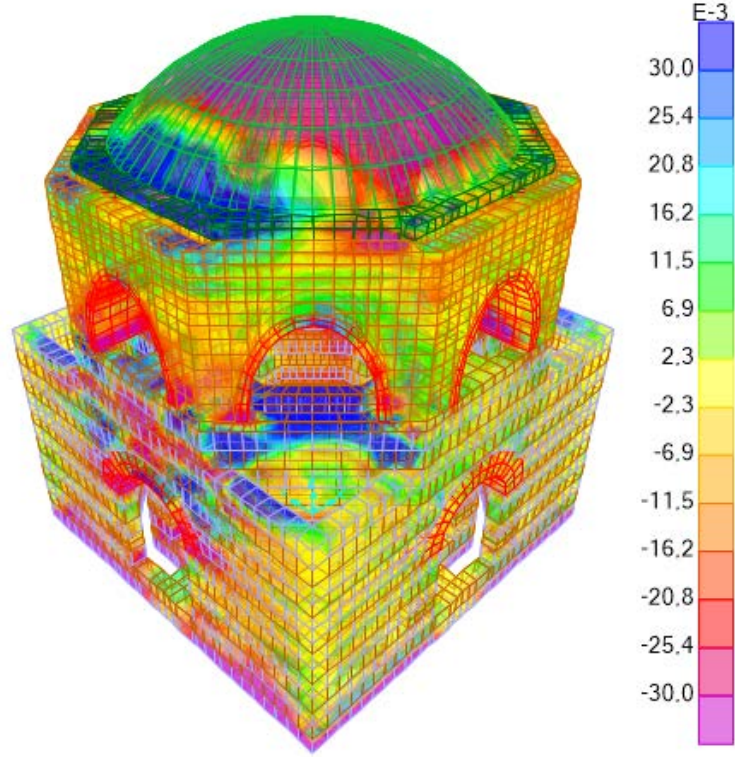


Şekil 4.51 : Northridge Depremi'nde yapının herhangi üç düğüm noktasının zaman tanım alanında teşhisi

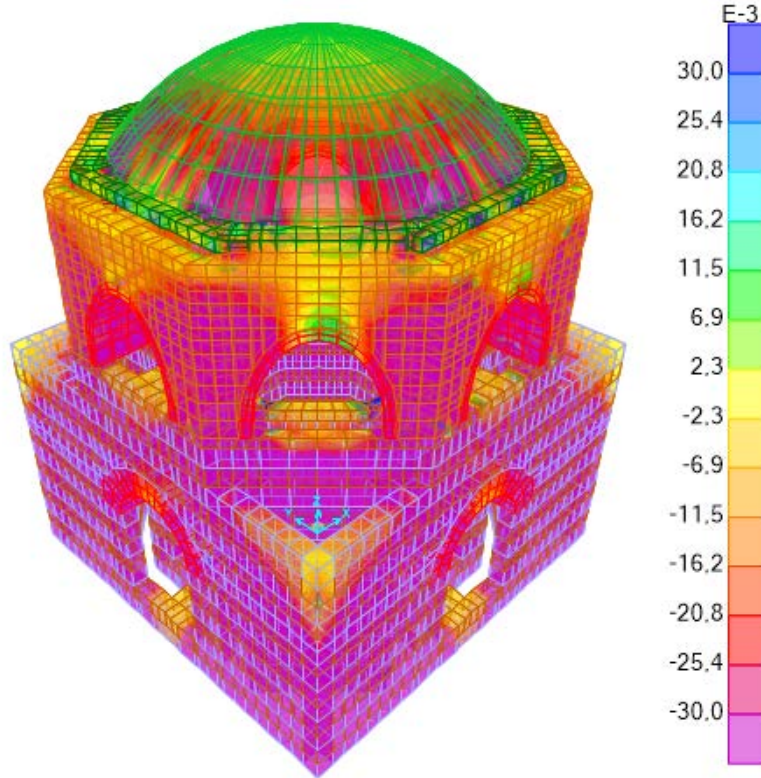
Yapı sonlu eleman modeli, Çizelge 4.3'te verilen yük kombinasyonlarından 3-TH-NORTHRIDGE (yapının kendi ağırlığı + Northridge Depremi) ile analiz edilmiştir. Şekil 4.52-4.56 ile gerilme diyagramları gösterilmiştir.



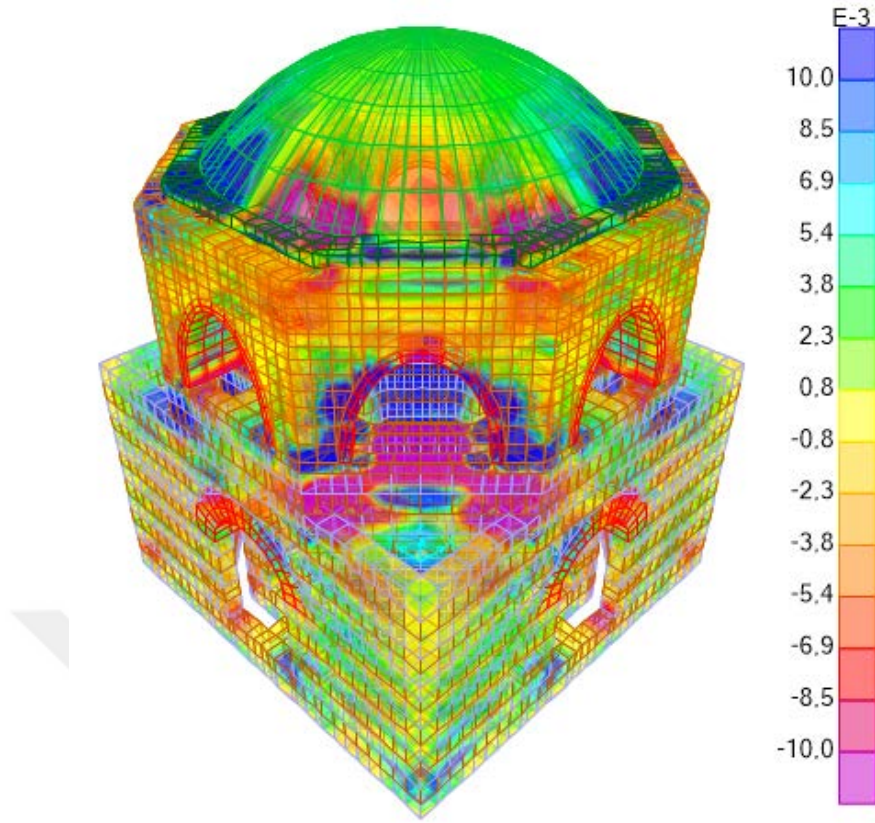
Şekil 4.52 : (3-TH-NORTHRIDGE) Birinci asal eksenindeki normal gerilmeler, MPa



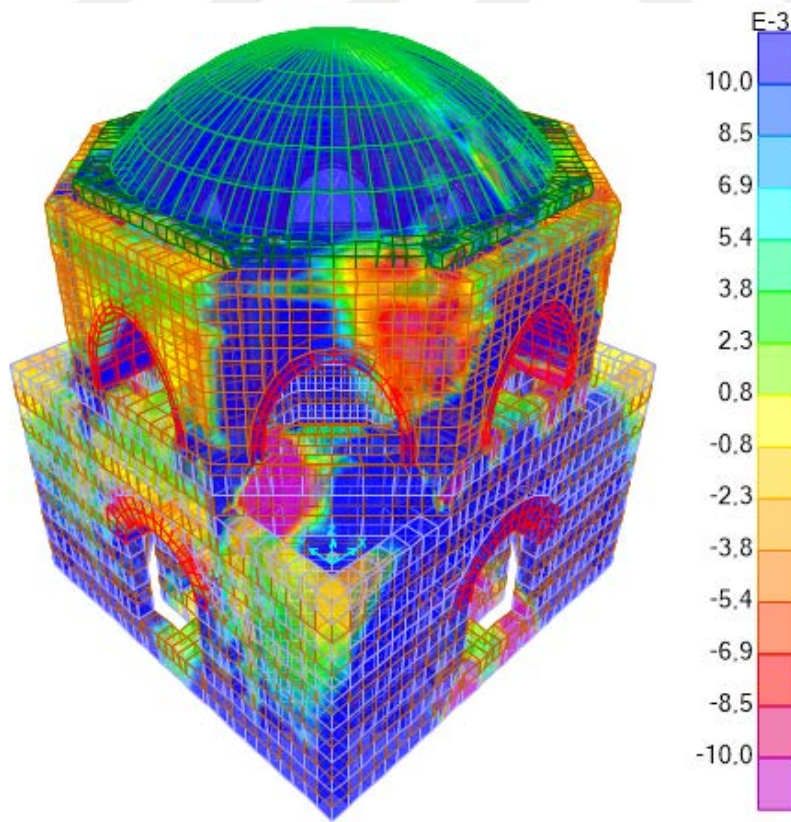
Şekil 4.53 : (3-TH-NORTHRIDGE) İkinci asal eksenindeki normal gerilmeler, MPa



Şekil 4.54 : (3-TH-NORTHRIDGE) Üçüncü asal eksenindeki düşey basınç gerilmeleri, MPa



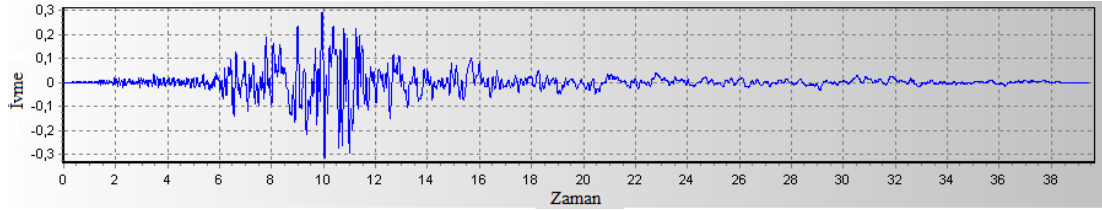
Şekil 4.55 : (3-TH-NORTHRIDGE) τ_{xy} kayma gerilmeleri, MPa



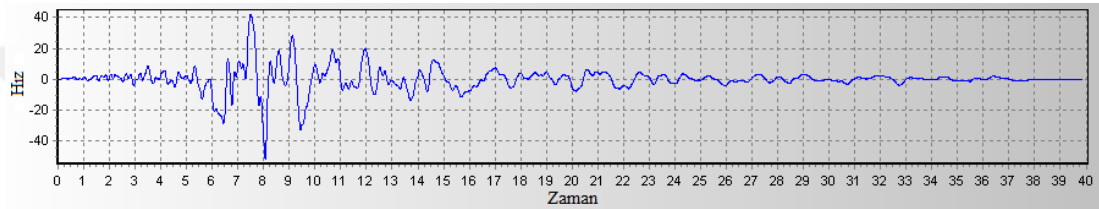
Şekil 4.56 : (3-TH-NORTHRIDGE) τ_{yz} kayma gerilmeleri, MPa

3. Imperial Valley depremi

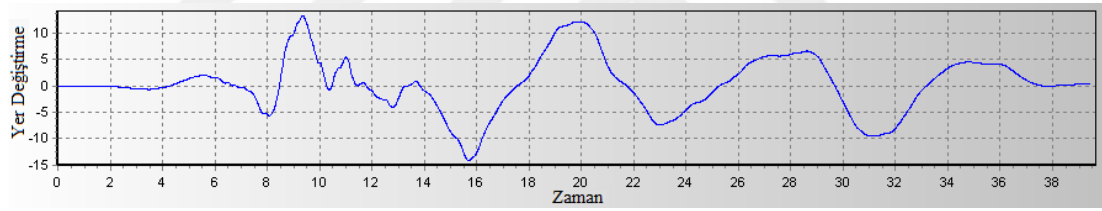
Imperial Valley Depremi, 18 Mayıs 1940 tarihinde gerçekleşmiştir. Odak derinliği 16km olan depremin moment şiddeti büyüklüğü $6.9M_w$ olarak ölçülmüştür. Bu yer hareketinin SeismoSignal programı ile elde edilen ivme-zaman, hız-zaman, yerdeğiştirme-zaman grafikleri aşağıda gösterilmiştir.



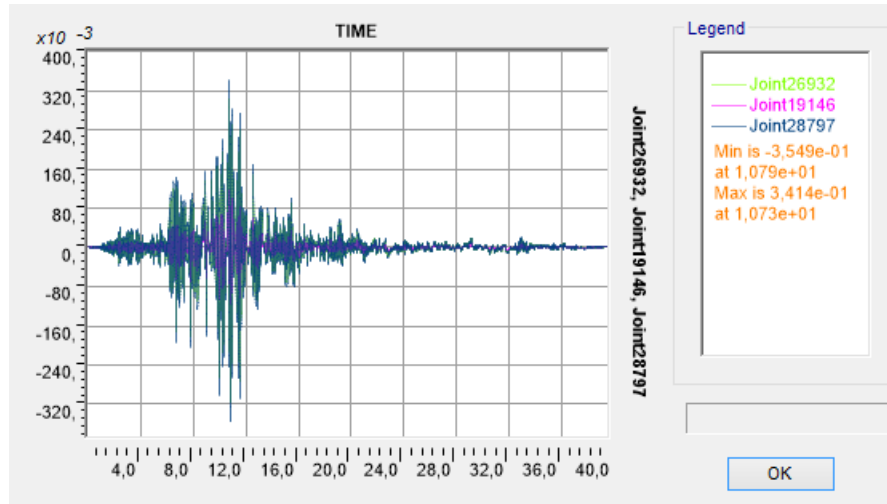
Şekil 4.57 : Imperial Valley Depremi ivme(g)-zaman(s) grafiği



Şekil 4.58 : Imperial Valley Depremi hız(cm/s)-zaman(s) grafiği

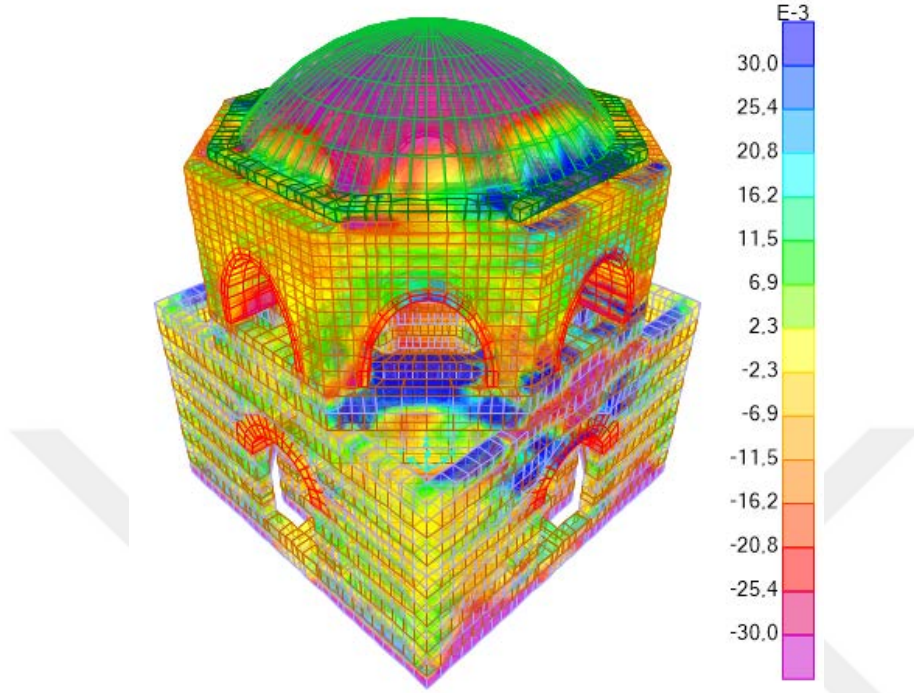


Şekil 4.59 : Imperial Valley Depremi yerdeğiştirme(cm)-zaman(s) grafiği

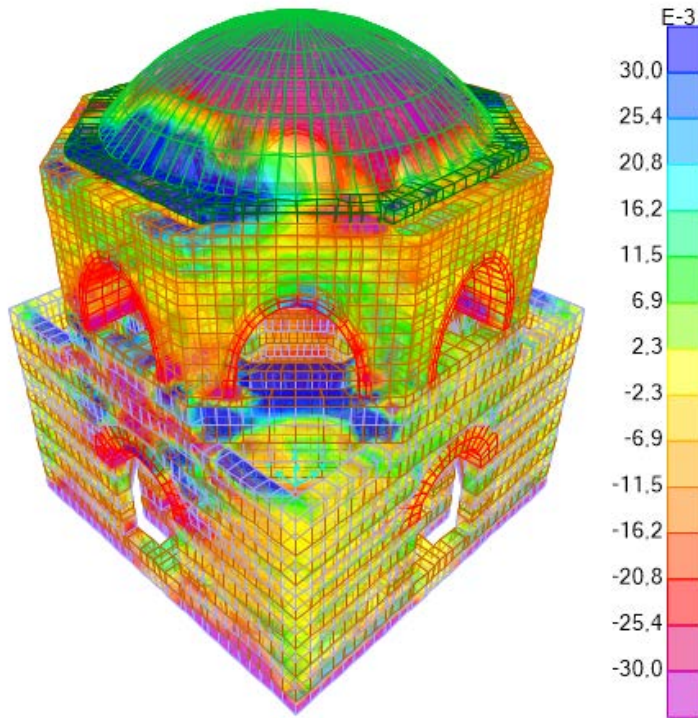


Şekil 4.60 : Imperial Valley Depremi'nde yapının herhangi üç düğüm noktasının zaman tanım alanında teşhisi

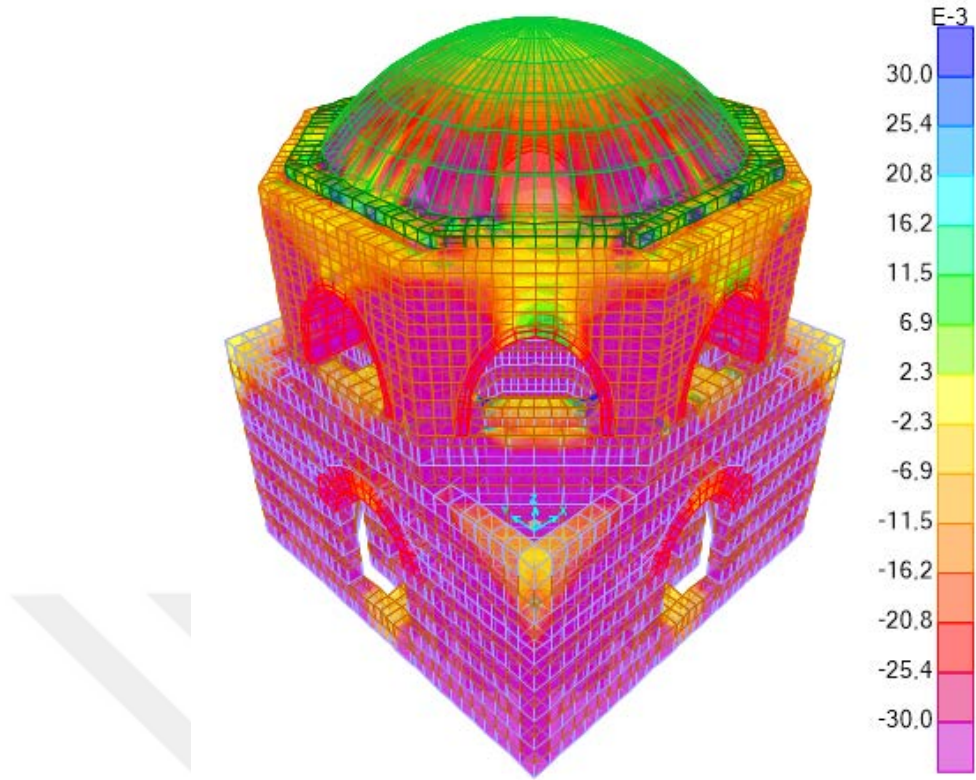
Yapı sonlu eleman modeli, Çizelge 4.3'te verilen yük kombinasyonlarından 3-TH-IMPERIAL VALLEY (yapının kendi ağırlığı + Imperial Valley Depremi) ile analiz edilmiştir. Şekil 4.61-4.65 ile gerilme diyagramları gösterilmiştir.



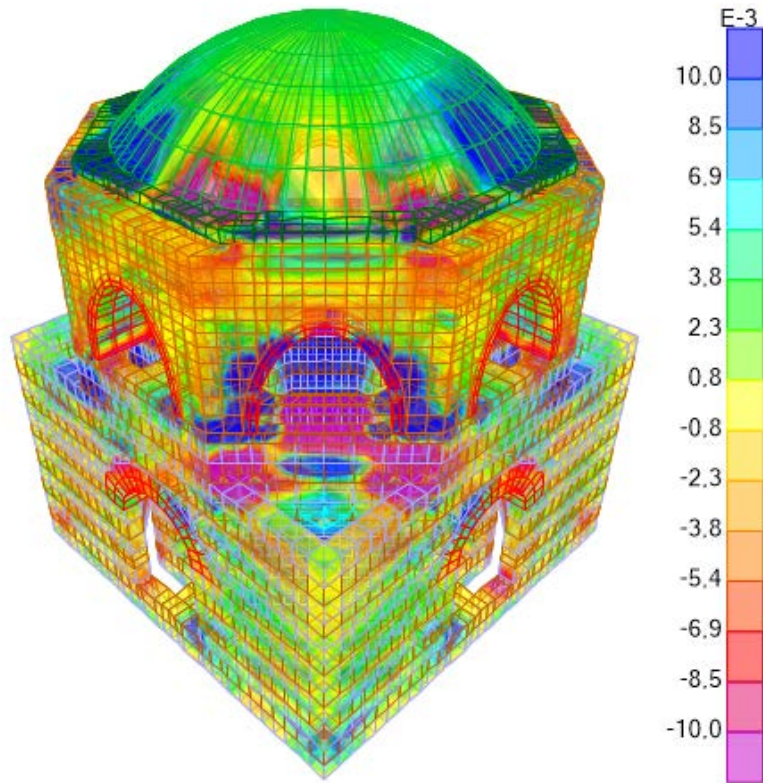
Şekil 4.61 : (3-TH-IMPERIAL VALLEY) Birinci asal eksenindeki normal gerilmeler, MPa



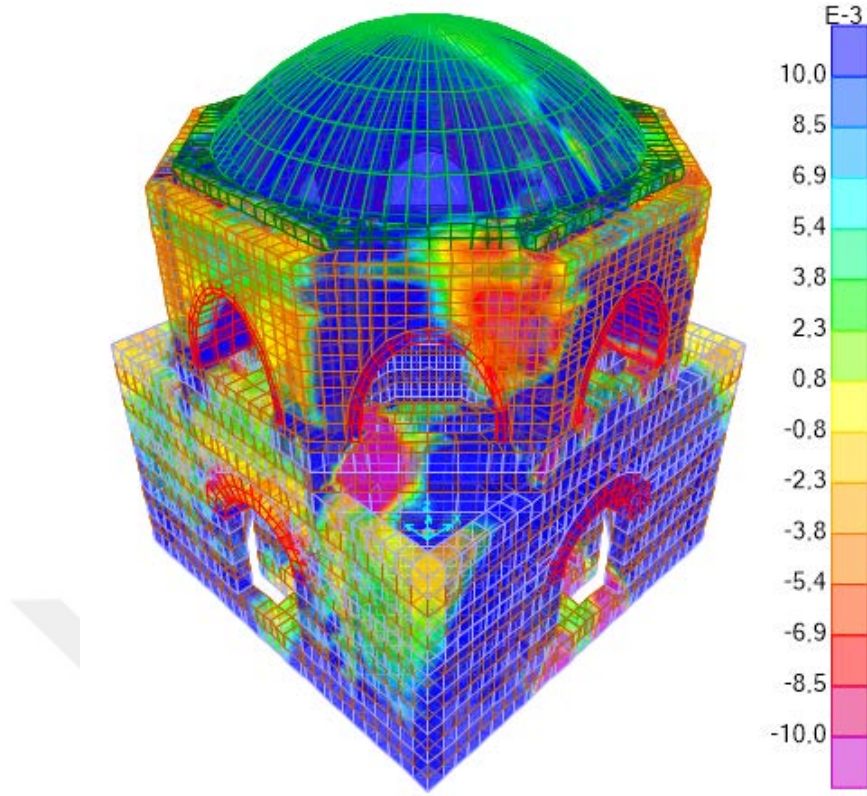
Şekil 4.62 : (3-TH-IMPERIAL VALLEY) İkinci asal eksenindeki normal gerilmeler, MPa



Şekil 4.63 : (3-TH-IMPERIAL VALLEY) Üçüncü asal eksendeki düşey basınç gerilmeleri, MPa



Şekil 4.64 : (3-TH-IMPERIAL VALLEY) T_{xy} kayma gerilmeleri, MPa

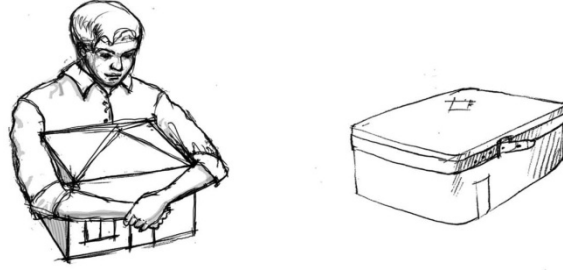


Şekil 4.65 : (3-TH-IMPERIAL VALLEY) T_{yz} kayma gerilmeleri, MPa

4.4 Güçlendirme Önerisi

Yapısal analizler sonucu yapıda çekme dayanımının yetersiz olduğu kemer üstlerinde hasar olması beklenmektedir. Bu sebeple yapıya gelen çekme gerilmelerini karşılamak için güçlendirme elemanı yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada yapıdaki zayıf kesitler için Bölüm 3.5.6'da değinilen çelik takviye elemanlarından çelik çubuk uygulanması önerilmektedir.

Deprem şeriti olarak adlandırılan bu güçlendirme elemanları, yığma yapılarda depreme dayanıklı olma koşulunu sağlamak için yapıya uygun şekilde yerleştirilmektedirler ve yapıyı halka veya kemer gibi tamamen sararak (Şekil 4.66) , deprem sırasında duvarların kesiştiği noktalarda ayrılmazlığı sağlamaktadırlar. Bu durumda yapı, kutu gibi davranarak yapısal bütünlüğün bozulmasını engellemektedir.



Şekil 4.66 : Yerleştirilen çelik çubuğun yapı üzerindeki davranışı

Şekil 4.67 ile yapıdaki çekme gerilmelerinin yüksek olduğu bölgelerin çelik çubuklar ile sarılması temsili olarak gösterilmektedir. Bu takviye elemanı yapının yığma birim elemanlarının (taş, tuğla) derzlerine yerleştirildikten sonra yapının özgün harcı niteliğindeki bağlayıcı karışım ile bu derzler kapatılırsa yapının tarihi görünümü de bozulmamaktadır. Bu çalışmada çelik çubuk elemanın takviye olarak tercih edilmesindeki en önemli iki sebep; malzemenin sünek davranışı ve yapının tarihi görünümüne zarar vermemesidir.



Şekil 4.67 : Çelik çubukların yerleştirilmesi önerilen bölgeler

5. SONUÇ

Bu çalışmada, tarihi yığma yapıların deprem performansı ve güçlendirme teknikleri ele alınmıştır. Yapı ağırlıkları fazla olması sebebiyle, tarihi yığma yapılar daha fazla deprem yükü alırlar ve bu sebepten yapısal hasarlar oluşur. Tarihi mirasın korunması için bu yapıların deprem davranışlarının bilinmesi ve korunabilmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında, örnek yapı olarak İstanbul'da bulunan Şeyh Süleyman Mescidi SAP2000 programında sonlu eleman yöntemi ile modellenmiştir. Statik ve dinamik yükler altında yapının performansı incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde hasar oluşması beklenen bölgelere takviye elemanı yerleştirilmesi uygun görülmüştür.

Yapının düşey yükler altındaki statik analizi neticesinde, kubbe kasnağının yapıya oturduğu bölgelerdeki gerilme yoğunluğundan bu birleşimlerde zamanla hasar oluşma ihtimali yüksektir. Ayrıca kemerlerin kilit taşları ve bu taşların etraflarındaki bölgelerde düşey gerilmeler yüksek olduğu için bu kısımlarda bölgesel çatlaklara rastlanabilir.

Deprem yükleri etkisindeki dinamik analizlerde, her iki yönde de (X ve Y) meydana gelen çekme ve basınç gerilmeleri birbirine yakındır. Yapıda önemli ölçüde bir deplasman oluşmamıştır. Olası bir depremde yapıda gerilme yığınlarının olduğu bölgelerde büyük hasarlar oluşabilir, fakat bu hasarların sistemi göçme durumuna getirmemesi beklenir.

Yapının genel olarak deprem performansını yükselten etkenlerin, sistemin simetrik tasarlanması, yapıda süreksizlik oluşturacak kısımların bulunmaması ve yapının rijit davranışı olduğu söylenebilir.

Yapılan yapısal analizler ve incelenen güçlendirme teknikleri sonrasında yapıdaki kemer elemanlarının üstlerinde çekme gerilmelerini karşılaması için çelik çubuklar ile yapının sarılması önerilmiştir.

KAYNAKLAR

- Ahunbay, Z.** (2009). Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon, Yem Yayın, İstanbul
- Aköz, H.A.** (2008). Deprem Etkisi Altındaki Tarihi Yığma Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, (Yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Aydın, E.Ö., Fahjan, Y.M., Çömlekçioğlu, U.R.** (2007). Deprem Bölgelerindeki Tarihi Kargir Yapıların Güçlendirilmesinde Kullanılan Yeni Teknikler, *International Earthquake Symposium*, Kocaeli
- Bastianini, F., Corradi, M., Borri, A., Angelo di Tommaso, A.** (2005). Retrofit and monitoring of an historical building using “Smart” CFRP with embedded fibre optic, *Construction and Building Materials-Journal*, Elsevier Store
- Bayraktar, A., Kocasinan, Y., Büyükgökmen, D., Kökçü, E.** (2005). Tarihi Yığma Yapıların Depreme Karşı Güçlendirilmesi, *Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştay Sunumu*, Ankara
- Bayraktar, A.** (2006). Tarihi Yapıların Analitik İncelenmesi ve Sismik Güçlendirme Metodları, Beta Basım Yayın Dağıtım A.Ş., İstanbul
- Bayraktar, A., Altunışık, A.C., Türker, T., Sevim, B.** (2007). Tarihi Köprülerin Deprem Davranışına Sonlu Eleman Model İyileştirilmesinin Etkisi, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007*, İstanbul
- Bayülke, N.** (1980). Yığma Yapılar, *İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı*, Ankara
- Boynton, R.S.** (1980). Chemistry and Technology of Lime and Limestone, 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York
- Celep, Z.** (2015). Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul
- Celep, Z., İncecik, M., Pakdamar, F.** (2008). Muradiye Camisi'nin Yapısal ve Deprem Davranışının İncelenmesi, *Uluslararası Plovdiv Cuma Camii Konferansı*, Plovdiv, Bulgaristan
- Chamaky, R.Y.** (2014). Tarihi Yığma Yapıların Deprem Analizi ve Uygun Güçlendirme Teknikleri, (Yüksek lisans tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Çelik, O.C.** (2014). Yapısal Restorasyon Mühendisliği: İlkeler ve Uygulama Örnekleri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Yapı ve Deprem Mühendisliği Çalışma Grubu çalışması), İstanbul

- Dabanlı, Ö.** (2008). Tarihi Yığma Yapıların Deprem Performansının Belirlenmesi (Yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- DBYBHY.** (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007, *Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara
- Güler, K., Sağlamer, A., Celep, Z., Pakdamar, F.** (2004). Structural and Earthquake Response Analysis of the Little Hagia Sophia Mosque, *13th World Conference on Earthquake Engineering*, Vancouver, B.C., Canada
- Güngör, O.** (2010). Mevcut Bir Karayolu Köprüsünün Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Yöntemler ile Performans Değerlendirmesi, (Yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Heyman, J.** (2006). The Science of Structural Engineering, London Imperial College Press, London
- İlhan, N.** (2015). Zeyrek Şeyh Süleyman Mescidi Restorasyonu, *Eski Eser Yapılarda Restorasyon Uygulamaları V. Seminer*, İstanbul
- İslam, R.** (2008). Inventory of FRP strengthening methods in masonry structures, (yüksek lisans tezi), Technical University of Catalonia, Barcelona
- Kasapgil, E.M.** (2007). Eski Eserlerde, Yığma Duvarların, Kubbelerin, Tonozların ve Temellerin Enjeksiyon Reçineleri ve Ankraj Sistemleriyle Güçlendirilmesi, *1. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu*, 27-29 Eylül 2007, Ankara
- Kaya, Ç.** (2010). Yığma Duvarların Elastik-Plastik Hesabı, (Yüksek lisans tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Keskin, A., Özen, S.** (2011). Tarihi Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, TMMOB İzmir Şubesi Bülten
- Kıran, F.** (2010). Binaların Performans Analizi için Kullanılan Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemlerinin İncelenmesi, (Yüksek lisans tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi, Adana
- Kırımtayf, S.** (2001). Byzantine Churches in İstanbul, Their Tranformation into Mosques or Masjids, Ege Yayınları, İstanbul
- Korkmaz, K.A., Demir, A.** (2012). Yapı-Zemin Etkileşiminin Yapıların Deprem Davranışına Etkileri, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*
- Kuruşcu, A.O.** (2005). Yığma Yapıların Analizi, (Yüksek lisans tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Mahfouz, I., Rizk, T.** (2003). Applications of FRP in Strengthening of Structures, *Proceedings of the International Conference Structural Faults and Repair 1-3 July*, London
- Mahrebel, H. A.** (2006). Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri, Hasarlar, Onarım ve Güçlendirme Teknikleri, (Yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

- M.E.B.** (2013). Taşın Mimaride Kullanımı, Milli Eğitim Bakanlığı İnşaat Teknolojisi Ders Notları, Ankara
- Mertol, A., Mertol, H.C.** (2002). Deprem Mühendisliği, Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Seçkin Yayıncılık, Ankara
- Modena, C., Valluzzi, M.R., Da Porto, F., Casarin, F.** (2011). Structural Aspects of The Conservation of Historic Masonry Constructions in Seismic Areas: Remedial Measures and Emergency Actions, University of Padova, Padova, Italy
- Okuyucu, D., Erdil, B.** (2009). Seismic performance evaluation of Emir Bayındır Cupola in Ahlat, *Symposium with International Participation on Strengthening and Preserving Historical Buildings and Cultural Heritage – II*, 15-17 Ekim, Diyarbakır
- Omurtag, M.H.** (2010). Çubuk Sonlu Elemanlar, Birsen Yayınevi
- Önem, G.** (2011). Yapıların Deprem Etkisi Altında Performansa Dayalı Tasarımı ve Değerlendirilmesi, *İMO Mesleki Eğitim Seminerleri*, İstanbul
- Özgümüş, F., Dark, K.** (2002). 2001 Yılı Fatih-Zeyrek-Çarşamba Semtlerinde Yapılan Yüzey Araştırması, *Kültür Bakanlığı Anıtlar ve Müzeler Genel Müdürlüğü 20. Araştırma Sonuçları Toplantısı 1. Cilt*, Ankara
- Paspatis, A.G.** (1877). Byzantinai Meletai: Topographikai kai Historikai = Byzantine Studie: Historical and Topographical, Coustantinople: Koromela
- RBTE.** (2013). Riskli Binaların Tespit Edilmesi Hakkındaki Esaslar, 6306 Sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanunun Uygulama Yönetmeliği, *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*, 2013
- SAP2000 Manuel.** (2014). Structural Analysis Program, Computer and Structures Inc., Berkeley, California
- Sav, M.** (2009). Fatih-Zeyrek'teki Erken Bizans Yapısı: Şeyh Süleyman Mescidi ve Bodrum Katları, *X.Ortaçağ-Türk Dönemi Kazı Sonuçları ve S.Tarihi Araştırmaları Sempozyumu Bildirileri 03-06 Mayıs 2006*, Ankara
- Saraç, M.M.** (2003). Tarihi Yığma Kargir Yapıların Güçlendirilmesi, (Yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Seren, O.** (2013). Seismic Retrofitting of Unreinforced Load Bearing Brick Walls in Historic Buildings Using Fiber-Reinforced Polymer Strings (Yüksek lisans tezi), Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul
- Sesigür, H., Çelik, O.C., Çılı, F.** (2007). Ahi Çelebi Camisinin Onarımı ve Güçlendirilmesi, *1. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, 27-29 Eylül 2007*, Ankara
- Sesigür, H., Çelik, O.C., Çılı, F.** (2007). Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Bileşenler, Hasar Biçimleri, Onarım ve Güçlendirme, TMMOB İstanbul Şubesi Bülten
- TS 2514.** (1977). Kerpiç Bloklar ve Yapım Kuralları
- Ural, A.** (2009). Yığma Yapıların Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Davranışlarının İncelenmesi, (Doktora tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon

Venedik Tüzüğü. (1964). Tarihi Anıtların ve Yerleşmelerin Korunması ve Onarımı için Uluslararası Tüzük, (The Venice Charter) *İkinci Uluslararası Tarihi Anıtlar Mimar ve Teknisyenleri Kongresi, 25-31 Mayıs, Venedik*

Yıldız, E., Yavuz, G., Yılmaz, Ü.S. (2011). Tarihi Taş Yığma Konutların Güçlendirilmesinde Kullanılan Yöntemler: Ürgüp İbrahim Paşa Köyünden Bir Konut Örneği, *e-Journal of New World Sciences Academy*

Yavuz, U.C. (2012). Tarihi Yapılarda Statik Güçlendirme Teknikleri, (uzmanlık tezi), *Kültür ve Turizm Bakanlığı, Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü, Ankara Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü*

Url-1. <www.reskon.com.tr>, erişim tarihi 2015

Url-2. <www.yesco.it>, erişim tarihi 2015

Url-3. <<http://seyriistanbul.blogspot.com.tr>>, erişim tarihi 2013

Url-4. <<http://www.icomos.org.tr/?Sayfa=Tuzukler2&dil=tr>>, erişim tarihi 2015

EKLER

EK A Atina Tüzüğü (Carta Del Restauro)

EK B Venedik Tüzüğü

EK C Amsterdam Bildirgesi



EK A

İtalya’da ulusal bir sorun derecesine yükselen anıt restorasyonu konusunda uyulması zorunlu kurallar üzerine eğilen Eski Eserler ve Güzel Sanatlar Yüksek Kurulu, bilim, sanat ve tekniği birleştiren bu tür çalışmalarda ülkenin tartışılmaz üstünlüğünü korumak ve mükemmelleştirmek gereğinin bilincinde olarak;

Kazıyla birlikte yürütülsün, yürütülmesin her restorasyon işleminin hasarlı parçaları sağlamlaştırmak; müzelerde ve arşivlerde korunanlardan daha az değerli olmayan, taş işlenmiş sanat ve tarih belgelerinin tümünü incelemek, sonuçları sanat ve yapım tarihine yeni, beklenmedik bulgular kazandırabilecek titiz araştırmalara olanak sağlamak gibi çok yönlü ve ciddi sorumlulukları içerdiğine; v bu nedenle acelecilik, uygulama kolaylığı ve duygusallık nedenlerinden hiçbirinin, eksikleri olan, sürekli ve yeterli denetimi yapılmayan, belirlenen ölçütlere uymayan uygulamalara yol açmamasına ve bu ilkelerin başta anıtların incelenmesi ve korunmasıyla görevli genel müdürlük (Soprintendenza) olmak üzere hem özel sektör, hem kamu kuruluşlarınca uygulanması gereğine inanmaktadır.

Restorasyon işleminde, farklı kurumların görüşleri, kısmen de olsa, birleştirilmeli, bir görüş diğerini etkisiz kılmamalıdır. Başka bir deyişle, tarihçinin anıtı oluşturan farklı dönemlerin hiçbirinin yok edilmemesi, bilim adamlarını yanıltacak eklemelerin yapılmaması ve analitik araştırmalar sırasında günışığına çıkan malzemenin dağıtılmaması istekleri, mimari anıtı bir sanatsal işlevle ilişkilendirmek ve mümkün olduğunda (bu üslup işbirliğiyle karıştırılmamalıdır) bir anlatım birliğine getirme yaklaşımı, kentlilerin kendi görüş, anı ve özlemleriyle kent ruhundan kaynaklanan arzuları ve son olarak yönetim kuralları ile kullanıma ilişkin kaçınılmaz taleplerin dikkate alınması gerekir.

Bu alandaki otuz seneye aşkın bir süredir yapılan çalışmaları başarılı sonuçlarında bir restorasyon kuramını geçerli kılacak ve netleştirecek somut öğretiler bütününün çıkarılabileceğini ve bundan böyle bu kuramın Yüksek Kurul’un görüşmelerinde ve antikite-ortaçağ-çağdaş sanat yapıtlarından sorumlu yetkililerin (Soprintendenze) çoğunluğunun kararlarında esas alınması gerektiğini ortaya çıkarmıştır. Uygulamalarla onaylan bu kuramın temel kuralları şöyle sıralanabilir:

Madde 1- Herşeyden önce, anıta, çökme ve aşınmalardan ötürü kaybettiği dayanıklılığı ve zamana karşı direnme gücünü yeniden kazandırmaya yönelik sürekli bakım ve sağlamlaştırma çabalarına önem verilmesi gerekir.

Madde 2- Sanatsal nedenler veya mimari bütünlük sağlama kaygısından kaynaklanan restorasyon sorunları tarihi ilke ve ölçütlerle sıkı sıkıya bağlıdır; bir anıtın bütünlmesi birtakım varsayımlara değil, anıtın sağladığı kesin verilere ve büyük ölçüde anıtın özgün öğelerine dayandığı takdirde gündeme gelebilir.

Madde 3- Artık kullanılmayan ve geçmiş uygarlıklara ait anıtlarda, örneğin antik dönem eserlerinde, her tür bütünlemeden kaçınılmalıdır. Böyle yapılarda ancak anastilosis, yani kalıntının genel çizgilerini ortaya çıkarmak ve korunmasını sağlamak amacıyla, mümkün olan en az ek ve nötr malzeme ile dağılmış parçaların birleştirilmesi işlemi söz konusu olabilir.

Madde 4- Yaşayan, yani ayakta duran anıtlara, yalnızca özgün işlevinden çok uzak olmayan ve binada gerekli uyarlamaların önemli hasara neden olmayacak şekilde yapılabileceği yeni kullanır verilmesi kabul edilebilir.

Madde 5- Hangi döneme ait olursa olsun, sanat değeri ve tarihi anısı olan tüm öğeler korunmalıdır, üslup birliği veya yapıyı ilk tasarımına döndürme kaygılarıyla bu öğelerden bazılarının dışlanmasına yönelik bir tutum kabul edilemez. Ancak pencere ve kolonatlara sonradan yapılmış dolgular gibi, önemsiz ve anlamlı olmayan, gereksiz değişikliklere neden olan kısımlar ortadan kaldırılabilir. Bunlarla ilgili değerlendirme ve ortadan kaldırma kararları sağlıklı temellere dayanmalı; yalnız restorasyon projesi müellifinin kişisel görüşüne bırakılmamalıdır.

Madde 6- Anıta ve geçirdiği dönemlere olduğu kadar çevresine de saygılı olunmalıdır. Anıtın çevresindeki yapılar yıkılarak uygunsuz bir biçimde yalnız bırakılmasına veya çevresinin niteliği, kütlesi, rengi, üslubu ile rahatsız edici yapılarla sarılmasına engel olunmalıdır.

Madde 7- Eğer bir anıtı sağlamlaştırmak, kısmi veya tam olarak bütünlemek amacıyla, ya da yeniden kullanım nedeniyle ekler yapılması gerekirse, uyulması gereken temel koşul yeni öğelerin en azda tutulmaları, yalın ve yapısal düzeni yansıtır karakterde olmalarıdır benzer üslupta bir ek ancak yapının mevcut çizgilerini devam ettirmek ve bezemeden arınmış geometrik anlatımlar söz konusu olduğunda kabul edilebilir.

Madde 8- Ekler kesin ve açık olmalı ve özgünden farklı malzeme kullanılarak veya bezemesiz bir çerçeveye sınırlandırılarak, ya da damga veya yazıtla belirtilmelidir. Bir restorasyon asla onu inceleyenleri yanıltacak veya tarihi bir belgeyi değiştirecek şekilde yapılmamalıdır.

Madde 9- Bir anıtın taşıyıcı sistemini güçlendirmek veya kütlesini bütünlemek için eski yapım yöntemleriyle amaca ulaşılmazsa, çağdaş tekniklerin kullanılması uygun olabilir. Aynı biçimde, basit ya da karmaşık tüm yıpranmış strüktürleri ayakta tutabilmek için çeşitli bilimlerin katkıda bulunmaya çağrılması gerekir. Böylece bilime dayanmayan yöntemler yerlerini bilimsel olanlara bırakmak zorundadır.

Madde 10- Antik eserlerin gün ışığına çıkarıldığı kazı ve araştırmalarda, topraktan çıkan kalıntıların düzenlenmesi ve in-situ bırakılacak olan sanat eserlerinin sürekli olarak korunması çabalarını kapsayan “kurtarma” çalışması derhal ve sistemli bir şekilde gerçekleştirilmelidir.

Madde 11- Kazılarda olduğu gibi, anıtların restorasyonunda da önemli koşullardan biri, çalışmalar sırasında bir günlük tutularak çizim ve fotoğraflarla sağlıklı bir belgeleme yapılmasıdır. Böylece anıtın biçim ve strüktürüne ilişkin bütün ayrıntılar, bütünleme, temizleme ve yenilemenin bütün aşamaları kalıcı ve güvenli olarak kaydedilmiş olur.

Eski Eserler ve Güzel Sanatlar Yüksek Kurulu her anın ve her restorasyonun aşamalarının kendine özgü sorunlar ortaya koyduğu çok güç ve karmaşık durumlarda, genel kuralların gözden geçirilip, tartışılarak tamamlanmasını ve zenginleştirilmesini gerekli görmekte, bu nedenle aşağıdaki istekleri dile getirmektedir:

İster özel kişiler, ister resmi makamlar, ister Soprintendenza tarafından yürütülüyor olsun, sıradan onarım işlerinin dışında kalan tüm restorasyon çalışmalarından önce, ilke olarak Yüksek Kurul’un görüşü alınmalıdır.

Her yıl Roma’da yetkililerin karşılaştıkları sorunları meslektaşlarının ilgisine sunmalarına ve çözüm önerilerini açıklamalarına olanak veren dostça bir toplantı düzenlenmelidir (Bu toplantıların tutanakları Milli Eğitim Bakanlığı’nın Bolletino d’Arte dergisinde yayınlanabilir).

Yukarıda sözü edildiği gibi, restorasyon sırasında düzenli olarak günlük tutulması ve bunların korunması zorunlu olmalı ve mümkün olursa bunlardan elde edilecek

analitik veri ve bilgilerin tıpkı kazılar için yapıldığı gibi bilimsel yayına dönüştürülmesine özen gösterilmelidir.

İtalyanca metnin çevirisi Doç. Dr. Aygöl Ağır tarafından yapılmıştır. (Url-4, 2015)



EK B

Tanımlar:

Madde 1- Tarihi anıt kavramı sadece bir mimari eseri içine almaz, bunun yanında belli bir uygarlığın, önemli bir gelişmenin, tarihi bir olayın tanıklığını yapan kentsel ya da kırsal bir yerleşmeyi de kapsar. Bu kavram yalnız büyük sanat eserlerini değil, ayrıca zamanla kültürel anlam kazanmış daha basit eserleri de kapsar.

Madde 2- Anıtların korunması ve onarımı için, mimari mirasın incelenmesine ve korunmasına yardımcı olabilecek bütün bilim ve tekniklerden yararlanılmalıdır.

Amaç:

Madde 3- Anıtların korunmasında ve onarılmasındaki amaç, onları bir sanat eseri olduğu kadar, bir tarihi belge olarak da korumaktır.

Koruma:

Madde 4- Anıtların korunmasındaki temel tutum korumanın kalıcı olması, sürekliliğinin sağlanmasıdır.

Madde 5- Anıtların korunması, her zaman onları herhangi bir yararlı toplumsal amaç için kullanmakla kolaylaştırılabilir. Bunun için bu tür bir kullanma arzu edilir, fakat bu nedenle yapının planı, ya da bezemeleri değiştirilmemelidir. Ancak bu sınırlar içinde yeni işlevin gerektirdiği değişiklikler tasarlanabilir ve buna izin verilebilir.

Madde 6- Anıtların korunması, ölçeği dışına taşmamak koşuluyla çevresinin de bakımını içine almalıdır. Eğer geleneksel ortam varsa, olduğu gibi bırakılmalıdır. Kütle ve renk ilişkilerini değiştirecek hiçbir yeni eklentiye, yok etmeye ya da değiştirmeye izin verilmemelidir.

Madde 7- Bir anıtın tanıklık ettiği tarihin ve içinde bulunduğu ortamın ayrılmaz bir parçasıdır. Kültür varlığının tümünün, ya da bir parçasının başka bir yere taşınmasına - anıtın korunması bunu gerektirdiği, ya da çok önemli ulusal veya uluslararası çıkarların bulunduğu durumlar dışında - izin verilmemelidir.

Madde 8- Anıtın tamamlayıcı öğeleri sayılan heykel, resim gibi süslemeler, ancak bunları korumanın başka çaresi yoksa yerlerinden kaldırılabilir.

Onarım:

Madde 9- Onarım uzmanlık gerektiren bir iştir. Amacı, anıtın estetik ve tarihi değerini korumak ve ortaya çıkarmaktır. Onarım kendine temel olarak aldığı özgün malzeme ile güvenilir belgelere saygıyla bağlıdır. Faraziyenin başladığı yerde onarım durmalıdır; yapılması gerekli herhangi bir eklemenin mimari kompozisyonundan farkı anlaşılabilmeli ve gününün damgasını taşımalıdır. Herhangi bir onarım işine başlamadan önce ve bittikten sonra, anıtın arkeolojik ve tarihi bir incelemesi yapılmalıdır.

Madde 10- Geleneksel tekniklerin yetersiz kaldığı yerlerde, koruma ve inşa için bilimsel verilerle ve deneylerle geçerliliği saptanmış herhangi çağdaş bir teknik kullanılarak anıt sağlanabilir.

Madde 11- Anıta mal edilmiş farklı dönemlerin geçerli katkıları saygı görmelidir; zira onarımın amacı üslup birliği değildir. Bir anıt üst üste çeşitli dönemlerin izlerini taşıyorsa, alttaki dönemleri açığa çıkarmak ancak bazı özel durumlarda yok edilen malzemenin önemi azsa, açığa çıkarılan malzeme büyük tarihi, arkeolojik ya da estetik değer taşıyorsa ve korunma durumu böyle bir davranışı gerekli gösterecek kadar iyi ise haklı çıkarılabilir. İlgili unsurların öneminin değerlendirilmesi ile ilgili yargıyı ve neyin yok edileceği üzerinde kararı vermek, sadece bu işi üzerine almış kimseye bırakılamaz.

Madde 12- Eksik kısımlar tamamlanırken, bütünle uyumlu bir şekilde bağdaştırılmalıdır; fakat bu onarımın, aynı zamanda sanatsal ve tarihi tanıklığı yanlış bir biçimde yansıtmaması için, özgünden ayırt edilebilecek bir şekilde yapılması gereklidir.

Madde 13- Eklemelere, ancak yapının ilgi çekici bölümlerine, geleneksel konumuna, kompozisyonuna, dengesine ve çevresiyle olan bağına zarar gelmediği durumlarda izin verilebilir.

Tarihi Yerler:

Madde 14- Anıtın bulundukları yerler, bütünlüğün korunması, sağlıklı kılınıp, yaşanır şekilde ortaya konması için özel bir dikkat gerektirir. Böyle yerlerde yapılacak koruma ve onarım çalışmalarında, daha önceki maddelerde açıklanan ilkelerden esinlenmelidir.

Kazılar:

Madde 15- Kazılar 1956 yılında UNESCO tarafından kabul edilmiş arkeolojik kazılarda uygulanması istenilen uluslararası ilkelerle tanımlanan kararlara ve bilimsel standartlara uygun olarak yapılmalıdır.

Yıkıntılar korunmalı, mimari unsurların ve buluntuların sürekli olarak korunması için gerekli önlemler alınmalıdır. Bundan başka, kültür varlığının anlaşılmasını kolaylaştıracak ve anlamını hiç bozmadan açığa çıkartacak her çareye başvurulmalıdır.

Bütün yeniden inşa işlemlerinden peşinen (a priori) vazgeçilmelidir. Yalnız anastylosis'e, yani mevcut fakat birbirinden ayrılmış parçaların bir araya getirilmesine izin verilebilir. Birleştirmede kullanılan madde her zaman ayırt edilebilecek bir nitelikte olmalı ve bu, anıtın korunmasını sağlamak ve eski haline getirmek için mümkün olduğunca az kullanılmalıdır.

Yayın:

Madde 16- Bütün koruma, onarım ve kazı işlerinde her zaman çizim ve fotoğraflarla açıklık kazanmış çözüm getirici ve eleştirici raporlar halinde kesin belgeler hazırlanmalıdır.

Temizlemenin, sağlamlaştırmanın, yeniden düzenlemenin ve birleştirmenin her safhası -çalışma sırasında ortaya çıkan, tanımlanmış biçimsel ve teknik özellikler göz önünde tutularak- raporda gösterilmelidir. Bu belgeler bir resmi kurumun arşivine konmalı ve araştırmacılar bundan yararlanabilmelidir. Bu raporların yayınlanması tavsiye edilir.

Prof. Dr. Cevat Erder'in çeviri metni alınmıştır. (Url-4, 2015)

EK C

1975 Avrupa Mimarlık Mirası yılını taçlandıran ve Avrupa'nın tüm ülkelerinin delegelerinden oluşan Amsterdam Kongresi, Avrupa'nın benzersiz mimarlığının tüm halklarının ortak mirası olduğunun bilincini taşıyan ve korunması için ye devletlerin aralarında ve diğer Avrupa hükümetleriyle birlikte çalışma isteklerini bildiren Avrupa Konseyi Bakanlar Komitesi'nce yürürlüğe konulan Karta'yı sevinçle karşılamaktadır.

Kongre, Avrupa mimarlık mirasının tüm dünyanın kültürel mirasının bütünleyici bir parçası olduğunu onaylamaktadır ve bu yılın Temmuz ayında Helsinki'de benimsenen Avrupa Güvenlik ve işbirliği Kongresi Sonuç Yasası'nca öngörülen kültürel alanda işbirliği ve alışverişi teşvik amacıyla karşılıklı yüklenilen sorumluluğu büyük bir memnuniyetle izlemiştir.

Bu şekilde, Kongre aşağıdaki temel düşünceleri vurgulamaktadır:

a.Avrupa'nın mimarlık mirası, paha biçilmez kültürel değerinin yanısıra, halklarına ortak tarihlerinin ve geleceklerinin bilincini aşılamaktadır. Bu nedenle yaşatılması çok önemlidir.

b.Mimarlık mirası yalnız üstün nitelikli tek yapılan ve çevrelerini değil, tarihsel ve kültürel özelliği olan tüm kentsel ve kırsal alanları içerir.

c.Bu hazineler tüm Avrupa halklarının ortak varlığı olduğundan, bu halklar ihmal, kasıtlı yıkım, düzensiz yeni yapılaşma ve aşırı trafik gibi gittikçe artan tehlikelere karşı, onları korumak için ortak bir sorumluluğa sahiptirler.

d.Mimarlık rnlerinin korunması maręinal bir sorun olarak değil, kent ve ülke planlamasının ana hedefi olarak ele alınmalıdır.

e.En önemli planlama kararlarını alan yerel yetkililerin mimarlık mirasının korunmasında özel bir sorumluluğu vardır ve fikir ve bilgi alışverişi yaparak birbirlerine yardımcı olmalıdırlar.

f. Eski alanların sağlıklılaştırılması olarak lsnde, bölge sakinlerinin toplumsal kompozisyonunda köklü bir değişiklik gerektirmeyecek şekilde tasarlanmalı ve uygulanmalıdır. Kamu kaynaklarınca gerçekleştirilen restorasyon çalışmalarının sağladığı yararlardan tüm toplum kesimleri pay almalıdır.

g.Gerekli yasal ve yönetimsel önlemler tüm ülkelerde güçlendirilmeli ve daha etkin kılınmalıdır.

h.Mimarlık veya tarih açısından önemli binaların ve yörelerin restorasyon, uygulama ve bakım giderlerinin karşılanmasına katkıda bulunmak için yerel yönetimlere parasal yardım sağlanmalı, aynı biçimde özel mülk sahiplerine de parasal destek ve devletten yardım sunulmalıdır.

i.Mimarlık mirası ancak, halk ve özellikle de genç kuşak onun değerini bilirse yaşayacaktır. Bu nedenle her düzeydeki eğitim programları bu konuya artan bir ilgi göstermek zorundadır.

j.Kamunun ilgisini uyandırmaya yardımcı olacak uluslararası, ulusal ve yerel bağımsız örgütler yreklendirilmelidir.

k.Bugünün yeni yapıları yarının mirası olacağından, ağdaş mimarlığa yüksek kaliteli olması için her türlü çaba gösterilmelidir.

Avrupa Mimarlık Mirası Kartası'nda Bakanlar Komitesi'nin belirttiği gibi, ye devletlerin dayanışma ruhu içinde birbirini tutan politikalar izleyeceğini garanti altına almak Avrupa Konseyi'nin sorumluluğundadır. Bu nedenle tüm Avrupa lkelerinde mimarlık ürünlerinin korunması için gösterilen aşamalar deneyim alışverişini özendirecek biçimde periyodik raporlar halinde sunulmalıdır.

Kongre hkmetleri, parlamentoları, ruhani ve kültürel kuruluşları, profesyonel enstitüleri, ticari, endüstriyel ve bağımsız birlikleri ve tüm vatandaşları bu bildirinin hedeflerini tüm gçleriyle desteklemeye ve bunların uygulanmasını sağlamak için her türlü çabayı göstermeye çağırmaktadır.

Avrupa'nın yeri doldurulmaz mimarlık mirası, şimdi ve gelecekte tüm halklarının yaşamlarının zenginleştirilmesi için ancak bu yolla yaşatılabilir.

Kongre tartışmalar sonucu ortaya çıkan sonuç ve önerilerini aşağıda sunmaktadır.

Yeni bir koruma politikası ve bütünleşik koruma uygulanmazsa, toplumumuz çok yakında geleneksel çevresini oluşturan yapı ve sit mirasının çoğunu yitirmiş olduğunu görecektir. Koruma bugün tarihi park ve bahçelerin yanısıra, tarihi kentler, kentlerin eski mahalleleri ve geleneksel karakteri olan kent ve köyler için de gereklidir. Bu mimarlık ürünlerinin korunması en büyüğünden en alçak gönüllülerine

kadar, günümüz yapılarını da unutmadan, kültürel değer taşıyan tüm yapıları çevreleriyle birlikte kapsayan geniş bir perspektif içinde görülebilir.

Mimarlık mirasının önemi ve onu koruma tartışmaları artık çok daha açıklıkla biliniyor. Ani toplumsal değişikliklere karşı bireylerin kimliklerini bulmalarına olanak veren çevreleri korumak, ya da yaşatmak zorundaysak, tarihsel sürekliliği korumamızın gerektiği kabul edilmelidir.

Çağdaş kent planlamasında eski kentlerin kentsel dokusunu karakterize eden insan ölçeğini, kapalı mekânları, işlevlerin etkileşimini ve toplumsal ve kültürel değişkenliği geri getirmek için bir çaba vardır. Fakat aynı zamanda eski yapıların korunmasının günümüz toplumunun ana ilgilerinden biri olarak kaynak tasarrufu ve israfın önlenmesine de katkıda bulunduğunun farkına varılmıştır. Tarihi yapılara çağdaş yaşamın gerekleriyle ilişkili yeni işlevler verilebileceği gösterilmiştir. Dahası, koruma, yetenek ve becerilerini yaşatıp geleceğe aktarmak zorunda olan sanatçı ve yüksek nitelikli zanaatçılara da gereksinme yaratmaktadır. Mevcut yerleşmelerin iyileştirilmesi aynı zamanda, tarımsal alanlara daha az el uzatılmasına ve koruma politikasının çok önemli bir üstünlüğü olarak, nüfus hareketlerini önlemeye, ya da büyük ölçüde azaltmaya da yardımcı olur.

Tüm bu nedenlerle, mimarlık mirasının korunması için yapılan tartışmalar bugün her zamankinden daha güçlüdür. Bununla beraber sağlam ve kalıcı bir temele oturtulmalı ve böylece esaslı bir araştırma konusu haline getirilerek tüm eğitimsel ve kültürel gelişim programlarının parçası olmalıdır.

Mimarlık mirasının korunması kentsel ve bölgesel planlamanın baş hedeflerinden biridir. Mimarlık mirasının korunması, yakın geçmişte sık sık olduğu gibi, ikincil bir kaygı, ya da anlık eylemler gerektiren bir çalışma gibi ele alınmak yerine, kentsel ve bölgesel planlamanın bütünleyici bir parçası haline gelmelidir. Yani korumacılarla planlama sorumluları arasında sürekli bir diyalog kaçınılmazdır.

Plancılar tüm alanların aynı olmadığını ve bu nedenle de kendi özel niteliklerine göre ele alınmak zorunda olduklarının bilincinde olmalıdırlar. Mimarlık mirasının estetik ve kültürel değerlerinin gerektirdiklerinin bilinmesi eski mimarlık kompleksleri için özel hedef ve planlama kurallarının benimsenmesine yol açmalıdır.

Sıradan planlama yönetmeliklerini ve tarihsel yapıları koruma amaçlı özel kuralları, birbirine uyarlamaksızın, yalnızca birlikte uygulamak yeterli değildir. Gereken

bütünleşmeyi olası kılmak için, çevrelerindeki koruma bölgelerini de belirleyerek, yapıların, mimarlık komplekslerinin ve sitlerin envanterlerini hazırlamak şarttır. Bu envanter, koruma değeri taşıyan yapı ve bölgelere kişilerin dikkatini çekmek amacıyla, özellikle de kent ve ülke planlamasından sorumlu bölgesel ve yerel yetkili ve görevlilere ulaştırılmalıdır. Böyle bir envanter, mekân yönetimindeki esaslı bir niteliksel öge olarak koruma için gerçekçi bir temel oluşturacaktır.

Bölgesel planlama politikası, mimarlık mirasının korunmasını hesaba katmalı ve ona katkıda bulunmalıdır. Bu, özellikle nüfus azalmasını denetlemek ve dolayısıyla eski yapıların bozulmasını önlemek amacıyla, yeni etkinliklerin ekonomik çöküntü içinde bulunan bölgelerde yerleşmesini teşvik edebilir. Buna ek olarak, kent çevresindeki alanların gelişim kararları eski mahallelerin üzerindeki baskıyı hafifletecek bir biçimde yönlendirilebilir; burada ulaşım ve çalışma politikaları, birde kentsel etkinliklerin odak noktalarının daha iyi bir dağılımının sağlanması, mimarlık mirasının korunması üzerinde önemli bir etki oluşturabilir.

Kalıcı bir koruma politikasının eksiksiz gelişmesi yerel kültürlerin dikkate alınmasının yanı sıra, geniş çaplı bir merkezden uzaklaştırma önlemi de gerektirir. Bu planlama kararının alındığı tüm düzeylerde (merkezi, bölgesel, yerel) koruma çalışmalarından sorumlu kişiler bulunması gerektiği anlamına gelir. Bununla birlikte, mimarlık mirasının korunması sadece uzmanlara ait bir konu olmamalıdır. Kamuoyu desteği şarttır. Halk eksiksiz ve yansız bilgi alarak, envanterlerin oluşturulmasından kararların hazırlanmasına kadar, işin her aşamasında gerçekten de rol almalıdır.

Son olarak, mimarlık mirasının korunması, niteliksel ölçütlere ve doğru oranlara hak ettiği önemi veren ve çok sık olarak kısa vadeli kaygılar, teknolojiye dar görüşlü bir yaklaşım, yani kısaca modası geçmiş bir bakışın hakim olduğu seçenek ve hedefleri bundan sonra reddedebilme olanağı sağlayacak olan yeni, uzun vadeli bir yaklaşım özelliği taşımak zorundadır.

Bütünleşik koruma yerel yetkililerin sorumluluğunu da kapsar ve yurttaşların katılımını gerektirir.

Yerel yetkililerin mimarlık mirasının korunmasında özel ve yaygın sorumlulukları olmalıdır. Bütünleşik koruma ilkelerini uygularken, kentsel ve kırsal topluluklardaki mevcut toplumsal ve fiziksel gerçeklerin sürekliliğini de hesaba katmak zorundadırlar. Gelecek geçmişin pahasına kurulamaz ve kurulmamalıdır.

İnsan yapısı çevreye akıllı, duyarlı ve ekonomik bir saygıyla yaklaşan böyle bir politikayı uygulamak için yerel yetkililer;

kentsel ve kırsal dokuyu, onların yapısını, karmaşık işlevlerini, inşa edilmiş ve açık mekanların mimarlık ve mekânsal özelliklerini konu alan bir çalışmayı temel olarak kullanmalı;

yapılara, onların karakterine, saygı göstermeyi ihmal etmeden çağdaş yaşamın gereklerine uyan işlevler vermeli; böylece yaşatılmalarını garanti altına almalı;

(eğitimsel, yönetsel ve tıbbi) kamu hizmetlerinin gelişimi üzerinde yapılan uzun vadeli incelemelerin, aşırı boyutların bunların nitelik ve etkinliklerini zedelediğini gösterdiğini bilmeli;

böyle bir politika için bütçelerin uygun bir bölümünü ayırmalıdır. Bu bağlamda, hükümetlerden özellikle bu cins amaçlar için ayrılmış kaynakların yaratılmasını istemelidirler. Bireylere ve çeşitli kuruluşlara yerel yönetimlerce verilen karşılıklı ve karşılıksız krediler onların katılımını ve parasal bağlantılarını canlandırmayı hedef almalıdır;

mimarlık mirasını ilgilendiren her türlü konu ile uğraşmak üzere temsilciler atamalı; yapıların o sıradaki kullanıcılarıyla esas sahiplen arasında doğrudan doğruya bağlar kurulmasını sağlayacak özel, ticari olmayan acenteler kurmalı;

restorasyon ve iyileştirme çalışmaları için gönüllü kuruluşların oluşumunu ve etkin işleyişini kolaylaştırmalıdır.

Yerel yönetimler, koruma planları ile ilgilenen grupların görüşlerini araştırmak için kullandıkları danışma tekniklerini geliştirmeli ve planlamanın ilk aşamalarından itibaren bu görüşleri hesaba katmalıdır. Halkı bilgilendirme çabalarının bir bölümü olarak, yerel yetkililerin kararlarını açıkça anlaşılır bir dil kullanarak halka sunmalı ve böylece yörede yaşayanlar bu kararların nedenlerini öğrenip, tartışıp değerlendirebilmelidirler. Halkın konuları birlikte inceleyebilmesine olanak veren toplantı yerleri sağlanmalıdır.

Bu politikanın bir parçası olarak, halk toplantıları, sergiler, halk oylamaları, iletişim araçlarının kullanımı gibi yöntemler ve tüm diğer uygun yöntemlerin uygulanması her zaman başvuru uygulamalar haline gelmelidir.

Gençlerin çevre sorunlarında eğitilmeleri ve koruma görevlerine katılmaları en önemli toplumsal gerekliliklerden biridir.

Gruplar ya da bireylerce ileriye sürülen tamamlayıcı öneri veya seçenekler, planlamacıya önemli bir katkı olarak düşünülmelidir. Yerel yönetimler birbirlerinin deneyimlerinden yararlanabilirler. Bu nedenle tüm kullanıma açık kurallardan yararlanarak sürekli bir bilgi alışverişi oluşturmalıdırlar.

Herhangi bir bütünleşik koruma politikasının başarıya ulaşması toplumsal etkenlerin göz önüne alınmasına bağlıdır.

Bir koruma politikası aynı zamanda mimarlık mirasının toplumsal yaşamla bütünleşmesi anlamına da gelir.

Gösterilecek koruma çabası, yalnızca yapıların kültürel değeriyle değil, onların kullanım değeriyle de ölçülmelidir. Bütünleşik korumanın toplumsal sorunları ancak bu iki değerler grubu eş zamanlı olarak ele alınırsa halledilebilir.

Mimarlık mirasının bir bölümünü oluşturan bir yapı kompleksinin iyileştirilmesi, mevcut alt yapı üzerine yeni yapılaşmadan, ya da daha önce gelişmemiş bir alanda yeni bir kompleks yapılmasından daha ucuza gelebilir. Toplumsal sonuçları oldukça farklı olan bu üç çözümün maliyetleri karşılaştırıldığında, toplumsal maliyetleri gözden kaçırmamak önemlidir. Bunlar yalnızca mal sahipleri ve kiracıları değil, o bölgede canlılığı sağlayan ve koruyan zanaatkar, tüccar ve yüklenicileri de ilgilendirir.

Kamu yetkilileri restore edilmiş ve iyileştirilmiş bölgelerdeki sakinlerin artan kiralari ödeyememeleri, orayı terk etmek zorunda bırakılmaları gibi sonuçlar veren serbest piyasa yasalarını önlemek için, düşük maliyetli yerleşmelerde zaten yaptıkları gibi, ekonomik etkenlerin etkisini azaltmak üzere araya girmelidirler. Parasal müdahaleler, kira üst sınırlarının sabitleştirilmesiyle bağlantılı olarak mal sahiplerine yapılacak restorasyon giderleri yardımı ile, eski ve yeni kiralari arasındaki farkı tümüyle, ya da kısmen karşılayacak biçimde kiracılara yapılacak para yardımı arasında bir denge oluşturmayı hedef almalıdır.

Halkın programların hazırlanmasına katılmasına olanak tanımak için, onlara bir yandan korunacak yapıların tarihsel ve mimari değerini anlatarak, diğer yandan da sürekli ve geçici yeniden yerleşme konusunda tüm ayrıntıları vererek durumu anlamaları için gerekli gerçekler ortaya konmalıdır.

Bu katılım en önemlisidir çünkü iş artık birkaç öncelikli yapının restore edilmesi değil bölgelerin tümüyle iyileştirilmesi olayıdır. İnsanların kültürle ilgilenmesini sağlamaya yönelik bu pratik yöntem, hatırı sayılır bir toplumsal yarar getirecektir.

Bütünleşik koruma yasal ve yönetsel önlemler alınmasını gerektirir.

Mimari miras kavramı yavaş yavaş tarihsel tek yapıdan kentsel ve kırsal mimarlık komplekslerine ve daha yakın tarihi mimarlık eserlerine doğru genişletildiği için, yönetsel kaynaklarda bir artışla bağıntılı olarak geniş kapsamlı bir yasal reform yapılması etkili eylemin ön koşulu olmuştur.

Bu reform, bölgesel planlama yasalarını mimarlık mirasının korunması ile ilgili yasalarla birlikte uygulama gerekliliği ile yönlendirilmelidir. Bu sonuncusu (koruma yasaları), mimarlık mirasının ve bütünleşik koruma hedeflerinin yeni bir tanımını getirmelidir.

Bunlara ek olarak, aşağıdaki konulara ilişkin özel işlemler tasarlamak zorundadır:

- Mimari komplekslerin saptanıp, çizimlerinin yapılması
- Koruyucu dış bölgelerin ve bunların içinde geçerli olan ve halkı ilgilendiren kısıtlamaların belirlenmesi
- Bütünleşik koruma şemalarının hazırlanması ve bunların gerektirdiklerinin planlama politikaları içine alınması
- Projelerin onaylanması ve işi yürütmek için yetki alınması.

Bunlara ek olarak, gerekli yasal hazırlıklar yapılarak aşağıdaki maddeler gerçekleştirilmelidir:

- Kentsel planlama için sağlanan bütçe kaynaklarının iyileştirme ve yeni gelişme arasında dengeli olarak paylaştırılacağını garantilemek
- Eski bir yapıyı iyileştirmeye karar veren yurttaşlara en azından yeni yapılaşma için yararlandıkları kadar parasal destek vermek
- Devlet ve kamu yetkililerinin parasal destek sistemini yeni bütünleşik koruma politikasının ışığında yeniden gözden geçirmek.

Yapı yasa, yönetmelik ve kurallarının uygulaması, olabildiğince bütünleşik koruma gerekliliklerini karşılayacak şekilde gevşetilmelidir.

Yetkililerin çalışma kapasitesini arttırmak için yönetimin yapısını yeniden gözden geçirerek kültür mirasından sorumlu departmanların uygun düzeylerde örgütlendiğini ve yeterli sayıda nitelikli personelle gerekli bilimsel, teknik ve parasal kaynakların onların emrine verildiğini garanti altına almak şarttır.

Bu departmanlar yerel yetkililere yardım etmeli, bölge planlama bürolarıyla işbirliği yapmalı ve kamu özel kuruluşlarıyla sürekli ilişki içinde olmalıdırlar.

Bütünleşik koruma uygun parasal araçların varlığını gerektirir.

Tüm ülkelerde uygulanabilecek bir parasal politikayı tanımlamak ya da planlama sürecindeki farklı önlemlerin sonuçlarını değerlendirmek, bunların karşılıklı yankıları nedeniyle zordur.

Dahası, bu sürecin kendisine toplumun güncel yapısından doğan dış etkenler hakimdir.

Her devletin kendi parasal yöntem ve araçlarını gözden geçirmesi uygundur. Yine de Avrupa'da korumaya ayrılmış parasal kaynakları yeterli olan çok az ülke olduğu kesinlikle söylenebilir. Hiçbir Avrupa ülkesinin bir bütünleşik koruma politikasının ekonomik gereklerini yerine getirecek ideal yönetsel işleyişe henüz sahip olmadığı da açıkça ortadadır.

Bütünleşik korumanın ekonomik sorunlarını çözebilmek için şu etken önemlidir: Yeni yapıların çevreleriyle uyum içinde olmalarını sağlayacak bazı hacimsel ve boyutsal (yükseklik, arazi kullanım katsayısı vb.) kısıtlamalar getirecek bir yasa hazırlamak.

Planlama yönetmelikleri, artan yoğunlukları caydırıcı rol oynamalı ve yeni gelişme yerine iyileştirme çalışmalarını özendirmelidir.

Koruma programlarının baskılarından kaynaklanan fazla maliyeti belirleyecek yöntemler gözden geçirilmelidir. Olanak olduğunca, bu restorasyon çalışmasını yürütmek zorunda olan mal sahiplerinin fazla maliyeti (ne fazlasını, ne eksikliğini) karşılayabilmelerine yardım etmek için yeterli kaynaklar bulunmalıdır.

Eğer fazla maliyeti karşılayacak böyle bir yardım sistemi kabul edilirse, tabii ki, bu yararın vergilendirilmeyle azaltılmasına da özen göstermek gerekecektir. Aynı ilke, tarihsel ve mimari önem taşıyan yıpranmış yapı topluluklarına da uygulanmalıdır. Bu toplumsal dengenin yeniden kurulmasını sağlayacaktır.

Yeni yapılara sağlanan para ve vergi kolaylıkları, aynı oranda eski yapıların bakım ve korunumu için de sağlanmalıdır. Daha önce fazla maliyet karşılığında ödenmiş bir yardım varsa tabii ki gösterilecek kolaylık daha az olacaktır.

Yetkililer, yerel yetkililere, ya da kâr amacı gütmeyen kuruluşlara gerekli parayı sağlayarak döner sermayeler kurmalı ve onları özendirmelidir. Bu özellikle, bu cins programların böyle çekici bir mal varlığı karşısındaki yüksek talepten doğan değer artışları yoluyla kısa, ya da uzun vadede kendini finanse edebilir hale gelebileceği bölgelerde uygulanabilir.

Yine de, tüm özel parasal kaynakları özellikle de endüstriden gelenleri teşvik etmek çok önemlidir. Sayısız özel girişim, ulusal ya da yerel düzeydeki yetkililerle birlikte oynayabilecekleri yararlı rolü ortaya koymuştur.

Bütünleşik koruma restorasyon ve iyileştirme yöntem ve teknikleri daha iyi araştırılmalı ve kapsamaları genişletilmelidir.

Önemli tarihi kompleksler için geliştirilmiş olan özel teknikler bundan böyle daha az sanatsal üstünlüğe sahip olan birçok yapı ve komplekste de uygulanmalıdır.

Geleneksel yapı malzemelerinin bulunabilmesi ve geleneksel zanaat ve tekniklerin kullanımının sürdürülmesini garanti altına alacak adımlar atılmalıdır.

Mimarlık mirasının sürekli bakımının yapılması, uzun vadede masraflı iyileştirme işlemlerini önleyecektir.

Her iyileştirme şeması uygulanmaya başlanmadan önce iyice incelenmelidir. Aynı zamanda malzeme ve tekniklerle ilgili kapsamlı bir belge toplama çalışması ve giderlerin bir analizi yapılmalıdır. Bu belgeler toplanıp uygun merkezlerde bulundurulmalıdır.

Koruma için kullanılan yöntem ve tekniklerin bir katalogunu derlemek için araştırmaya girişilmeli, bu amaçla bilimsel kurumlar oluşturulmalı ve bunlar aralarında yakın bir işbirliği içinde bulunmalıdır. Bu katalog hazır bulundurulmalı ve restorasyon ve iyileştirme uygulamalarının düzeyini yükseltmek isteyenlere dağıtılmalıdır.

Nitelikli personel üretmek için daha iyi eğitim programlarına esaslı bir gereksinme vardır. Bu programlar, esnek, çok disiplini kapsayan nitelikte olmalı ve yerinde uygulamaya yönelik deneyim kazanılabilecek kursları da içermelidir.

Bilgi, deneyim ve eğitilen elemanların uluslararası değişimi, tüm ilgili personelin eğitimi için gerekli bir öğedir.

Bu, koruma programları hazırlamak için gerekli planıcı, mimar, teknisyen ve zanaatçı birikimini yaratmaya ve yok olma tehlikesi içinde olan restorasyon çalışmalarına özgü zanaatçıların yaşatılacağını garanti altına almaya yardımcı olmalıdır.

Nitelik kazanma, çalışma koşulları, ücret, iş güvenliği ve toplumsal statü fırsatları, gençlerin restorasyon ve iyileştirme çalışmalarıyla bağlantılı disiplinleri seçip sürdürmelerini sağlayacak kadar çekici olmalıdır.

Bunun yanı sıra, tüm düzeylerdeki eğitim programlarından sorumlu olan yetkililer, gençlerin ilgisini koruma disiplinlerine çekmek için çaba göstermelidirler.

Mimarlar Odası 1989 yıllığından alınmıştır. (Url-4, 2015)

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Tuğçe Tetik

Doğum Tarihi ve Yeri : 26.01.1988, Balıkesir

E-posta : tetiktu@itu.edu.tr, ttetik@nku.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2011, Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
- **Yükseklisans** : 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Deprem Mühendisliği Programı

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR:

Tetik T., Celep Z., 2015, Structural Performance of Sheikh Suleiman Masjid and Its Strengthening, *International Conference on Civil and Environmental Engineering*, May 20-23, 2015 Cappadocia, Turkey