

İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SİLİNDİRİK YIĞMA YAPILARIN NUMERİK
MODELLEMESİ ve LİF TAKVİYELİ
POLİMER İLE TAKVİYE EDİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cumhur COŞGUN

İnşaat Mühendisi

0309020004

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Yapı Mühendisliği

Tez Danışmanı : Yard.Doç.Dr. A.Murat TÜRK

HAZİRAN, 2005

ÖNSÖZ

İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Mühendisliği programında hazırlanan bu yüksek lisans tezinde; Silindirik yığma yapıların lif takviyeli polimer ile takviye edilerek performanslarındaki değişim incelenmiştir.

Yüksek lisans öğrenimim süresince bana her türlü yardımda bulunan ,desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübesinden yararlandığım tez danışmanım Sayın Yard.Doç.Dr. A.Murat TÜRK'e sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmam sırasında bilgi ve tecrübesinden yararlandığım Prof.Dr.Turguz UZEL , Prof.Dr. Akın ÖNALP, Yard.Doç.Dr. Erdal COŞKUN, Dr. Ümit DİKMEN ve Araş.Gör. Özlem İNCE' ye teşekkürü bir borç bilirim.

Yaşamım boyunca maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman üzerimden eksiltmeyen sevgili aileme teşekkür ederim.

Üzerimde büyük emekleri olan ve bu dünyadan ayrılmış olsa da hiçbir zaman unutamayacağım hocam Prof.Dr.Hasan KARATAŞ'ı saygıyla anıyorum.

Haziran, 2005
İstanbul

Cumhur COŞGUN
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	xii
ÖZET	xiv
SUMMARY	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel Tanım	1
1.2. Tez Konusunun Tanımı	2
2. YIĞMA YAPININ TANIMI	3
2.1. Giriş	3
2.2. Yığma Yapıların Yapımında Kullanılan Malzemeler	3
2.2.1. Tuğla	4
2.2.2. Doğal Yapı Taşları	8
2.2.3. Kerpiç	8
2.2.4. Beton Briket	9
2.2.5. Harç	10
2.2.5.1. Harç Karışımları	10
2.2.5.2. Harçların Basınç Dayanımı	11
3. TARİHİ YIĞMA BİNALAR VE DEPREM	12
3.1. Yığma Binaların Deprem Esnasında Davranışları ve Hasar Mekanizmaları	12
3.2. Marmara Bölgesindeki Tarihi Depremler Ve Depremlerin Minareler Üzerindeki Etkileri	15
3.2.1. Eylül 1509 Depremi	15
3.2.2. Mayıs 1556 Depremi	16
3.2.3. 21 Haziran 1648 depremi	16

3.2.4. 2 Eylül 1754 Depremi	16
3.2.5. 22 Mayıs 1766 Depremi	16
3.2.6. 10 Temmuz 1894 Depremi	17
3.3. Yığma Yapıların Mekanik Davranışı	17
4. MİNARENİN YAPISAL İNCELENMESİ	19
4.1. Giriş	20
4.2. Minarenin Geometrik Özellikleri	20
4.3. Yığma Minarelerin İnşası	21
4.3.1. Taş Blokların Minareye Yerleştirilmesi	22
4.4. Dolmabahçe Camisi'nin Minaresinde Yapılan Çalışma	23
4.4.1. Dolmabahçe Camisi'nin Tarihi	25
4.4.2. Minarede Kullanılan Taşın Mekanik Özellikleri	25
4.4.3. Minarede Yapılan Deneysel Çalışmalar	26
4.5. Minarenin Üç Boyutlu Modeli Ve Analizi	27
4.5.1. Modelin Açıklaması	31
4.5.2. Yapılan Analizin Sonuçları	31
4.5.2.1. Sabit Yük Altında	33
4.5.2.2. Z1 Zemin Sınıfı	34
4.5.2.3. Z2 Zemin Sınıfı	36
4.5.2.4. Z3 Zemin Sınıfı	37
4.5.2.5. Z4 Zemin Sınıfı	39
4.5.2.6. JICA Raporundaki Senaryo Depremine Göre....	40
5. MİNARENİN LİF TAKVİYELİ POLİMER MALZEME İLE SARILMASI	42
5.1. Modelin Kalibrasyonu	42
5.1.2 Deney Sonucu	42
5.1.3 Deneyin Bilgisayar Modeli ile Karşılaştırılması	43
5.1.4 Lif Takviyeli Polimer Malzeme'nin Sarım Sayısına Göre Minaredeki Taş Bloklar Üzerindeki Gerilmede Oluşan Değişmeler	49
5.1.4.1. Tek Sarımlı	47
5.1.4.2. Beş Sarımlı	50
5.1.4.3. On Sarımlı	52
5.1.4.4. Yirmi Sarımlı	54

5.1.4.5. Kırk Sarımlı.....	56
5.1.4.6. Altmış Sarımlı	58
5.1.4.7. Seksen Sarımlı.....	60
5.1.4.8. Yüz Sarımlı	62
5.1.4.9. Yüzyirmi Sarımlı.....	64
SONUÇLAR	66
KAYNAKLAR	68
EKLER	70
ÖZGEÇMİŞ	77

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Biçim ve Basınç Dayanımlarına Göre Harman Tuğlası.....	5
Tablo 2.2. Harman Tuğlası Boyutları.....	5
Tablo 2.3. Fabrika Tuğlasının Birim Hacim ağırlığı ve Basınç Dayanımı	7
Tablo 2.4. Fabrika Tuğlası Anma Yükseklikleri ve Biçim Katsayıları.....	7
Tablo 2.5. Doğal Yapı Taşlarının Minimum Basınç ve Eğilmede Çekme Dayanımları.....	8
Tablo 2.6. Kerpiçlerin Sınıflandırılması.....	9
Tablo 2.7. Hacim Olarak Harç Karışımları	11
Tablo 2.8. Harçların Basınç Dayanımlarının sınıflandırılması	11
Tablo 3.1. Tarihi Depremler ve Büyüklükleri.....	15
Tablo 4.1. Maktarali Kireçtaşının Mekanik Özellikleri	26
Tablo 4.2. Minarenin Hesaplanan Doğal Titreşim Periyotları ve Frekansları ...	27
Tablo 4.3. Yerel Zemin Sınıflarının Karakteristik Spektrum Periyotları.....	31
Tablo 4.4. Sabit Yük Altında Temel Kısımındaki Maksimum Gerilme	33
Tablo 4.5. Sabit Yük Altında Daralma Bölgesindeki Maksimum Gerilme	33
Tablo 4.6. Sabit Yük Altında Orta Bölgedeki Maksimum Gerilme.....	34
Tablo 4.7. Z1 Zemin Sınıfına Göre Temel Kısımındaki Maksimum Gerilme	34
Tablo 4.8. Z1 Zemin Sınıfına Göre Daralma Bölgesindeki Maksimum Gerilme	34
Tablo 4.9. Z1 Zemin Sınıfına Orta Bölgedeki Maksimum Gerilme	35
Tablo 4.10. Z2 Zemin Sınıfına Göre Temel Kısımındaki Maksimum Gerilme	36
Tablo 4.11. Z2 Zemin Sınıfına Göre Daralma Bölgesindeki Maksimum Gerilme	36
Tablo 4.12. Z2 Zemin Sınıfına Orta Bölgedeki Maksimum Gerilme	36
Tablo 4.13. Z3 Zemin Sınıfına Göre Temel Kısımındaki Maksimum Gerilme	37
Tablo 4.14. Z3 Zemin Sınıfına Göre Daralma Bölgesindeki Maksimum Gerilme	37
Tablo 4.15. Z3 Zemin Sınıfına Göre Orta Bölgedeki Maksimum Gerilme	38
Tablo 4.16. Z4 Zemin Sınıfına Göre Temel Kısımındaki Maksimum Gerilme	39
Tablo 4.17. Z4 Zemin Sınıfına Göre Daralma Bölgesindeki Maksimum Gerilme	39
Tablo 4.18. Z4 Zemin Sınıfına Göre Orta Bölgedeki Maksimum Gerilme	39

Tablo 4.19	JICA Raporundaki Senaryo Depremine Göre Orta Bölgedeki Maksimum Gerilme.....	40
Tablo 4.20	JICA Raporundaki Senaryo Depremine Göre Orta Bölgedeki Maksimum Gerilme.....	41
Tablo 4.21	JICA Raporundaki Senaryo Depremine Göre Orta Bölgedeki Maksimum Gerilme.....	41
Tablo 5.1.	Lif Takviyeli Polimer Malzemenin Özellikleri.....	46
Tablo 5.2.	Tanımlanan Link Elemanın Özellikleri.....	46
Tablo 5.3.	Bir Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	47
Tablo 5.4.	Bir Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	47
Tablo 5.5.	Bir Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	48
Tablo 5.6.	Bir Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme	48
Tablo 5.7.	Bir Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme	48
Tablo 5.8.	Bir Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme	48
Tablo 5.9.	Bir Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	49
Tablo 5.10.	Bir Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	49
Tablo 5.11.	Bir Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	49
Tablo 5.12.	Beş Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	50
Tablo 5.13.	Beş Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	50
Tablo 5.14.	Beş Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	50
Tablo 5.15.	Beş Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme	50
Tablo 5.16.	Beş Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme	51
Tablo 5.17.	Beş Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme	51
Tablo 5.18.	Beş Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	51

Tablo 5.19.	Beş Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	51
Tablo 5.20.	Beş Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	51
Tablo 5.21.	On Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	52
Tablo 5.22.	On Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	52
Tablo 5.23.	On Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	52
Tablo 5.24.	On Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme	52
Tablo 5.25.	On Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme	53
Tablo 5.26.	On Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme	53
Tablo 5.27.	On Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	53
Tablo 5.28.	On Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	53
Tablo 5.29.	On Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	53
Tablo 5.30.	Yirmi Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	54
Tablo 5.31.	Yirmi Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	54
Tablo 5.32.	Yirmi Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	54
Tablo 5.33.	Yirmi Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme	54
Tablo 5.34.	Yirmi Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme	55
Tablo 5.35.	Yirmi Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme.....	55
Tablo 5.36.	Yirmi Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	55
Tablo 5.37.	Yirmi Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	55

Tablo 5.38.	Yirmi Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	55
Tablo 5.39.	Kırk Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	56
Tablo 5.40.	Kırk Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	56
Tablo 5.41.	Kırk Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	56
Tablo 5.42.	Kırk Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme	56
Tablo 5.43.	Kırk Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme	57
Tablo 5.44.	Kırk Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme.....	57
Tablo 5.45.	Kırk Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	57
Tablo 5.46.	Kırk Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	57
Tablo 5.47.	Kırk Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	57
Tablo 5.48.	Altmış Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	58
Tablo 5.49.	Altmış Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	58
Tablo 5.50.	Altmış Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	58
Tablo 5.51.	Altmış Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme.....	58
Tablo 5.52.	Altmış Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme.....	59
Tablo 5.53.	Altmış Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme.....	59
Tablo 5.54.	Altmış Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	59
Tablo 5.55.	Altmış Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	59

Tablo 5.56.	Altmış Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	59
Tablo 5.57.	Seksen Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	60
Tablo 5.58.	Seksen Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	60
Tablo 5.59.	Seksen Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	60
Tablo 5.60.	Seksen Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme.....	60
Tablo 5.61.	Seksen Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme.....	61
Tablo 5.62.	Seksen Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme.....	61
Tablo 5.63.	Seksen Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	61
Tablo 5.64.	Seksen Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	61
Tablo 5.65.	Seksen Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	61
Tablo 5.66.	Yüz Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	62
Tablo 5.67.	Yüz Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	62
Tablo 5.68.	Yüz Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	62
Tablo 5.69.	Yüz Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme	62
Tablo 5.70.	Yüz Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme	63
Tablo 5.71.	Yüz Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme.....	63
Tablo 5.72.	Yüz Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	63
Tablo 5.73.	Yüz Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	63

Tablo 5.74.	Yüz Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	63
Tablo 5.75.	Yüzyirmi Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	64
Tablo 5.76.	Yüzyirmi Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	64
Tablo 5.77.	Yüzyirmi Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme.....	64
Tablo 5.78.	Yüzyirmi Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme.....	64
Tablo 5.79.	Yüzyirmi Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme.....	65
Tablo 5.80.	Yüzyirmi Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme.....	65
Tablo 5.81.	Yüzyirmi Sarımlı Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	65
Tablo 5.82.	Yüzyirmi Sarımlı Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	65
Tablo 5.83.	Yüzyirmi Sarımlı JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Bölgesindeki gerilme.....	65

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.2. Deprem Yönüne Göre Yığma Bir Yapıda Meydana Gelen Çatlaklar	14
Şekil 4.1. Örnek Bir Minarenin Ana Bileşenleri	20
Şekil 4.2. Örnek Bir Minarenin Kesiti	21
Şekil 4.3. Taşları Bağlamada Kullanılan Kelepçe.....	23
Şekil 4.4. Ankraj Demiri	23
Şekil 4.5. Dolmabahçe Camisinin Minaresi	24
Şekil 4.6. Minarenin 1., 2., 3., ve 4. doğal titreşim salınımları	28
Şekil 4.7. Minarenin Frekansı	29
Şekil 4.8. Kuzey-Güney Yönünde Ölçülen Time History Örneği	29
Şekil 4.9. Minarenin Sap2000 programında oluşturulan sonlu eleman modeli	30
Şekil 4.10. Z1 Zemin Sınıfı Davranış Spektrumu	31
Şekil 4.11. Z2 Zemin Sınıfı Davranış Spektrumu	32
Şekil 4.12. Z3 Zemin Sınıfı Davranış Spektrumu	32
Şekil 4.13. Z4 Zemin Sınıfı Davranış Spektrumu	32
Şekil 4.14. JICA Raporunda tanımlı davranış spektrumu	32
Şekil 4.15. Kabuk elemandaki gerilme eksenleri	33
Şekil 4.16. Z1 Zemin Sınıfına Göre Minaredeki Gerilmeler	35
Şekil 4.17. Z2 Zemin Sınıfına Göre Minaredeki Gerilmeler	37
Şekil 4.18. Z3 Zemin Sınıfına Göre Minaredeki Gerilmeler	38
Şekil 4.19. Z4 Zemin Sınıfına Göre Minaredeki Gerilmeler	40
Şekil 5.1. Deneysel silindirik numune	42
Şekil 5.2. Kalibrasyon Modeli.....	43
Şekil 5.3. Kalibrasyon modelinin yaptığı deplasman.....	44
Şekil 5.4. Lif Takviyeli Polimer Malzeme ile Sarılı Bölge.....	46
Şekil 5.5. Lif Takviyeli Polimer Malzeme ile Sarılı Bölge Bileşenleri	47
Şekil E1. Minarenin Boyutları	71
Şekil E2. Minarenin A-A Kesiti ve Boyutları.....	72
Şekil E3. Minarenin B-B Kesiti ve Boyutları	73

Şekil E4.	Minarenin C-C Kesiti ve Boyutları	74
Şekil E5.	Minarenin D-D Kesiti ve Boyutları.....	75
Şekil E6.	Dolmabahçe camisinin genel görünüşü	76
Şekil E7.	Minarenin görünüşü	76

SİLİNDİRİK YIĞMA YAPILARIN NUMERİK MODELLEMESİ ve LİF TAKVİYELİ POLİMER İLE TAKVİYE EDİLMESİ

ÖZET

Bu yüksek lisans tezinin amacı; yüksek silindirik yığma yapıların lif takviyeli polimer (Fiber Reinforced Polymer) malzemesi ile güçlendirilerek silindirik yüksek yığma yapıların performansındaki değişime bakmaktır.

Birinci bölümde; yapılan çalışmanın genel tanımı yapılmıştır.

İkinci bölümde; yığma yapının tanımı yapılmıştır.

Üçüncü bölümde; yığma yapılarda kullanılan malzemeler, tarihi depremlerin yığma yapılar üzerindeki etkileri, marmara bölgesindeki tarihi depremler ve bu depremlerin minareler üzerindeki etkilerine değinilmiştir. Ayrıca deprem etkisi altındaki yığma yapının davranışı ve yığma yapıların mekanik özellikleri açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde; yüksek silindirik yapılardan olan minarelerin yapısal incelemesi, minarelerin geometrik özellikleri ve inşaatının nasıl yapıldığı anlatılmaktadır.

Dolmabahçe camisi'nin minaresi üzerinde yapılan deneysel çalışma, caminin tarihi ve camide kullanılan taşın mekanik özellikleri hakkında bilgi verilmiştir.

Minarenin üç boyutlu analizi SAP2000 programı kullanılarak oluşturulmuş ve minarenin modal analizi yapılarak periyodu bulunup daha önceden minare üzerinde yapılan testlerle karşılaştırılmıştır. Yapılan bilgisayar modelinin açıklaması yapılmış ve Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmelikte tanımlı yerel zemin

sınıflarının özel tasarım ivme spektrumu kullanılarak analizin sonuçları zemin sınıflarına göre tablolanmış sonuçlar irdelenmiştir.

Beşinci bölümde; minare lif takviyeli polimer malzeme ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmeden önce yapılan bilgisayar modeli deney ile kalibre edilmiştir.

SUMMARY

The aim of this master thesis is to look at the change of the cylindrical high masonry structures performance after they are strengthened by the fiber reinforced polymer material.

In the first section, general definition of the working was made.

In the second section, definition of the masonry structure was made.

In the third section, materials used in masonry structures, the effects of historical earthquakes on the masonry structures, historical earthquakes and their effects on the minarets, the behaviours and mechanical properties of this masonry structures were described.

In the fourth section, structural examination of the minarets which are of high cylindrical structures, geometric properties of minarets and how their buildings were made, were described.

Information about the experimental working studied on the minaret of Dolmabahçe Mosque, the history of the mosque and the mechanical properties of the stone used in the mosque were given.

Three dimensional analysis of the minaret was made by using SAP2000 and the period of the minaret was found by making modal analysis and the comparison was made with the experimental studied on the minaret before.

The computer modelling description was made and the results of the analysis that are prepared according to the ground classes were examined by using private design

acceleration spectrum of the local ground classes which are identified in the Turkish Seismic code.

1. GİRİŞ

1.1. Genel Tanım

Deprem, Türkiye'nin en önemli, üzerinde durulması gereken sorunlarından biridir. Türkiye topraklarının yarıya yakını ile ülke nüfusunun üçte ikisi 1. ve 2. derece deprem kuşağında yaşıyor olması ve son 13 yılda yaşadığımız 1992 Erzincan, 1995 Dinar, 1998 Ceyhan ve 1999 Marmara depremleri bunu gözönüne sermektedir.

Ülkemizin dünyanın en yaşlı kara parçasının üzerinde bulunuyor olması birçok tarihi yapının depreme karşı korunması sonucunu da beraberinde getirmektedir. Bu tarihi yapıların analizi mühendisler için yapımda kullanılan malzemenin karmaşık yapıda olmasından dolayı her zaman zorluk arz etmiştir.

Yığma binalar dünyadaki yapı stoğunun önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Gelecekte de özellikle gelişmekte olan ülkelerde yerel malzeme avantajları yapım kolaylıkları ve ekonomik nedenlerden dolayı bu paylarını sürdüreceklerdir.

Yapıların dinamik testleri ve yapı analizi programları alanında meydana gelen gelişmelerden sonra yapılan çalışmalar, yığma yapıların mekanik davranışı hakkında kayda değer sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Bu tip çalışmalar sadece bu yapıların korunması açısından önem taşımayıp, geçmişte meydana gelen yer hareketleri hakkında birtakım öngörüler yapılmasını sağlamıştır.

Bu çalışmada yığma silindirik tarihi yapıların dinamik davranışı incelenmiş ve depreme karşı lif takviyeli polimer malzemesi ile güçlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda İstanbul Beşiktaş'taki Dolmabahçe Camisi'nin minaresi üzerinde çalışılmıştır. Daha önceden Dolmabahçe camisi'nin minaresi üzerinde yapılmış dinamik deney sonuçları kullanılarak minarenin numerik modeli SAP2000 programı kullanılarak oluşturulmuş

çeşitli zemin davranışlarına göre dinamik davranışı incelenmiş ve minare lif takviyeli polimer malzeme ile depreme karşı güçlendirilerek performansı incelenmiştir.

1.2. Tez Konusunun Tanımı

Bu tezde silindirik yığma yapıların lif takviyeli polimer malzeme ile takviye edilmesi amaçlanmıştır. Bunun için tarihi yığma Dolmabahçe Camisi'nin minaresi'nin sonlu elemanlar modeli SAP2000 programında yapılmıştır.

Yapılan analizde öncelikle minarenin kendi ağırlığı altındaki oluşan gerilmelerine bakılmıştır. Daha sonra Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar hakkındaki yönetmelikte [7] tanımlı yerel zemin sınıflarının tasarım ivme spektrumları kullanılarak analizler yapılmıştır. Bu analizler sonucunda minarede oluşan gerilmelere bakılmış, sonuçlar tablo halinde sunulmuştur. Gerilmeler incelenmiş, gerilmelerin yüksek çıktığı yerler lif takviyeli polimer malzeme ile takviye edilerek minaredeki performans değişimlerine bakılmıştır.

Bu tezin amacı Dolmabahçe Camisi'nin minaresinin olası İstanbul depreminde nasıl davranacağını saptamak ve minare takviye edilmesi gerekiyorsa lif takviyeli polimer malzemenin davranışa katkısını gözlemektir.

2.YIĞMA YAPININ TANIMI

2.1. Giriş

Tüm yapının kendi ağırlığından doğan düşey yüklerin, rüzgar ve deprem gibi yatay yüklerin alınarak temele, oradanda zemine iletilmesini genel olarak basınç gerilmeleri altında kalarak sağlayan yapı türüdür.

Türk Standardı TS 2510 Kargir Duvarlar Hesap ve Yapım Kurallarında kargir duvar ve ona bağlı olarak yığma kargir yapı için şu tanım yapılmaktadır; Kargir duvar; doğal taşların veya tuğla, beton biriket, kireç kumtaşı, gazbeton blok vb. yapay taşların, kireç, çimento vb. bir mineral bağlayıcı ile yapılmış harç kullanılarak örülmesi yoluyla oluşturulan yapı elemanıdır.

Yığma kargir yapı, taşıyıcı duvarları yığma duvar tarifine uyan ve döşemeleri betonarme veya betonarmenin verdiği kadar yatay rijitlik sağlayan başka bir tip döşeme olan yapıdır.

2.2. Yığma Yapıların Yapımında Kullanılan Malzemeler

Yığma yapılarda geleneksel yöntemlerle ya da fabrikalarda doğal yada yapay malzemelerden üretilen elemanlar kullanılır. Bu elemanları bağlamak için kireç, çimento, kum, su ve diğer katkı maddelerinin karıştırılmasıyla elde edilen harç bağlayıcı olarak kullanılır.

Yığma yapı malzemelerinin mekanik davranışlarını önceden kestirmek zordur. Bu nedenle herhangi bir yığma yapı malzemesini önceden yapılan deneylerle karşılaştırmak gerekir. Yığma yapının karmaşıklığından dolayı, yapıyı oluşturan malzemelerin kendisine özgü bir standardı veya yönetmeliği olması gerekir. Özellikle yığma yapının inşaa aşamasında bütün elemanların dayanımlarının, yapı ağırlığının ve deprem

kuvvetlerinin hesaplanmış olması ve malzeme bileşenlerinin mekanik özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

Yığma yapı malzemeleri sayısal doğrulama kabullerine pek uymazlar. Bu nedenle yetersiz ve güvensiz sonuçlar elde edilebilir.

Yığma yapılarda gereksinimleri karşılamak için yığma yapı tipleri, yapım kuralları ve malzemeyi belirten standart veya yönetmelikler vardır[7]. Bunlardan biri EUROCODE 6 (Design of Masonry Structures) dir. Ülkemizde ise Türk Standartları Enstitüsü (TS 2510 Kargir Duvarlar Hesap ve Yapım Kuralları) dir[4]. Malzeme standartları olarak da Türk Standartları enstitüsü TS704 Duvarlar için harman tuğlası[1], TS 705 Duvarlar için dolu ve delikli fabrika tuğlası[2], TS 2513 Doğal yapı taşları[3], TS 2514 Kerpiç blok ve yapım kuralları, TS 2848 Kargir duvar harçları standartları vardır.

Genel olarak yığma binalarda kullanılan doğal taşlar, harman tuğlası, fabrika tuğlası, briket, kerpiç ve harçlarla ilgili Türk standardında verilen tanımlar belirtilmiştir.

2.2.1. Tuğla

İlgili Yönetmeliklere Göre Yığma yapılarda kullanılan iki tip tuğla tanımlanmıştır[1, 2] ;

- 1- Harman Tuğlası
- 2- Fabrika Tuğlası

Harman Tuğlası

Harman tuğlası kil, killi toprak ve balçığın ayrı ayrı veya birlikte yoğrulup gerektiğinde su, kum, öğütülmüş tuğla ve kiremit tozu ve benzeri ile karıştırılıp şekillendirildikten sonra kurutulup ocaklarda pişirilmesi yolu ile elde edilen ve duvar yapımında kullanılan bir malzemedir.

Harman Tuğlasının Sınıflandırılması

Harman tuğlaları basınç dayanımlarına ve biçimlerine göre iki şekilde sınıflandırılırlar;

Basınç Dayanımlarına Göre Harman Tuğlalar

- Orta Dayanımlı Harman Tuğlası
- Az Dayanımlı Harman Tuğlası

Biçimlerine Göre Harman Tuğlaları

- Dolu Harman Tuğlası (DOHT)
- Delikli Harman Tuğlası (DEHT)

Sınıflar		Tuğlanın Sembolü	Ortalama Max Hacim Ağırlığı (kg/dm ³)	Ortalama Min Basınç Dayanımı (kg/cm ²)	Min Basınç Dayanımı (kg/cm ²)
Dolu Harman Tuğlası	Orta Dayanımlı	DOHT/50	Sınırlanmamıştır	50	40
	Az Dayanımlı	DOHT/30	Sınırlanmamıştır	30	25
Delikli Harman Tuğlası	Orta Dayanımlı	DEHT/50	1,40	50	40
	Az Dayanımlı	DEHT/30	1,40	30	25

Tablo 2.1. Biçim ve Basınç Dayanımlarına Göre Harman Tuğlası

Boyutlar (mm)		Toleranslar(mm)
Uzunluk	190	+6
		-13
Genişlik	90	+4
		-5
Yükseklik	50	+3
		-2

Tablo 2.2.Harman Tuğla Boyutları

Fabrika Tuğlası

Fabrika tuğlası kil, killi toprak ve balçığın ayrı ayrı veya harman edilip, gerektiğinde su, kum, oğütölmüş tuğla ve kiremit tozu, kül ve benzerleri karıştırılarak makinalarla şekillendirildikten ve kurutulduktan sonra fırınlarda pişirilmesi ile elde edilen ve duvar yapımında kullanılan bir malzemedir.

Fabrika Tuğlasının Sınıflandırılması

Fabrika tuğlaları delik oranlarına ve dona dayanıklılıklarına göre iki şekilde sınıflandırılırlar.

Delik oranlarına göre üç sınıfa ayrılır ;

- Dolu Tuğla
- Seyrek Delikli Tuğla
- Az Delikli Tuğla

Dona dayanıklılıklarına göre iki sınıfa ayrılır ;

- Dona dayanıklı tuğla (Cephe Tuğlası)
- Dona dayanıksız tuğla

Fabrika Tuğlasının Basınç Dayanımları

Fabrika tuğlasının basınç dayanımı bir çok nedene bağlıdır;

- a) Yapıldığı toprağın cimsi
- b) Porozitesi
- c) Pişirilme Isısı
- d) Üretim Biçimine
- e) Kenarlarının Biçimine
- f) Yükleme Yönüne

Tuğla Sınıfı	Hacim Ağırlığı kg/m ³	Delik Oranı %	Tuğla Sembolleri	Ortalama Basınç Dayanımı kg/cm ²
Dolu Tuğla	2.000	15%	2.0/240	240
			2.0/180	180
			2.0/120	120
	1.800	15%	1.8/220	220
			1.8/150	150
			1.8/100	100
Seyrek Delikli Tuğla	1.600	20%	1.6/220	220
			1.6/150	150
			1.6/100	100
	1.400	25%	1.4/200	200
			1.4/120	120
			1.4/80	80
Az Delikli Tuğla	1.200	35%	1.2/150	150
			1.2/100	100
			1.2/60	60

Tablo 2.3. Fabrika tuğlasının birim hacim ağırlığı ve basınç dayanımı

Fabrika tuğlasının basınç dayanımı TS705'e göre uygun olarak hazırlanan numunenin kırılmasına neden olan P_k yükü A_0 yükleme alanına bölünerek aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$f_b = \frac{P_k}{A_0} \cdot k \quad (2.1)$$

burada;

f_b = Tuğlanın basınç dayanımı(kg/cm²)

P_k = Kırılma anındaki yük (kg)

A_0 = Tuğlanın basınç uygulanan yüzünün alanı (cm²)

k = Tuğlanın biçim katsayısı

Tuğla Anma Yüksekliği (mm)	Biçim Katsayısı (k)
135 ≥	1.00
185	1.10
235	1.25

Tablo 2.4. Fabrika tuğlası anma yükseklikleri ve biçim katsayıları

2.2.2 Doğal Yapı Taşları

Doğal yapı taşı, doğada mevcut taş ocaklarından çıkarılan, homojen, atmosfer etkilerine dayanıklı, petrografik ve teknolojik özellikleri bakımından yapı işlerinde kullanılmaya elverişli taştır [3].

Yığma binaların yapımında kullanılacak doğal taşlar ocak taşı olmalı ve bünyesinde çatlak kısımlar ve hava etkisi ile ayrılmış veya ayrılmaya başlamış kısımlar bulunmamalıdır. Taşların, elde edildikleri ocağın açık yüzeyine yakın yerlerden çıkarılmış olanlarının, hava etkileri ayrılmış, bozulmuş veya rengi değişmiş kısımları, taş ocağında iken temizlenmeli ve yapı yerine getirilmiş olan taşların hiçbir yerinde bu şekilde bozulmuş, ayrılmış veya renk değiştirmiş kısımların bulunmaması sağlanmalıdır [4].

Doğal yapı taşlarının cinslerine göre TS 2513 de verilen minimum basınç ve eğilmede çekme dayanımları ;

Taşın Cinsi	Minimum Basınç Dayanımı (kg/cm²)	Eğilmede Minimum Çekme Dayanımı (kg/cm²)
Kalker, traverten, kireç bağlayıcılı kumtaşı	350	30
Yoğun kalker, dolomit, bazalt	500	40
Silis bağlayıcılı kumtaşı, grovak	800	60
Granit, siyenit, diorit, melafiz, diabaz, andezit	1200	75
Diğer tortul ve metamorfik taşlar	500	50
Diğer püskürük taşlar	1400	80

Tablo 2.5. Doğal yapı taşlarının minimum basınç ve eğilmede çekme dayanımları

2.2.3 Kerpiç

Kırsal bölgelerde yapılan yapılar genelde kerpiçten yapılmaktadır. Kerpiç bloklar, killi ve uygun nitelikte toprağın içine saman veya diğer bitkisel lifler vb. veya saz türünden bitkiler, kaba ot, kenevir lifleri, saman, kuru funda, çam iğneleri, ağaç dalları, testere ve rende talaşları ve benzeri katkı maddeleri karıştırılıp, su ile yoğurulup kalıplara

dökülerek şekillendirmek ve açık havada kurutulmak suretiyle elde edilen ürünlerdir. Kerpiç blokları boyutlarına göre, ana ve kuzu diye adlandırılırlar.

Sınıf	Boyutlar (cm)	Hacim (dm ³)	Yaklaşık Ağırlık (kg)
I	12x19x40	9.12	10-12(kuzu)
II	12x30x40	14.40	15-25(ana)
III	12x18x30	6.48	7-11(kuzu)
IV	12x25x30	9.00	10-15(ana)

Tablo 2.6. Kerpiçlerin Sınıflandırılması

Kerpiğin basınç dayanımı;

$$\sigma_k = \frac{P_{\max}}{A} \quad (2.2)$$

Burada;

P_{\max} = Kırılma yükü (kg)

A = Numunenin basınç uygulanan alanı (cm²)

σ_k = Kerpiğin basınç dayanımı (kg/cm²)

Yapılan deneyler sonucunda kerpiğin basınç dayanımı 8 kg/cm² 'den az ve ölçülen numunelerin ortalaması 10 kg/cm², den az olmamalıdır.

2.2.4 Beton Briket

Duvar yapımında kullanılmak üzere tabii veya suni agregalar ile çimento, su ve gerektiğinde katkı maddeleri kullanılarak yapılmış, anma yüksekliği en az 135mm olan beton malzemedir [5].

Beton briketin sınıflandırılması;

- Dolu briket
- Boşluklu briket

2.2.5 Harç

Yığılma yapılarında, taşıyıcı duvarları oluşturan elemanları (taş, tuğla vb.) birbirine bağlayan malzemeye harç denir.

Duvar harcı, harç kumu ile bağlayıcı olarak çimento, kireç hamuru, söndürülmüş toz kireç, harç çimentosunun ayrı ayrı veya bir kaçı bir arada kullanılarak ve yeteri kadar su ve gerektiğinde katkı maddeleri ile karıştırılarak elde edilen ve duvarların örülmesinde kullanılan yapı malzemesidir.

Harçların sınıflandırılması

Harçlar basınç dayanımlarına göre;

- A sınıfı harç
- B sınıfı harç
- C sınıfı harç
- D sınıfı harç
- E sınıfı harç

olmak üzere beş sınıfa ayrılırlar.

2.2.5.1. Harç karışımları

Duvar harcı karışımlarında, harç grubuna göre gerekli agrega ve bağlayıcı miktarları hacim olarak aşağıdaki çizelgede verilen değerlere uygun olmalıdır. Harcın kullanılacağı yere ve koşullara uygun kıvamda olabilmesini sağlayacak miktarda su katılmalı, özel hal ve gerekler dışında yerleştirildiği derzden akıp giderek derzi kısmen boş bırakacak kadar akıcı olmayan ve kolay işlenebilen plastik bir kıvam gerçekleştirilmelidir.

Harç Sınıfı	Tip No	Kum	Çimento	Harç Çimentosu	Kireç Hamuru	Toz Kireç
		1,3 t/m ³ (Birim hacim ağırlığı)	1,2 t/m ³ (Birim hacim ağırlığı)	1 t/m ³ (Birim hacim ağırlığı)	1,3 t/m ³ (Birim hacim ağırlığı)	0,6 t/m ³ (Birim hacim ağırlığı)
A	-	3	1	-	-	-
B	1	4	1	-	-	-
	2	4	1	0,5	-	-
	3	4	1	-	-	0,5
	4	4	1	-	-	1
C	1	7-9	1	2	-	-
	2	5	1	-	-	-
	3	5	1	-	1	-
D	1	6-8	1	-	2	-
	2	6-8	1	-	-	3
	3	2-3	-	1	-	-
E	-	3	-	-	1	-

Tablo 2.7. Hacim olarak harç karışımları

2.2.5.2. Harçların basınç dayanımı

Sarsma tablası deneyinde %110±5 oranında bir yayılma oluşturacak kıvamdaki harç üzerinde TS 2848’de tarif edilen basınç dayanımı deneyi uygulandığında bulunacak sonuç harç sınıfları için aşağıda verilen değerlere uygun olmalıdır.

Harç Sınıfı	Minimum Basınç Dayanım kg/cm ²
A	150
B	110
C	50
D	20
E	5

Tablo 2.8. Harçların basınç dayanımlarının sınıflandırılması

3. TARİHİ YIĞMA BİNALAR VE DEPREM

Geçmiş dönemlere bakıldığında varlığını sürdüren tarihi binaların çok güçlü depremler geçirdiği görülmektedir. Buna rağmen bu binalar o eski durumlarını korumaktadırlar. Bu binalar üzerinde yapılan incelemeler, yığma yapı yapım tekniğinin eski yıllardan beri geliştiğini göstermektedir.

Birtakım teorik altyapı olsa da, bugün tarihi yapıların iyileştirilmesinde çağdaş hesaplama teknikleri kullanıldığı için tarihi binalar gerçek eski konumları gibi iyileştirme yapılabilmektedirler. Öte yandan tarihi yapının ilk durumunun korunmasına dikkat edilmelidir. Gerçek düşünce, tarihi yapının gelebilecek yüklere karşı ayakta durmasını sağlamak olmalıdır.

Bütün yapılan değişiklikler gerçek projeyi koruma düşüncesinde olmalıdır. Bu nedenle yapılan değişikliklerin iyice ve dikkatli düşünülmesi gerekir [6].

3.1. Yığma Yapıların Depremler Esnasında Davranışları ve Hasar Mekanizmaları

Geçmişte tarihi binaların dışında yığma, el sanatları malzemesi olarak kullanılırdı. Yığma yapılar gelenek, görenek ve deneyimler esas alınarak inşaa edilmişlerdir. Taşıyıcı duvarlar, büyük açıklıkları geçmek için kemerler kullanılmıştır. Hesap tekniklerinin gelişmesiyle depreme dayanıklı yapılar yapılmaya başlandı.

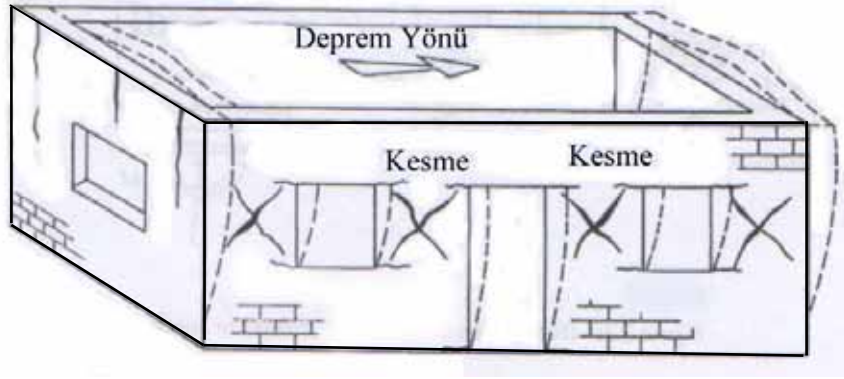
Hazır malzemeler, iklim ve fonksiyonel gereksinimler, bilimin gelişmesi, farklı ülkelerde geleneksel yöntemlere özgü değişik yığma yapı çeşitlerini ortaya çıkarmıştır. Yığma yapılar kullanılan malzemeye göre, yapısal sisteme göre ve yapıların kullanım biçimlerine göre sınıflandırılırlar.

Türkiye topraklarının büyük çoğunluğu deprem riski taşımaktadır ve bu bölgelerde çok sayıda tarihi yığma yapı vardır. Bunlar genelde kerpiç, doğal taş veya tuğladan yapılmışlardır

Tarihi tuğla yığma yapılarla , taş yığma yapılar oldukça birbirlerine benzerler. Yapılar genelde düzensizdirler. Ahşap döşeme tuğla , kubbe şeklinde ortadan çelik kirişler geçirilerek yapılırlar(Volta döşeme). Yapının duvar kalınlıkları plandaki duvar dağılımları ve döşemeler yönetmeliklerde tanımlanmıştır.

Tarihi yığma yapılara bakıldığında köşelerden ve duvar birleşimlerinden çatladığı görülmektedir. Bazen duvarlarda ayrılma ve boyuna çatlaklıklar meydana gelir. Bazı zamanlar bu yapılarda plan düzenli, malzeme kaliteli birleşimler iyi olsada duvarda diyagonal çatlaklar, dağılımlar ve çok büyük göçmeler olur.

Yığma yapılarda tüm duvarlar taşıyıcı özelliğe sahip olduğu için duvarlarda oluşacak hasarlar tüm yapının taşıyıcı sistemini etkileyecektir. Bu yapılarda hasar oluşmasının başlıca nedenlerinin başında zemin oturmaları ve depremler gelmektedir. Yukarıda belirttiğim gibi yapıların yapımlarında yönetmeliklere uyulmadığı için depremde çok ciddi can ve mal kaybı meydana gelir. Depermler sonrası yapılan incelemelerde yığma yapıların hasar nedenleri ; yığma yapı ağır olduğu için gelen deprem kuvvetinin fazla olması, taşıyıcı elemanların gevrek olması, birleşim noktalarının iyi çözülmemiş olması(Çatının duvara bağlanması, döşemenin duvara bağlanması, iki ayrı duvarın kesişen köşelerinin iyi düzenlenmemiş olması), duvar elemanlarını birbirine bağlayan harcın yeterli çekme mukavemetine sahip olmaması, duvarlarda gereğinden fazla kapı ve pencere boşluğunun bulunması, yapı elemanlarının(taş, tuğla vb.) yeterli mukavemete sahip olmamaları, kullanılan harcın yapı elemanları arasındaki boşlukları tam olarak doldurulması gibi nedenler sıralanabilir.



Şekil 3.2. Deprem yönüne göre yığma bir yapıda meydana gelen çatlaklar

Deprem sırasında, yatay yüke maruz kalan yığma yapı kritik bölgelerden başlayarak çatlak ve göçer. Şekil 3.1.2’de gelen deprem yönüne göre kritik bölgelerde meydana gelen çatlaklar görülmektedir[6].

Deprem yönüyle aynı doğrultuya sahip olan duvarda x şeklinde kesme çatlakları, pencere ve kapı boşluklarına isabet eden yerlerde 45 derece açı ile çatlaklar oluşacaktır. Deprem yönüne dik doğrultuda olan duvarda, diğer duvarla birleşim bölgesinde, yine boşluklara isabet eden noktalarda düşey doğrultuda çatlaklar oluşmuştur. Yığma duvarlarda yatay yük etkisinde iki tür kırılma söz konusudur. Bunlar kesme(kayma) kırılması ve basınç kırılmasıdır. Kesme kırılmasında harç dayanımı tuğla dayanımından düşük olduğu zaman harç ile tuğla arasındaki aderansın kaybolması ile tuğlalar arasındaki derzlerde meydana gelen çatlaklar ile başlar. Basınç kırılmasında tuğlanın dayanımı harç dayanımından düşüktür ve kırılma tuğlaları kesen çatlaklar ile başlar.

3.2. Marmara Bölgesindeki Tarihi Depremler ve Depremlerin Minareler Üzerindeki Etkileri

Bu bölümde İstanbulda meydana gelen büyük tarihi depremleri ve bu depremlerin minareler üzerinde yapmış oldukları etkiler verilecektir[8-9].

<i>Tarihi Depremler</i>	<i>Büyüklikleri (Ms)</i>
10.09.1509	7.2
10.05.1556	7.2
25.05.1719	7.4
02.09.1754	6.8
22.05.1766	7.1
05.08.1766	7.4
10.07.1894	7.3
09.08.1912	7.3
17.08.1999	7.8

Tablo 3.1. Tarihi Depremler ve Büyüklikleri

3.2.1. Eylül 1509 Depremi

Deprem Marmara denizinde meydana gelen ve çok büyük yıkıma sebep olan en büyük depremdir. Çok büyük bir alanda hissedilmiştir. Bolu'dan Edirne'ye kadar geniş bir bölgede olmuştur. Fakat en büyük hasar İstanbul'da olmuştur. Depremde yaklaşık bin ev yıkılmış, yaklaşık beşbin insan hayatını kaybetmiş ve yaklaşık onbin insan yaralanmıştır.

İstanbul civarında yüzdokuz adet cami yıkılmıştır. Ayasofya zarar görmemiş fakat İstanbul'un fethinden sonra ilave edilen minaresi yıkılmıştır. Fatih Sultan Mehmet Camisi(Fatih Camisi) zarar görmüştür. Büyük kolon başları çatlamış ve caminin ana kubbesi çok ağır hasar almıştır. Ayrıca caminin her iki minareside yıkılmıştır. Sultan Beyazıt camisinin minareleride yıkılmış, Davut Paşa camisinin minaresinin üst kısmı yıkılmıştır.

3.2.2. Mayıs 1556 Depremi

Marmara denizinin doğusunda meydana gelen bu deprem ağır hasar neden olmuş ve çok insan hayatını kaybetmiştir. İstanbul ve Bursada camiler, evler ve şehiri çevreleyen surların duvarları yıkılmıştır. Ayasofya ve Fatih camileri bu depremde de hasar almışlardır. Osmanlı araştırmacılarına göre bu depremde de birçok minare yıkılmıştır. Fakat kaynaklar bu konu hakkında dikkate değer bilgi vermemektedir.

3.2.3. 21 Haziran 1648 Depremi

Osmanlı araştırmacılarına göre çatılar, duvarlar çökmüş, eski binalar çok ciddi hasarlar almıştır. Yabancı araştırmacılara göre şehir içindeki yıkımın boyutu daha fazladır. Yazar Marmara depreminin Cuma günü olduğunu ve yaklaşık dörtbin insanın Sultan Murad camisinde dua ettiğini yazmaktadır. Ayasofya'nın dört minaresinin, kiliselerin ve evlerin yıkıldığını yazmıştır. Ayrıca şehir çok büyük su sıkıntısına girmiştir.

3.2.4. 2 Eylül 1754 Depremi

Fatih camisinin sundurma kubbesi yıkılmış ve caminin ana kubbesi çok ağır hasar almıştır. Sultan Beyazıt camisinin kubbeleri çatlamış, Küçük Ayasofya camisi çok ağır hasar almıştır. Yedi adet küçük caminin minareleri yıkılmıştır.

3.2.5. 22 Mayıs 1766 Depremi

Marmara denizinin doğusunda meydana gelen bu yıkıcı deprem çok büyük alanı etkilemiştir. İzmit'ten Tekirdağ'a kadar olan alanı, Trakya'nın kuzeyini ve Marmara'nın güneyine kadar olan alanı etkilemiştir.

İstanbuldaki birçok ev, kamu binaları yıkılmıştır. Depremden dolayı oluşan deniz dalgaları İstanbul Boğazı'ndan Mudanya körfezine kadar olan bölgeyi çok olumsuz etkilemiştir. Elde bulunan en yakın veriye göre bu depremde İstanbulda sekizyüzelli kişi ölmüştür. Fakat bu rakam sonradan yapılan düzeltmeye göre beşbin dir. Bu depremi Ağustosdaki deprem takip etmiştir. Oluşan bu ikinci deprem bir öncekinin dört katı

büyüklüğündedir. Bu depremin merkezüstü Marmara'nın batısıdır. Bu iki depremin kayıtları önceki depremlerden çok daha önemli, ayrıntılı bilgiler vermiştir.

Tarihi yapılar bu depremlerden ayrı ayrı etkilenmişlerdir fakat Fatih Camisi ve camiye ait olan yapılar daha farklı etkilenmiştir. Fatih camisi tamamen yıkılmıştır. Sultan Ahmet Camisi'nin minaresi düşmüştür. Mihrimah, Eyüp, Beyazıt ve Atik Ali Paşa camilerinin minareleri yıkılmıştır.

3.2.6. 10 Temmuz 1894 Depremi

Bu deprem 17 Ağustos 1999 depreminden önce Marmara denizinde oluşan son büyük depremdir. Sultan II Abdülhamit depremden sonra D.Egnitis (Atina Rasathanesi Müdürü) başkanlığında özel araştırma ekibi kurar. Bu ekibin hazırlamış olduğu rapor günümüzdeki deprem verilerinin en büyüğünü oluşturmaktadır. Deprem en fazla Çatalca ve Adapazarı arasını etkilemiştir. Bu bantın genişliği doğu-batı yönünde 175km, kuzey-güney yönünde 40 km'dir. İstanbulda Heybeli ada, Kınalıada, Büyükkada ve sur içi bölgesi en ağır hasarları alan yerlerdir. Kapalıçarşı tamamen yıkılmıştır.

Edirnekapıdaki Mihrimah Camisi, Topkapıdaki Karaahmet Camisi, Azapkapısındaki Sokullu Mehmet Paşa ve İmrahor camileri tamamen yıkıldı. Zindankapıdaki Ahi Çelebi camisinin kubbesi, Fatih'de bulunan Bali Paşa camisi ve Haseki'de yer alan Haseki Sultan camisi yıkıldı. Sultanahmet'de bulunan Uzun Sucaattin camisinin minaresi, Aksarayda bulunan Valide camisi Saraçhanedeki Mimar İlyas ve Niasanca camilerinin minareleri yıkılmıştır. Bundan başka Fatih camisinin iki minaresi tekrar yıkıldı. Çok sayıda küçük camilerin minareleri yıkılmıştır [8-9].

3.3. Yığma Yapıların Mekanik Davranışı

Birinci aşamada, yapının taşıyıcı sisteminin tanımlanması gerekir (kemer, kubbe, sütun). Genellikle betonarme yapılarda kirişler ve kolonlar duvarların içine gizlenirler. Bu yer kazanımının yanında duvarlarında sisteme dahil edilmesiyle yapının taşıma kapasitesi artırılmış olur. Benzer şekilde yığma binalarla çalışırken kemer, kubbe veya başka yığma yapılarda rijitlik ve dayanım kapasitesi daha yüksek olur. Bu elemanlar doğru modellenmeli ve yığmanın sisteme kattığı katkı unutulmamalıdır.

Yığmanın mekanik davranış özellikleri hatırlanırsa [8];

- Yığmanın mekanik davranışı homojen değildir
- Yığma izotropik malzeme olarak göz önüne alınmamalıdır
- Çekme dayanımı hesaba katılmalıdır. (Özellikle uzun süreli yüklemelerde)
- Basınç dayanımı kırılğan bir karakteristik gösterir (örneğin akma yok)
- Çekme kuvveti altındaki davranışı çoğunlukla sünektir.
- Mekanik davranışı lineer elastik değildir [8].

4. MİNARELERİN YAPISAL İNCELENMESİ

4.1. Giriş

17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremlerinde sadece binalar değil, çok sayıda minare ve camide hasar görmüş ve yıkılmıştır. Benzer yapılar geçmiş büyük depremlerde de yıkılmış ve ağır hasar almışlardır. 1556, 1894 ve 1964 Türkiye depremlerinde bunlara benzer hasarlar ve yıkımlar olmuştur. 1556 depreminden sonra birçok cami ve minarelerin yıkıldığı veya ağır hasar aldıkları, 1894 İstanbul depreminde 69 minarenin ağır hasar aldığı ve bunların 30 unun yıkıldığı, 1964 depreminde 20 minarenin yıkıldığı rapor edilmiştir.

17 Ağustos 1999 ve 12 Kasım 1999 depremlerinden sonra yapılan incelemeler, minarelerin hasar görme ve yıkılma nedenleri hakkında daha gerçekçi bilgiler vermiştir.

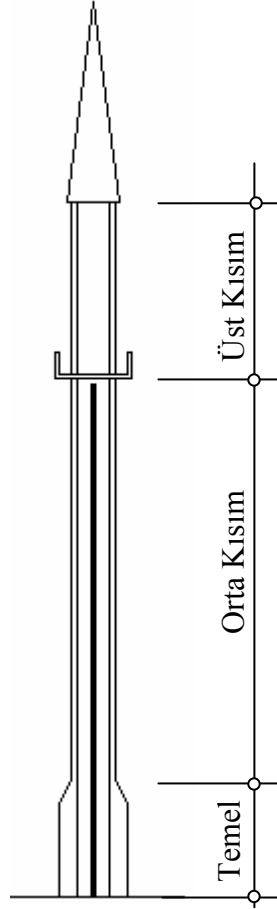
Minareler silindirik yüksek yapılardır ve dinamik özellikleri diğer yapılardan ayrılmaktadır. Ülkemizde özellikle İstanbul'da bulunan minarelerle ilgili çok az sayıda dinamik davranışla ilgili çalışma mevcuttur.

Literatür eksikliğinden dolayı bu minarelerin depreme karşı güçlendirilmesi ile ilgili bilgi birikimi oluşmamıştır.

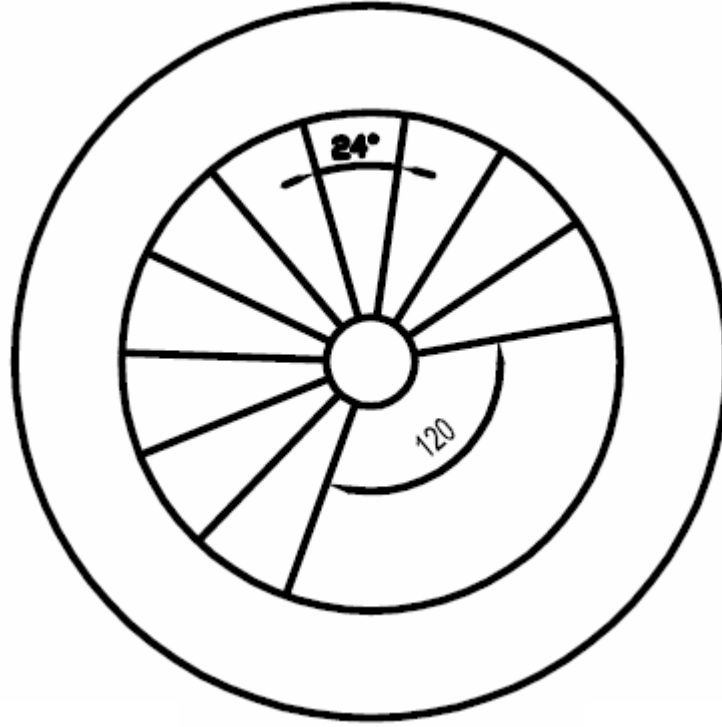
4.2. Minarenin Geometrik Özellikleri

Genellikle yığmataş minare üç ana parçadan oluşur.(Şekil 4.1) Minarenin iç çapı minarenin duvar kalınlığı değişmediği sürece minare boyunca aynıdır.

Temel çok kalın taş bloklardan inşa edilir ve camiye duvarla bağlanır. Cami duvarının üstündeki minare bölümleri narin konsol gibi çalışır. Minarenin alt kısmı duvar, merdiven ve minarenin çekirdeğinden oluşur. Minarenin duvar kalınlıkları yukarıya çıkıldıkça azalır. Minarenin üst kısmı boştur. Buranın kalınlığı, dış yarıçapı uzunluk boyunca değişmez ve ölçüleri orta kısma göre daha küçüktür [8].



Şekil 4.1. Örnek Bir Minarenin Ana Bileşenleri



Şekil 4.2. Örnek Bir Minarenin Kesiti

4.3. Yığma Minarelerin İnşası

Yığma yapı malzemesinin çekme mukavemeti çok az olduğu hatta olmadığı kabul edilebilir. Bu yığma yapılar için özellikle narin yapılarda minare veya kule tipi yapılarda büyük yanal deprem kuvvetlerinde çok büyük problem yaratır.

16.yy. ın başlarında, 1509 depreminden sonra Osmanlılar yüksek minarelerde blok taşları lamalar ile tutturmaya başlamışlardır. Bu yöntem o döneme özgü çelik takviye uygulamasıdır. Basit olarak blok taşlar yatay ve düşey doğrultuda demir ile birbirlerine bağlanırdı. Daha önceden bu sistemin yerine geleneksel harç kullanılırdı. Bu sistem rüzgar ve deprem yüklerine karşı minarelerin çekme mukavemetini artırmıştır. Bu yeniliğe bağlı bir diğer yenilik ise taş blokların arasına kurşun dökülmesidir. Bunun sebebi de konulan çelik çubukların paslanmasının önüne geçmektir [8].

4.3.1. Taş Blokların Minareye Yerleştirilmesi

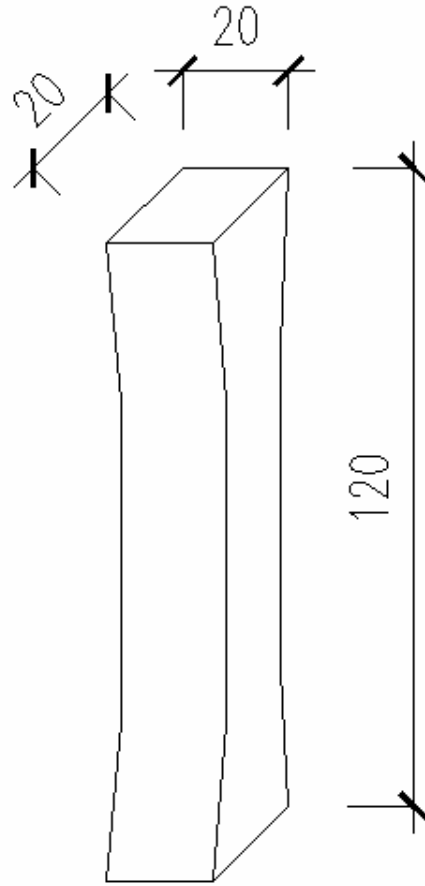
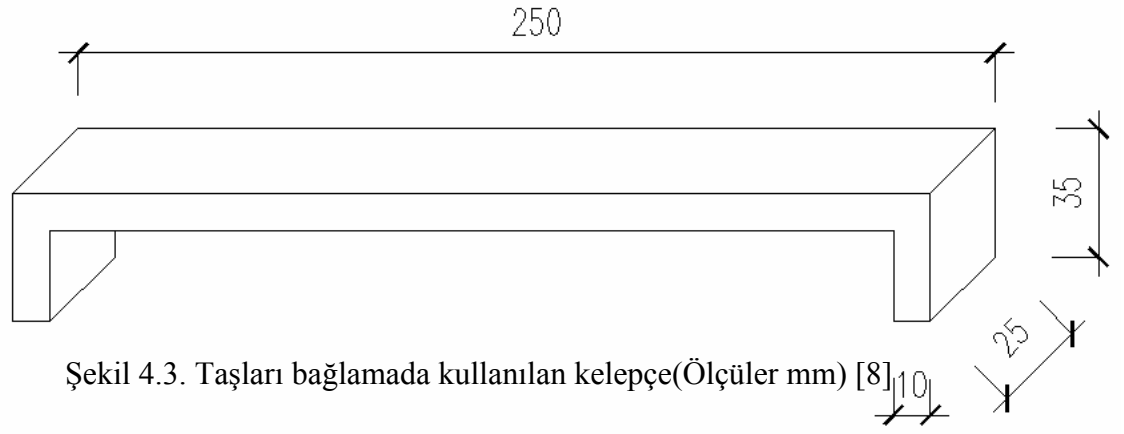
Taş blokların minareye yerleştirilmesi kendine özgü bir yöntemle yapılır. Herhangi bir bloğun bağlantısı, altı adet birleşik blok, iki tane kelepçe ve dört tane demir ile yapılır.

Ankraj delikleri işçiler tarafından inşaat alanında dikdörtgen şeklinde $4 \times 4 \times 6 \text{cm}^3$ olarak açılırlar (Delik derinliği, 6cm). Delikler birbirlerine çapraz olacak şekilde açılırlar. İşçiler birbirine bitişik blokların yerlerini ona göre ayarlarlar. Bununla birlikte kelepçe, ankraj delikleri taş bloğun dış çevre köşelerinden, bloğun iç yüzünden kapatılırlar.

Merdivenlerin yerleştirilmesinde deliklere iki tane demir konur ve paslanmayı önlemek için araları taşın üst yüzeyinden kursun ile doldurulur. Kursun taşın alt yüzeyine geçer. İkinci adım olarak taş ters döndürülür ve duvara monte edilir. Taş, işçiler tarafından deliklere denk gelecek şekilde yerleştirilir. Bu delikler eritilmiş kursun ile duvarın iç yüzeyinden açılmış deliklerden doldurulur. Birinci ve ikinci merdivenler çember boyunca tekrar eder. Bütün bloklar kelepçe içine yerleştirilirler ve kelepçe ile bağlanırlar. Delikler kursun ile doldurulup sabitleştirilir. Kelepçeler taş blokların içine gömülür böylelikle taş bloklar arasında düzgün bir yüzey elde edilmiş olur.

Son adım olarak taş ve yapı arasında kalan boşluklara çimento şerbeti enjekte edilir. Merdiven blokları aynı şekilde duvara bağlanır ve çekirdek kısmındaki lamalarla bağlanır.

Sonuç olarak minarenin bütün merdivenleri bu adımlar tekrar edilerek yapılır. Yapımdan da anlaşıldığı gibi aşamalar çok zaman almaktadır. Bu nedenle günde sadece sekiz veya dokuz blok konulabilmektedir [8].



4.4. Dolmabahçe Camisi'nin Minaresinde Yapılan Çalışma

Son yıllarda yapılan çalışmalar eleştirisel anlamda çok önemli olmaya başlamıştır. Bunların sonucunda bilimdeki pratik uygulama seviyesi, sanat tarihi, koruma ve güçlendirme, mühendisliğin görüş noktasını oluşturmuştur.

Diğer taraftan bu çalışmalar yer hareketlerinin karakterinin bulunmasında çok faydalı olmuştur. Yapılan bu analizlerde yeterli olan yapı, geometrisi ve mekanik özellikleri hakkında iyi sonuçlar vermiştir.

Bu çalışmada Dolmabahçe camisi'nin minaresi üzerinde çalışılmıştır [8]. Minare 1894 depremini hasar görmeden atlatmıştır.



Şekil 4.5. Dolmabahçe camisi'nin minaresi

4.4.1. Dolmabahçe Camisinin Tarihi

Dolmabahçe camisi Dolmabahçe sarayı ile birlikte yapılmıştır. Cami İstanbul boğazı üzerinde ve Dolmabahçe sarayının güneyindedir. Caminin yapımını ilk önce Sultan Abdülmecid'in annesi Bezmialem Valide Sultan üstlenmiş fakat onun ölümü nedeniyle camiyi Sultan Abdülmecid tamamlamıştır. Mimar Garabet Balyan camiyi 1855'te tamamlamıştır.

Caminin isminin Dolmabahçe olmasının nedeni caminin dolgu zemin üzerine oturmasıdır. Bu zaman süresince sahil şeridi yazlık saraylar, konaklar ve villarla süslenmiştir. Caminin doğu ve batı yönüne iki adet minare yapılmıştır. Cami barok ve rokoko sanatlarıyla süslenmiştir. Yapı hakkında arşivlerden daha fazla elde etmek pek mümkün değildir. Minarenin yapım tekniği daha önceki bölümde açıklanan yapım tekniği ile aynıdır.

Her iki minare aynı yöne bakmaktadır. Doğu yönüne bakan minarenin en üst kısmı 1992 yılında, batı yönündeki minare örnek alınarak tekrar yapılmıştır. Bu çalışmada batı yönündeki minare ele alınmıştır [8].

4.4.2. Minarede Kullanılan Taşın Mekanik Özellikleri

Dolmabahçe kompleksi içinde bulunan bütün yapılarda Maktarali kireçtaşı kullanılmıştır. Dolmabahçe sarayının restorasyonu süresince eski yapılardan temin edilen taşlar üzerinde birçok deneyler yapılmıştır. İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi tarafından Mart 2000 de yayınlanan rapora göre Maktarali kireçtaşının mekanik özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir(Tablo 4.1) [8].

<i>Fiziksel Özellikleri</i>	<i>Max</i>	<i>Min</i>	<i>Ortalama</i>
Kuru Yoğunluğu (kN/m^3)	24,90	23,00	23,90
Yaş Yoğunluğu (kN/m^3)	25,30	23,70	24,50
Basınç Mukavemeti (MPa)	19,27	12,30	16,78
Çekme Mukavemeti (MPa)	0,95	0,88	0,90
Elastisite Modülü (GPa)	7,36	4,30	5,84

Poisson Oranı (ν)=0,24

Tablo 4.1. Maktarali kireçtaşının mekanik özellikleri [8]

4.4.3. Minarede Yapılan Deneysel Çalışmalar

Yapının dinamik davranışını karakterize eden deneysel çalışmalar çevresel titreşimler (özellikle rüzgar yükü) kullanılarak yapılmıştır. Test süresince iki farklı deney düzeneği kullanılmıştır. İlk deneyde algılayıcıların frekansı 1Hz ile 100Hz arasında ayarlanmış fakat yapının frekansı 1Hz'in altında çıktığından veri alınamamıştır. Bunun sonucunda daha hassas ölçüm yapan 0,1Hz ile 100Hz algılayıcılar getirilmiştir [8].

Algılayıcılar minarenin galeri boşluğuna ve alt kısımdaki havalandırma deliğine yerleştirilmiştir. Alınan ölçümler zemine kurulan test düzeneğinde toplanmıştır. Yapının etrafında aşırı trafik olmasından dolayı alınan veriler filtrelenmiştir. Yapının birinci doğal titreşim frekansı 0,88 Hz olarak bulunmuştur ve birinci doğal titreşim periyodu 1,136sn olarak ölçülmüştür [8].

4.5. Minarenin Üç Boyutlu Modeli Ve Analizi

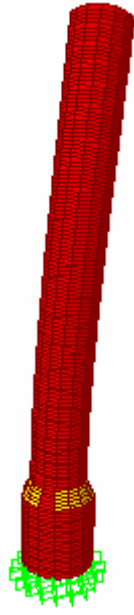
Minare için oluşturulan sonlu elemanlar modelinin analizi, SAP2000 [10] programı kullanılarak yapılmıştır. Malzeme lineer elastik olarak modellenmiştir. Minarenin dış duvarı ve içindeki merdivenler üç ve dört nodlu kabuk eleman olarak modellenmiştir. Kabuk elemanların bütün düğüm noktaları altı serbestlik derecesine sahiptir. Kütlelerin kabuk elemanlara katkısı düğüm noktasının bir elemanı kabulü ile yapılmıştır. Özdeğer vektörü analizi sönümsüz serbest titreşim mod şekilleri ve sistemin frekansı ile hesaplanmıştır. Bu doğal mod yapının davranışının anlaşılmasını sağlamıştır. Modlar 1'den n'e kadar tanımlanabilir ve program tarafından bulunabilirler. Yapılan analiz sonucunda minarenin birinci doğal titreşim periyodu 1,018 sn olarak bulunmuştur.

	Periyot	Frekans(V)	CircFreq(W)	Özel Değerler
Mod Sayısı	Sn	Cyc/sn	rad/sn	rad2/sn2
1	1,018193	0,98213	6,1709	38,08
2	1,018153	0,98217	6,1712	38,083
3	0,18547	5,3917	33,877	1147,7
4	0,185445	5,3924	33,882	1148
5	0,142988	6,9936	43,942	1930,9
6	0,096327	10,381	65,228	4254,6
7	0,078035	12,815	80,517	6483
8	0,078027	12,816	80,525	6484,3
9	0,048455	20,638	129,67	16814
10	0,048436	20,646	129,72	16827
11	0,047925	20,866	131,1	17188
12	0,039803	25,123	157,86	24918

Tablo 4.2. Minare'nin hesaplanan doğal titreşim periyotları ve frekansları

$$f = \frac{1}{T} \Rightarrow 0,88 = \frac{1}{T} \Rightarrow T = 1,13sn \quad (4.1)$$

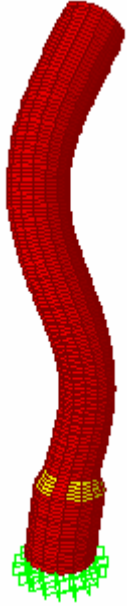
Minare üzerinde yapılan titreşim ölçümü deneyinde minarenin birinci doğal titreşim periyodu 1,13sn olarak bulunmuştur [8].



1.Mod $T=1,018193sn$



2.Mod $T=1,018153sn$

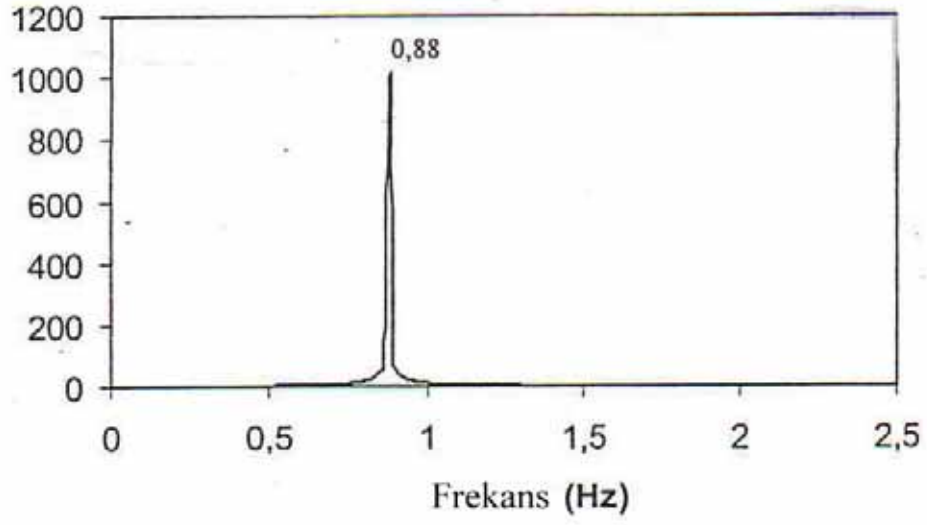


3.Mod $T=0,18547sn$

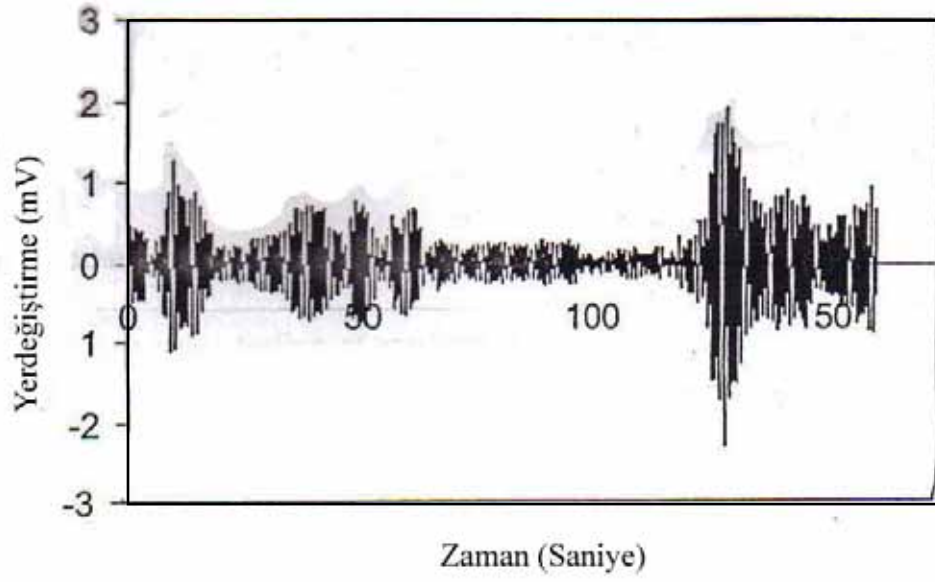


4.Mod $T=0,18544sn$

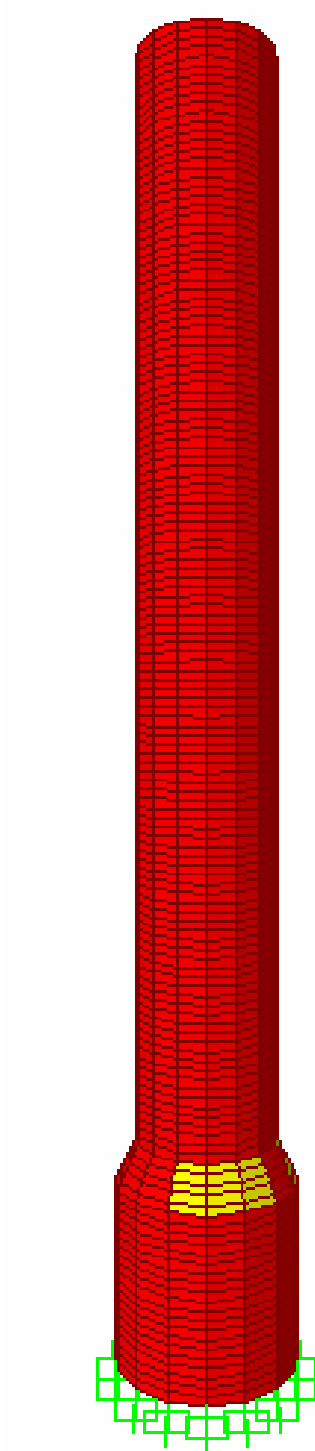
Şekil 4.6. Minarenin 1., 2., 3. ve 4. doğal titreşim salınımları



Şekil 4.7. Minarenin frekansı [8].



Şekil 4.8. Kuzey-güney yönünde yerinde ölçülen time history örneği [8].



Şekil 4.9. Minarenin Sap2000 programında oluşturulan sonlu eleman modeli

4.5.1. Modelin Açıklaması

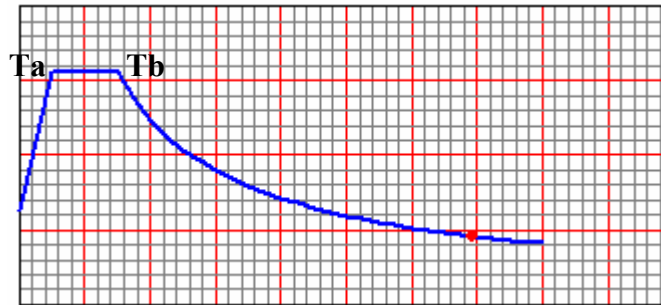
Minarenin temeli sekizgen olarak ve duvarları dört nodlu kabuk eleman olarak modellenmiştir. Minarenin duvarları 30 cm ile başlayıp her 2m de 1 cm azalarak minarenin en üstünde 21 cm ye inmiştir. Merdivenler yine 24 derece açıyla kabuk eleman olarak modellenmiştir. Modelde Maktarali kireçtaşının kuru yoğunluğu kullanılmıştır [8].

4.5.2. Yapılan Analizin Sonuçları

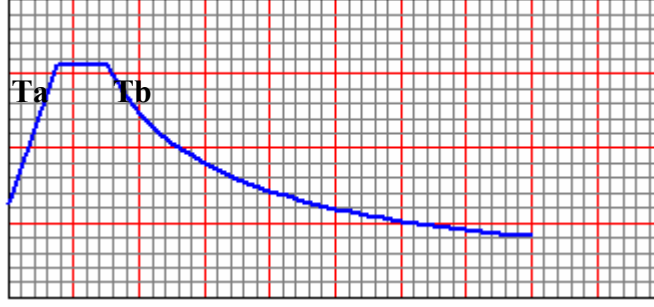
Minare Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki yönetmelikte tanımlı yerel zemin sınıflarının özel tasarım ivme spektrumu kullanılarak analizler yapılmıştır.

<i>Yerel Zemin Sınıfı</i>	T_A (saniye)	T_B (saniye)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

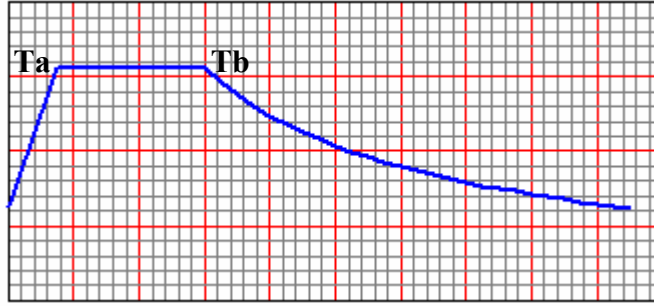
Tablo 4.3. Yerel zemin sınıflarının karakteristik spektrum periyotları[7].



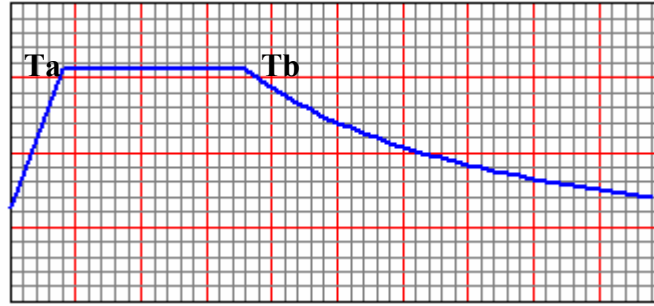
Şekil 4.10. Z1 zemin sınıfı davranış spektrumu ($T_a=0,10sn - T_b=0,30sn$) [7].



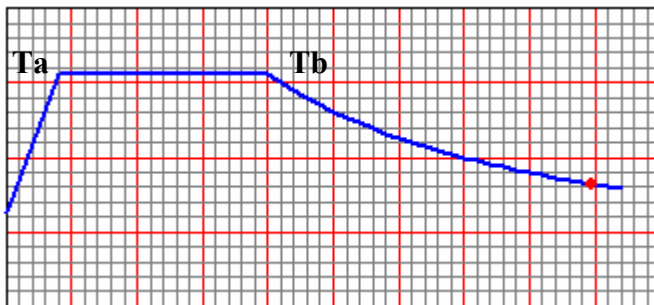
Şekil 4.11. Z2 zemin sınıfı davranış spekrumu ($T_a=0,15sn - T_b=0,40sn$) [7].



Şekil 4.12. Z3 zemin sınıfı davranış spekrumu ($T_a=0,15sn - T_b=0,60sn$) [7].

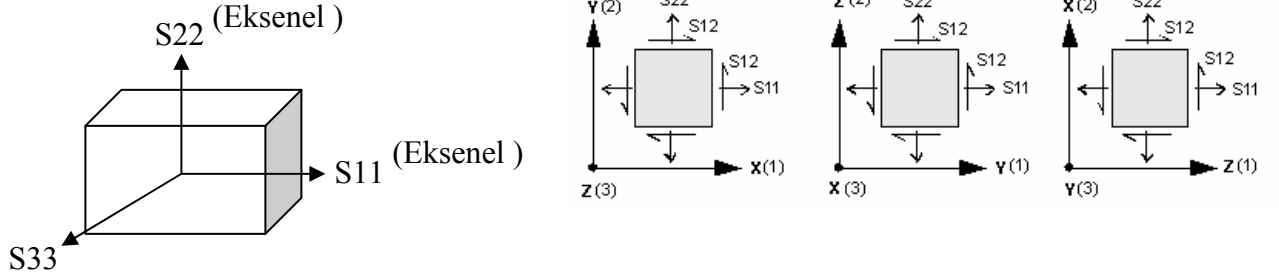


Şekil 4.13. Z4 zemin sınıfı davranış spekrumu ($T_a=0,20sn - T_b=0,90sn$) [7].



Şekil 4.14. JICA Raporunda Cami lokasyonuna tanımlı davranış spekrumu ($T_a=0,10sn - T_b=1sn$) [11].

Gerilmenin yüksek olduğu değerler, temel kısmından, daralma bölgesinden ve orta kısımdan alınarak bir eleman üzerindeki gerilmeler zemin sınıflarına göre aşağıda tablolar halinde verilmiştir.



Şekil 4.15. Kabuk elemandaki gerilme eksenleri [10].

4.5.2.1. Sabit Yük Altında

Kabuk Eleman Numarası	S11 Eksenel (Yatay Çekme Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)		S22 Eksenel (Düşey Basınç Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)	
970	0,003724	0,95	√	0,294	16,78	√
970	0,005353	0,95	√	0,295	16,78	√
970	0,003613	0,95	√	0,288	16,78	√
970	0,003816	0,95	√	0,293	16,78	√

$$\sigma_{\text{taş-basınç}} = 16,78 \text{MPa} \geq \sigma_{\text{analiz}} = 0,295 \text{MPa}$$

$$\sigma_{\text{taş-çekme}} = 0,95 \text{MPa} \geq \sigma_{\text{analiz}} = 0,005 \text{MPa}$$

Tablo 4.4. Temel kısmındaki maksimum gerilmeler

Kabuk Eleman Numarası	S11 Eksenel (Yatay Çekme Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)		S22 Eksenel (Düşey Basınç Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)	
1386	0,138	0,95	√	0,840	16,78	√
1386	0,136	0,95	√	0,501	16,78	√
1386	0,139	0,95	√	0,513	16,78	√
1386	0,137	0,95	√	0,833	16,78	√

$$\sigma_{\text{taş-basınç}} = 16,78 \text{MPa} \geq \sigma_{\text{analiz}} = 0,840 \text{MPa}$$

$$\sigma_{\text{taş-çekme}} = 0,95 \geq \sigma_{\text{analiz}} = 0,139 \text{MPa}$$

Tablo 4.5. Daralma Bölgesindeki gerilmeler

Kabuk Eleman Numarası	S11 Eksenel (Yatay Çekme Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)		S22 Eksenel (Düşey Basınç Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)	
629	0,159	0,95	√	0,561	16,78	√
629	0,139	0,95	√	0,555	16,78	√
629	0,111	0,95	√	0,608	16,78	√
629	0,076	0,95	√	0,375	16,78	√

$$\sigma_{\text{taş-bastas}} = 16,78MPa \geq \sigma_{\text{analiz}} = 0,608MPa$$

$$\sigma_{\text{taş-çekme}} = 0,95MPa \geq \sigma_{\text{analiz}} = 0,15MPa$$

Tablo 4.6. Orta bölgedeki gerilmeler

4.5.2.2. Z1 zemin sınıfı

Kabuk Eleman Numarası	S11 Eksenel (Yatay Çekme Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)		S22 Eksenel (Düşey Basınç Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)	
970	1.015	0,95	x	0,469	16,78	√
970	0,902	0,95	√	0,357	16,78	√
970	0,885	0,95	√	0,220	16,78	√
970	0,947	0,95	√	0,293	16,78	√

$$\sigma_{\text{taş-bastas}} = 16,78MPa \geq \sigma_{\text{analiz}} = 0,47MPa$$

$$\sigma_{\text{taş-çekme}} = 0,95MPa \leq \sigma_{\text{analiz}} = 1,015MPa$$

Tablo 4.7. Temel kısmındaki maksimum gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 Eksenel (Yatay Çekme Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)		S22 Eksenel (Düşey Basınç Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)	
1386	0,821	0,95	√	5,076	16,78	√
1386	0,691	0,95	√	3,178	16,78	√
1386	0,710	0,95	√	3,157	16,78	√
1386	0,840	0,95	√	5,085	16,78	√

$$\sigma_{\text{taş-bastas}} = 16,78MPa \geq \sigma_{\text{analiz}} = 5,076MPa$$

$$\sigma_{\text{taş-çekme}} = 0,95MPa \geq \sigma_{\text{analiz}} = 0,82MPa$$

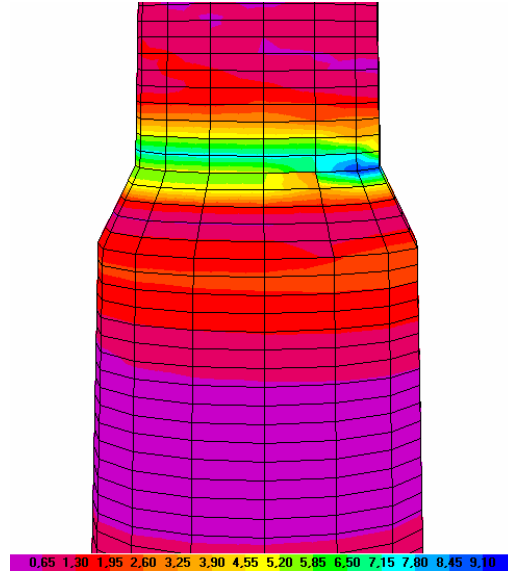
Tablo 4.8. Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 Eksenal (Yatay Çekme Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)		S22 Eksenal (Düşey Basınç Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)	
629	3,742	0,95	x .	11,388	16,78	√
629	3,725	0,95	x .	11,504	16,78	√
629	2,938	0,95	x .	8,207	16,78	√
629	3,028	0,95	x .	8,304	16,78	√

$$\sigma_{\text{taş-bastas}} = 16,78\text{MPa} \geq \sigma_{\text{analiz}} = 11,504\text{MPa}$$

$$\sigma_{\text{taş-cekme}} = 0,95\text{MPa} \leq \sigma_{\text{analiz}} = 3,94\text{MPa}$$

Tablo 4.9. Orta bölgedeki gerilme



(Renkler mordan maviye MPa cinsinden gerime artışını göstermektedir)

Şekil 4.16. Z1 Zemine göre minaredeki gerilmeler

4.5.2.3. Z2 zemin sınıfı

Kabuk Eleman Numarası	S11 Eksenel (Yatay Çekme Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)		S22 Eksenel (Düşey Basınç Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)
970	1,014	0,95	x	0,468	16,78
970	0,901	0,95	√	0,356	16,78
970	0,885	0,95	√	0,218	16,78
970	0,946	0,95	√	0,288	16,78

$$\sigma_{\text{taş-basias}} = 16,78MPa \geq \sigma_{\text{analiz}} = 0,468MPa$$

$$\sigma_{\text{taş-çekme}} = 0,95MPa \leq \sigma_{\text{analiz}} = 1,014MPa$$

Tablo 4.10. Temel kısmındaki maksimum gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 Eksenel (Yatay Çekme Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)		S22 Eksenel (Düşey Basınç Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)
1386	0,820	0,95	√	5,075	16,78
1386	0,691	0,95	√	3,178	16,78
1386	0,710	0,95	√	3,157	16,78
1386	0,840	0,95	√	5,048	16,78

$$\sigma_{\text{taş-basias}} = 16,78MPa \geq \sigma_{\text{analiz}} = 5,075MPa$$

$$\sigma_{\text{taş-çekme}} = 0,95MPa \geq \sigma_{\text{analiz}} = 0,840MPa$$

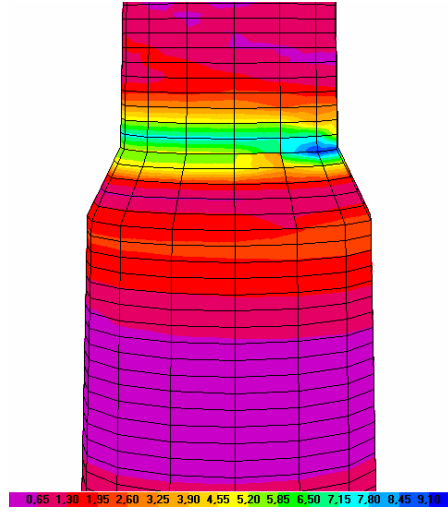
Tablo 4.11. Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 Eksenel (Yatay Çekme Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)		S22 Eksenel (Düşey Basınç Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)
629	3,742	0,95	x	11,387	16,78
629	3,725	0,95	x	11,503	16,78
629	2,938	0,95	x	8,207	16,78
629	3,028	0,95	x	8,304	16,78

$$\sigma_{\text{taş-basias}} = 16,78MPa \geq \sigma_{\text{analiz}} = 11,503MPa$$

$$\sigma_{\text{taş-çekme}} = 0,95MPa \leq \sigma_{\text{analiz}} = 3,74MPa$$

Tablo 4.12. Orta bölgedeki gerilme



(Renkler mordan maviye MPa cinsinden gerime artışını göstermektedir)
Şekil 4.17. Z2 Zemine göre minaredeki gerilmeler

4.5.2.4. Z3 zemin sınıfı

Kabuk Eleman Numarası	S11 Eksenel (Yatay Çekme Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)		S22 Eksenel (Düşey Basınç Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)	
970	1,730	0,95	x	0,798	16,78	√
970	1,546	0,95	x	0,592	16,78	√
970	1,515	0,95	x	0,357	16,78	√
970	1,618	0,95	x	0,451	16,78	√

$$\sigma_{\text{taş-basias}} = 16,78\text{MPa} \geq \sigma_{\text{analiz}} = 0.798\text{MPa}$$

$$\sigma_{\text{taş-cekme}} = 0,95\text{MPa} \leq \sigma_{\text{analiz}} = 1,730\text{MPa}$$

Tablo 4.13. Temel kısmındaki maksimum gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 Eksenel (Yatay Çekme Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)		S22 Eksenel (Düşey Basınç Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)	
1386	5,561	0,95	x	16,51	16,78	√
1386	3,167	0,95	x	8,428	16,78	√
1386	3,179	0,95	x	8,682	16,78	√
1386	5,704	0,95	x	16,848	16,78	x

$$\sigma_{\text{taş-basias}} = 16,78\text{MPa} \leq \sigma_{\text{analiz}} = 16,848\text{MPa}$$

$$\sigma_{\text{taş-cekme}} = 0,95\text{MPa} \leq \sigma_{\text{analiz}} = 5,704\text{MPa}$$

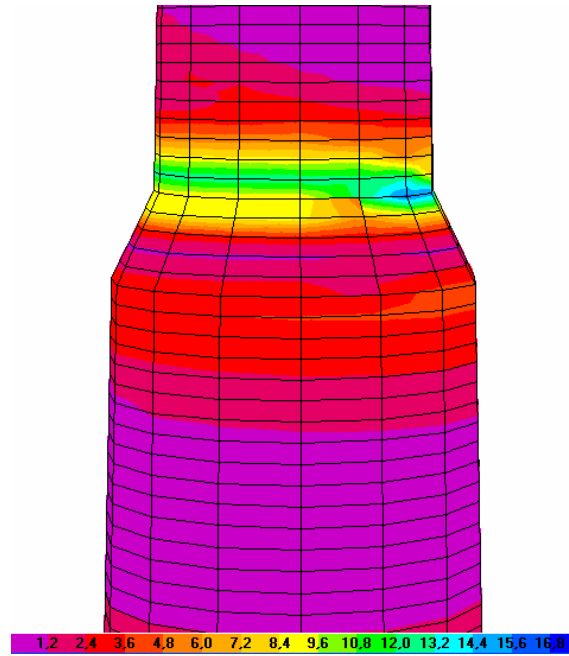
Tablo 4.14. Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 Eksenal (Yatay Çekme Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)		S22 Eksenal (Düşey Basınç Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)	
629	6,455	0,95	x	19,645	16,78	x
629	6,426	0,95	x	19,846	16,78	x
629	5,067	0,95	x	14,151	16,78	√
629	5,220	0,95	x	14,317	16,78	√

$$\sigma_{\text{taş-basias}} = 16,78 \text{MPa} \leq \sigma_{\text{analiz}} = 19,85 \text{MPa}$$

$$\sigma_{\text{taş-cekme}} = 0,95 \text{MPa} \leq \sigma_{\text{analiz}} = 6,455 \text{MPa}$$

Tablo 4.15. Orta bölgedeki gerilme



(Renkler mordan maviye MPa cinsinden gerime artışını göstermektedir)
Şekil 4.18. Z3 Zemine göre minaredeki gerilmeler

4.5.2.5. Z4 zemin sınıfı

Kabuk Eleman Numarası	S11 Eksenel (Yatay Çekme Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)		S22 Eksenel (Düşey Basınç Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)	
970	2,256	0,95	x	1,041	16,78	√
970	2,019	0,95	x	0,766	16,78	√
970	1,978	0,95	x	0,460	16,78	√
970	2,112	0,95	x	0,571	16,78	√

$$\sigma_{\text{taş-basıas}} = 16,78\text{MPa} \geq \sigma_{\text{analiz}} = 1.041\text{MPa}$$

$$\sigma_{\text{taş-çekme}} = 0,95\text{MPa} \leq \sigma_{\text{analiz}} = 2,256\text{MPa}$$

Tablo 4.16. Temel kısmındaki maksimum gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 Eksenel (Yatay Çekme Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)		S22 Eksenel (Düşey Basınç Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)	
1386	7,669	0,95	x	22,756	16,78	x
1386	4,37	0,95	x	11,611	16,78	√
1386	4,386	0,95	x	11,961	16,78	√
1386	7,866	0,95	x	23,223	16,78	x

$$\sigma_{\text{taş-basıas}} = 16,78\text{MPa} \leq \sigma_{\text{analiz}} = 23,223\text{MPa}$$

$$\sigma_{\text{taş-çekme}} = 0,95\text{MPa} \leq \sigma_{\text{analiz}} = 7,866\text{MPa}$$

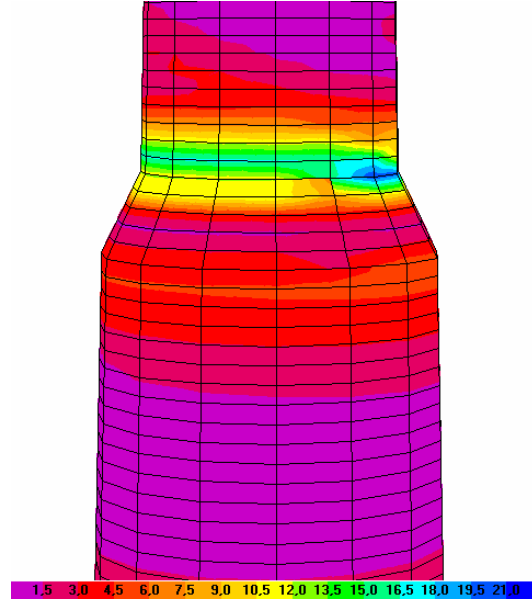
Tablo 4.17. Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	8,445	0,95	x	25,703	16,78	x
629	8,407	0,95	x	25,965	16,78	x
629	6,628	0,95	x	18,512	16,78	x
629	6,828	0,95	x	18,728	16,78	x

$$\sigma_{\text{taş-basıas}} = 16,78\text{MPa} \leq \sigma_{\text{analiz}} = 25,96\text{MPa}$$

$$\sigma_{\text{taş-çekme}} = 0,95\text{MPa} \leq \sigma_{\text{analiz}} = 8,45\text{MPa}$$

Tablo 4.18. Orta bölgedeki gerilme



(Renkler mordan maviye MPa cinsinden gerime artışını göstermektedir)
Şekil 4.19. Z4 Zemine göre minaredeki gerilmeler

4.5.2.6. JICA Raporundaki Senaryo Depremine Göre

Kabuk Eleman Numarası	S11 Eksenel (Yatay Çekme Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)		S22 Eksenel (Düşey Basınç Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)	
970	2,227	0,95	x	1,027	16,78	√
970	1,993	0,95	x	0,757	16,78	√
970	1,953	0,95	x	0,455	16,78	√
970	2,085	0,95	x	0,567	16,78	√

$$\sigma_{\text{taş-basıy}} = 16,78\text{MPa} \geq \sigma_{\text{analiz}} = 1,027\text{MPa}$$

$$\sigma_{\text{taş-çekme}} = 0,95\text{MPa} \leq \sigma_{\text{analiz}} = 2,23\text{MPa}$$

Tablo 4.19. Temel kısmındaki maksimum gerilmeler

Kabuk Eleman Numarası	S11 Eksenel (Yatay Çekme Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)		S22 Eksenel (Düşey Basınç Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)	
1386	8,34	0,95	x	24,744	16,78	x
1386	4,753	0,95	x	12,625	16,78	√
1386	4,770	0,95	x	13,006	16,78	√
1386	8,554	0,95	x	25,253	16,78	x

$$\sigma_{\text{taş-basınç}} = 16,78MPa \leq \sigma_{\text{analiz}} = 25,253MPa$$

$$\sigma_{\text{taş-çekme}} = 0,95MPa \leq \sigma_{\text{analiz}} = 8,34MPa$$

Tablo 4.20. Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 Eksenel (Yatay Çekme Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)		S22 Eksenel (Düşey Basınç Gerilmesi) (N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi Dayanımı (N/mm ²)	
629	8,332	0,95	x	25,359	16,78	x
629	8,295	0,95	x	25,618	16,78	x
629	6,539	0,95	x	18,264	16,78	x
629	6,737	0,95	x	18,475	16,78	x

$$\sigma_{\text{taş-basınç}} = 16,78MPa \leq \sigma_{\text{analiz}} = 25,618MPa$$

$$\sigma_{\text{taş-çekme}} = 0,95MPa \leq \sigma_{\text{analiz}} = 8,33MPa$$

Tablo 4.21. Orta bölgedeki gerilme

Yapılan analiz sonucunda minarenin üç bölgesinden (temel kısmı, daralma bölgesi ve orta kısım) alınan maksimum gerilmeler afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmelikte tanımlı olan Z1, Z2, Z3, Z4 zemin sınıflarında [7], minarenin kendi ağırlığı altında ve İstanbul için hazırlanan JICA raporunda tanımlı davranış spektrumuna göre çıkan gerilmelerin minarede kullanılan taş üzerindeki gerilmelerden Z3, Z4 zemin sınıflarında ve JICA raporunda tanımlı davranış spektrumuna göre basınç ve çekme gerilmelerinin taşın basınç ve çekme gerilmelerinden yüksek olduğu görülmüştür. Minarede gerilmelerin yüksek çıkması, gerilmelerin yüksek olduğu bölgelerin güçlendirilmesi gerektiği kanaatini doğurmuştur. Özellikle yüksek çekme gerilmelerine maruz kalan doğal taş duvarların lif takviyeli malzeme ile sarılarak güçlendirilmesi düşünülmüştür.

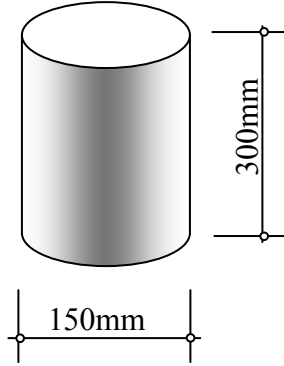
5. MİNARENİN LİF TAKVİYELİ POLİMER MALZEME İLE SARILMASI

Analizler sonucunda bazı gerilmelerin kullanılan taşın basınç ve çekme kapasitesini aşması nedeni ile minarede kritik olan bölgelerin lif takviyeli polimer malzeme ile sarılarak güçlendirilmesi yoluna gidilmiştir.

5.1. Modelin Kalibrasyonu

5.1.2. Deney Sonucu

Bu bölümde minare üzerine sarılan lif takviyeli polimer malzemenin modellenmesi için kalibrasyonu deney sonuçları kullanılarak yapılmıştır. Bunun için daha önceden İTÜ'de yapılan deneylerin silindirik 150x300mm boyutlarında beton numunelerin lif takviyeli polimer malzeme ile kaplanarak yapılan deneyin sonuçları kullanılmıştır [13].



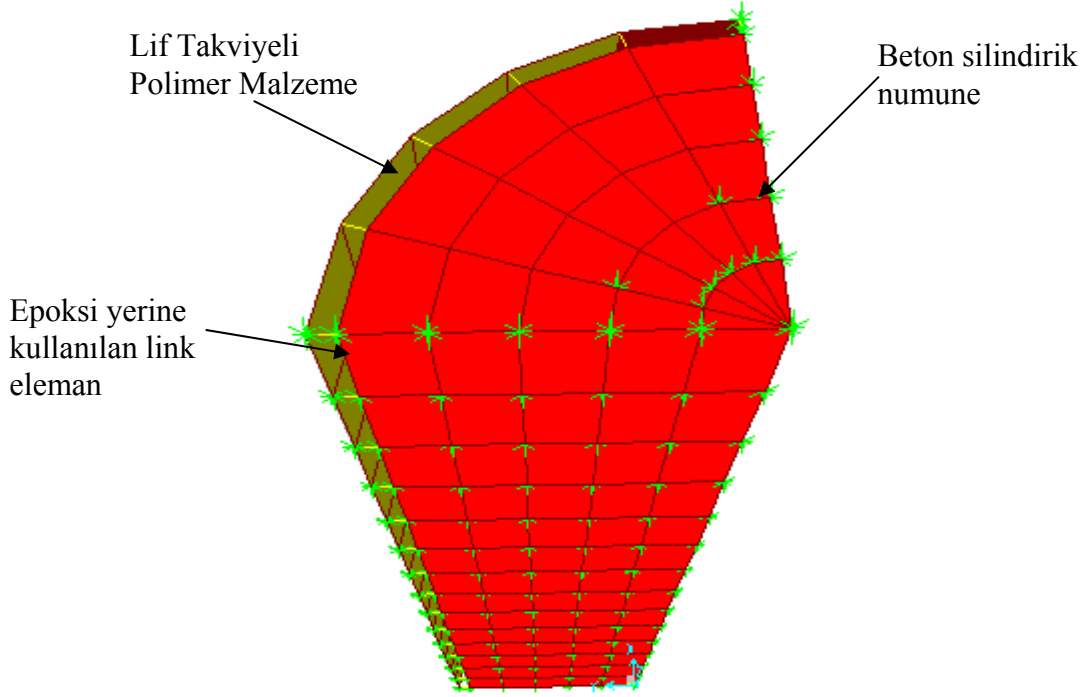
Şekil 5.1. Deneysel silindirik numune

Birinci olarak numuneler lif takviyeli polimer malzeme ile sarılmıştır. Numuneler lif takviyeli polimer malzeme ile sarılmadan önce numunelerin yüzüne epoksi sürülmüştür. Epoksinin çekme ve basınç gerilmeleri yaklaşık olarak $\sigma = 80MPa$ ve $\sigma = 50MPa$ dır. Epoksinin elastik modülü $E=3000MPa$ ve uzama sınırı 0.025 mm dir. Lif takviyeli

polimer malzeme'nin karakteristik çekme mukavemeti $\sigma_{cekme} = 3430MPa$ ve elastik modülü $E=230000$ MPa dır. Lif takviyeli polimer malzeme'nin bir sarımlık **kalınlığı 0.165 mm**'dir [12].

5.1.3. Deneyin Bilgisayar Modeli ile Karşılaştırılması

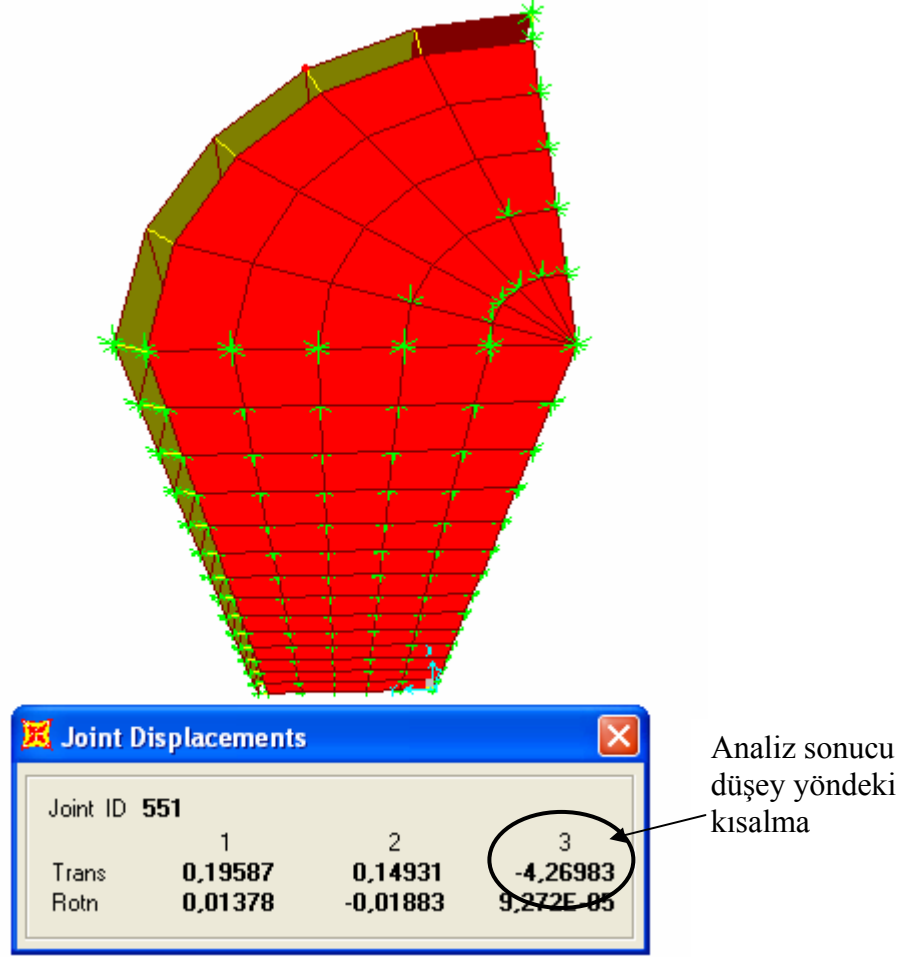
SAP 2000 programı kullanılarak 150x300mm 'lik silindirik numunelerin modeli oluşturulmuştur.



Şekil 5.2. Kalibrasyon modeli

Bu modelde simetrik yüklere maruz simetrik taşıyıcı sistemlerin simetri düzlemi üzerindeki düğüm noktalarında yalnız ok çizgileri simetri düzlemi içinde kalan deformasyonlar serbest bırakılır. Ok çizgileri simetri düzlemi dışında kalan deformasyonlar sıfır kabul edilir [14].

İki veya daha fazla eksene göre simetrik olan sistemlerde, simetri düzlemlerinin ara kesiti üzerine rastlayan düğüm noktalarında yalnız bütün simetri düzlemine ortak olan çizgilerine izin verilir [14].



Şekil 5.3. Kalibrasyon modeli'nin yaptığı deplasman

Silindirik numune dört parçaya bölünmüş , Y doğrultusunda U1 tutulu, U2 ve U3 serbest bırakılmıştır. X doğrultusunda U2 tutulmuş, U1 ve U3 serbest bırakılmıştır. Z doğrultusunda U1 ve U2 tutuldu U3 serbet bırakılmıştır.

Analiz sonucunca 41.71 MPa lık basınç altında tek sarımlık lif takviyeli polimer malzeme ile kaplı model de düşey doğrultuda 4.27mm lik bir kısalma meydana gelmiştir.

$$\varepsilon_{cc} = \frac{\Delta L}{L} = \frac{4.27}{300} = 0,0142 \quad (5.4)$$

tek sarımlık lif takviyeli polimer malzeme kaplı numune'nin aksenal yaptığı deplasman. Bu değer deney sonucuyla karşılaştırıldığında;

Deney sonucu $\varepsilon_{cc} = 0.0136$ (Tek Sarım)

Model sonucu $\varepsilon_{cc} = 0.0142$ (Tek Sarım) sonuçların birbirine yakın oldu görülmektedir.

Bu sonuçla yapılan modelin deneysel değerlere yakın değerler verdiği görülmektedir. Benzer şekilde tüp kesitli minare etrafına lif takviyeli polimer malzeme sarıldığında davranışın iyileşmesi beklenmektedir. Epoksi ile lif takviyeli polimer malzeme homojen bir malzeme olarak modellenmiştir.

Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelikte tanımlı zemin sınıflarına göre minare üzerindeki gerilmeler daralma bölgesinde Z3 ve Z4 zemin sınıfına göre olması gereken değerlerin üzerine çıkmaktadır. Bu nedenle bu bölge lif takviyeli polimer malzeme ile sarılmıştır.

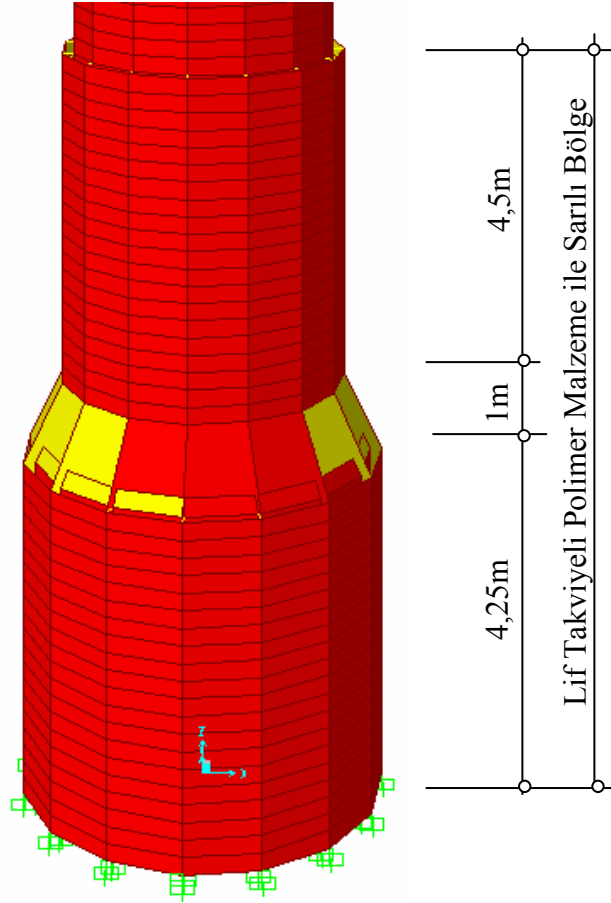
Oluşturulan modelde minarenin temel kısmı, daralma bölgesi tamamen sarılmış üst kısmı 4.5m sarılmıştır (Şekil 9.1). Yapılan modelde lif takviyeli polimer malzeme yığma duvarda olduğu gibi kabuk eleman olarak tanımlanmıştır. Polimer malzeme ile duvar arasındaki etkileşimi sağlayan yapıştırıcı, link eleman olarak girilmiştir. Aşağıda lif takviyeli polimer malzeme ve tanımlanan link elemanın özellikleri verilmiştir [12].

Elastisite Modülü (<i>GPa</i>)	70
Poisson Oranı	0,3
Çekme Mukavemeti (<i>MPa</i>)	1900 - 3000
Çekme Uzaması (%)	3 - 4,5
Kalınlığı (mm)	0,165

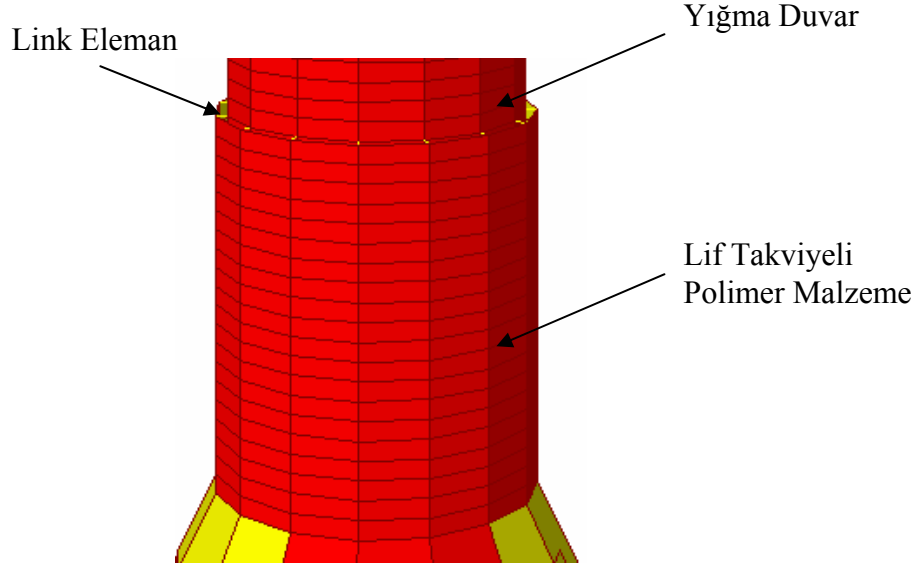
Tablo 5.1. Lif Takviyeli Polimer Malzemenin Özellikleri

Elastisite Modülü (<i>MPa</i>)	3000
Poisson Oranı	0,3

Tablo 5.2. Tanımlanan Link Elemanın Özellikleri [12].



Şekil 5.4. Lif Takviyeli Polimer Malzeme ile Sarılı Bölge



Şekil 5.5. Lif Takviyeli Polimer Malzeme ile Sarılı Bölgesi Bileşenleri

5.1.4. Lif Takviyeli Polimer Malzeme'nin Sarım Sayısına Göre Minaredeki Taş Bloklar Üzerindeki Gerilmede Oluşan Değişmeler

Tek Sarımlı ($t=0,165\text{mm}$)

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	5,561	5,534	0,95	x	16,510	16,450	16,78	√
1386	3,167	3,149	0,95	x	8,428	8,393	16,78	√
1386	3,179	3,160	0,95	x	8,682	8,645	16,78	√
1386	5,704	5,674	0,95	x	16,848	16,785	16,78	√

Tablo 5.3. Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	7,669	7,633	0,95	x	22,756	22,676	16,78	x
1386	4,370	4,345	0,95	x	11,611	11,563	16,78	√
1386	4,386	4,361	0,95	x	11,961	11,910	16,78	√
1386	7,866	7,825	0,95	x	23,223	23,136	16,78	x

Tablo 5.4. Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	8,340	8,300	0,95	x	24,744	24,655	16,78	x
1386	4,753	4,726	0,95	x	12,625	12,572	16,78	√
1386	4,770	4,742	0,95	x	13,006	12,95	16,78	√
1386	8,554	8,510	0,95	x	25,243	25,158	16,78	x

Tablo 5.5. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	6,455	5,531	0,95	x	19,645	16,855	16,78	x
629	6,426	5,505	0,95	x	19,846	17,026	16,78	x
629	5,067	4,345	0,95	x	14,151	12,157	16,78	√
629	5,220	4,475	0,95	x	14,317	12,297	16,78	√

Tablo 5.6. Z3 Zemin Sınıfına Göre Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	8,445	7,624	0,95	x	25,703	23,238	16,78	x
629	8,407	7,590	0,95	x	25,965	23,474	16,78	x
629	6,628	5,990	0,95	x	18,512	16,757	16,78	√
629	6,828	6,168	0,95	x	18,728	16,950	16,78	x

Tablo 5.7. Z4 Zemin Sınıfına Göre Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	8,332	8,291	0,95	x	25,359	25,270	16,78	x
629	8,295	8,253	0,95	x	25,618	25,527	16,78	x
629	6,539	6,513	0,95	x	18,264	18,222	16,78	x
629	6,737	6,707	0,95	x	18,475	18,431	16,78	x

Tablo 5.8. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	1,730	1,499	0,95	x	0,798	0,692	16,78	√
970	1,546	1,337	0,95	x	0,592	0,508	16,78	√
970	1,515	1,311	0,95	x	0,357	0,306	16,78	√
970	1,618	1,400	0,95	x	0,451	0,392	16,78	√

Tablo 5.9. Z3 Zemin Sınıfına Göre Temel Kısımındaki Gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	2,256	2,058	0,95	x	1,041	0,949	16,78	√
970	2,019	1,839	0,95	x	0,766	0,691	16,78	√
970	1,978	1,802	0,95	x	0,460	0,413	16,78	√
970	2,112	1,924	0,95	x	0,571	0,518	16,78	√

Tablo 5.10. Z4 Zemin Sınıfına Göre Temel Kısımındaki Gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	2,227	2,236	0,95	x	1,027	1,032	16,78	√
970	1,993	1,999	0,95	x	0,757	0,75	16,78	√
970	1,953	1,959	0,95	x	0,455	0,448	16,78	√
970	2,085	2,091	0,95	x	0,567	0,56	16,78	√

Tablo 5.11. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Kısımındaki Gerilme

5 Sarımlı ($t=0,825mm$)

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	5,561	5,514	0,95	x	16,510	16,147	16,78	√
1386	3,167	3,065	0,95	x	8,428	8,217	16,78	√
1386	3,179	3,075	0,95	x	8,682	8,461	16,78	√
1386	5,704	5,548	0,95	x	16,848	16,471	16,78	√

Tablo 5.12. Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	7,669	7,467	0,95	x	22,756	22,254	16,78	x
1386	4,370	4,229	0,95	x	11,611	11,320	16,78	√
1386	4,386	4,243	0,95	x	11,961	11,657	16,78	√
1386	7,866	7,651	0,95	x	23,223	22,702	16,78	x

Tablo 5.13. Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	8,340	8,120	0,95	x	24,744	24,199	16,78	x
1386	4,753	4,599	0,95	x	12,625	12,308	16,78	√
1386	4,770	4,614	0,95	x	13,006	12,675	16,78	√
1386	8,554	8,120	0,95	x	25,243	24,686	16,78	x

Tablo 5.14. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	6,455	5,408	0,95	x	19,645	16,545	16,78	√
629	6,426	5,383	0,95	x	19,846	16,711	16,78	√
629	5,067	4,258	0,95	x	14,151	11,957	16,78	√
629	5,220	4,384	0,95	x	14,317	12,095	16,78	√

Tablo 5.15. Z3 Zemin Sınıfına Göre Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	8,445	7,455	0,95	x	25,703	22,809	16,78	x
629	8,407	7,421	0,95	x	25,965	23,039	16,78	x
629	6,628	5,869	0,95	x	18,512	16,482	16,78	√
629	6,828	6,042	0,95	x	18,728	16,670	16,78	√

Tablo 5.16. Z4 Zemin Sınıfına Göre Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	8,332	8,107	0,95	x	25,359	24,803	16,78	x
629	8,295	8,070	0,95	x	25,618	25,053	16,78	x
629	6,539	6,382	0,95	x	18,264	17,922	16,78	x
629	6,737	6,570	0,95	x	18,475	18,127	16,78	x

Tablo 5.17. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	1,730	1,517	0,95	x	0,798	0,701	16,78	√
970	1,546	1,346	0,95	x	0,592	0,486	16,78	√
970	1,515	1,321	0,95	x	0,357	0,286	16,78	√
970	1,618	1,413	0,95	x	0,451	0,373	16,78	√

Tablo 5.18. Z3 Zemin Sınıfına Göre Temel Kısımındaki Gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	2,256	2,083	0,95	x	1,041	0,962	16,78	√
970	2,019	1,851	0,95	x	0,766	0,660	16,78	√
970	1,978	1,816	0,95	x	0,460	0,385	16,78	√
970	2,112	1,942	0,95	x	0,571	0,492	16,78	√

Tablo 5.19. Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Kısımındaki Gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	2,227	2,264	0,95	x	1,027	1,046	16,78	√
970	1,993	2,013	0,95	x	0,757	0,716	16,78	√
970	1,953	1,974	0,95	x	0,455	0,417	16,78	√
970	2,085	2,111	0,95	x	0,567	0,532	16,78	√

Tablo 5.20. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Kısımındaki Gerilme

10 Sarımlı (t=16,5mm)

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	5,561	3,676	0,95	x	16,510	11,530	16,78	√
1386	3,167	1,953	0,95	x	8,428	5,700	16,78	√
1386	3,179	1,955	0,95	x	8,682	5,853	16,78	√
1386	5,704	3,748	0,95	x	16,848	11,714	16,78	√

Tablo 5.21. Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	7,669	5,064	0,95	x	22,756	15,872	16,78	√
1386	4,370	2,692	0,95	x	11,611	7,845	16,78	√
1386	4,386	2,693	0,95	x	11,961	8,054	16,78	√
1386	7,866	5,163	0,95	x	23,223	16,126	16,78	√

Tablo 5.22. Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	8,340	5,136	0,95	x	24,744	16,097	16,78	x
1386	4,753	2,730	0,95	x	12,625	7,956	16,78	√
1386	4,770	2,731	0,95	x	13,006	8,169	16,78	√
1386	8,554	5,236	0,95	x	25,243	16,354	16,78	x

Tablo 5.23. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	6,455	3,648	0,95	x	19,645	11,860	16,78	√
629	6,426	3,630	0,95	x	19,846	11,960	16,78	√
629	5,067	2,855	0,95	x	14,151	8,675	16,78	√
629	5,220	2,930	0,95	x	14,317	8,753	16,78	√

Tablo 5.24. Z3 Zemin Sınıfına Göre Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	8,445	5,023	0,95	x	25,703	16,332	16,78	√
629	8,407	5,000	0,95	x	25,965	16,469	16,78	√
629	6,628	3,931	0,95	x	18,512	11,944	16,78	√
629	6,828	4,033	0,95	x	18,728	12,050	16,78	√

Tablo 5.25. Z4 Zemin Sınıfına Göre Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	8,332	5,094	0,95	x	25,359	16,563	16,78	√
629	8,295	5,070	0,95	x	25,618	16,702	16,78	√
629	6,539	3,986	0,95	x	18,264	12,112	16,78	√
629	6,737	4,090	0,95	x	18,475	12,220	16,78	√

Tablo 5.26. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	1,730	1,415	0,95	x	0,798	0,755	16,78	√
970	1,546	1,168	0,95	x	0,592	0,222	16,78	√
970	1,515	1,156	0,95	x	0,357	0,139	16,78	√
970	1,618	1,311	0,95	x	0,451	0,309	16,78	√

Tablo 5.27. Z3 Zemin Sınıfına Göre Temel Kısımındaki Gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	2,256	1,941	0,95	x	1,041	1,038	16,78	√
970	2,019	1,604	0,95	x	0,766	0,296	16,78	√
970	1,978	1,588	0,95	x	0,460	0,183	16,78	√
970	2,112	1,799	0,95	x	0,571	0,413	16,78	√

Tablo 5.28. Z4 Zemin Sınıfına Göre Temel Kısımındaki Gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	2,227	1,969	0,95	x	1,027	1,053	16,78	√
970	1,993	1,627	0,95	x	0,757	0,300	16,78	√
970	1,953	1,610	0,95	x	0,455	0,185	16,78	√
970	2,085	1,824	0,95	x	0,567	0,418	16,78	√

Tablo 5.29. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Kısımındaki Gerilme

20 Sarımlı (t=33mm)

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	5,561	2,907	0,95	x	16,510	9,208	16,78	√
1386	3,167	1,515	0,95	x	8,428	4,478	16,78	√
1386	3,179	1,512	0,95	x	8,682	4,598	16,78	√
1386	5,704	2,956	0,95	x	16,848	9,341	16,78	√

Tablo 5.30. Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	7,669	3,906	0,95	x	22,756	12,367	16,78	√
1386	4,370	2,038	0,95	x	11,611	6,014	16,78	√
1386	4,386	2,035	0,95	x	11,961	6,175	16,78	√
1386	7,866	3,973	0,95	x	23,223	12,545	16,78	√

Tablo 5.31. Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	8,340	3,906	0,95	x	24,744	12,367	16,78	√
1386	4,753	2,038	0,95	x	12,625	6,014	16,78	√
1386	4,770	2,035	0,95	x	13,006	6,175	16,78	√
1386	8,554	3,973	0,95	x	25,243	12,545	16,78	√

Tablo 5.32. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	6,455	2,874	0,95	x	19,645	9,520	16,78	√
629	6,426	2,861	0,95	x	19,846	9,593	16,78	√
629	5,067	2,252	0,95	x	14,151	7,105	16,78	√
629	5,220	2,306	0,95	x	14,317	7,158	16,78	√

Tablo 5.33. Z3 Zemin Sınıfına Göre Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	8,445	3,861	0,95	x	25,703	12,790	16,78	√
629	8,407	3,843	0,95	x	25,965	12,887	16,78	√
629	6,628	3,023	0,95	x	18,512	9,542	16,78	√
629	6,828	3,095	0,95	x	18,728	9,613	16,78	√

Tablo 5.34. Z4 Zemin Sınıfına Göre Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	8,332	3,861	0,95	x	25,359	12,790	16,78	√
629	8,295	3,843	0,95	x	25,618	12,887	16,78	√
629	6,539	3,023	0,95	x	18,264	9,542	16,78	√
629	6,737	3,095	0,95	x	18,475	9,613	16,78	√

Tablo 5.35. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	1,730	1,213	0,95	x	0,798	0,720	16,78	√
970	1,546	0,996	0,95	x	0,592	0,099	16,78	√
970	1,515	0,989	0,95	x	0,357	0,195	16,78	√
970	1,618	1,128	0,95	x	0,451	0,334	16,78	√

Tablo 5.36. Z3 Zemin Sınıfına Göre Temel Kısımındaki Gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	2,256	1,623	0,95	x	1,041	0,966	16,78	√
970	2,019	1,334	0,95	x	0,766	0,122	16,78	√
970	1,978	1,324	0,95	x	0,460	0,258	16,78	√
970	2,112	1,511	0,95	x	0,571	0,443	16,78	√

Tablo 5.37. Z4 Zemin Sınıfına Göre Temel Kısımındaki Gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	2,227	1,623	0,95	x	1,027	0,966	16,78	√
970	1,993	1,334	0,95	x	0,757	0,122	16,78	√
970	1,953	1,324	0,95	x	0,455	0,258	16,78	√
970	2,085	1,511	0,95	x	0,567	0,443	16,78	√

Tablo 5.38. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Kısımındaki Gerilme

40 Sarımlı (t=66mm)

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	5,561	2,109	0,95	x	16,510	6,768	16,78	√
1386	3,167	1,107	0,95	x	8,428	3,299	16,78	√
1386	3,179	1,109	0,95	x	8,682	3,385	16,78	√
1386	5,704	2,141	0,95	x	16,848	6,848	16,78	√

Tablo 5.39. Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	7,669	2,723	0,95	x	22,756	8,736	16,78	√
1386	4,370	1,431	0,95	x	11,611	4,259	16,78	√
1386	4,386	1,428	0,95	x	11,961	4,371	16,78	√
1386	7,866	2,764	0,95	x	23,223	8,839	16,78	√

Tablo 5.40. Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	8,340	2,723	0,95	x	24,744	8,736	16,78	√
1386	4,753	1,431	0,95	x	12,625	4,259	16,78	√
1386	4,770	1,428	0,95	x	13,006	4,371	16,78	√
1386	8,554	2,764	0,95	x	25,243	8,839	16,78	√

Tablo 5.41. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	6,455	2,068	0,95	x	19,645	7,065	16,78	√
629	6,426	2,060	0,95	x	19,846	7,110	16,78	√
629	5,067	1,580	0,95	x	14,151	5,262	16,78	√
629	5,220	1,613	0,95	x	14,317	5,283	16,78	√

Tablo 5.42. Z3 Zemin Sınıfına Göre Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	8,445	2,669	0,95	x	25,703	9,123	16,78	√
629	8,407	2,659	0,95	x	25,965	9,180	16,78	√
629	6,628	2,038	0,95	x	18,512	6,791	16,78	√
629	6,828	2,079	0,95	x	18,728	6,816	16,78	√

Tablo 5.43. Z4 Zemin Sınıfına Göre Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	8,332	2,669	0,95	x	25,359	9,123	16,78	√
629	8,295	2,659	0,95	x	25,618	9,180	16,78	√
629	6,539	2,038	0,95	x	18,264	6,791	16,78	√
629	6,737	2,079	0,95	x	18,475	6,816	16,78	√

Tablo 5.44. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	1,730	0,923	0,95	√	0,798	0,604	16,78	√
970	1,546	0,774	0,95	√	0,592	0,105	16,78	√
970	1,515	0,770	0,95	√	0,357	0,254	16,78	√
970	1,618	0,867	0,95	√	0,451	0,312	16,78	√

Tablo 5.45. Z3 Zemin Sınıfına Göre Temel Kısımındaki Gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	2,256	1,187	0,95	x	1,041	0,780	16,78	√
970	2,019	0,997	0,95	x	0,766	0,133	16,78	√
970	1,978	0,992	0,95	x	0,460	0,327	16,78	√
970	2,112	1,117	0,95	x	0,571	0,401	16,78	√

Tablo 5.46. Z4 Zemin Sınıfına Göre Temel Kısımındaki Gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	2,227	1,187	0,95	x	1,027	0,780	16,78	√
970	1,993	0,997	0,95	x	0,757	0,133	16,78	√
970	1,953	0,992	0,95	x	0,455	0,327	16,78	√
970	2,085	1,117	0,95	x	0,567	0,401	16,78	√

Tablo 5.47. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Kısımındaki Gerilme

60 Sarımlı (t=99mm)

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	5,561	1,663	0,95	x	16,510	5,473	16,78	√
1386	3,167	0,900	0,95	√	8,428	2,748	16,78	√
1386	3,179	0,899	0,95	√	8,682	2,812	16,78	√
1386	5,704	1,684	0,95	x	16,848	5,519	16,78	√

Tablo 5.48. Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	7,669	2,104	0,95	x	22,756	6,922	16,78	√
1386	4,370	1,140	0,95	x	11,611	3,477	16,78	√
1386	4,386	1,138	0,95	x	11,961	3,558	16,78	√
1386	7,866	2,130	0,95	x	23,223	6,980	16,78	√

Tablo 5.49. Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	8,340	2,104	0,95	x	24,744	6,922	16,78	√
1386	4,753	1,140	0,95	x	12,625	3,477	16,78	√
1386	4,770	1,138	0,95	x	13,006	3,558	16,78	√
1386	8,554	2,130	0,95	x	25,243	6,980	16,78	√

Tablo 5.50. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	6,455	1,617	0,95	x	19,645	5,767	16,78	√
629	6,426	1,612	0,95	x	19,846	5,793	16,78	√
629	5,067	1,164	0,95	x	14,151	4,143	16,78	√
629	5,220	1,183	0,95	x	14,317	4,140	16,78	√

Tablo 5.51. Z3 Zemin Sınıfına Göre Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	8,445	2,044	0,95	x	25,703	7,296	16,78	√
629	8,407	2,038	0,95	x	25,965	7,329	16,78	√
629	6,628	1,470	0,95	x	18,512	5,237	16,78	√
629	6,828	1,493	0,95	x	18,728	5,234	16,78	√

Tablo 5.52. Z4 Zemin Sınıfına Göre Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	8,332	2,044	0,95	x	25,359	7,296	16,78	√
629	8,295	2,038	0,95	x	25,618	7,329	16,78	√
629	6,539	1,470	0,95	x	18,264	5,237	16,78	√
629	6,737	1,493	0,95	x	18,475	5,234	16,78	√

Tablo 5.53. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	1,730	0,742	0,95	√	0,798	0,504	16,78	√
970	1,546	0,638	0,95	√	0,592	0,132	16,78	√
970	1,515	0,635	0,95	√	0,357	0,250	16,78	√
970	1,618	0,705	0,95	√	0,451	0,273	16,78	√

Tablo 5.54. Z3 Zemin Sınıfına Göre Temel Kısımındaki Gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	2,256	0,936	0,95	√	1,041	0,638	16,78	√
970	2,019	0,805	0,95	√	0,766	0,166	16,78	√
970	1,978	0,801	0,95	√	0,460	0,319	16,78	√
970	2,112	0,889	0,95	√	0,571	0,343	16,78	√

Tablo 5.55. Z4 Zemin Sınıfına Göre Temel Kısımındaki Gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	2,227	0,936	0,95	x	1,027	0,638	16,78	√
970	1,993	0,805	0,95	x	0,757	0,166	16,78	√
970	1,953	0,801	0,95	x	0,455	0,316	16,78	√
970	2,085	0,889	0,95	x	0,567	0,345	16,78	√

Tablo 5.56. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Kısımındaki Gerilme

80 Sarımlı (t=132mm)

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	5,561	1,382	0,95	x	16,510	4,691	16,78	√
1386	3,167	0,777	0,95	√	8,428	2,446	16,78	√
1386	3,179	0,779	0,95	√	8,682	2,494	16,78	√
1386	5,704	1,395	0,95	x	16,848	4,713	16,78	√

Tablo 5.57. Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	7,669	1,727	0,95	x	22,756	5,862	16,78	√
1386	4,370	0,972	0,95	x	11,611	3,095	16,78	√
1386	4,386	0,974	0,95	x	11,961	3,118	16,78	√
1386	7,866	1,743	0,95	x	23,223	5,889	16,78	√

Tablo 5.58. Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	8,340	1,727	0,95	x	24,744	5,862	16,78	√
1386	4,753	0,972	0,95	x	12,625	3,058	16,78	√
1386	4,770	0,972	0,95	x	13,006	3,118	16,78	√
1386	8,554	1,743	0,95	x	25,243	5,889	16,78	√

Tablo 5.59. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	6,455	1,333	0,95	x	19,645	4,988	16,78	√
629	6,426	1,329	0,95	x	19,846	5,001	16,78	√
629	5,067	0,885	0,95	√	14,151	3,422	16,78	√
629	5,220	0,895	0,95	√	14,317	3,405	16,78	√

Tablo 5.60. Z3 Zemin Sınıfına Göre Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	8,445	1,665	0,95	x	25,703	6,235	16,78	√
629	8,407	1,661	0,95	x	25,965	6,251	16,78	√
629	6,628	1,104	0,95	x	18,512	4,275	16,78	√
629	6,828	1,116	0,95	x	18,728	4,252	16,78	√

Tablo 5.61. Z4 Zemin Sınıfına Göre Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	8,332	1,665	0,95	x	25,359	6,235	16,78	√
629	8,295	1,661	0,95	x	25,618	6,251	16,78	√
629	6,539	1,104	0,95	x	18,264	4,275	16,78	√
629	6,737	1,116	0,95	x	18,475	4,252	16,78	√

Tablo 5.62. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	1,730	0,622	0,95	√	0,798	0,432	16,78	√
970	1,546	0,544	0,95	√	0,592	0,138	16,78	√
970	1,515	0,542	0,95	√	0,357	0,230	16,78	√
970	1,618	0,596	0,95	√	0,451	0,244	16,78	√

Tablo 5.63. Z3 Zemin Sınıfına Göre Temel Kısımındaki Gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	2,256	0,776	0,95	√	1,041	0,540	16,78	√
970	2,019	0,679	0,95	√	0,766	0,173	16,78	√
970	1,978	0,676	0,95	√	0,460	0,287	16,78	√
970	2,112	0,744	0,95	√	0,571	0,305	16,78	√

Tablo 5.64. Z4 Zemin Sınıfına Göre Temel Kısımındaki Gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	2,227	0,776	0,95	√	1,027	0,540	16,78	√
970	1,993	0,679	0,95	√	0,757	0,173	16,78	√
970	1,953	0,676	0,95	√	0,455	0,287	16,78	√
970	2,085	0,744	0,95	√	0,567	0,305	16,78	√

Tablo 5.65. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Kısımındaki Gerilme

100 Sarımlı (t=165mm)

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	5,561	1,194	0,95	x	16,510	4,185	16,78	√
1386	3,167	0,699	0,95	√	8,428	2,263	16,78	√
1386	3,179	0,700	0,95	√	8,682	2,301	16,78	√
1386	5,704	1,202	0,95	x	16,848	4,19	16,78	√

Tablo 5.66. Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	7,669	1,479	0,95	x	22,756	5,185	16,78	√
1386	4,370	0,867	0,95	x	11,611	2,805	16,78	√
1386	4,386	0,868	0,95	x	11,961	2,853	16,78	√
1386	7,866	1,489	0,95	x	23,223	5,191	16,78	√

Tablo 5.67. Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	8,340	1,479	0,95	x	24,744	5,185	16,78	√
1386	4,753	0,867	0,95	√	12,625	2,805	16,78	√
1386	4,770	0,867	0,95	√	13,006	2,853	16,78	√
1386	8,554	1,489	0,95	x	25,243	5,191	16,78	√

Tablo 5.68. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	6,455	1,144	0,95	x	19,645	4,489	16,78	√
629	6,426	1,142	0,95	x	19,846	4,491	16,78	√
629	5,067	0,693	0,95	√	14,151	2,944	16,78	√
629	5,220	0,696	0,95	√	14,317	2,915	16,78	√

Tablo 5.69. Z3 Zemin Sınıfına Göre Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	8,445	1,417	0,95	x	25,703	5,564	16,78	√
629	8,407	1,414	0,95	x	25,965	5,566	16,78	√
629	6,628	0,856	0,95	x	18,512	3,646	16,78	√
629	6,828	0,860	0,95	x	18,728	3,610	16,78	√

Tablo 5.70. Z4 Zemin Sınıfına Göre Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	8,332	1,417	0,95	x	25,359	5,564	16,78	√
629	8,295	1,414	0,95	x	25,618	5,566	16,78	√
629	6,539	0,856	0,95	x	18,264	3,646	16,78	√
629	6,737	0,860	0,95	x	18,475	3,610	16,78	√

Tablo 5.71. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	1,730	0,539	0,95	√	0,798	0,382	16,78	√
970	1,546	0,477	0,95	√	0,592	0,139	16,78	√
970	1,515	0,474	0,95	√	0,357	0,210	16,78	√
970	1,618	0,521	0,95	√	0,451	0,228	16,78	√

Tablo 5.72. Z3 Zemin Sınıfına Göre Temel Kısımındaki Gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	2,256	0,667	0,95	√	1,041	0,474	16,78	√
970	2,019	0,590	0,95	√	0,766	0,173	16,78	√
970	1,978	0,588	0,95	√	0,460	0,260	16,78	√
970	2,112	0,645	0,95	√	0,571	0,283	16,78	√

Tablo 5.73. Z4 Zemin Sınıfına Göre Temel Kısımındaki Gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	2,227	0,667	0,95	√	1,027	0,474	16,78	√
970	1,993	0,590	0,95	√	0,757	0,173	16,78	√
970	1,953	0,588	0,95	√	0,455	0,260	16,78	√
970	2,085	0,645	0,95	√	0,567	0,283	16,78	√

Tablo 5.74. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Kısımındaki Gerilme

120 Sarımlı (t=198mm)

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	5,561	1,062	0,95	x	16,510	3,836	16,78	√
1386	3,167	0,645	0,95	√	8,428	2,142	16,78	√
1386	3,179	0,647	0,95	√	8,682	2,173	16,78	√
1386	5,704	1,066	0,95	x	16,848	3,828	16,78	√

Tablo 5.75. Z3 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	7,669	1,308	0,95	x	22,756	4,725	16,78	√
1386	4,370	0,795	0,95	x	11,611	2,640	16,78	√
1386	4,386	0,796	0,95	x	11,961	2,678	16,78	√
1386	7,866	1,313	0,95	x	23,223	4,717	16,78	√

Tablo 5.76. Z4 Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
1386	8,340	1,309	0,95	x	24,744	4,726	16,78	√
1386	4,753	0,797	0,95	√	12,625	2,641	16,78	√
1386	4,770	0,798	0,95	√	13,006	2,679	16,78	√
1386	8,554	1,314	0,95	x	25,243	4,717	16,78	√

Tablo 5.77. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Daralma Bölgesindeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düşey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	6,455	1,013	0,95	x	19,645	4,147	16,78	√
629	6,426	1,011	0,95	x	19,846	4,142	16,78	√
629	5,067	0,556	0,95	√	14,151	2,612	16,78	√
629	5,220	0,554	0,95	√	14,317	2,575	16,78	√

Tablo 5.78. Z3 Zemin Sınıfına Göre Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	8,445	1,247	0,95	x	25,703	5,110	16,78	√
629	8,407	1,245	0,95	x	25,965	5,104	16,78	√
629	6,628	0,683	0,95	√	18,512	3,217	16,78	√
629	6,828	0,681	0,95	√	18,728	3,171	16,78	√

Tablo 5.79. Z4 Zemin Sınıfına Göre Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
629	8,332	1,248	0,95	x	25,359	5,112	16,78	√
629	8,295	1,246	0,95	x	25,618	5,105	16,78	√
629	6,539	0,684	0,95	√	18,264	3,218	16,78	√
629	6,737	0,682	0,95	√	18,475	3,173	16,78	√

Tablo 5.80. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Orta Bölgedeki gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	1,730	0,480	0,95	√	0,798	0,348	16,78	√
970	1,546	0,427	0,95	√	0,592	0,140	16,78	√
970	1,515	0,425	0,95	√	0,357	0,194	16,78	√
970	1,618	0,467	0,95	√	0,451	0,220	16,78	√

Tablo 5.81. Z3 Zemin Sınıfına Göre Temel Kısımındaki Gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	2,256	0,590	0,95	√	1,041	0,429	16,78	√
970	2,019	0,525	0,95	√	0,766	0,172	16,78	√
970	1,978	0,523	0,95	√	0,460	0,239	16,78	√
970	2,112	0,574	0,95	√	0,571	0,271	16,78	√

Tablo 5.82. Z4 Zemin Sınıfına Göre Temel Kısımındaki Gerilme

Kabuk Eleman Numarası	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S11 (Yatay Çekme Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Çekme Gerilmesi (N/mm ²)		S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargısız)(N/mm ²)	S22 (Düsey Basınç Gerilmesi) (Sargılı)(N/mm ²)	Taşın Basınç Gerilmesi (N/mm ²)	
970	2,227	0,590	0,95	√	1,027	0,429	16,78	√
970	1,993	0,525	0,95	√	0,757	0,172	16,78	√
970	1,953	0,523	0,95	√	0,455	0,239	16,78	√
970	2,085	0,574	0,95	√	0,567	0,271	16,78	√

Tablo 5.83. JICA Zemin Sınıfına Göre Sargılı Temel Kısımındaki Gerilme

SONUÇLAR

Bu çalışmada silindirik yığma yapıların dinamik davranışı incelenmiş ve lif takviyeli polimer malzeme ile sarılarak güçlendirilmesi ele alınmıştır.

Bu kapsamda tarihi Dolmabahçe camisinin minaresi SAP 2000 programı kullanılarak modellenmiştir. Minare önce kendi ağırlığı altında daha sonra Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki yönetmelikte tanımlı zemin sınıflarına ve JICA raporunda tanımlı zemin sınıfına göre analiz yapılarak gerilmelere bakılmıştır.

Yapılan analiz sonucunda minarenin üç bölgesinden (temel kısmı, daralma bölgesi ve orta kısım) alınan maksimum gerilmeler afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmelikte tanımlı olan Z1, Z2, Z3, Z4 zemin sınıflarında, minarenin kendi ağırlığı altında ve İstanbul için hazırlanan JICA raporunda tanımlı davranış spektrumuna göre çıkan gerilmelerin minarede kullanılan taş üzerindeki gerilmelerden Z3, Z4 zemin sınıflarında ve JICA raporunda tanımlı davranış spektrumuna göre basınç ve çekme gerilmelerinin minarede kullanılan taşın basınç ve çekme gerilmelerinden yüksek olduğu görülmüştür. Minarede gerilmelerin yüksek çıkması gerilmelerin yüksek olduğu bölgelerin güçlendirilmesi gerektiği kanaatini doğurmuştur.

Bunun neticesinde güçlendirme tekniği olarak lif takviyeli polimer malzeme ile gerilmelerin yüksek olduğu yerlerin sarılması tekniği seçilmiştir.

Minarede gerilmelerin yüksek olduğu yerler önce tek sarımlı lif takviyeli polimer malzeme ile güçlendirilmiş ve gerilmelere bakılmıştır. Daha sonra sarım sayısı 5 kat, 10 kat, 20 kat, 40 kat, 60 kat, 80 kat, 100kat ve 120 kat artırılarak gerilmelere bakılmıştır. Bu sargılama ile doğal taşın mevcut çekme ve basınç dayanımını geçen gerilmeler düşürülmüştür.

Doğal taşlar için herhangi bir göçme kriteri tanımlanmadan yada kullanılmadan, analiz sonucu ortaya çıkan aşırı gerilmeler ve lif takviyeli sistemde oluşan gerilmeler kontrol

edilmiştir. İleriki çalışmada doğal taşın göçme kriterini tanımlamak ki draker prager göçme kriteri öncelikle uygulanabilir, minarelerin dayanımları incelenebilir.

Bu güçlendirme tekniğinin minareler üzerinde yapısal olarak uygulanabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **TS 704**, “Duvarlar İçin Harman Tuğlaları”, *Türk Standartları Enstitüsü* , Ankara.
- [2] **TS 705**, “Duvarlar İçin Dolu ve Delikli Fabrika Tuğlaları”, *Türk Standartları Enstitüsü* , Ankara.
- [3] **TS 2513**, “Doğal Yapı Taşları”, *Türk Standartları Enstitüsü* , Ankara.
- [4] **TS 2510**, “Kargir Duvarlar Hesap ve Yapım Kuralları ”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [5] **TS 406**, “Duvarlar için Beton Blok-Briketler ”, *Türk Standartları Enstitüsü* , Ankara.
- [6] **Tomazevic, M.** “Earthquake-Resistant Design of Masonry Buildings”, Imperial Collage Press, United Kingdom
- [7] **(1998)** “Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik”,
- [8] **Oğuzmert, M.**,(2002), “Yığma Minarelerin Dinamik Davranışı”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [9] **(2003)**,“Eartquake Risk Assesment For The İstanbul Metropolitan Area Final Report”,Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, İstanbul
- [10] **Computers and Structures, Inc.**,(1998), “SAP2000 Basic Analysis Reference”, Berkeley CA.
- [11] **(2002)**, “Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme /Azaltma Temel Planı Çalışması(JICA)”, İstanbul
- [12] **(2001)**, Externally Bonded FRP Reinforcement for RC Structures Technical Report , Switzerland
- [13] **İlki A., Kumbasar N.**,(2002),” Behavior of Damaged and Undamaged Concrete Strengthened by Carbon Fiber Composite Sheets”, *Structural Engineering and Mechanics an International Journal*.

[14] **Tezcan, S.** (1970),“Çubuk Sistemlerin Elektronik Hesap Makinaları İle Çözümü”, İstanbul Teknik Üniversitesi Kütüphanesi, İstanbul

Metin içinde atıf yapılmayan kaynaklar

[14] **Köksal E., Köksal H. O., Yıldırım H.,**(2002), “Eksenel Basınç Altında Blok Briket Yığıma Prizmaların Sonlu Eleman Analizi” , *İMO Teknik Dergisi*.

[15] **Ahmad A. H., Wael W.E., Zeyad H. R. H., Mohammed E.,**”(2005), Behavior of Composite Unreinforced Masonry-Fiber-Reinforced Polymer Wall Assemblages Under In-Plane Loading”, *Journal of Composites for Construction*.

[16] **G. P. A. G. Van Zijl, P.A. de Vries,**(2005) “Masonry Wall Crack with Carbon Fiber Reinforced Polymer”, *Journal of Composites for Construction*.

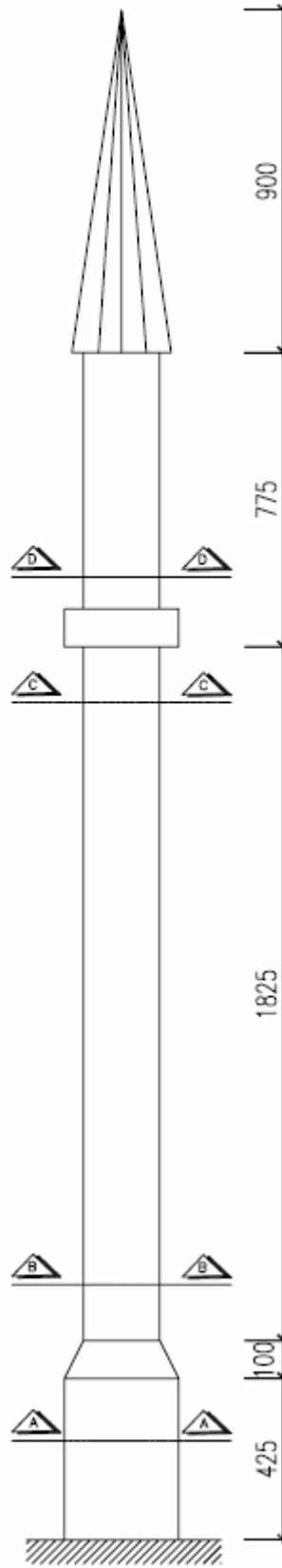
[17] **Paulo B. Lourenço, Jan G. Rots,**(1997), “Multisurface Interface Model for Analysis of Masonry Structures”, *Journal of Engineering Mechanics*.

[18] **Kiri Martini,** Finite Element Studies in The Two-Way Out-Of-Plane Failure of Unreinforced Masonry.

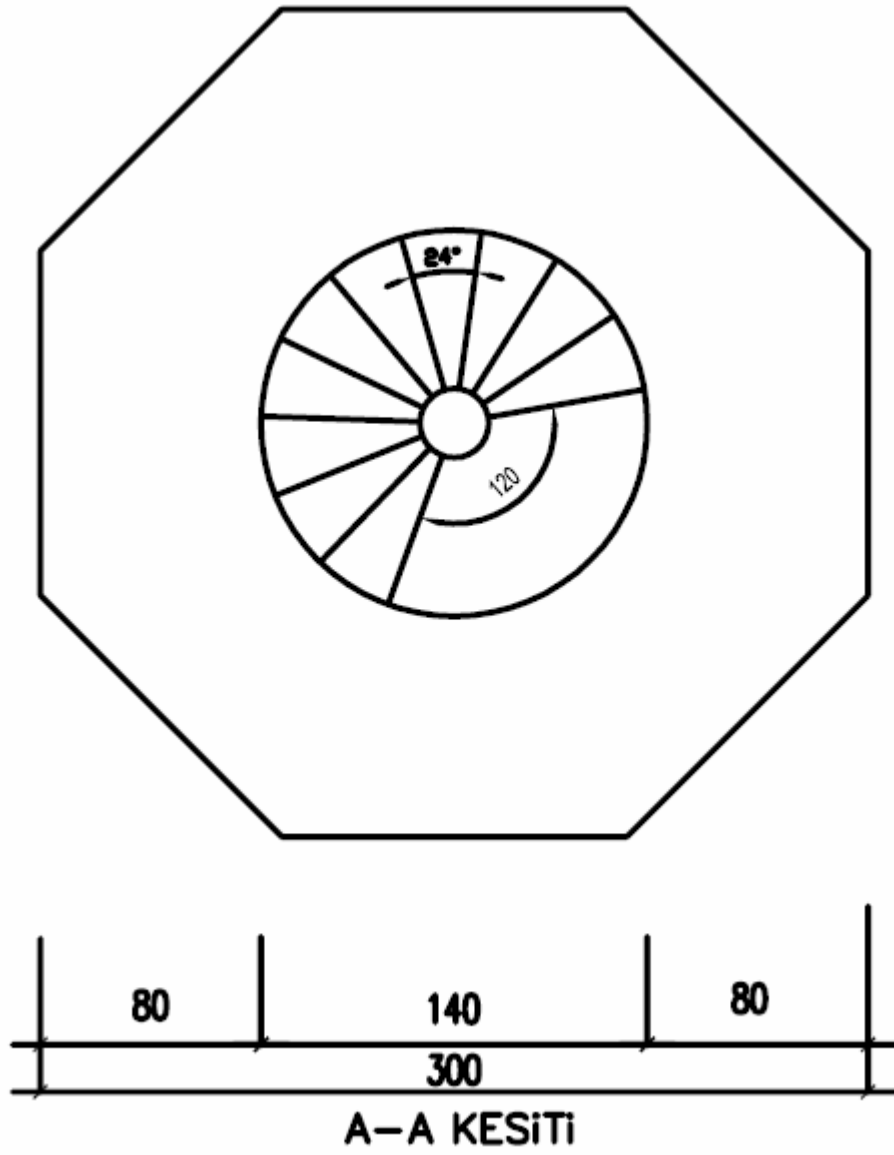
[19] **Michael L. Albert, Alaa E. Elwi, J. J. Roger Cheng,**(2001), “Strengthening of Unreinforced Masonry Walls Using FRP”, *Journal of Composites for Construction*.

[20] **A. D. Tzamtzis, P. G. Asteris,**(2004), “Application of the Method – Development of a 3D Model for the Analysis of Unreinforced Masonry Walls”, *Electronic Journal of Structural Engineering* .

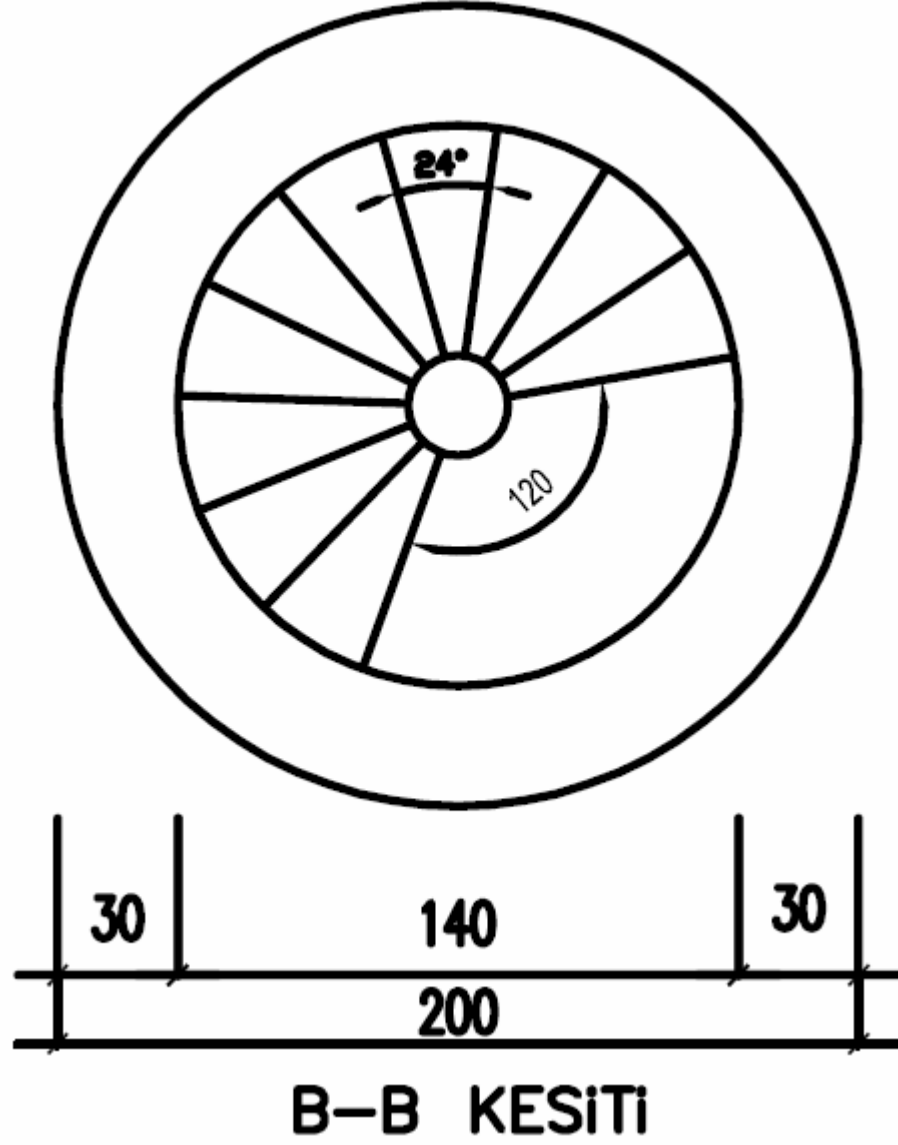
EKLER



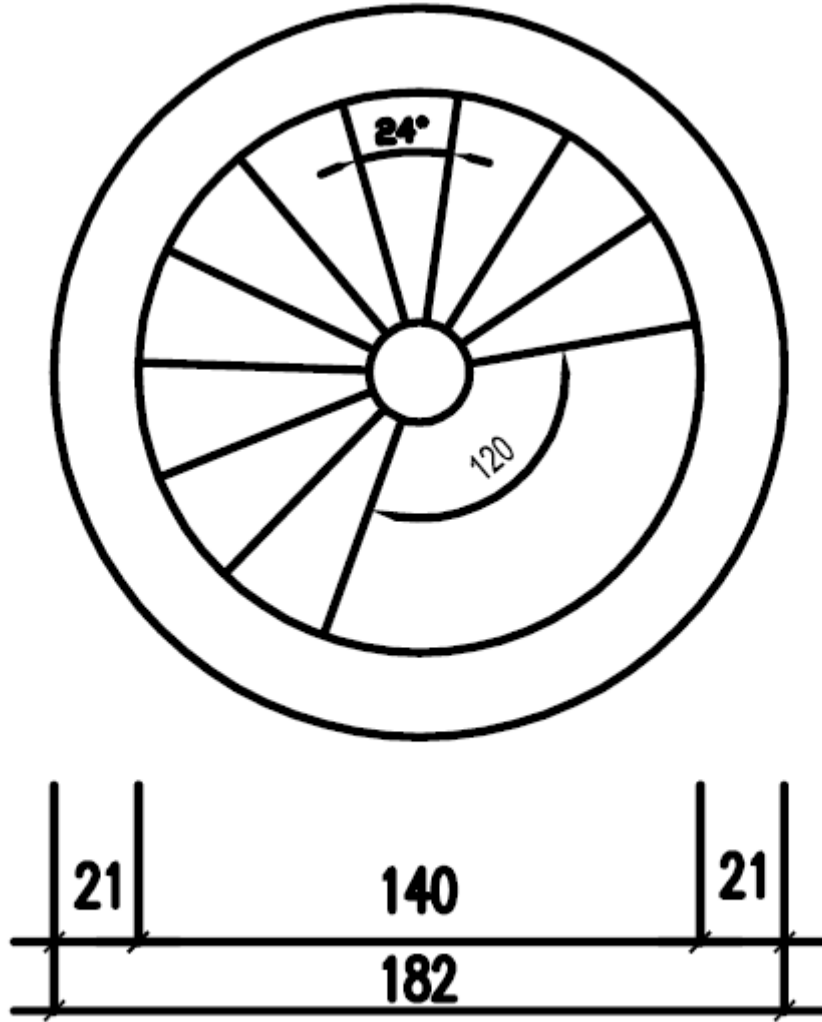
Şekil E1. Minarenin Boyutları



Şekil E2. Minarenin A-A Kesiti ve Boyutları

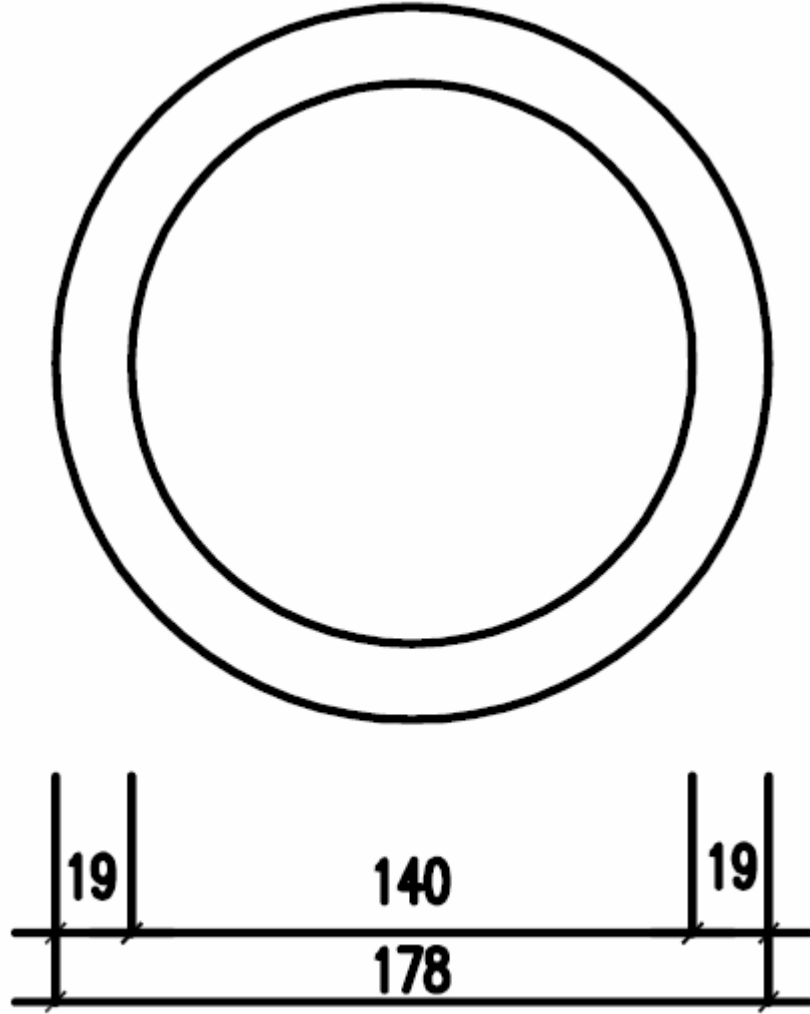


Şekil E3. Minarenin B-B Kesiti ve Boyutları



C-C KESİTİ

Şekil E4. Minarenin C-C Kesiti ve Boyutları



D-D KESİTİ

Şekil E5. Minarenin D-D Kesiti ve Boyutları



Şekil E6. Dolmabahçe camisinin genel görünüşü



Şekil E7. Minarenin görünüşü

ÖZGEÇMİŞ

Cumhur COŞGUN 1977 Sivas/Koyulhisar doğumludur. 1999 yılında Abant İzzet Baysal Üniversitesi Düzce Meslek Yüksek Okulu inşaat bölümünden mezun olmuştur. Aynı yıl İstanbul Kültür Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne dikey geçiş yapmış ve 2003 yılında bu bölümden bölüm ikincisi olarak mezun olmuştur. 2003 yılında İstanbul Kültür Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yapı Mühendisliği programına girmeye hak kazanarak yüksek lisans öğrenimine başlamıştır. Halen İstanbul Kültür Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.