

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KAGİR YAPILARDA KULLANILAN TAŞIYICI DUVARLARIN
HASIR ÇELİK DONATI VE KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON İLE
GÜÇLENDİRİLMESİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. İlker EDİZ**

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı : YAPI MÜHENDİSLİĞİ

HAZİRAN 2006

**KAGİR YAPILARDA KULLANILAN TAŞIYICI DUVARLARIN
HASIR ÇELİK DONATI VE KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON İLE
GÜÇLENDİRİLMESİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. İlker EDİZ
(501961068)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 8 Mayıs 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Haziran 2006**

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Necdet TORUNBALCI

Tez Eş Danışmanı : Doç.Dr. Mustafa KARAGÜLER

Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Mehmet UYAN (İ.T.Ü.)

Prof.Dr. Özkan İŞLER (İ.T.Ü.)

Doç.Dr. Turgut ÖZTÜRK (İ.T.Ü.)

HAZİRAN 2006

ÖNSÖZ

Hazırlamış olduğum bu çalışmada, bana yol gösteren, destek ve anlayışlarını benden esirgemeyen çok değerli hocalarım Doç. Dr. Necdet TORUNBALCI ve Doç. Dr. Mustafa E. KARAGÜLER başta olmak üzere; yapmış oldukları tüm katkı ve yardımlardan dolayı, Malzeme Laboratuvarı Teknisyeni İbrahim ÖZTÜRK ve Mimar Ertan ONAR'a; deneysel çalışmalarım sırasında kullandığım malzemeleri temin eden Lafarge Beton A.Ş., Lafarge Aslan Çimento firmasına teşekkür ederim.

Ayrıca , tüm yaşamım boyunca bana gösterdikleri sevgi ve destek için eşim Gülşah EDİZ, annem Fatma EDİZ, babam Ali EDİZ, kardeşlerim Alper EDİZ ve Nilüfer EDİZ' e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	VI
TABLO LİSTESİ	VII
ŞEKİL LİSTESİ	VIII
SEMBOL LİSTESİ	XII
ÖZET	XIII
SUMMARY	
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel Bilgiler	1
1.2. Araştırmanın Amacı ve Kapsamı	2
1.3. Araştırmada İzlenen Yol	3
1.4. Konu İle İlgili Çalışmalar	5
2. YIĞMA YAPILAR, YIĞMA YAPILARDA HASARLAR ve YIĞMA YAPILARDA ONARIM ve GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ	20
2.1. Yığma Yapılar	20
2.1.1. Yığma Yapıların Sınıflandırılması	21
2.1.1.1. Donatısız Yığma Yapılar	21
2.1.1.1. Donatılı Yığma Yapılar	22
2.1.2. Yığma Yapıları Oluşturan Elemanlar	22
2.1.2.1. Duvarlar	22
2.1.2.1.1. Yığma Yapılarda Kullanılan Duvar Kalınlıkları	24
2.1.2.2. Yatay Hatıllar	25
2.1.2.3. Düşey Hatıllar	26
2.1.2.4. Kiriş ve Lentolar	26
2.1.2.5. Destek Duvarları	26
2.1.2.6. Temeller	26
2.1.2.7. Çatılar	27
2.2. Yığma Yapılarda Hasarlar	28
2.2.1. Yığma Yapılarda Oturma Çatlakları	29
2.2.2. Yığma Yapılarda Oluşan Çatlakları	29
2.2.3. Yığma Yapılarda Deprem Hasar Düzeyleri	31
2.2.4. Yığma Yapılarda Depreme Göre Hesap	32
2.3. Yığma Yapıların Onarım ve Güçlendirme Yöntemleri	32
2.3.1. Yığma Yapılarda Duvarlardaki Küçük Çatlakların Onarımı	34
2.3.2. Yığma Yapılarda Duvarların Çelik Lama Sarılarak Güçlendirilmesi	35

2.3.3. Yığma Yapılarda Duvarların Beton İle Güçlendirilmesi	35
2.3.4. Yığma Yapılarda Duvarların Püskürtme Beton İle Güçlendirilmesi	36
2.3.5. Yığma Yapılarda Duvarların Karbon Elyaf Lifler İle Güçlendirilmesi	38
3. DENEYSEL ÇALIŞMA	42
3.1. Ödeneyler	42
3.1.1. Tuğla Duvar ve Birleşenleri Üzerinde Yapılan Deneyler	42
3.1.1.1. Harç	42
3.1.1.2. Kum	47
3.1.1.3. Çimento	48
3.1.1.3. Tuğla	49
3.1.2. Güçlendirmede Kullanılan Malzemeler ve Üzerinde Yapılan Deneyler	51
3.1.2.1. Epoksi	51
3.1.2.2. Hasır Çelik Donatı	51
3.1.2.3. Polipropilen Lif	51
3.1.2.4. Kendiliğinden Yerleşen Beton	52
3.1.2.5. Standart Beton	55
3.1.2.6. Deneysel Çalışmada Kullanılan Cihazlar	58
3.2. Model Duvarlar Üzerinde Yapılan Mekanik Deneyler ve Model Duvar Numunelerinin Güçlendirilmesi	59
3.2.1. Tuğla Duvar Numunelerinin Hazırlanması	59
3.2.1.1. Numune Boyutları ve Sayıları	60
3.2.1.2. Numunelerin Üretilmesi ve Kürlenmesi	61
3.2.1.3. Numunelerin Başlıklarının Üretimi	61
3.2.2. Deneyin Yapılış Şekli	62
3.2.2.1. Deney Düzeneği	62
3.2.2.2. Deformasyon Okumaları	63
3.2.3. Takviye Edilmemiş Duvarlar Üzerinde Yapılan Deneyler	63
3.2.4. Hasarlı Duvarların Tamiri	65
3.2.5. Numunelerin Kaplanması	67
3.2.6. Takviye Donatılarının Hazırlanması	67
3.2.7. Model Duvarların Tek Yüzlerinin Kendiliğinden Yerleşen Beton İle Güçlendirilmesi	68
3.2.8. Kendiliğinden Yerleşen Betona Polipropilen Lif Katılması	69
3.2.9. Model Duvarların İkinci Yüzlerinin Kendiliğinden Yerleşen Beton İle Güçlendirilmesi	70
3.2.10. Model Duvarların Tek Yüzlerinin Standart Beton İle Güçlendirilmesi	70
3.2.11. Model Duvarların İkinci Yüzlerinin Standart Beton İle Güçlendirilmesi	71

3.2.12. Takviye Edilmiş Duvarlar Üzerinde Yapılan Deneyler	71
3.2.12.1. Kendiliğinden Yerleşen Beton İle Takviye Edilmiş Duvarlar Üzerinde Yapılan Deneyler	71
3.2.12.2. Standart Beton İle Takviye Edilmiş Duvarlar Üzerinde Yapılan Deneyler	74
4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE İRDELENMESİ	75
4.1. Tek ve Çift Taraflı Takviye Edilmiş Duvar Numuneleri Üzerinde Yapılan Deneylerin Değerlendirilmesi	76
4.2. Standart Betonla Takviye Edilmiş ve Kendiliğinden Yerleşen Betonla Takviye Edilmiş Duvar Numuneleri Üzerinde Yapılan Deneylerin Değerlendirilmesi	78
4.3. Hasarlı ve Hasarsız Duvar Numunelerinin Standart Betonla Takviye Edildikten Sonra Yapılan Deneylerin Değerlendirilmesi	81
4.4. Hasarlı ve Hasarsız Duvar Numunelerinin Kendiliğinden Yerleşen Betonla Takviye Edildikten Sonra Yapılan Deneylerin Değerlendirilmesi	83
4.5. Duvar Numunelerinin Polipropilen Lifli ve Polipropilen Lifsiz Kendiliğinden Yerleşen Betonla Takviye Edildikten Sonra Yapılan Deneylerin Değerlendirilmesi	86
4.6. Donatılı ve Donatısız Olarak Kendiliğinden Betonla Takviye Edilmiş, Hasarlı ve Hasarsız Duvar Numunelerinin Deneylerinin Değerlendirilmesi	88
4.7. Duvar Harcı, Tuğla, Standart Beton ve Kendiliğinden Yerleşen Betonun Su Emme Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	91
4.8. Kendiliğinden Yerleşen Betonla ve Standart Betonun Yüzey Düzgünlüğünün Değerlendirilmesi	92
4.9. Kendiliğinden Yerleşen Betonla ve Standart Betonun Aderanslarının Değerlendirilmesi	93
4.10. Takviye Edilmiş Duvar Numunesi İle Takviye Edilmemiş Duvar Numunelerinin Yük Altındaki Davranışlarının Değerlendirilmesi	96
5. SONUÇLAR	97
KAYNAKLAR	103
EKLER	106
ÖZGEÇMİŞ	138

KISALTMALAR

m	: Metre
dm	: Desimetre
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre
kg	: Kilogram
gr	: Gram
sa	: Saat
dk	: Dakika
sn	: Saniye
%	: Yüzde
°C	: Santigrad Derece
KN	: Kilonewton
N	: Newton
min.	: Minimum
max.	: Maksimum
KYB	: Kendiliğinden Yerleşen Beton
SB	: Standart Beton

TABLO LİSTESİ

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1.	Taşıyıcı Duvarların Min. Kalınlıkları.....	25
Tablo 3.1.	7 Günlük Harç Basınç Dayanımı.....	42
Tablo 3.2.	14 Günlük Harç Basınç Dayanımı	43
Tablo 3.3.	28 Günlük Harç Basınç Dayanımı.....	43
Tablo 3.4.	Taze Harç Kıvam Deneyi Sonuçları	44
Tablo 3.5.	Harç Birim Ağırlık Tablosu	45
Tablo 3.6.	Harç Numunelerinin Boyut ve Alanlarının Tablosu	45
Tablo 3.7.	Harç Kapiler Su Emme Tablosu	46
Tablo 3.8.	Kumun Elek Analizi Tablosu.....	47
Tablo 3.9.	Kum Birim Ağırlık Tablosu.....	48
Tablo 3.10.	Çimento Teknik Özellikler Tablosu	48
Tablo 3.11.	Çimento Birim Ağırlık Tablosu	49
Tablo 3.12.	Tuğla Numunelerinin Boyut ve Alanlarının Tablosu.....	50
Tablo 3.13.	Tuğla Kapiler Su Emme Tablosu	50
Tablo 3.14.	7 Günlük Basınç Dayanımı	52
Tablo 3.15.	14 Günlük Harç Basınç Dayanımı	52
Tablo 3.16.	28 Günlük Harç Basınç Dayanımı.....	53
Tablo 3.17.	Kendiliğinden Yerleşen Beton Numunelerinin Boyut ve Alanlarının Tablosu.....	53
Tablo 3.18.	Kendiliğinden Yerleşen Beton Kapiler Su Emme Tablosu	54
Tablo 3.19.	7 Günlük Beton Basınç Dayanımı	55
Tablo 3.20.	14 Günlük Harç Basınç Dayanımı.....	55
Tablo 3.21.	28 Günlük Beton Basınç Dayanımı	56
Tablo 3.22.	Standart Beton Numunelerinin Boyut ve Alanlarının Tablosu ...	56
Tablo 3.23.	Standart Beton Kapiler Su Emme Tablosu	57
Tablo 3.24.	Kendiliğinden Yerleşen Beton ile Güçlendirilmiş Numuneler.....	60
Tablo 3.25.	Standart Beton İle Güçlendirilmiş Numuneler	61
Tablo 3.26.	Tuğla Duvar Numuneleri Kırılma Yüğü-Gerilme-Deplasman Değerleri	64
Tablo 3.27.	Tuğla Duvar Numuneleri Kırılma Yüğü-Gerilme- Deplasman Değerleri	72
Tablo 3.28.	Tuğla Duvar Numuneleri Kırılma Yüğü-Gerilme- Deplasman Değerleri.....	74
Tablo 4.1.	Tuğla Duvar Numuneleri Kırılma Yüğü-Gerilme- Deplasman Ortalamaları.....	76
Tablo 4.2.	Standart Beton-Kendiliğinden Yerleşen Beton Kıyaslaması	79
Tablo 4.3.	Hasarlı ve Hasarsız Standart Beton Kıyaslaması.....	81
Tablo 4.4.	Hasarlı ve Hasarsız Kendiliğinden Yerleşen Beton Kıyaslaması.	84
Tablo 4.5.	Polipropilen Lifli-Polipropilen Lifsiz KYB. Kıyaslaması.....	86
Tablo A.1.	Tuğla Duvar Numuneleri Kırılma Yüğü-Gerilme- Dep.Değerleri	106

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Donatısız yığma duvar tipleri.....	21
Şekil 2.2 : Duvar tipine bağlı donatı detayları.....	22
Şekil 2.3 : Yığma Yapıda Kiriş ve Lento.....	26
Şekil 2.4 : Yığma Yapı Örneği	27
Şekil 2.5 : Yığma Yapı Örneği	28
Şekil 2.6 : Depremden Sonra Yığma Yapılarda Görülen Çatlaklar.....	30
Şekil 2.7 : Çelik Lamalarla Duvarın Kuşaklanması.....	35
Şekil 3.1 : Harç Kapiler Su Emme Eğrisi.....	46
Şekil 3.2 : Kumun Granülometri Eğrisi.....	47
Şekil 3.3 : Harman Tuğlaları.....	49
Şekil 3.4 : Tuğla Kapiler Su Emme Eğrisi.....	51
Şekil 3.5 : Kendiliğinden Yerleşen Beton Kapiler Su Emme Eğrisi.....	54
Şekil 3.6 : Standart Beton Beton Kapiler Su Emme Eğrisi.....	57
Şekil 3.7 : Kesilmiş Model Tuğlalar.....	59
Şekil 3.8 : Tuğla Numunesinin Hazırlanışı.....	59
Şekil 3.9 : Model Tuğla Numunesinin Kürlenmesi.....	61
Şekil 3.10 : Model Tuğla Numunelerinin Başlıklarının Üretilmesi.....	62
Şekil 3.11 : Deney Düzenegi.....	62
Şekil 3.12 : Deformasyon Okumaları.....	63
Şekil 3.13 : Model Tuğla Duvar Numunesinin Yüklenmesi.....	65
Şekil 3.14 : Hasar Meydana Gelmiş Model Tuğla Duvar Numuneleri.....	65
Şekil 3.15 : Epoksi İle Tamir Görmüş Model Tuğla Duvar Numuneleri.....	66
Şekil 3.16 : Epoksi İle Tamir Görmüş Model Tuğla Duvar Numunesi.....	66
Şekil 3.17 : Kalıbı Hazırlanmış Model Tuğla Duvar Numunesi.....	67
Şekil 3.18 : Donatısı Hazırlanmış Model Tuğla Duvar Numunesi.....	67
Şekil 3.19 : Model Tuğla Duvarların Tek Yüzlerinin Kendiliğinden Yerleşen Beton İle Takviye Edilişi.....	68
Şekil 3.20 : Kendiliğinden Yerleşen Beton İle Takviye Edilmiş Model Tuğla Duvarlar.....	68
Şekil 3.21 : Kendiliğinden Yerleşen Betona Polipropilen Lif Katılması.....	69
Şekil 3.22 : Polipropilenli Kendiliğinden Yerleşen Beton İle Takviye Edilmiş Model Duvar Numuneleri.....	69
Şekil 3.23 : Model Tuğla Duvarların İkinci Yüzünün Kendiliğinden Yerleşen Beton İle Takviye Edilmesi.....	70
Şekil 3.24 : Model Tuğla Duvarların Tek Yüzlerinin Standart Beton İle Takviye Edilişi.....	70
Şekil 3.25 : Model Tuğla Duvarların İkinci Yüzlerinin Standart Beton İle Takviye Edilişi.....	71
Şekil 3.26 : Kendiliğinden Yerleşen Beton İle Takviye Edilmiş Model Tuğla Duvarın Yüklenmesi.....	71

Şekil 3.27	: Kendiliğinden Yerleşen Beton İle Takviye Edilmiş Model Tuğla Duvarın Yüklenme Sonrası Hasar Meydana Gelmiş Hali Ön Yüzü.....	73
Şekil 3.28	: Kendiliğinden Yerleşen Beton İle Takviye Edilmiş Model Tuğla Duvarın Yüklenme Sonrası Hasar Meydana Gelmiş Hali Arka Yüzü.....	73
Şekil 3.29	: Standart Beton İle Takviye Edilmiş Model Tuğla Duvarın Yüklenme Sonrası Hasar Meydana Gelmiş Hali.....	74
Şekil 4.1	: Tuğla Duvar Numuneleri Ortalama Kırılma Yükleri.....	77
Şekil 4.2	: Tuğla Duvar Numuneleri Ortalama Gerilmeleri.....	77
Şekil 4.3	: Tuğla Duvar Numuneleri Ortalama Deplasmanları.....	78
Şekil 4.4	: SB-KYB Kırılma Yükü Kıyaslaması.....	79
Şekil 4.5	: SB-KYB Gerilme Kıyaslaması.....	80
Şekil 4.6	: SB-KYB Deplasman Kıyaslaması.....	80
Şekil 4.7	: Hasarlı-Hasasarsız SB Kırılma Yükü Kıyaslaması.....	82
Şekil 4.8	: Hasarlı-Hasasarsız SB Gerilme Kıyaslaması.....	82
Şekil 4.9	: Hasarlı-Hasasarsız SB Deplasman Kıyaslaması.....	83
Şekil 4.10	: Hasarlı-Hasasarsız KYB Kırılma Yükü Kıyaslaması	84
Şekil 4.11	: Hasarlı-Hasasarsız KYB Gerilme Kıyaslaması.....	85
Şekil 4.12	: Hasarlı-Hasasarsız KYB Deplasman Kıyaslaması.....	85
Şekil 4.13	: Polipropilen Lifli-Polipropilen Lifsiz KYB Kırılma Yükü Kıyaslaması.....	87
Şekil 4.14	: Polipropilen Lifli-Polipropilen Lifsiz KYB Gerilme Kıyaslaması.....	87
Şekil 4.15	: Polipropilen Lifli-Polipropilen Lifsiz KYB Deplasman.....	88
Şekil 4.16	: Donatılı-Donatısız KYB Kırılma Yükü Kıyaslaması.....	89
Şekil 4.17	: Donatılı-Donatısız KYB Gerilme Kıyaslaması.....	90
Şekil 4.18	: Donatılı-Donatısız Deplasman Kıyaslaması.....	90
Şekil 4.19	: Su Emme Deney Sonuçları Kıyaslaması.....	91
Şekil 4.20	: Standart Beton ile Takviye Edilmiş Tuğla Duvar Numunesi.....	92
Şekil 4.21	: Kendiliğinden Yerleşen Beton ile Takviye Edilmiş Tuğla Duvar Numunesi.....	93
Şekil 4.22	: Standart Beton İle Takviye Edilmiş Tuğla Duvar Numunesi.....	94
Şekil 4.23	: Kendiliğinden Yerleşen Beton İle Takviye Edilmiş Tuğla Duvar Numunesi.....	94
Şekil 4.24	: Standart Beton İle Takviye Edilmiş Tuğla Duvar Numunesi.....	95
Şekil 4.25	: Kendiliğinden Yerleşen Beton İle Takviye Edilmiş Tuğla Duvar Numunesi.....	95
Şekil 4.26	: Takviye Edilmiş Tuğla Duvar Numunesi.....	96
Şekil A.1	: 2 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	109
Şekil A.2	: 3 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	109
Şekil A.3	: 7 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	110
Şekil A.4	: 9 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	110
Şekil A.5	: 10 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	111
Şekil A.6	: 11 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	111
Şekil A.7	: 13 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	112
Şekil A.8	: 15 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	112
Şekil A.9	: 18 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	113
Şekil A.10	: 19 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	113

Şekil A.11	: 31 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	114
Şekil A.12	: 32 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	114
Şekil A.13	: 34 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	115
Şekil A.14	: 35 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	115
Şekil B.1	: 1 No' lu Numune Kırılma Şekli.....	116
Şekil B.2	: 2 No' lu Numune Kırılma Şekli.....	116
Şekil B.3	: 3 No' lu Numune Kırılma Şekli.....	116
Şekil B.4	: 11 No' lu Numune Kırılma Şekli.....	117
Şekil B.5	: 12 No' lu Numune Kırılma Şekli.....	117
Şekil B.6	: 11 No' lu Numune Kırılma Şekli.....	117
Şekil B.7	: 17 No' lu Numune Kırılma Şekli.....	118
Şekil B.8	: 18 No' lu Numune Kırılma Şekli.....	118
Şekil B.9	: 19 No' lu Numune Kırılma Şekli.....	118
Şekil B.10	: 5 No' lu Numune Kırılma Şekli.....	119
Şekil B.11	: 6 No' lu Numune Kırılma Şekli.....	119
Şekil B.12	: 7 No' lu Numune Kırılma Şekli.....	119
Şekil B.13	: 8 No' lu Numune Kırılma Şekli.....	120
Şekil B.14	: 9 No' lu Numune Kırılma Şekli.....	120
Şekil B.15	: 10 No' lu Numune Kırılma Şekli.....	120
Şekil B.16	: 14 No' lu Numune Kırılma Şekli.....	121
Şekil B.17	: 15 No' lu Numune Kırılma Şekli.....	121
Şekil B.18	: 16 No' lu Numune Kırılma Şekli.....	121
Şekil B.19	: 31 No' lu Numune Kırılma Şekli.....	122
Şekil B.20	: 32 No' lu Numune Kırılma Şekli.....	122
Şekil B.21	: 33 No' lu Numune Kırılma Şekli.....	122
Şekil B.22	: 34 No' lu Numune Kırılma Şekli.....	123
Şekil B.23	: 35 No' lu Numune Kırılma Şekli.....	123
Şekil B.24	: 36 No' lu Numune Kırılma Şekli.....	123
Şekil C.1	: HTKYB1 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	124
Şekil C.2	: HTKYB2 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	124
Şekil C.3	: HÇKYB12 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	125
Şekil C.4	: HÇKYB14 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	125
Şekil C.5	: HÇKYB+PP17 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	126
Şekil C.6	: HÇKYB+PP19 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	126
Şekil C.7	: TKYB21 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	127
Şekil C.8	: TKYB20 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	127
Şekil C.9	: ÇKYB22 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	128
Şekil C.10	: ÇKYB23 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	128
Şekil C.11	: HÇKYBΦ6 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	129
Şekil C.12	: HÇKYBΦ7 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	129
Şekil C.13	: HTKYBΦ8 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	130
Şekil C.14	: HTKYBΦ10 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	130
Şekil C.15	: TKYBΦ30 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	131
Şekil C.16	: ÇKYBΦ26 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	131
Şekil C.17	: ÇKYBΦ28 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	132
Şekil C.18	: HTKYB+PP15 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	132
Şekil C.19	: HTKYB+PP16 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	133
Şekil C.20	: HTSBΦ31 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	133
Şekil C.21	: HTSBΦ33 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	134
Şekil C.22	: HÇSBΦ34 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	134

Şekil C.23	: HÇSBΦ36 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	135
Şekil C.24	: ÇSBΦ38 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	135
Şekil C.25	: ÇSBΦ39 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	136
Şekil C.26	: TSBΦ41 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	136
Şekil C.27	: TSBΦ42 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi.....	137

SEMBOL LİSTESİ

σ	: Gerilme
r	: Yarıçap
R	: Çap
Φ	: Donatı
N	: Kılcallık Katsayısı
m	: Örneklerin Ortam Nemi Ağırlığı
m_0	: Örneklerin Belli Bir Zaman Dilimi Sonrası Ağırlıkları
A	: Örneklerin Suyu değen Taban Alanları
t	: Süre
C 25	: Hazır Beton Basınç Dayanım Sınıfı

KAGİR YAPILARDA KULLANILAN TAŞIYICI DUVARLARIN HASIR ÇELİK DONATI VE KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON İLE GÜÇLENDİRİLMESİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ

ÖZET

Ülkemizin çeşitli bölgelerinde inşa edilen yapılar iklim, yöresel malzeme, gelenekler, yapı şekli ve gelir durumuna göre farklılıklar göstermektedir. Bu yapılar taşıyıcı sistemlerine göre kagir (yığma) ve karkas (iskeletli) olarak iki bağımsız ve bunların karma şeklinden elde edilen melez tip olarak sınıflandırılmaktadır.

Yığma yapılarda yatay ve düşey yüklerin ana taşıyıcı elemanları tuğla duvarlarıdır. Tuğla duvar, harç ve tuğla gibi iki farklı özelliklere sahip malzemeden oluşan kompozit bir malzemedir. Basınca mukavim fakat çekmeye karşı ise hashastır. Çekme ve basınç mukavemeti günümüz malzemelerine (beton, çelik, betonarme, vb) göre çok düşük olan bir malzemedir.

Ülkemiz bir deprem kuşağındadır. Son dönemlerde meydana gelen depremler bunun bir sonucudur. Ülkemizde özellikle son dönemde birçok güçlendirme projesi uygulanmıştır.

Güçlendirme projelerinde genellikle standart hazır beton kullanılmaktadır. Standart beton ile yapılan güçlendirme projelerinde, güçlendirme kalıplarının darlığından dolayı betonun vibrasyonunun zor olması, betonda boşlukların oluşması, pompalamadaki güçlükler vb. zorluklar yaşanmaktadır. Özellikle güçlendirme projelerinde, boşluksuz oluşu, aderansının yüksek olması, vibratöre gerek kalmadan kalıba kendiliğinden yerleşmesi, pompalanabilme kolaylığı, vb. özelliklerinden dolayı kendiliğinden yerleşen beton tercih sebebi olmaktadır.

Bu güne kadar tuğla duvarlar için birçok araştırma yapılmıştır. Bu çalışmada model tuğla duvarlar güçlendirilmeden ve kendiliğinden yerleşen beton ve standart beton ile güçlendirildikten sonraki yük altındaki davranışları incelenmiştir.

Araştırma amaca uygun olarak seçilmiş model tuğla duvarlar üzerinde yapılmıştır. Deneysel çalışmada hazırlanmış tuğla duvarlar kendi düzlemi içerisinde yatay ve düşey yüklerin bileşkesi 45° açı olarak düşünülmüş ve bu açı ile tek eksenli şekilde yüklenmiştir. Yükleme işlemi model tuğla duvarların köşegenlerine yapılan başlık sayesinde gerçekleştirilmiştir.

Model tuğla duvarlar harman tuğlaları ile yapılmıştır. Birinci aşamada 19 cm X 9 cm X 5 cm boyutlarındaki tuğlalar, kesilerek 9,5 cm X 4,5 cm X 2,5 cm boyutlarındaki model tuğlalara dönüştürülmüştür. Duvarlarda kullanılacak harç malzemesi için harcın karışım oranı belirlenmiştir.

Deneysel çalışmalarda kullanılacak 42 adet model tuğla örgüsü yapılmıştır. Her bir numuneden; hasar meydana gelinceye kadar yüklenmiş 24 adet ve hiç yükleme yapılmamış 18 adet bu model tuğlaların, 30 adetinin takviye malzemesi kendiliğinden yerleşen beton, 12 adetinin takviye malzemesi ise standart beton olarak öngörülmüştür. Deneysel çalışmada 14 adet değişik seri incelenmiş, bu seriler için 3'er adet numune model tuğla seçilmiştir. Bütün model tuğlaların iki köşesine de yükleme yapılabilmesi için başlıklar üretilmiştir.

24 adet model tuğlada hasar oluşuncaya kadar, kendi düzleminde, üstten ve alttan, yük sabit bir hızda arttırılarak yükleme yapılmıştır. Bu sırada yük-deformasyon okumaları kayıt altına alınmıştır. Hasar meydana gelen model duvarların kırılma şekilleri çizilmiştir.

Epoksi malzemesi ile tamiratları yapılan 24 adet hasar görmüş model duvarlar ile hasar görmemiş 18 adet model duvarlara kalıba alınmıştır. Hasar oluşuncaya kadar yüklenen model tuğla duvarlardan 12 adedi ve hiç yükleme yapılmamış model tuğla duvarlardan 12 adedi hasır çelik donatı ile takviye edilmiştir.

30 adet model tuğla numunesi kendiliğinden yerleşen beton ile takviye edilmiştir. 48 saat sonra 15 adet numune diğer yüzünden tekrar kalıba alınmış; hasar oluşuncaya kadar yüklenen model tuğla duvarlardan 3 adedi ve hiç yükleme yapılmamış model tuğla duvarlardan 3 adedi hasır çelik donatı ile takviye edilmiştir. Kalıba alınan bu 15 adet numune kendiliğinden yerleşen beton ile takviye edilmiştir.

12 adet tuğla numunesi standart beton ile takviye edilmiştir. 48 saat sonra 6 adet numune diğer yüzünden tekrar kalıba alınmış; hasar oluşuncaya kadar yüklenen model tuğla duvarlardan 3 adedi ve hiç yükleme yapılmamış model tuğla duvarlardan 3 adedi hasır çelik donatı ile takviye edilmiştir. Kalıba alınan bu 6 adet numune standart beton ile takviye edilmiştir.

Beton ile güçlendirmeden 28 gün sonra, 42 adet takviye edilmiş model tuğla duvar numuneleri aynı şekilde yüklemeye tabi tutulmuş, bu sırada yük-deformasyon okumaları yine kayıt altına alınmıştır. Deney sonuçlarına göre elde edilen verilere göre yük-deformasyon eğrileri çizilmiştir.

Sonuç bölümünde ise deneysel çalışmadan elde edilen veriler tablolar ve grafik anlatım kullanılarak sunulmuş, değişik serilerde üretilen model tuğla duvarların sonuçları karşılaştırılarak incelenmiştir.

THE EXPERIMENTAL STUDY OF THE REINFORCEMENT OF LOAD BEARING WALLS USED IN MASONRY BUILDINGS WITH WIRE-MESH RETROFITTINGS AND SELF COMPACTING CONCRETE

SUMMARY

The structures built in various regions of our country vary according to climate, local materials, traditions, construction type and income. These structures are classified into two independent classes being, brick (stacked) and skeleton and the hybrid type formed of a combination of these.

In stacked structures the main load bearing elements of horizontal and vertical loads are brick walls. Brick wall is a composite material formed of two materials with differing properties; mortar and brick. It is resistant to pressure but sensitive to drawing. It is a material whose drawing and pressure strength is very low compared to contemporary materials (concrete, steel, reinforced concrete etc.).

Our country is on an earthquake belt. The recent earthquakes are a result of this fact. In our country especially recently many reinforcement projects have been applied.

In reinforcement projects generally standard ready concrete is used. In the reinforcement projects run with standard concrete, difficulties such as the difficulty of vibration of the concrete because of narrow molds, formation of cavities in the concrete and difficulties in pumping etc. are experienced. Self compacting concrete is preferred especially in reinforcement projects due to its having no cavities, having high adherence, that fact that it settles automatically in the mold without a need for a vibrator, pumping ease etc.

Until today many studies have been made for brick walls. In this study model brick walls' behavior under load has been examined without reinforcement and after reinforcing with self compacting concrete and standard concrete.

The study has been carried out on model brick walls selected for purpose. The composition of the horizontal and vertical loads within their plane of brick walls prepared in the experimental study have been considered as 45° angle and have been loaded on a single axis with this angle. The loading has been realized by a header built into the diagonals of the model brick wall.

The model brick walls were built with blend bricks. In the first stage bricks of sizes 19cm x 9 cm x 5 cm have been cut and converted to 9.5 cm x 4.5 cm x 2.5 cm model bricks. The mortar mix ratio has been determined for the mortar material to be used in the wall.

42 model brick knit have been prepared to be used in the experimental study; of the 24 loaded model bricks loaded until deformed and the non loaded 18 bricks, the reinforcement material for the 30 has been self compacting concrete and the reinforcement material for the 12 has been standard concrete. In the experimental study 14 different series have been examined and 3 sample bricks were selected for these series. On two corners of all model bricks headers were produced for loading.

On 24 model bricks loading was carried out from under and above on their plane by increasing at a regular rate until damage is observed. During this load-deformation readings were recorded. The braking figures of the damaged walls were drawn.

The 24 damaged model walls repaired with epoxy material and non damaged 18 model walls were taken into mold. 12 of the model walls loaded until damaged and 12 of the model walls that have not been loaded were reinforced with wire-mesh retrofittings.

30 model brick samples have been reinforced with self compacting concrete. After 48 hours 15 samples were again put in mold from the other face and 3 of the model walls loaded until damaged and 3 of non loaded walls have been reinforced with wire-mesh retrofittings. These 15 samples that have been put in mold have been reinforced with self compacting concrete.

12 model brick samples have been reinforced with standard concrete. After 48 hours 6 samples were again put in mold from the other face and 3 of the model walls loaded until damaged and 3 of non loaded walls have been reinforced with wire-mesh retrofittings. These 6 samples that have been put in mold have been reinforced with standard concrete.

28 days after reinforcing with concrete the 42 reinforced model brick walls were loaded under the same conditions and during this their load-deformation readings were recorded. Load-deformation curves were drawn according to the data obtained at the result of the experiment.

In the summary section the data obtained from the experimental study have been presented by using tables and graphical expression, the results of the model brick walls produced in differing series were examined by comparison.

1. GİRİŞ

1.1. GENEL BİLGİLER

Ülkemizin çeşitli bölgelerinde inşa edilen yapılar iklim, yöresel malzeme, gelenekler, yapı şekli ve gelir durumuna göre farklılıklar göstermektedir. Bu yapılar taşıyıcı sistemlerine göre kagir (yığma) ve karkas (iskeletli) olarak iki tipte sınıflandırılmaktadır.

Yığma yapılarda yatay ve düşey yüklerin ana taşıyıcı elemanları taş veya tuğla duvarlardır. Tuğla duvar, harç ve tuğla gibi iki farklı özelliklere sahip malzemeden oluşan kompozit bir malzemedir. Basınca karşı dayanıklı fakat çekmeye karşı dayanıklı değildir.

Ülkemiz bir deprem kuşağındadır. Son dönemlerde meydana gelen depremler bunun bir sonucudur. Bu depremlerin sonuncusu olan Marmara Depremleri sonrasında birçok yığma ve karkas yapı yıkılmış, yıkılmayan binalarda ise çeşitli hasarlar meydana gelmiştir.

İncelemeler sonucunda ağır hasar görmüş binalar yıkılmıştır. Bazı hafif ve orta hasarlı binalarda ve 1998 yılından önce yapılmış, bir başka deyimle yeni deprem yönetmeliğine göre yapılmamış binalarda ise deprem tehlikesi nedeniyle özellikle son dönemde birçok güçlendirme projesi hem yığma hem de karkas yapılarda uygulanmıştır. Bu projelerde eğer güçlendirme malzemesi beton ise en büyük sıkıntılardan birisi güçlendirilecek eleman ile kalıbın arasındaki mesafenin fazla yer kaybını önlemek için çok dar kesitlerin seçilmesidir. Ayrıca bu dar kesitin içine sık donatılar da yerleştirildiği zaman kalıpların içine betonu yerleştirmek zor bir durum haline gelmektedir.

Güçlendirme projelerinde genellikle standart hazır beton tercih edilmektedir. Bazı projelerde ise püskürtme beton ile de güçlendirme yapılmaktadır. Fakat günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte inşaat sektöründe de imalat hızını ve kalitesini arttıran daha yüksek performanslı malzemeler kullanılmaktadır.

Kendiliğinden yerleşen beton da bu malzemelerden biridir. Kendiliğinden yerleşir, kendiliğinden sıkışır ve kendiliğinden seviyelenir. Özellikle güçlendirme projelerinde, boşluksuz oluşu, aderansının yüksek olması ve vibrasyona gerek

kalmadan kalıba kendiliğinden yerleşmesi özelliklerinden dolayı kendiliğinden yerleşen beton tercih sebebi olmaktadır.

1.2. ARAŞTIRMANIN AMACI VE KAPSAMI

Güçlendirmenin bu denli önem kazandığı bir ortamda yapılan güçlendirme imalatının da kaliteli bir imalat olması gerekmektedir. Güçlendirme malzemesi olarak betonun tercih edilmesi halinde, güçlendirme projelerinde genellikle standart hazır beton, püskürtme beton veya kendiliğinden yerleşen beton kullanılmaktadır.

Yapılan güçlendirme projelerinde standart hazır beton tercih edildi ise beton imalatında dar kesitli kalıplarda, içerideki donatının da etkisiyle betonun yerleştirilmesinde güçlükler ile karşılaşilmektedir. Aynı zamanda mevcut binanın içesisindeki elemanların beton ile mantolanması sırasında betonun pompalanabilirliğinin zor oluşu nedeni ile taşınmasında da zorluklar çıkmaktadır.

Püskürtme beton ile yapılan güçlendirme projelerinde ise püskürtme betonun hazır beton tesislerinden mukavemet sınıfı garanti edilememektedir. Yapılan imalat sonucunda püskürtme betonun mukavemeti düşük olabilmekte aynı zamanda püskürtme basıncından dolayı donatı ve mevcut duvarlara zarar vermesi de dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kendiliğinden yerleşen beton daha ince agrega (max. 16 mm) ile hazır beton tesislerinde yapılmaktadır. Kendiliğinden yerleşen beton, hiçbir müdahaleye (vibrasyona) gerek kalmadan kalıba kendiliğinden yerleşir. Dar kalıp ve sık donatılı kesitlerde, ince agregalı olması ve kendiliğinden yerleşmesi nedeniyle işçilik hatası olmadan kalıba kolayca yerleşebilmektedir. Aderansı, boşluksuz olması sebebiyle standart hazır beton ve püskürtme betona göre daha yüksektir. Akışkan özelliğinden dolayı çok kolay pompalanabilir ve mevcut bina içerisinde kauçuk eğilebilir borular sayesinde kalıbın istenilen noktasına kadar rahatlıkla ulaştırılır. İstenilen beton mukavemet sınıflarında üretilebilir. Kalıp malzemesinin düzgün olması halinde, kalıp alındıktan sonra beton yüzeyi standart hazır betona ve püskürtme betona göre daha düzgün bir yüzeydir ve çoğu zaman sıva gerektirmeyebilir.

Bu çalışmada kagir yapılardaki taşıyıcı duvarların beton ve donatı kullanılarak yapılan güçlendirme çalışmalarında beton türü olarak kendiliğinden yerleşen beton ve bu betonun etkinliği araştırılmıştır. Bu bağlamda model tuğla duvarların, standart hazır beton ve kendiliğinden yerleşen beton ile güçlendirilmesi kıyaslanmış,

duvarların yük altındaki davranışları incelenmiş ve çeşitli yönlerden karşılaştırmaları yapılmıştır.

1.3. ARAŞTIRMADA İZLENEN YOL

Araştırma amaca uygun olarak seçilmiş model tuğla duvar numuneleri üzerinde yapılmıştır. Tuğla duvar numuneler kendi düzlemi içerisinde yatay ve düşey yüklerin bileşkesi 45° olacak şekilde tek eksenli olarak yüklenmiştir. Yükleme işlemi model tuğla duvarların köşegenlerine yapılan başlık sayesinde gerçekleştirilmiştir. Standart beton ve kendiliğinden yerleşen beton ile yapılan güçlendirmenin karşılaştırmasının yapılabilmesi için, toplam 42 adet model tuğla duvar numunelerinin güçlendirilmesinin 30 adedi kendiliğinden yerleşen beton ile 12 adedi ise standart beton ile yapılmıştır. Bu numuneler hasar meydana gelinceye kadar yüklenmiş, yük ve şekil değiştirmeleri incelenmiştir.

Model tuğla duvarlar, mevcut kagir yapılarda harman tuğlaları kullanıldığından dolayı harman tuğlaları ile yapılmıştır. Birinci aşamada 19 cm X 9 cm X 5 cm standart boyutlarındaki tuğlalar, kesilerek 9,5 cm X 4,5 cm X 2,5 cm boyutlarındaki model tuğlalara dönüştürülmüştür.

İkinci aşamada deneysel çalışmalarda kullanılacak 42 adet model tuğla örülmüştür. 24 adet numune hasar meydana gelinceye kadar yüklenmiş, 18 adet numuneye yükleme yapılmamıştır.

18 adet yükleme yapılmış (hasarlı) numune ve 12 adet hiç yükleme yapılmamış (hasarsız) model tuğla numunelerinin takviye malzemesi kendiliğinden yerleşen beton olarak seçilmiştir.

6 adet yükleme yapılmış (hasarlı) numune ve 6 adet hiç yükleme yapılmamış (hasarsız) model tuğla numunelerinin takviye malzemesi ise standart hazır beton olarak öngörülmüştür.

Deneysel çalışmada 14 adet değişik seri incelenmiştir. Herbir seri 3' er adet numune model tuğla duvardan oluşmaktadır. Bütün model tuğlaların iki köşesine de yükleme yapılabilmesi için başlıklar üretilmiştir.

Üçüncü aşamada 24 adet model tuğlada hasar oluşuncaya kadar, kendi düzleminde, üstten ve alttan, yük sabit bir hızda arttırılarak yükleme yapılmıştır. Bu sırada yük-deformasyon okumaları kayıt altına alınmış, kırılma şekilleri çizilmiştir.

Dördüncü aşamada epoksi malzemesi ile tamiratları yapılan 24 adet hasar görmüş model duvarlar ile hasar görmemiş 18 adet model duvarlar kalıba alınmıştır. Hasar oluşuncaya kadar yüklenen model tuğla duvarlardan 12 adedi ve hiç yükleme yapılmamış model tuğla duvarlardan 12 adedi hasır çelik donatı ile takviye edilmiştir.

Beşinci aşamada 30 adet model tuğla numunesi kendiliğinden yerleşen beton ile takviye edilmiştir. 48 saat sonra 15 adet numune diğer yüzünden tekrar kalıba alınmış; hasar oluşuncaya kadar yüklenen model tuğla duvarlardan 3 adedi ve hiç yükleme yapılmamış model tuğla duvarlardan 3 adedi hasır çelik donatı ile takviye edilmiştir. Kalıba alınan bu 15 adet numune kendiliğinden yerleşen beton ile takviye edilmiştir.

Altıncı aşamada 12 adet tuğla numunesi standart beton ile takviye edilmiştir. 48 saat sonra 6 adet numune diğer yüzünden tekrar kalıba alınmış; hasar oluşuncaya kadar yüklenen model tuğla duvarlardan 3 adedi ve hiç yükleme yapılmamış model tuğla duvarlardan 3 adedi hasır çelik donatı ile takviye edilmiştir. Kalıba alınan bu 6 adet numune standart beton ile takviye edilmiştir.

Yedinci aşamada beton ile güçlendirmeden 28 gün sonra, 42 adet takviye edilmiş model tuğla duvar numuneleri aynı şekilde yüklemeye tabi tutulmuş, bu sırada yük-deformasyon okumaları yine kayıt altına alınmıştır.

Deney sonuçlarından elde edilen verilere göre yük-deformasyon eğrileri çizilmiş, duvarlar hasarlı veya hasarsız oluşlarına ve takviye malzemelerinin değişimine göre incelenmiştir.

1.4. KONU İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

ŞİMŞEK [1], tuğla duvarların taşıma gücüne donatı etkisini deneysel olarak araştırmıştır. Deneysel çalışma sırasında, hazırlanan model tuğla duvarlar kendi düzlemi içinde iki eksenli olarak yüklenmiştir. Yükleme işlemi, duvara yatay ve düşey yönde, aynı anda yükleme yapabilen kapalı bir yükleme çerçevesi içerisinde gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmanın birinci aşamasında, standart boyuttaki tuğlalardan kesilen model tuğlaların basınç dayanımları test edilmiştir. Duvarda kullanılacak harç için mukavemet testleri yapılmış kullanılacak harcın karışım oranları belirlenmiştir. İkinci aşamada; deneysel çalışmalarda kullanılmak üzere model tuğla duvarların örgüsü yapılmıştır. Her bir açısal değişim için en az üç numune hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelerden bir tanesi hiç sıvanmamış, bir tanesi sıvalı, bir tanesi donatılı - sıvalı olarak teşkil edilmiştir. Ayrıca iki adet model tuğla duvar farklı donatı aralığı için denemek üzere hazırlanmıştır. Üçüncü aşamada model tuğla duvar, kendi düzleminde üstten üniform yayılı yük, yandan da yatay basınç yükü ile iki eksenli olarak yüklenmiştir. Model tuğla duvarlara iki eksenli yükleme, yatay-düşey yük oranı sürekli sabit kalacak ve belirli açısal değeri sağlayacak şekilde arttırılarak yapılmıştır. Her bir açısal değişim için model tuğla duvardan bir tanesi sıvasız olarak duvar yüzeyinde hasar (çatlama) meydana gelinceye kadar, tamamen göçmeyecek şekilde yüklenmiştir. Hasar sonrası hazırlanan hasır donatı ile takviye edilmiş ve yüzeyi sıvanmıştır. İkinci numune, yüzeyine donatı konulmadan sıvalı olarak hazırlanmıştır. Her üç numune de aynı yatay-düşey yük oranında yüklemeye tabi tutulmuş, yüklemenin belirli kademeleri için tuğla duvar üzerinde tespit edilen sekiz noktada yatay şekil değiştirmeler ve yatay yükün tam karşı noktasında da yatay yer değiştirmeler okunmuştur. Deney sonuçlarına bağlı olarak $\sigma - \tau$ kırılma zarfı eğrileri elde edilmiştir. Duvar numunelerinin sıvasız, sıvalı ve hasır çelik donatılı takviye sonrası yatay yük ve yatay deformasyon eğrileri çizilmiştir. Yatay yüke bağlı olarak enerji yutma kapasiteleri bulunmuştur. Yatay-düşey yük artırımına uygun $\alpha=45^\circ$ için takviye edilen duvarların davranışı kesit içerisindeki donatı oranı değişimine bağlı olarak incelenmiştir. Deneyde $\frac{1}{2}$ ölçekli tuğlalardan 38 x 38,5 x 5 cm tuğla duvar numuneleri hazırlanmıştır. Tuğla duvarın örgüsünde derz kalınlıklarının 5 mm olması nedeniyle çimento harçlarında maksimum dane çapı 2 mm'nin altında olan kum kullanılmıştır. Tuğla duvar numunelerinde 5 x 9 x 19 cm boyutlarındaki dolu tuğla kullanılmıştır. Standart

ölçülerdeki tuğlalar, 2,5 x 5 x 9 cm boyutunda parçalara ayrılarak ½ ölçekli model tuğla elde edilmiştir. Deneylerde kullanılan model tuğla duvarların takviyesinde 2.5 mm çapında hasır çelik donatı kullanılmıştır. Bu çalışma sonucunda iki eksenli yükleme altında oluşan çatlaklar yükleme doğrultusunda meydana gelmiştir. Tüm açısız yükler altında kırılan duvar numunelerinin, donatı ile takviyesi duvar taşıma gücünü arttırmaktadır. Tuğla duvar numunelerinin kırılma yükünde dahi parçalanmadığı gözlemlenmiştir. Duvar düşey derzleri içine konulan tel ile duvarın iki yüzünde teşkil edilen takviye donatıları birbirine bağlanarak tuğla duvar numunelerinin basınç mukavemeti büyük ölçüde arttırılmıştır.

BEGİMGİL [2], çalışmasında harcın içine çeşitli katkı maddeleri konarak, tuğla ile harcın arasındaki aderansın iyileştirilmesini, tuğla duvarın çekme dayanımının arttırılmasını araştırmış iki tip matematik model, sonlu elemanlar yöntemiyle çözümlenerek, deney sonuçları kıyaslamıştır. İlk aşamada 45 numune üzerinde çeşitli harç katkı maddeleri kullanılarak aderans ve çekme dayanımlarıyla ilgili ön deneyler yapılmıştır. Bunların sonucunda bazı katkı maddeleri araştırma dışı bırakılıp, 7 tip katkılı ve bir katkısız harçla boyutları 19,5 x 8,5, 19 x 26,5, 19,5 x 14,5, 19,5 x 20,5, 19,5 x 26,5, 19,5 x 26,5 olan çeşitli boyutlardaki küçük numune derzlerine göre iki eksenli yükleme altında denenmiş, σ - τ ilişkisi eğrileri karşılaştırmalı olarak çizilmiştir. Kayma kırılmalarından, basınç kırılmasına geçişin 45° ile 60° arasında olduğu bulunmuştur. Bu nedenle α : 30° - 45° arasında kayma dayanımı maksimum olan Parilat L20 katkı maddesi ve Embet hazır harcı seçilerek, duvar düzlemi içinde üstten üniform yayılı yükü ve yandan yatay basınç yükü ile yüklenmiştir. 28 numunede, σ - τ ilişkisi eğrileri, normal harçla karşılaştırmalı olarak çizilmiş, katkı maddesinin elemanın taşıma gücüne etkileri araştırılmış, düşey ve yatay deformasyonlar ölçülerek gerilme-birim deformasyon eğrileri çizilmiştir. Enerji yutma kapasitesini belirlemek amacıyla deprem kuvvetine benzetilen yatay yük etkisindeki duvar elemanın yatay deplasmanları ölçülerek yük-yatay deplasman eğrileri çizilmiş, çeşitli katkı maddeleriyle örülen duvar numunelerinin enerji yutma kapasiteleri araştırılmıştır. Çalışmada model tuğlalar kullanılmıştır. Ortalama tuğla boyutları 2,5cm x 4,5cm x 9,5cm'dir. Derz aralığı 5 mm olarak ayarlanmış, numune boyutları 40 x 40 cm karedir. Sonuç olarak katkı maddelerinin tuğla duvarların kayma davranışına etkileri araştırılmış, bazı katkı maddelerinin kayma taşıma gücünü büyük ölçüde geliştirdiği saptanmıştır. Yapılan harç mekanik deneylerinde çekme dayanımı

iyi olan katkının, duvar kayma dayanımında da arttırıcı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Şekil değiştirme ölçmelerinde bazı katkı maddeleri, harcın elastikliğini arttırmış, buna bağlı olarak örnek duvarın davranışı değişmiştir. Bazı numunelerde kırılma aniden ve habersiz oluşmuş, bazı durumlarda büyük şekil değiştirmeler ve küçük çatlaklar göçmenin oluşacağını bildiren nedenler olarak gözlemlenmiştir.

BÜYÜKGÖÇMEN [3], çalışmasında, donatılı yığma yapının tasarımında, ilgili bazı yabancı standartlardan da faydalanarak yığma yapı elemanları, bunların donatı ile teşkili, depreme dayanıklı donatılı yığma duvarların sınıflandırılması, deprem kuvvetlerine karşı davranışları, donatılı yığma duvarlarda düşey yük, yatay yük ve eğilme etkisinde gerekli kesitlerin hesaplanması ve kontrollerinin yapılması ilkelerini açıklamıştır. İlk önce genel olarak yığma yapı tasarımı açıklanmış sonra duvarları donatısız olarak yapılmış tek katlı yığma bir yapıda yatay deprem kuvveti etkisinde duvarlarda oluşacak toplam kesme kuvvetleri, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yeni Yönetmelik'e göre hesap edilmiş ve gereken kontroller yapılmıştır. Daha sonra yine yatay deprem yükü etkisinde iki katlı yığma bir duvar ele alınmış, bu duvar donatılı olarak hesap edilmiş ve kontrolleri yapılmıştır. Sonuç olarak ülkemizin büyük bir kısmının deprem kuşağında olduğu ve özellikle kırsal kesimlerde depreme dayanıklı yapı tasarımına önem verilmesi, yığma yapıların donatılı olarak inşa edilmesinin teşvik edilmesi ve donatılı yığma yapılar ile ilgili standartların ülke şartlarına uygun olarak ivedilikle çıkarılması gerekliliği belirtilmiştir.

SABERİ [4], çalışmasında, deprem bölgelerinde yapılan yığma yapıların deprem durumundaki davranışlarını deneysel olarak araştırmıştır. Deneysel çalışma modellemesinde, yapının deprem kuvvetine karşı en dayanıksız olan boşluklu taşıyıcı cephesi incelenmiştir. Buna göre yükseklik-genişlik oranı 1'den büyük olan yığma duvar numunesinin deprem yükleri altında davranışları incelenmiş ve yükseklik-genişlik oranının davranışa etkisi gösterilmiştir. Buna göre 1,50 m x 2,10 m boyutlarında duvar örülmüş ve bu numune duvara, deplasmanları da ölçülerek yatay ve düşey yük uygulanmıştır. Sonuç olarak duvar numunesinin, yükleme başladıktan sonra belli bir yük ve deplasman değerine kadar elastik, daha sonra ise elasto-plastik davranış gösterdiği gözlemlenmiştir. Numunede oluşan ilk hasar duvarın alt kısmında, yatay derz harcı ve tuğla arasında çatlak şeklinde meydana gelmiştir. Daha sonraki yükleme adımlarında oluşan deformasyonlar, oluşan ilk çatlağın genişlemesi

ve bu bölgeden yukarı doğru yatay ve düşey derzleri takip eden çatlak yayılımı şeklinde oluşmuştur.

YORULMAZ, ATAN [5], araştırmalarında sadece duvar düzlemindeki yatay tesirlerin etkisini incelemişlerdir. Forme yapı taşlarıyla yapılan duvarlar düşey ve yatay tesirlerin altında kalmaktadırlar. Bu çalışmada memleketimizde yaygın uygulaması olan üç tip forme yapı taşı, taşıyıcı delikli tuğla, gazbeton ve karkas dolgu tuğlası (boşluklu tuğla) seçilmiştir. Duvar numunelerinin teşkilinde çimento harcı ve kireç-çimento (melez) harcı olmak üzere iki tip harç kullanılmıştır. Numunelerde iki istikametli yükleme hali, yatay derzleri ile çeşitli açılar yapan basınç kuvvetleri uygulanarak elde edilmiştir. Denenen numunelerde kırılma yükü ve şekli tespit edilmiş, ayrıca deney sırasında çeşitli yük kademelerinde yükleme eksenini ve yatay derzler ile bunlara dik doğrultularda deformasyon okumaları yapılmıştır. Gerek taşıyıcı delikli tuğla ve gerek karkas dolgu tuğlası ile yapılan $\frac{1}{2}$ tuğla kalınlığındaki duvar numunelerinin boyları 68cm (3 sıra tuğla) ve yükseklikleri 32cm' dir. Gazbeton duvar numunelerinin teşkilinde, 10 x 12,5 x 25cm boyutundaki yapı taşları kullanılmıştır. 10 cm kalınlığındaki gazbeton duvar numunelerinin boyları 77cm (3 gazbeton blok) ve yükseklikleri 67 cm (5 sıra)' dir. Numunelerde düşey derzler yaklaşık olarak 1 cm ve yatay derzler ise 1,2 cm kalınlıktadır. Yalnız karkas dolgu tuğlası ile yapılan numunelerde, pratikteki uygulamaya benzerliğini sağlamak amacıyla düşey derzlere harç konmamıştır. Bunun sonucu bu seri için düşey derz kalınlığı 1 cm' den ufak olmuştur. Numunelerde uygulanan basınç kuvvetinin yatay derzlerle yaptığı α açısı, gazbeton ve karkas dolgu tuğlası serisinde 90°, 85°, 75°, 60°, 45° ve 30° olarak seçilmiş ve altı seri deney yapılmıştır. Taşıyıcı delikli tuğlada ise $\alpha=85^\circ$ olmaksızın sadece 5 seri deney yapılmıştır. Her seride melez harçlı 3 ve çimento harçlı 3 olmak üzere 6 numune denenmiştir. Deneylerde kırılma yükü tespit edilmiş, bunun takriben 1/10'u mertebesindeki yükleme kademelerinde ayrıca deformasyon okumaları yapılmıştır. Tahmini kırılma yükünün 1/5' i mertebesindeki bir bölgede yükleme ve boşaltma yapılmak suretiyle deformasyon okumalarında bir kontrol sağlanmıştır. Deney sonuçlarına göre kırılma hali için σ - τ bağıntıları elde edilmiş, deney şartlarına uyan duvarların iki istikametli yükleme halindeki taşıma güçlerinin belirlenmesi için bazı esaslar tespit edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca deneylerde yapılan deformasyon okumaları, duvar numunelerinin homojen kabulüyle uygulanan yükleme hali için sonlu elemanlar yoluyla yapılan teorik çözümlerde

bulunan sonuçlarla karşılaştırılmış ve bu yolla numunelerde çatlak teşekkülü ve gelişmesi hakkında bazı esaslara varılmaya çalışılmıştır. Sonuç olarak kayma kırılmalarında harç cinsinin değişmesi önemli bir etken olarak görülmemektedir. Aderans mukavemetini yapı taşı ve harcın mukavemet özelliklerinden ziyade yüzey karakteristikleri etkilemektedir. Mukavemeti düşük yapı taşları ile yüksek mukavemetli harç kullanmanın bir avantaj sağlamadığı gözlemlenmiştir.

EROL [6], bu çalışmada yüksek mukavemetli özel tuğlalardan üretmiş duvarların, düzlemleri içerisindeki yatay yükler altında kayma dayanımları incelenmiştir. Laboratuvarında 755mm x 755mm x 120mm boyutlarında 40 adet duvar numunesi, ASTM C 1391-81 standardında tanımlanan deney tekniği kullanılarak denemiştir. Duvar numuneleri göçmeye kadar zorlanmış ve doğrusal olmayan bölgede kayma dayanımlarının ve duvar kesitlerinin kayma rijitliklerinin değişimi saptanmıştır. Tuğla duvar numunelerinin kayma rijitliklerinin bilinmesi, yığma duvarların ve dolgu duvarların, iki eksenli gerilme altındaki davranışlarının modellenmesi açısından önemlidir. Araştırmada hedef, yatay yük altında numune davranışlarının modellenmesi ve taşıyıcı sistemlerin yatay yükler altında çözümlerinde yığma dolgu duvarlarının katkısının da gözönüne alındığı bir hesap yöntemi geliştirilmesidir. Deneysel çalışmada ASTM 1391-81'de önerilen yığma duvar numuneleri için standart kayma gerilmesi deney tekniği kullanılmıştır. 4 adet numuneden oluşan seriler halinde üretilmiş olan 40 adet duvar numunesinin donatı oranları, tuğla ve harç cinsleri farklılık göstermektedir. Numunelere yükleme, 45°'lik açı yapacak şekilde düşey basınç kuvveti uygulanmış ve kırılma yükleri, kırılma şekilleri, çatlak şekilleri ve artan yük kademelerinde yerdeğiştirme değerleri kayıt edilmiştir. Bu kayıtlarda elde edilen veriler taşıma kapasitelerine, kayma gerilmesi-kayma açısı ilişkilerine ve göçme şekillerine göre değerlendirilmiş ve çeşitli sonuçlara ulaşılmıştır. Değerlendirmeler sırasında, eleman deneyleri ile üç ve dört sıralı küçük duvar numuneleri deneylerinin verilerinden yararlanılmıştır. Kuramsal çalışmada, duvar numuneleri, homojen kabul edilerek modellenmiş ve sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak çözülmüştür. Hesaplar SAP2000 programıyla yapılmış ve bulunan değerler ile deneysel çalışmadan elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Ayrıca, harç dayanımının taşıma kapasitelerine etkileyen önemli bir faktör olduğu gözönüne alınarak, harç basınç dayanımı ve duvar numunesi yük taşıma kapasitesi arasında bir ilişki tayin edilmeye çalışılmıştır. Köşegeni doğrultusunda basınca maruz kalan deney

numunesinin, eşdeğer bir çubuk ile ifade edilmesi istendiğinde, deney verileri kullanılarak hesaplanabilen bir eşdeğer çubuk rijitliği değeri önerilmiştir.

SARAÇ [7], çalışmasında, tarihi yığma kargir binaların mevcut güvenlik düzeyinin yapının bulunduğu zeminle birlikte irdelenerek belirlenmesi için kullanılan yöntemleri araştırmış, kullanılan yöntemlerde belirlenen mevcut güvenlik düzeyinin yeterli olmadığı durumlarda nasıl bir güçlendirme yöntemi kullanılacağını incelemiştir. Bu bağlamda, 1. ve 2. derece bölgesinde bulunan tarihi yığma kargir üç yapının mevcut güvenlik düzeyi irdelenmiş ve güçlendirme yöntemleri araştırılmıştır. Yığma kargir yapıların mevcut güvenlik düzeyinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler ve adımlar tanıtılmıştır. İlk adım olarak yapının üzerinde bulunduğu zeminin özelliklerinin hangi çalışmalarla saptanabileceği araştırılmıştır. İkinci etap çalışmalarında temel sisteminin mevcut durumu belirlenirken kullanılan yöntemler tanıtılmıştır. Üçüncü adımda üst yapı incelenmiştir. Bu adımda strüktürel formların sismik davranışları irdelenmiş, malzemenin mevcut durumlarının belirlenmesi için kullanılan yöntemler araştırılmıştır. Araştırmada yığma kargir bir yapının taşıyıcı sisteminin güçlendirme yöntemleri araştırılmıştır. Ayrıca sistemin rijitliğini artıracak ek müdahalelerin neler olduğu ve kullanılan diğer güçlendirme yöntemleri araştırılmıştır. Sonuç olarak 1. ve 2. derece deprem bölgesinde bulunan tarihi yığma kargir üç yapının mevcut güvenlik düzeyi irdelenmiş ve güçlendirme yöntemleri tartışılmıştır. Kargir yapılarda mevcut güvenlik düzeyinin yapının üzerinde bulunduğu zeminin durumuna bağlı olduğu kadar, doğrudan yapıda kullanılan malzemenin durumuna da bağlı olduğu yapı güvenlik düzeyinin yeterli olup olmadığının mevcut yönetmelikte belirtilen hesaplamalar ve yöntemler kullanılarak kontrol edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

BOZDAĞANGİL [8], çalışmasında, deprem bölgelerinde yapılmış ve depremden hasar görmüş yığma duvarların güçlendirilerek, yük altındaki davranışlarını deneysel olarak araştırmıştır. Deneysel çalışma modellemesinde 1,50 m x 2,10 m boyutlarında duvar örülmüş ve bu numune duvara yatay ve düşey yük uygulanarak yük taşıyamayacak hale getirilmiştir. Daha sonra duvar, çelik hasır ve 5 cm kalınlığında sıva ile güçlendirilmiştir. Güçlendirilmiş numune duvara, yatay ve düşey yük deplasmanları da ölçülerek uygulanmıştır. Sonuçta belli bir yük ve deplasman değerinde, duvar alt kısımdan ayrılmaya başlamıştır. Daha sonra sonraki yükleme

adımlarında da oluşan deformasyonlar bu bölgede yoğunlaşmıştır. Belli bir yük ve deplasman değerinden sonra yük taşıyamaz hale gelmiştir.

AKGÜNDÜZ [9], çalışmasında, deprem hakkında genel bilgiler vermiş ve zemin tiplerinin depemlerde davranışları, deprem sırasında zemin tipi ve kat sayısı arasındaki hasar oranları ve deprem kuvvetleri ve bu yükler altındaki yapı taşıyıcı sistemleri açıklanmıştır. Sonuçta zemin etüdü yapılmadan yapı tasarlanmamalıdır. Yapılar tasarlanırken mutlaka zemin, yapı ve deprem hareketi ilişkisi gözönünde bulundurularak depreme dayanıklı tasarım kurallarına uyulmalıdır. Yığma yapılarda depreme dayanıklı tasarım, yığma yapıların genel taşıyıcılık özellikleri, yığma yapı malzemeleri ve Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik'e göre olmalıdır.

ÜSTÜNDAĞ [10], çalışmasında, bir-iki katlı yığma binaların yatay yükler altındaki davranışı incelenmiştir. Yığma yapıları oluşturan malzemeler, özellikleri ve standartlarda bu elemanların sağlamaları gereken koşullar belirtilmiştir. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte yığma yapılarla ilgili depreme dayanıklı tasarım kuralları hakkında bilgi vermiştir. Ayrıca yığma duvarların güçlendirme yöntemleri ile ilgili çimento enjeksiyonu, betonarme mantolama ile ilgili bilgiler verilmiştir. Sonuçta yığma yapıyı oluşturan tüm elemanların belirli standartları karşılayabilmesi gereklidir. Tarihi yığma yapılar o zamanın teknolojisi ile inşa edildikleri halde birçok depremden hasarsız çıkabilmişlerdir. Fakat kırsal kesimde inşa edilmiş bir-iki katlı yığma yapılar seçilen malzeme ve işçilik kalitesinin düşük olması sebebiyle bu başarıya ulaşamamışlardır.

ZHUGE, HUNT, [11] araştırmalarında ilk olarak güçlendirilmemiş yığma duvarın düzlemsel kayma davranışının simulasyonunu yapmışlardır. Duvar numuneleri pencere açıklıklı ve kapalı olarak gözönüne alınıp davranışları deneysel olarak incelenmiştir. Deprem yükü altında sayısal model sonlu eleman metoduna dayalı olarak geliştirilmiştir. Bu metoda göre tuğla malzemesi kesikli bloklar olarak harçlar ise farklı iki gövde arasında arayüz olarak oluşturulmuştur. Sayısal çözümlemeler deneysel verilerle karşılaştırmalı olarak ele alınarak duvarın yükler altında davranışı incelenmiştir. Deneyde 990 x 1000 mm boyutlarında 18 adet pencere açıklıklı ve penceresiz duvar numunesi kullanılmıştır. Tuğla boyutları 210 x 52 x 1100 mm ve harç kalınlığı 10 mm olarak seçilmiştir. Deneyde tuğla duvar numuneleri üzerinde oluşan çatlaklar ve gerilmeler, sayısal analiz kullanılarak oluşturulan simulasyon

sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Malzemeler için kırılma modları incelenmiş, deneysel ve sayısal olarak karşılaştırma yapılmıştır. Sonuçta yığma model için bir alternatif ve basit bir sayısal yöntem olan farklı eleman metodu üzerine bir araştırma yapılmıştır. Deneysel veriler ve bu sayısal metodun verileri üzerinde karşılaştırma yapma imkânı doğmuştur. Özellikle dinamik analizde sayısal ve deneysel verilerin birbiriyle uyumlu olduğu görülmüştür. Sonuç olarak yığma yapıların derzlerindeki zayıflığın tespiti yapılmıştır. Tuğla ve harcın gerilme ve kayma modları birleşim yerlerinde oluşan modellerde elde edilmiş, deneyde kullanılan tüm panelin çökmesiyle benzer sonuçlara varılmıştır. Bu modellerde yığma duvarların kırılma modları tahmin edilebilir. Statik analiz yapıldığında kırılma yükleri ile ilgili sonuçların sabit olmadığı bulunmuştur.

SHING, NOLAND, KLAMERUS, SPAEH [12], güçlendirilmiş yığma duvarların sismik dayanımını deneysel olarak incelemişlerdir. Panel duvarın sünekliği, enerji yutma kapasitesi, eksenel gerilmesi, yanal direnç üzerine yatay ve düşey güçlendirme miktarının etkisini araştırmışlardır. Numune olarak 16 adet beton yığma duvar numunesi, 6 adet de tuğla yığma duvar numunesi kullanılmıştır. Eksenel gerilme altında, düşey güçlendirme uygulamasının duvarın eğilme dayanımını artırdığı gözlemlenmiştir. Kayma zorlaması diyagonal çatlaklar şeklinde oluşmuştur. Bu çatlaklar yatay ve düşey uygulanan çelik şeritlerin miktarına bağlı olarak duvar yüzeyinde oluşmaktadır. Ancak gerilme, kayma zorlamasına göre eğilme dayanımı üzerinde daha önemli bir etki oluşturmuştur. Yatay ve düşey donatı miktarındaki artma numunelerin sünekliğinin ve enerji yutma kapasitesinin sürekliliğini etkilemiştir. Deneysel programda 16 adet beton yığma duvar numunesi deneye tabi tutulmuştur. Numuneler 1,83 m yükseklikte, 1,83 m uzunluğunda ve beton blokların boyutları 6 x 8 x 16cm içleri boşluk olarak oluşturulmuştur. Bloklar sulu harç ile doldurulmuş ve üniform bir şekilde yatay ve düşey donatı yerleştirilerek uygulanmıştır. Tüm deney numuneleri üst kısmı beton hatıl ile birleştirilmiş ve alt kısmı da betonarme döşemeyle birleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda doğrusal olmayan sonlu eleman modeli ile yığma yapıların kayma etkisiyle oluşan doğrusal olmayan performansları geliştirilmiştir. Çelik donatı kullanılarak düşey veya yatay olarak yapılan güçlendirmede daha çok miktarlarda çelik donatı kullanılması numunelerin sürekliliğini ve enerji yutma kapasitesini arttırmıştır.

SENTHIVEL, SINHA [13], tuğla duvar numuneleri tek eksenli basınç yükü ve tek eksenli tekrarlı yük altında deformasyon karakterlerini değerlendirmek için deneysel

inceleme yapmışlardır. Lineer olmayan gerilme- şekil değiştirme eğrilerin yükleme ve boşaltma, tekrar yükleme boşaltma şeklinde tekrarlı basınç yüklemesi altında göstermek amaçlanmıştır. Gerilme – şekil değiştirme eğrilerinin zarfları, yapılan deneyler ile bulunmuştur. Gerilme – şekil değiştirme eğrilerinin tekrarlı döngüleri enerji yutma kapasitesinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Bu eğrilerin zarfları, enerji yutma kapasitesi ve kalan zorlamalar arasındaki ilişki deneysel ifadelerle açıklanmıştır. 5 farklı zayıf aderanslı derz için yükleme yapılmıştır. α açısı yükün yatayla yaptığı açı olmak üzere $\alpha:0^\circ$, $22,5^\circ$, 45° , $67,5^\circ$ ve 90° için tuğla duvar numunelerinin durumları incelenmiştir. Tam ölçüleri 230 mm x 110 mm x 70 mm olan dolu tuğladan tuğlalar kesilerek tuğla boyutları 110mm x 55mm x 35mm'ye indirilmiştir. 75 tuğla duvar numunesi üretilmiş ve derz kalınlığı 5 mm olarak belirlenmiş, duvar numunelerinin boyutları 360 mm x 360mm x 115 mm olarak uygulanmıştır. Tüm deney numuneleri, aynı tuğla örnekleri ve aynı harç oranlarında üretilmiştir. Açısal formun oluşabilmesi için tuğlalar açığa göre kesilmişlerdir. Sonuçta enerji yayılma oranının erken yükleme evresinde lineer olarak yükseldiği gözlemlenmiştir. Gerilme – şekil değiştirme grafiklerine göre enerji yutma kapasitesindeki ilişki için yığma yapılarıdaki dayanım bozulması değişik gerilme aralıklarında başlamıştır.

NARAIN, SINHA [14], deneysel çalışmada tuğla duvar davranışının tekrarlı basınç yüklemesi altındaki durumunu incelemişlerdir. Zayıf birleşimlerin düşey ve yatay yük altında tuğla duvarın gerilme – şekil değiştirme eğrileri oluşturulmuştur. Genel olarak bu eğriler için analitik ifade önerilmiş ve ayrıca deneysel incelemeyle uygunluğu incelenmiştir. Eksenel gerilmeyle yanal gerilmenin değişimi tartışılmıştır. Tuğla duvar numuneleri 700mm x 700mm x 230mm olarak örülmüştür. Tuğlanın boyutları 230mm x 110mm x 70mm'dir ve 10mm kalınlığında derz oluşturulmuştur. 54 adet duvar numunesi denenmiştir. Tuğla duvar numunelerinin eksenel ve yanal yüklemeyle yerdeğiştirmeleri bulunmuştur. Bu ölçümler numunenin iki yanında yapılmıştır. Zayıf aderanslı derzlerdeki yerdeğiştirmeyi ölçmek için 4 nokta belirlenmiştir. Test 3 tipte yapılmıştır. Her bir test için 18 numune kullanılmıştır. 1.tipte test yükü durmadan kırılma gerçekleşinceye kadar devam etmiştir. 2. tipte numuneler tekrarlı yükler altında yüklenmişlerdir. 3. tipte 2.tipe benzer bir yükleme yapıp tekrarlı yükleme defalarca sürdürülerek uygulama yapılmıştır. Sonuç olarak yüklemenin artmasıyla yatay ve düşey şekil değiştirmeler ölçülmüş ve arttığı

gözlemlenmiştir. Yükleme ve boşaltma şeklinde tekrarlı yüklemenin değerleri ve monoton olarak arttırılan yükleme değerleri ile şekil değiştirmelerden oluşturulan gerilme - şekil değiştirme eğrileri karşılaştırılmış ve aynı değerler tespit edilmiştir.

NARAIN, SINHA [15], bu çalışmada tuğla duvarın yükleme boşaltma zorlama-gerilme eğrileri oluşturmuşlardır. Testler tekrarlı basınç yüklemesi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Bu yükleme zayıf birleşim noktalarına paralel ve dik doğrultuda yapılmıştır. Plastik zorlamanın farklı değerlerindeki eğrilerde basit bir sayısal model önerisinde bulunulmuştur. Deneysel çalışmayla sayısal çalışmalar karşılaştırılmıştır. 18 adet numune denemiştir. Numune boyutları 700mm x 700mm x 230mm, tuğla boyutları 230mm x 110mm x 70mm ve 10mm kalınlığında harç uygulanmıştır. Birleşime dik ve paralel yükleme yapılmıştır. Test 3 şekilde yapılmıştır: 1.durumda yük kırılma moduna kadar gittikçe artan bir şekilde uygulanmıştır. 2.durumda tekrarlı yükler uygulanmıştır. 3.durumda tekrarlı yükleme hali sürekli halde numunelere uygulanmıştır. Sonuçta tekrarlı yükleme ve boşaltma durumlarındaki gerilme şekil değiştirme eğrileri oluşturulan matematik model ile gösterilmiştir. Aynı zamanda bu matematiksel model ile plastik şekil değiştirmeler hesaplanabilmektedir.

HAMID, EL-AKHAKHNI, HAKAM, ELGAALY [16], araştırmalarında FRP lamineleri kullanılarak iyileştirilmiş yığma duvar numunelerinin düzlemsel yükleme altında davranışını incelemişlerdir. 42 adet güçlendirilmemiş yığma duvar numunesi farklı gerilme durumlarında test edilmiştir. Farklı düşük aderanslı derzlere sahip numunelerin testleri basınç kuvveti altında, diyagonal gerilme oluşturarak ve birleşimlerde kayma yüklemesi yapılarak oluşturulmuştur. Her bir numunenin kırılma modu dayanımı ve deformasyon karakteristiği araştırılmıştır. Deney programı 7 farklı şekilde uygulanmıştır. Yatay derzle eksenel kuvvetin açısı α olmak üzere 0° , 30° , 45° , 60° , 90° için deney numuneleri oluşturulup test edilerek güçlendirilmemiş duvarın kayma dayanımı değerlendirilmiştir. Bu deney metodu duvarın geleneksel zayıf ve gevrek kayma kırılması moduna karşı FRP'nin dayanım etkisini değerlendirmek için yapılmıştır. Farklı açılardaki eksenel yükleme için oluşturulan numuneler şu şekilde oluşturulmuştur: numunelerin yatay derzi düzlemle paralel olacak şekilde istenilen açiya göre ahşap parçalar birbirine dik sabitlenmiştir. Tuğlalar bu konstruksiyona göre kesilerek örülmüştür. Numunelerin dayanımının iyileştirilmesi için takviye elemanı olarak cam lifli polimer kullanılmıştır. Numune boyutları: 102 x 285 mm'dir. Diyagonal test numuneleri 102 x 457mm'dir. Derz kayma modu için 102 mm

uzunluğunda numuneler örülmüştür. Derz kalınlığı 3.2 mm olarak uygulanmıştır. 42 adet toplam numune 1/3 ölçekli olarak laboratuarda hazırlanmış ve yükleme sırasında deplasman okumaları yapılmıştır. Tüm numuneler aynı tuğla ve harç malzemesi özellikleri kullanılarak örülmüştür. Numuneler 28 gün beklenildikten sonra teste tabi tutulmuştur. FRP lamineleri çift katman olarak uygulanmıştır. Sonuçta FRP ile güçlendirmenin dayanım, kırılma modunun değişimi ve duvarın sağlamlılığının sürdürülebilmesi üzerine önemli bir etkisi olduğuna varılmıştır. İyileştirilmiş numunelerin basınç dayanımı, iyileştirilmemiş numunelerin basınç dayanımına göre 1,62 - 5,64 kere daha fazla bir dayanıma ulaşmıştır.

TAN, , PATOARY [17] otuz adet yığma duvar numunesini üç farklı FRP sistemi kullanarak güçlendirmişler ve güçlendirme işleminde üç farklı ankrajlama sistemi kullanarak montaj yapmışlar ve ardından test etmişlerdir. Güçlendirilmiş duvar numunelerinin son yükleme taşıma kapasitelerini tahmin etmek için sayısal bir model üzerinde çalışılmıştır. Deneysel sonuçlarla sayısal modeller karşılaştırılmıştır. Her bir duvar planda 1000 mm x 1000 mm ölçülerinde, duvar kalınlığı 110mm ve derz kalınlığı 10 mm olacak şekilde numuneler hazırlanmıştır. Tuğla boyutları 70 x 100 x 230 mm'dir. Test numuneleri beş seri halinde üretilmiştir. 1. seride bir adet güçlendirilmemiş numune denenmiş ve üç adet farklı özelliklere sahip cam lifli polimer seçilerek uygulama yapılmış ve bu duvar numuneleri teste tabi tutulmuştur. 2. seride 6 adet numune kullanılmıştır. 3 adet numunenin güçlendirilmesi için farklı özellikteki karbon lifli polimer şeritleri kullanılmıştır. Bir adet numune cam lifli polimer şeridi kullanılarak uygulanmış, bir adet numune de ise cam lifli şerit iki yönlü olarak uygulanarak denenmiştir. 3. ve 4. seride 8'er adet numune denemiştir. Bu numuneler farklı özellikteki cam ve karbon lifli polimerler uygulanarak test yapılmıştır. 5. seride 4 adet numune kullanılmıştır. Test sonuçlarına göre güçlendirilmemiş duvara göre güçlendirilmiş duvar numuneleri düzlem dışı duvar dayanımının önemli ölçüde arttığı görülmüştür. Güçlendirilmemiş duvar numunelerinde kırılma modu eğilme şeklinde oluşurken, güçlendirilmiş duvarda dört farklı kırılma modu meydana gelmiştir. Bunlar tuğlalar boyunca kayma kırılması, FRP ve tuğla duvar arasında bağın zayıflaması, basınç çatlaklarının oluşması ve FRP güçlendirme malzemesinde gerilme kırılmalarının oluşması şeklinde gözlemlenmiştir.

VAN ZIJL, DE VRIES [18], çekmeye karşı güçlendirilmemiş duvarın davranışı deneysel yolla araştırılmıştır. Daha sonra yığma duvarın bir yüzeyi CRFP kullanılarak

güçlendirilmiştir. Bu durumuyla yığma duvarın çekmeye karşı davranışı araştırılmış ve sonlu eleman yöntemiyle sayısal araştırma yapılmıştır. Oluşturulan deney düzeneğinde duvar boyutları 2 m uzunluğunda, 1,3 m yüksekliğinde ve 22 cm kalınlığındadır. Ayrıca numunelerin merkezinde 44 x 44 cm boyutunda boşluk bırakılmıştır. Tuğla olarak Alman yumuşak çamur tuğlaları kullanılmıştır. Harç karışım oranı: çimento: kireç: kum = 1:1:6 olarak oranlanmıştır. Numuneler 20 C° oda koşullarında, %70 nem oranında imal edilmiş ve 4 hafta kürleşmesi için beklenilmiştir. CFRP'ler epoksi yerine çimento bazlı yapıştırıcıyla uygulanmıştır. CFRP malzemesi uygulanmadan önce numuneler pürüzlendirilmiştir. Deplasmanlar elektronik olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak gerilmenin yükselmesiyle tuğla duvarlarda çatlakların arttığı görülmüştür. Bu, deneysel ve sayısal incelemelerle doğrulanmıştır. Bu çalışma ile yığma duvarda çekmeden dolayı meydana gelen çatlak genişliğinin azaltılması, CFRP ile güçlendirme yaparak geliştirilmiştir. CFRP ile güçlendirilmiş duvarın hesap yöntemi ile çökme limitleri hesaplanmıştır.

VELAZQUEZ, EHSANI [19], bu çalışmada yedi adet yığma tuğla duvar inşa etmişlerdir. Bu numuneler düşey cam lif takviyeli şeritler kullanılarak güçlendirilmiş numuneleri yatay konumda tutularak düzlem dışı statik yük uygulanarak deney yapılmıştır. Bu çalışmadaki ana parametreler, kompozit malzemenin miktarı, yükseklik ve kalınlık oranları, kompozit içerisindeki zorlama ve gerilmeler ile numunelere ait kırılma modlarıdır. Duvar davranışı deneysel incelemelerle gözlemlenmiş, sayısal yaklaşımlarla duvarın davranışı tahmin edilmeye çalışılmıştır. Model duvarın yer değiştirme oranları, eğilme kapasitesi, eğilme dayanımı araştırılmıştır. Deneysel çalışmada tuğla duvar numuneleri dolu toprak tuğla ve düşük dayanımlı harç oranları kullanılarak hazırlanmıştır. Numuneler iki şekilde oluşturulmuştur. Kısa duvar numuneleri 710mm yüksekliğindedir, ince ve uzun duvar numuneleri ise 1420 mm yüksekliğindedir. Yükseklik - kalınlık oranı kısa duvar numunelerinde 14, ince ve uzun duvar numunelerinde 28'dir. Tüm numuneler 1220 mm genişliğindedir. Tüm malzemeler ve tuğla duvar numuneleri ASTM standardına göre seçilmiştir. Derz aralığı 6mm olarak uygulanmıştır. Deneyler 28 gün sonunda denenmiştir. Sonuç olarak deprem bölgelerinde güçlendirilmemiş yığma yapılarda düzlem dışı kırılma modunun yaygın olarak olduğu saptanmıştır. Maksimum takviye oranları, maksimum sapma oranları, kompozit malzemede oluşan zorlama ve gerilmeler için ön tasarım tavsiyeleri önerileri yapılmıştır.

KUZIK, ELWI, CHENG [20], bu çalışmada tekrarlı yükleme altında GFRP şeritleri kullanarak dıştan güçlendirilmiş, yığma duvar numunelerinin düzlem dışı davranışları araştırmışlardır. Gerçek ölçülerinde oluşturulan numunelerden 8 adet inşa edilmiş, dokuz farklı test uygulanmış ve 3 parametre üzerinde çalışılmıştır. Bu parametreler eksenel basınç yükünün seviyesi, dıştan uygulanan GFRP takviye malzemesinin miktarı ve içten uygulanan çelik takviye miktarını içermektedir. GFRP şeritlerinin değişik miktarda uygulanmış hali duvarın davranışında önemli etkilere yol açmıştır. Test numuneleri 20mm kalınlığında standart beton bloklar kullanarak ve harç kullanarak örülmüştür. Her bir duvar 4.0 m yüksekliğinde, 1.2 m genişliğinde örülmüştür. Test numuneleri 1200 x 200 x 51 mm çelik tabakalar üzerine inşa edilmiştir. Böylece her yükün dağılımı sağlanmış ve ayrıca numunenin kaldırılması sırasında kolaylık sağlanmıştır. Sonuç olarak GRFP miktarındaki artış ve azalışlar, duvarın dayanımına artma ve azalma şeklinde etki etmiştir. Çatlak oluşumu bir yana; duvarlar, düzlem dışı tekrarlı yüklemeye karşı sağlamlıklarını korumuşlardır. Yükleme boşaltma ve tekrar yükleme işlemi ile deprem yüküne benzer bir etki sağlanmıştır. Böylece, yığma tuğla duvarın davranışını tahmin edilebilmiştir. Uygulanan sistem eski yığma yapıların sismik etkilere karşı güçlendirilmesinde iyi sonuçlar vermektedir. Çalışmada yığma duvarların dayanımlarının tahmin edilmesi ve deformasyon karakteristiklerinin belirlenmesinde önemli sonuçlar elde edilmiştir.

HAMOUSH, McGINLEY, P., SCOTT, MURRAY [21], tarafından yapılan çalışmada düzlem dışı statik yüklere maruz güçlendirilmemiş yığma duvarların FRP malzemesi kullanarak güçlendirilmesi incelenmiştir. Toplam 15 adet duvar numunesi test edilmiştir. Numune boyutları 1200 x 1800 x 200 mm'dir. 12 numune FRP kullanılarak montajı yapılmıştır. Diğer 3 adet numune güçlendirme olmaksızın denenmiştir. Dıştan yapılan bu güçlendirme iki şekilde oluşturulmuştur. Birincisinde lif takviye iki katmandan oluşturulmuş ve ikincisinde ise dikey ve yatay lif takviye, şeritler halinde uygulanmıştır. Üç adet duvar numunesinde ise güçlendirme yapılmayarak güçlendirilmiş duvar numunelerinin dayanımı ve davranışları değerlendirilmiştir. FRP'nin duvar yüzeyine uygulanmasında kum püskürtme ve tel ile temizleme yöntemi kullanılmıştır. Ardından tüm numuneler su ile yıkanmış, 48 saat sonra FRP uygulaması yapılmıştır. 3 adet numune her iki tip için denenmiştir. ASTM E-72 test metodunda tanımlanan standarda göre yanal yük üniform bir şekilde her bir panele uygulanmıştır. Kırılma modu yüklemesi, dış güçlendirilmedeki

zorlamalar, düzlem dışı deformasyonlar ve kırılma modları kaydedilmiştir. 15 adet 1200 mm x 1800 mm x 200 mm duvar numunesi laboratuvarda hazırlanmış ve göçme gerçekleşene kadar denenmiştir. Yükler üniform bir şekilde ve düzlem dışı olarak uygulanmıştır. 12 adet duvar numunesine çekme bölgesi üzerinde dıştan FRP kompoziti uygulanmıştır. Kalan 3 adet duvar numunesine güçlendirme uygulanmayarak test edilmiştir. Numuneler 400 mm x 400 mm x 200 mm boyutlarında olup ve harç ile örülmüştür. Numuneler minimum 28 günden sonra denenmiştir. Sonuçta düzlem dışı yüklemeler için yığma duvar dayanımının sağlanması üzerine teknikler sunulmuştur. Kayma kırılması kontrol edilebildiği takdirde, yığma duvarın eğilme dayanımının yükseltilebileceği sonucuna varılmıştır.

TRIAFALLOU [22], bu çalışmada yığma duvarın kısa süreli dayanımı için sistematik bir analiz çalışması yapmıştır. Dayanımı arttırmak için FRP lamineleri duvara dıştan uygulanmış ve duvar numunesine eksenel yük verilmiştir. Monoton düzlem dışı eğilme, düzlem içi eğilme, ve düzlem içi kayma olarak eksenel yükler yüklenmiştir. Deneysel çalışmada 12 adet özdeş numune örülmüştür. 6 adet numune düzlem dışı yüklemeye, 6 adet numune de düzlem içi yüklemeye kullanılmıştır. FRP ile güçlendirmenin kırılma mekanizmasına etkisi ve FRP ile güçlendirilmiş duvarın yük kapasitesi belirlenmeye çalışılmıştır. Numune boyutları 120mm x 400mm x 900mm olarak belirlenmiştir. Duvar numunelerinin üzerine CFRP lamineleri epoksi kullanılarak uygulanmıştır. FRP, 1 mm kalınlığında ve 50 mm genişliğindedir. İki adet numune güçlendirilmeden denenmiştir. 3 adet numune 120 mm x 400 mm x 350 mm boyutlarında hazırlanıp denenmiştir. 6 adet tuğla duvar numunesi gerilme dayanımını ölçmek için test edilmiştir. Sonuçlar sayısal olarak diyagramlarla ifade edilmiştir. Düzlem dışı eğilme tepkisi baskın olduğunda, eksenel yükler düşük, eğilmedeki yükselme kapasitesi daha yüksektir. Düzlemdeki eğilmede, güçlendirilmiş kısımlar yüksek gerilme alanlarında dayanımı artmıştır, bu durum laminelerin erken kabarmasını önlemiştir. FRP ile güçlendirilmiş duvarların düzlem içi kayma kapasitesinin yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Eksenel yükün düşük olduğu durumlarda sonuçlar numuneler üzerine yapılan monoton eğilme testlerinden sağlanmış, düzlem dışı ve düzlem içi tepkisinin analiziyle veriler doğrulanmış ve FRP'nin kayma başarısızlık modunda önemi vurgulanmıştır.

KREVAIKAS, TRIAFALLOU [23], bu çalışmada FRP kullanılarak güçlendirilmiş duvar numunelerinin eksenel yük altında davranışı incelemiştir.

FRP tüm duvarın tüm yüzeyini kaplayarak uygulanmıştır. 42 adet model tuğla duvar 4 seri halinde hazırlanmıştır. 55mm x 40mm x 15mm boyutunda toprak tuğlalar kullanılarak duvar numuneleri örülmüştür. Numune kesitlerinin boyutları ilk ve ikinci seride 115mm x 115mm, üçüncü seride 172,5mm x 115mm dördüncü seride 230 mm x 115 mm'dir. Her bir model 7 sıra tuğla ve 6 sıra derzden oluşmuştur. Derz kalınlığı 10 mm'dir. Birinci, üçüncü ve dördüncü serilerde köşe noktalar yarıçap 10 mm olacak şekilde yuvarlatılmıştır. İkinci seride ise 20 mm olacak şekilde köşe noktalar yuvarlatılmıştır. FRP uygulamasında epoksi kullanılarak yapıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak FRP malzemesi kullanılarak tamamı kaplanarak güçlendirilmiş tuğla duvarın, beton dayanımına yakın davranış gösterdiği gözlemlenmiştir. Uygulanan güçlendirmeyle yığma duvarın yük taşıma kapasitesinde ve şekil değiştirmesinde veya şekil değiştirebilirliğinde ve gerilme ortalamasında yükselme olmuştur. Tek eksenli basınç testi sonuçları, yalın modellerin dayanımının ve FRP ile tamamen kaplanmış yığma duvarın son zorlamasının gelişmesine imkan vermiştir.

HAMILTON, DOLAN [24], araştırmalarında 6 adet güçlendirilmemiş yığma duvarın yatay konumda, düzlem dışı eğilme davranışını belirlemeye çalışmışlardır. Duvarlar GFRP kullanılarak güçlendirilmiştir. Cam fiber takviye polimeri uygulaması epoksi kullanılarak yığma duvarın yüzeyine yapıştırılmıştır. GFRP zayıf aderansa sahip derzlere dik yönde yapıştırılmıştır. Kısa duvarlar 610 mm uzunluğunda, 1,8 m yüksekliğindedir. Uzun duvarlar 1220 m uzunluğunda ve 4,7 m yüksekliğindedir. 200 mm kalınlığında duvar teşkil edilmiş ve ASTM C 90'a göre hazırlanarak test edilmiştir. İki adet duvar numunesi normal ağırlığındadır, iki adet kısa numune hafif, uzun numunelerin tümü hafif olarak örülmüştür. FRP derzlere dik yönde düşey olarak uygulanmıştır. Sonuç olarak genel eğilme dayanımı tasarım denklemi sunulmuştur ve test sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

2. YIĞMA YAPILAR, YIĞMA YAPILARDA HASARLAR ve YIĞMA YAPILARDA ONARIM VE GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ

2.1. YIĞMA YAPILAR

Hem düşey hem de yatay yükler için tüm taşıyıcı sistemi doğal veya yapay malzemeli taşıyıcı duvarlar ile oluşturmuş olan yapılara yığma yapılar denilmektedir.

Türkiye'de özellikle kırsal kesimdeki yapıların büyük bir kısmı yığma yapı olarak inşa edilmektedir. Yığma yapılar, deprem gibi dinamik etkilere karşı dayanımlarının az olması ve yapı ağırlıklarının da fazla olması nedeni ile deprem bölgelerinde, sınırlı kat sayıları, minimum taşıyıcı duvar kalınlıkları ve toplam uzunlukları, taşıyıcı duvar boşlukları ve maksimum mesnetlenmemiş duvar uzunlukları gibi kısıtlayıcı kurallarla inşa edilebilmektedir.

Yığma yapıların taşıyıcı duvarları genellikle tuğla (fabrika-harman tuğlası), doğal yapı taşları veya beton briketlerin duvar harçları ile birleştirilmesi ile oluşturulurlar. Yığma duvarlarda kullanılabilecek malzemelerle ilgili Türk Standartları Enstitüsünün standartları mevcuttur ve kullanılan malzemelerin bu standartlardaki şartlara uygun olması gerekmektedir.

Ayrıca donatısız yığma yapıların depreme karşı dayanım gösterecek şekilde tasarlanması ile ilgili hesap metotları ABYYHY 1998'de belirtilmektedir. Fakat donatılı yığma yapı tasarımı ile ilgili bir şartname mevcut değildir. Donatılı yığma tasarımını anlatan bazı yabancı ülke standartları mevcuttur. Bu çalışmada da donatısız yığma yapı örnek alınarak model tuğla duvarlar donatısız yığma yapıya göre yapılmıştır.

Yığma yapılar, betonarme yapılara nazaran depreme dayanımı daha az olan yapılardır. Sadece tuğla ve harçtan oluşan yığma yapı elemanlarının sünekliği azdır. Betonarme yapı gibi donatılı yığma yapıda (donatı takviyeli yığma yapıda) süneklik mevcuttur. Yığma yapılarda, duvarların çoğunluğu taşıyıcı olarak görev yaparlar. Duvarlardaki her çeşit çatlak, taşıyıcı sistemi olumsuz bir

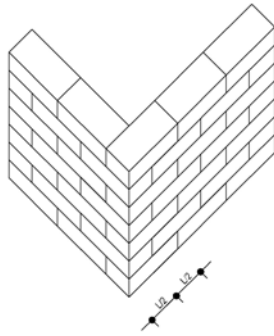
şekilde etkiler. Yığma duvarlar, temel oturmalarından çok fazla bir şekilde etkilenirler.

2.1.1. YIĞMA YAPILARIN SINIFLANDIRILMASI

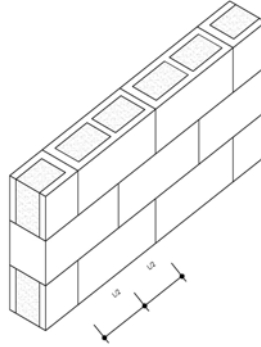
2.1.1.1. Donatısız Yığma Yapılar

Donatısız yığma yapılar, taşıyıcı sistemi olan sadece doğal ve yapay malzemeli duvarların, duvar harçları ile birleştirilmesi ile inşa edilirler.

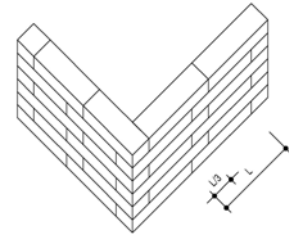
Şekil 2.1'de donatısız bir yığma duvarın genel olarak nasıl inşa edildiğine dair örnekler görülmektedir. Bundan başka çok farklı biçimlerde duvar tipleri vardır. Fakat önemli olan duvarın donatısız olarak tasarlanmasıdır.



a) 1/2 şaşırtmalı
duvar örgüsü



b) 1/2 şaşırtmalı harçlı
duvar örgüsü



c) 1/3 şaşırtmalı
duvar örgüsü

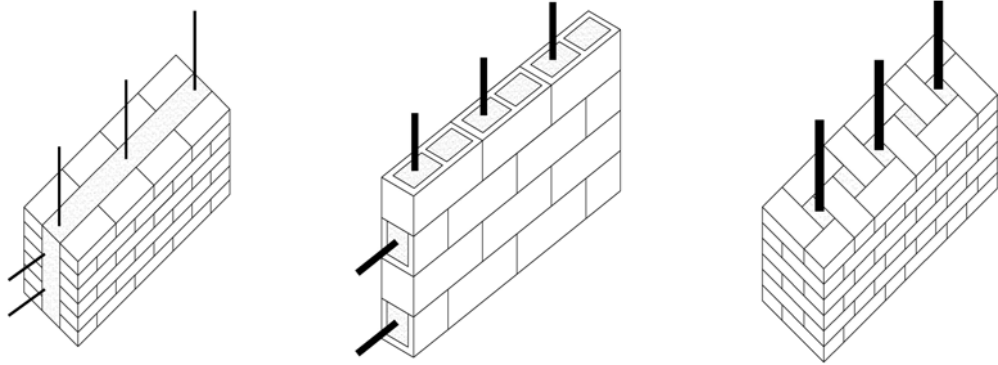
Şekil 2.1 Donatısız Yığma Duvar Tipleri

2.1.1.2. Donatılı Yığma Yapılar

Donatılı yığma yapılar yığma yapıdaki taşıyıcı elemanların donatı ile birlikte tasarlanması ile yapılırlar.

Donatılı yığma yapıların ana taşıyıcı sistemini duvarlar oluşturur. Donatılı yığma yapılarda duvarların çeşitli yapım şekilleri vardır. Donatılı duvarlarda, donatının duvara yerleştiriliş biçimi duvarda kullanılan yapı malzemesinin şekline ve biçimine göre değişmektedir. Çeşitli duvar yapım biçimleri Şekil 2.2'de gösterilmektedir.

Şekil 2.2a'da duvar malzemesi olarak dolu tuğla kullanılmıştır. Düşey donatı arada bırakılan boşluğa yerleştirilmiştir. Yatay donatı ise her iki yüzde bulunan tuğlalar arasına, harç bölgesine yerleştirilmiştir. Şekil 2.2b'de ise tuğlalar arası boşluk daha büyük tutulmuş ve bu sayede yatay donatı da düşey donatı ile beraber ara bölgeye yerleştirilmiş ve harçla doldurulmuştur. Şekil 2.2c'de yalnız düşey ve yatay donatının geçeceği bölge kadar cep tarzında boşluklar bırakılmış ve donatılar bu boşluklara yerleştirilmiştir.



a) Tuğla ve boşluk arasına donatı yerleştirilmesi b) Sadece boşluklara donatı yerleştirilmesi c) Cep tarzı boşluklara donatı yerleştirilmesi

Şekil 2.2 Duvar Tipine Bağlı Donatı Detayları

2.1.2. YIĞMA YAPILARI OLUŞTURAN ELEMANLAR

2.1.2.1. Duvarlar

Taşıyıcı duvar yapımında yığma yapılarda standartlara uygun olarak doğal taş, dolu tuğla, TS-2510 ve TS-705 'de verilen maksimum boşluk oranlarını sağlayan düşey boşluklu tuğlalar, dolu beton briketler ve benzeri bloklar kullanılabilir. Boşluklu

beton briket, curuflu briket, yatay delikli tuğlalar TS-2510 ve TS-705'te belirtilen maksimum boşluk oranını sağlamayan düşey boşluklu tuğlalar, TS-4377' ye göre dolgu duvarları için imal edilen diğer tuğlalar, blok tuğlalar ve benzeri biçim verilmiş bloklar hiçbir zaman, taşıyıcı duvarlarda kullanılmamalıdır. Yüksek basınç dayanımına sahip harçlar, her zaman bütün tuğlalarla yüksek bir aderans oluşturmaz. Pürüzsüz yüzeyli tuğla, yüzeyi pürüzlü tuğlaya göre daha az bir aderans sağlar. Yığma yapılar daha çok tuğla kargir olarak yapılır. Taş kargir yığma yapılarda yapılmaktadır. Yığma yapıda basınç mukavemetleri az olan yatay delikli tuğla, cüruf briket, boşluklu beton ve briket kullanılmamalıdır. Taşıyıcı olarak kullanılan elemanların basınç mukavemetleri belli bir değerden düşük olmamalıdır. Kullanılan harç mukavemeti ve bağlayıcılığı, yığma yapının yanal dayanımını etkiler. Yığma yapıların sadece bodrum katlarında beton taşıyıcı duvar yapılabilir.

Yığma yapılarda düşey taşıyıcı duvarlar, tuğla ve taşlar ile bağlayıcı maddelerle (çeşitli harçlar) yapılır. Bu kullanılan elemanların tek tek mukavemetlerinin uygun olması gereklidir.

a) Fabrika (Harman) Tuğlası: TS 705'göre kil, killi toprak ve balçığın harman edildiği, gerektiğinde su, kum, öğütülmüş tuğla ve kiremit tozu, kül gibi maddeler karıştırılarak makinalarda şekillendirilir ve suni olarak kurutulur. Fabrikalarda pişirilerek elde edilir. Tuğlalar, standartlarla belirlenen belli bir dayanıma sahip olmalıdır. Su emme oranları düşük olmalı, tuğlalar pişkin olmalı, harcın suyunu emmemeli, su emme oranı %10 'u geçmemelidir. Aksi halde tuğla işlenmeden önce su ile ıslatılmalıdır. Çalışmada kullanılan model tuğla duvarlar harman tuğlaları ile yapılmıştır.

b) Klinger Tuğlası: Biçimlendirilmiş, kurutulmuş tuğla ham maddesinin erimeye yakın bir duruma kadar pişirilmiş, basınç dayanımı yüksek tuğlaya klinger tuğlası denir. Su geçirmez. Sıva yapılmadan duvar cephelerinde kullanılır.

c) Dolu Tuğlalar: Deliksiz olan veya kesit alanı üst yüz alanının %15'ini geçmeyecek kadar delikleri bulunan tuğlalara denir. Normal tuğlalar 190 x 90 x 50 mm boyutlarındadır. Modüler tuğlalar ise 190 x 190 x 85 mm boyutundadır.

d) Düşey Delikli Tuğla: Delikleri, alt ve üst yüzeylerine dik olan tuğladır.

e) Yatay Delikli Tuğla: Delikleri, altına dik olan tuğladır.

f) Yapı Taşları: Sert yüksek dayanımı olmalıdır. Zamanla hava koşulları ile özelliklerini kaybetmemeli, suya dayanıklı olmalıdırlar. Büyük boyutlu taşlar kullanılmamalı, taş yüzleri pürüzlü ve temiz olmalıdır

g) Harç: Harcın iyi bir bağlayıcı olması için, akıcılığı uygun, taşın arasındaki boşlukları dolduracak nitelikte olmalıdır. Harçtaki kireç miktarı ve söndürülmüş plastik kıvamda olmalı, kireç ve nitelikli kum uygun dozajda olmalıdır. Harcın dayanımının yüksek olması için su / çimento oranının düşük olması gerekmektedir. Harcın içinde, ince kum miktarı kaba kuma göre az ise, su ihtiyacı azalır. Kireçli harçların dayanımları, çimentolu harçlara göre % 50 oranında düşüktür. Harç miktarı artarsa, harç ile tuğla arasındaki aderans da artar.

h) Dolgu Harçları: Yüksek dayanımlı çimento harçlar, takviyeli yığma yapılarda, tuğla duvar arasına, boşluklu yapay yapı taşları içine konulur. Tuğla duvarları bağlamak için buraya konulacak donatıyı betonun kaplaması, ayrıca dış etmenlerden koruması gerekir.

Yığma yapılarda binaların taşıyıcı duvarları, planda olabildiğince düzenli ve ana eksene göre simetrik veya simetriğe yakın olması gerekir. Yığma yapı basit dikdörtgen, kare şeklinde olmalı; karışık dallanmış bir plan tipinde ünitelerin birleştirilmesi yapılmamalıdır. Duvarın planda yerleştirilmesinde, duvara dik yönde duvarlarla destekler verilmelidir. Çok uzun boylarda duvarlar yapılırken aralara enine duvara dik destek duvarları yapılması gerekir. Duvara dik yönde iç kısımlarda destek duvarları ya da 0,50~1,00 m. girinti-çıkıntı yapılır. Destek duvarı varsa girinti ve çıkıntı yapının o cephe boyunun 1/4 oranına kadar yapılabilir. Destek duvarı köşede yukarıdaki oran kadar devam ettirilir. İç duvarlarda duvar eksenleri düşeyden saptırılmamalıdır. Aksi durumda burulma etkileri oluşur. Yığma yapıda kat yüksekliği 3.0 m'den fazla olmamalı, taşıyıcı duvarlar planda üst üste gelmelidir.

2.1.2.1.1. Yığma Yapılarda Kullanılan Duvar Kalınlıkları

Birinci derece deprem bölgelerinde bodrum katında 50 cm taş duvar, zemin ve birinci katın 1 tuğla kalınlığında olması gereklidir. 2. ve 3. derece deprem bölgelerinde 3 katlı yığma yapı yapılabilir. Zemin kat 1.5 tuğla, diğerleri 1 tuğla kalınlığında yapılabilir. Dördüncü derece deprem bölgelerinde yığma yapılar 4 katlı

olarak, ilk iki katı 1,5 tuğla ve diğerleri 1 tuğla kalınlıklı yapılır. Duvar kalınlıkları Tablo 2.1’ de verilmiştir.

Tablo 2.1: Taşıyıcı Duvarların Min. Kalınlıkları (25)

Deprem Bölgesi	İzin Verilen Katlar	Tuğla (kalınlık)	Doğal Taş (cm)	Beton (cm)	Diğerleri (cm)
1,2,3,4	Bodrum Kat	1	50	25	20
	Zemin Kat	1	50	-	20
1,2,3,4	Bodrum Kat	1,5	50	25	30
	Zemin Kat	1	50	-	20
	Birinci Kat	1	-	-	20
2,3,4	Bodrum Kat	1,5	50	25	30
	Zemin Kat	1,5	50	-	30
	Birinci Kat	1	-	-	20
	İkinci Kat	1	-	-	20
4	Bodrum Kat	1,5	50	25	30
	Zemin Kat	1,5	50	-	30
	Birinci Kat	1,5	-	-	30
	İkinci Kat	1	-	-	20
	Üçüncü Kat	1	-	-	20

2.1.2.2. Yatay Hatıllar

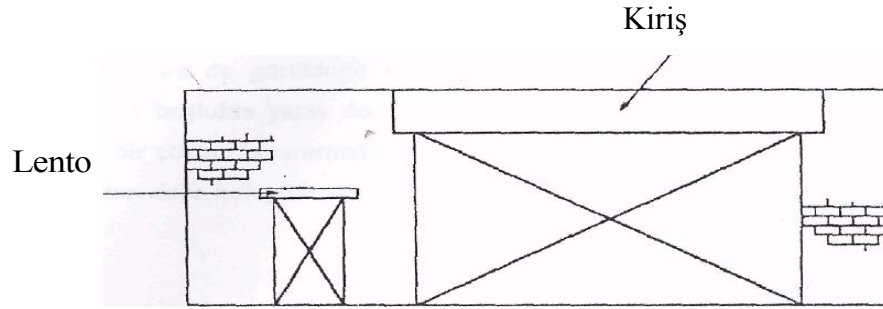
Yığma yapılardaki döşemeler betonarme plak veya dişli döşeme olarak teşkil edilir. ABYYHY 1998'e göre merdiven sahanlıkları dahil olmak üzere her bir döşemenin taşıyıcı duvarlara oturduğu yerlerde betonarme döşeme ile birlikte monolitik dökülmek üzere, şartnamede verilen koşulları sağlayan yatay hatıllar yapılması zorunludur.

2.1.2.3. Düşey Hatıllar

ABYYHY 1998'e göre yığma binalarda depreme dayanıklılığın artırılması amacıyla bina köşelerinde taşıyıcı duvarların ara kesitlerinde, kapı ve pencere boşluklarının her iki yanında kat yüksekliğince betonarme hatıl yapılmasının uygun olduğu belirtilmiştir. Bu hatılların teşkili hakkında bilgi verilmiştir.

2.1.2.4. Kiriş ve Lentolar

Pencere ve kapı boşluklarının üzerine, üzerindeki duvar yüklerinin yan duvarlara aktarılmasını sağlamak amacıyla lentolar teşkil edilmelidir.



Şekil 2.3. Yığma Yapıda Kiriş ve Lento (25)

2.1.2.5. Destek Duvarları

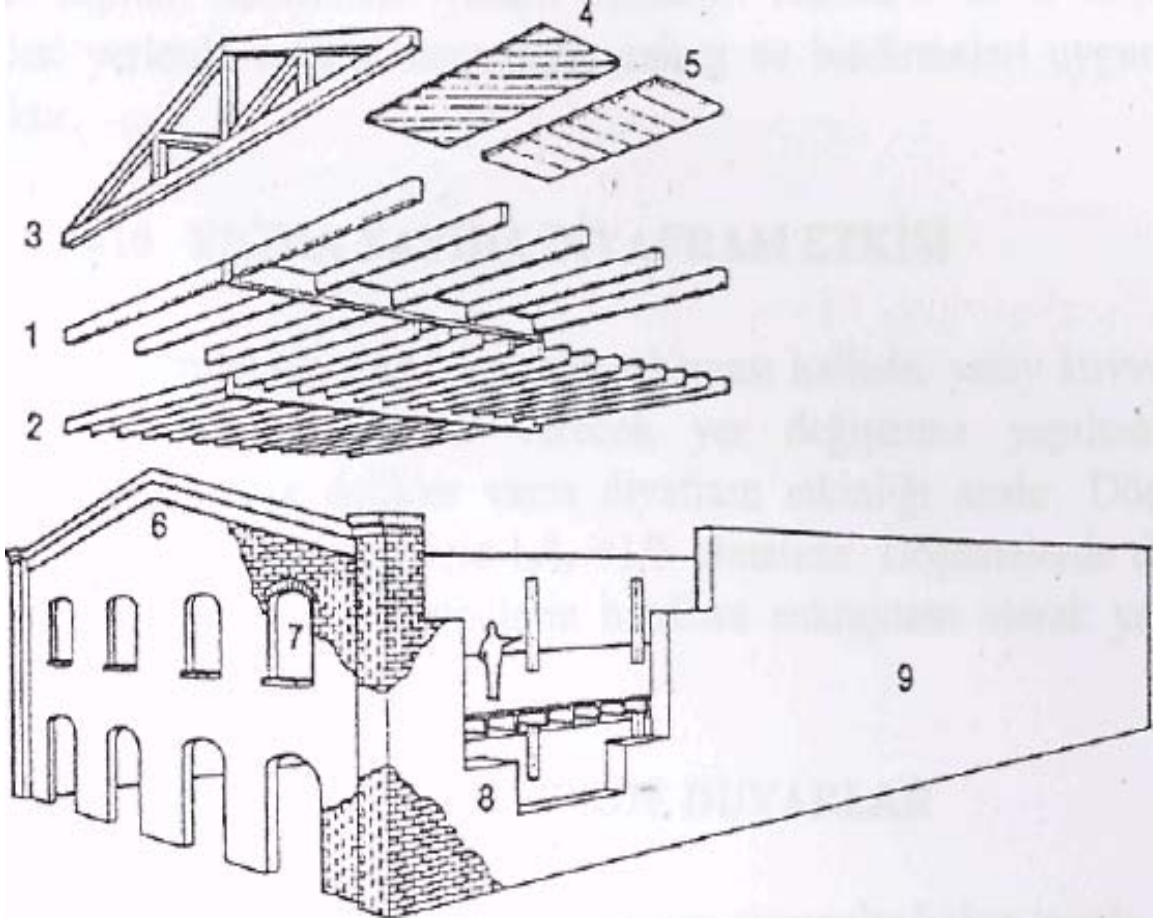
TS 2510'da destek duvarı, yapıda herhangi bir taşıyıcı duvarın karşılaşacağı düşey ve yatay yükler altında burkulmadan ayakta kalabilmesini sağlamak amacı ile yapılan duvarlara denir. Taşıyıcı olarak da kullanılan duvar olarak tanımlanmaktadır.

2.1.2.6. Temeller

Yığma yapı temellerinin projelendirilmesinde gerekli titizlik gösterilmeli, duvar altı temellerinde mümkünse kademe yapılmamalı, temel boyutları uygun seçilmeli, temel hatılları içine konulacak boyuna ve enine donatılar için gerekli hesaplar yapılmalıdır. Kademeli temellerde, kademe, temel yüksekliğinden çok aşağıda olmamalıdır. Her iki yönde temel hatılları birleşim yerlerinde gerekli donatı konulmalıdır. Yığma yapılarda kısmi bodrum yapılmamalıdır.

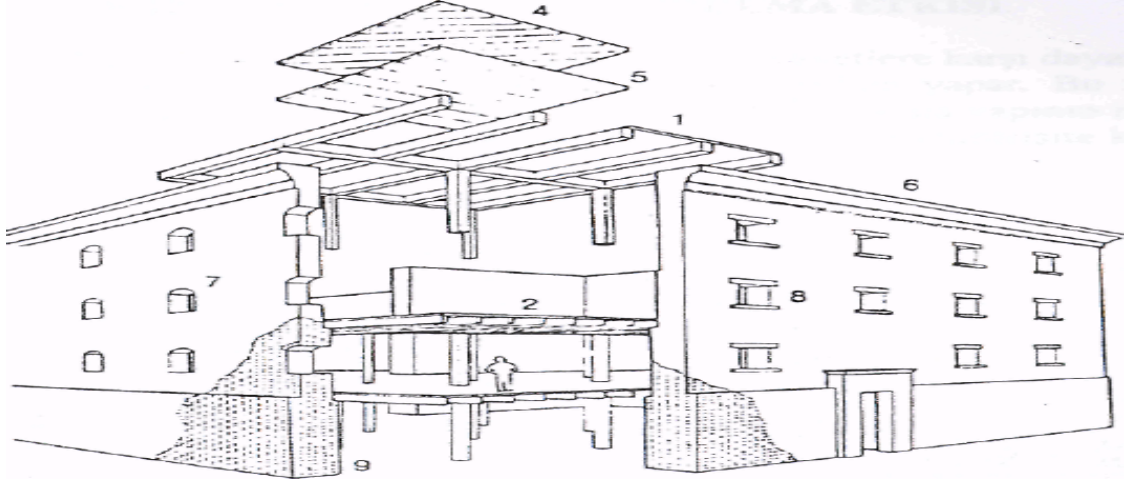
2.1.2.7. Çatılar

Yığma kargir binaların çatıları; betonarme teras çatı, ahşap veya çelik oturma çatı olarak yapılabilen çatılardır. Ahşap çatı, döşeme ve taşıyıcı duvarların üstündeki yatay hatıllar ile bağlantıları TS-2510' da verilen kurallara göre yapılmalıdır. En üst kattaki yatay hatıla oturan çatı kalkan duvarının yüksekliğinin 2 m.'yi geçmesi halinde, düşey ve eğik hatıllar yapılacaktır.



1-2 Çatı Ahşap Kirişleri, 3- Ahşap Kafes Kiriş, 4-5 Örtü, 7- Pencere, 6-8-9 Taşıyıcı Yığma Duvar

Şekil 2.4 Yığma Yapı Örneği (25)



1-2 Ahşap Kirişler, 4-5 Örtü, 6- Parapet, 7-8 pencereler, 9- Yığma Taşıyıcı Duvar

Şekil 2.5 Yığma Yapı Örneği (25)

2.2. YIĞMA YAPILARDA HASARLAR

Deprem hareketinden dolayı yapıda atalet kuvvetleri doğar. Yapı duvarlarında kesme etkisinden alt katlarda kapı pencere aralarındaki boşlukların arasında kalan dolgu duvarlarında, deprem hareketinin iki yönlü olmasından dolayı (tersinir yük) çapraz, X şeklinde çatlaklar oluşur. Deprem etkilerinde boşluklu tuğladan yapılmış 3-4 katlı yığma yapılar çok fazla etkilenirler. Hasarın nedeni duvar rijitliklerinin, duvar kalınlıklarının yetersiz olması, yönetmelikte verilen boşluk sınırının dışına çıkılmasındandır. Yığma yapı hasarları, yatay yüklerden dolayı duvarlarda oluşan çatlak ayrılma ve duvarın yıkılması şeklinde görülür. Duvarlar arasındaki bağlantı zayıftır. Yığma yapılar, rijit ve ağırdırlar. Duvarda kullanılan harcın, tuğlanın çekme dayanımları düşüktür. Duvarlarda kullanılan malzemelerin standart dışı olması harç kalınlıklarının farklı olması, yapının simetrik olmaması hasarı artırır. Yığma yapı depremde sünek davranış göstermez. Duvarların arasında bırakılan pencere kapı boşluklarında da ek gerilmeler, gerilme yığılmaları oluşur. Büyük kapı pencere boşlukları olan duvarlarda, duvarların düşeyden sapsması halinde hasarlar artar.

Yığma yapılarda döşeme çatlakları, döşemelerin mesnetlerinde oluşan negatif moment sebebiyle üst yüzeyde görülür. Süreksiz kenarlarda burulma donatısı

konulmaması nedeniyle, döşeme kenarlarında yukarıya doğru kalkma görülür. Ayrıca burulma donatısı gerektirmeyen hesap tablolarının kullanılmaması, döşemenin mesnetlenme şartlarının beton imalatlara yansımaması sebebiyle mesnetlerde gerekli rijitlikte hatılların teşkil edilememesinden döşemelerde çatlaklar oluşur. Yığma yapılardaki hasar düzeylerinde, duvarların yatay yüklere göre taşıma gücü dikkate alınır. Hasarlar genelde zemin katlarda başlar. Yüksek ve narin duvarlarda (baca, kule, minare vb.) bu hasarlar daha çok üst katlarda oluşur. Yapı yüksekliğinin 1/3-2/3 arasında hasar yoğunlaşır. Duvar düzlemlerine paralel gelen kesme kuvvetleri altında perde duvar gibi davranış gösterirler. Kesme kuvvetleri, tuğla ile harç arasındaki aderansdan kaynaklanır. Derzlerin çatlaması ile aderansın sağladığı mukavemet biter ve harç ile tuğla arasındaki sürtünmeden taşıma gücü kalır. Yatay yükün tesiriyle tuğlalar birbirleri üzerinden kaymaya başlar. Duvar çatlaklarının genişliği, yapının taşıma gücünü belirlerler. Eğer yığma duvarda kat yüksekliğinin 1/250' si kadar öteleme oluşursa, duvar çatlamaya başlar. Düşey yük nedeniyle dolayı kırılma başlar, çatlak düşey yönde oluşur duvar düzlemine dik yönde gelişir. Duvarların köşelerinde çeşitli nedenlerle hasarlar oluşabilmektedir. Duvar köşelerinde oluşan hasarlar; duvar köşesinde tuğlalarda yeterli bir örgü düzeni sağlanamamasından, standart tuğla harç kalınlığının oluşturulamamasından, uzun ve yüksek duvarlarda yanal etkileri kısmen alacak olan, yetersiz bir çatı sistemine bağlanmasından, kesişen duvarlara gelen büyük deprem kuvvetleri gibi sebeplerle oluşabilir.

Çatlaklar oluşuktan sonra genişler tüm duvara yayılır ve duvarlar parçalanır, yük taşıyamaz hale gelir. Duvarların çökmesiyle döşemeler üst üste yığılırlar.

2.2.1. YIĞMA YAPILARDA OTURMA ÇATLAKLARI

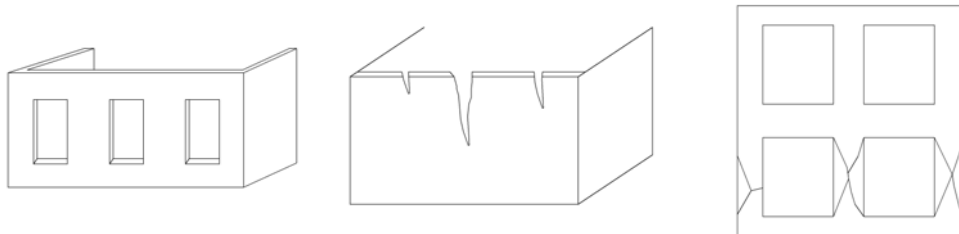
Yığma yapıların temellerdeki oturmalar duvar çatlaklarına neden olur. Temellerde oturmaların önlenmesi için uygun temel tipleri seçilerek zeminin geoteknik etütlerinin tam olarak yapılması, zemin özelliklerinin belirlenmesi gereklidir. Temellerin projelendirilmesinde bütün kurallara uyulmalıdır. Farklı oturma şekillerine göre, değişik duvar çatlakları oluşur. Yapı cephesi ortasındaki oturma, köşelerden fazla ise oturma çatlakları duvarlarda temele yakın bölgelerde büyüktür. Köşe kısımlar orta kısımlara göre daha çok oturuyorsa, eğik oturma çatlakları yukarıya doğru genişlerler. Kademeli temellerde farklı oturmalar oluşacağından duvarlarda çatlamlar oluşur.

2.2.2. YIĞMA YAPILARDA OLUŞAN ÇATLAKLAR

Yığma yapılarda depremde meydana gelen, yatay kuvvetler duvarları kesme kuvveti ile zorlarlar. Yığma yapıların duvarları çekme gerilmelerine karşı zayıftır. Boşluklar arasındaki duvarlarda 45° eğik çekme çatlakları oluşur ve eğer harç dayanımı tuğla dayanımından düşükse çatlaklar derzlerden geçer. Aksi durumda tuğlaları keserek çatlak oluşur. Deprem yükü tersinir yük olduğu için ilk olan çatlaklara dik yönde yeni çatlaklar oluşur. Çatlaklar X şeklinde eğilme çatlakları şekline gelir. Depremden yığma yapıların duvarlarında çatlama ve kısmi yıkılma olabilir. Çatlakların şekli, durumu, genişliği, yönü, duvardaki boşluk yerlerine ve boşluk miktarlarına göre değişebilir. Tuğlanın gevrek malzeme olması nedeniyle küçük yanal ötelemelerden bile çatlamlar olabilir. Çatlağın büyüklüğü hasarın da ölçüsüdür. Depremden oluşan kesme çatlakları, iyi bağlantılı yapılmamış duvarlarda meydana gelen köşe çatlakları şeklindedir. Çatlakların taşıyıcı duvarlarda veya ikinci derece taşıyıcı duvarlarda olup olmadığı, çatlakların duvar düzleminde veya düzleme dik olup olmadığı, düşeyden sapmaların tespiti, hasarlı duvarların yapının yüzde kaç oranında olduğu dikkate alınarak onarıma veya yapının yıkımına karar verilir.

Yığma yapıların duvarlarında, üst kısımda yeterli rijitlikte döşeme, hatıl bağlantısı yapılmamışsa, düzlemlerine dik yönde de hasar görürler.

Duvarlarda subasman, kapı, pencere ve döşeme hatılı olmak üzere yatay bağlantılar tekniğine uygun yapılmamışsa depremde mutlaka zarar görürler. Duvarlarda köşeler iyi bir şekilde bağlanmalıdır. Köşelerde duvarlarda konstrüktif kurallara uyularak, gerekli uzunluklarda boşluk bırakılmasına önemle dikkat edilmelidir. Oluşabilecek çatlaklar Şekil 2.6’da gösterilmiştir.



a) Boşluklu duvar çatlağı b) Boşluksuz duvar çatlağı c) Büyük boşluk oranı olması durumunda eğik çekme çatlağı

Şekil 2.6 Depremden Sonra Yığma Yapılarda Görülen Çatlaklar

Temelleri iyi projelendirilmiş ve yığma yapı yönetmelik esaslarına uygun yapılmış bir yığma yapıda 1 mm'den büyük çatlaklar oluşmaz. Duvarları yatay ötelemesinin, duvar yüksekliğine oranı 1/100 geçince onarımları zorlaşır ve ekonomik olmaz. Onarım kararının verilmesi için hasarları incelenerek, onarıma gerek olup olmadığı belirlenir. Onarım veya güçlendirme ile yapının ileride meydana gelecek depreme karşı dayanıklı olabilecek hale getirilmesi sağlanır. Deprem sebebiyle yığma yapılarda duvarların yıkılması kapı ve pencere boşluklarının çok olduğu cephe kısmında oluşur. Çatlaklar yapının daha çok alt katlarında başlar ve giderek büyür, duvarlar düşey yükleri taşıyamaz hale gelir. Döşemeler o tarafa doğru kayarlar ve göçerler.

2.2.3. YIĞMA YAPILARDA DEPREM HASAR DÜZEYLERİ

Yığma yapıda betonarme olarak, plaklar; kat, çatı döşemeleri, merdivenler ve yığma taşıyıcı duvarlardan oluşan yapı söz konusudur. Yapı duvarları ve plak döşeme kutu davranışı gösterirler.

Yığma yapılarda hasar düzeyleri için aşağıdaki şekilde bir sınıflandırma yapılabilir.

- 1) Hasarsız yapılar: Bu yapılarda hiç çatlak yoktur. Kılcal boyutta (1.0 mm) ve daha ince çatlaklar olabilir. Çatlaklar sadece sıva kalınlığındadırlar. Bu yapılarda bir onarıma gerek yoktur.
- 2) Az hasarlı yapılar: Yığma yapıda X şeklinde genişlikleri 0-10.0 mm olan duvar içine kadar uzanan, duvar çatlakları vardır. Duvarların elastik gerilmeleri limite gelmiştir.
- 3) Orta hasarlı yapılar: Duvarlarda 10-25 mm genişliğinde, X şeklinde kesme çatlakları vardır. Duvarların düzlemi ve boyutları değişmemiştir.
- 4) Ağır hasarlı yapılar: Duvarlarda genişliği 25 mm geçen çatlaklar vardır, duvar düzlemleri düşeyden saptır, duvar köşeleri ayrılmıştır, duvarlarda düşey yüklerden şişmeler olmuştur, duvarlar kısmen yıkılmıştır, duvarların düşeyden saptırması 1/50'den fazladır. Duvarlarda yıkılma, şişme, düşeyden uzaklaşma, az sayıda ise ve aşırı deformasyon yoksa onarım ve güçlendirme yapılabilir.
- 5) Yıkılmış yapılar: Yığma yapıda taşıyıcı duvarların yıkılması, döşemelerin birbiri üzerine çökmesi halinde yığma yapı yıkılmış sayılır. Onarım ve güçlendirme yapılmaz.

2.2.4. YIĞMA YAPILARDA DEPREME GÖRE HESAP

Yatay deprem kuvveti yönetmeliğe göre hesaplanır. Katlara dağıtılır. Katların kesme kuvveti, deprem yönündeki duvarlara, duvar alanları ile orantılı olarak dağıtılır. Duvarlarda kayma gerilmesi hesaplanır ve bu kayma gerilmeleri ve normal gerilmelerde gözönüne alınarak sınır gerilmelerle kıyaslanır. Kayma gerilmelerine ek olarak eğilme momentinin etkisi de dikkate alınabilir. Rijitlik merkezi ve kütle merkezi farklı ise burulma etkisi de gözönüne alınabilir. Duvarlar planda düzgün yerleştirilmişse burulma etkisi oluşmaz. Yığma yapılarda duvarlara deprem kuvveti, x ve y yönünde olmak üzere, duvar düzleminde ve dik olarak etki eder. Burada, F_i , i katındaki eşdeğer yatay yük, w_i , i katının kat ağırlığı h_i , i katının kat yüksekliği olmak üzere, katlara gelen kat kesme kuvvetleri bulunur. A_x ve A_y , sırasıyla x ve y yönünde duvar alanları toplamıdır. x yönünde kata gelen kat kesme kuvveti V_{tx} ise, x yönünde kayma gerilmesi $\zeta_x = V_{tx}/A_x$, aynı şekilde y yönünde kat kesme kuvveti V_{ty} ise kayma gerilmesi $\zeta_y = V_{ty}/A_y$ kayma gerilmeleri bulunur. Bu değerler güç tükenme kayma gerilme

$$F_i = V_i (w_i \cdot h_i) / (\sum w_i \cdot h_i)$$

değerleri ile kıyaslanır. Bu değerler aşılmamalıdır.

Kayma gerilmeleri; kerpiç veya briket blok duvarlarda 50 kN/m^2 , tuğla veya taş duvarlarda 150 kN/m^2 , beton bodrum duvarlarında 750 kN/m^2 alınabilir. Yığma yapıların sisteminin sonlu elemanlar yöntemi ile modellenmesi yapılarak ve belirli bir deprem kaydı kullanılarak dinamik çözümde yapılır.

2.3. YIĞMA YAPILARIN ONARIM VE GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ

Yığma yapılar betonarme yapılara göre depreme karşı dayanımı daha az olan yapılardır. Tuğla ve harçtan oluşan yığma yapı elemanlarının sünekliği azdır. Betonarme yapı gibi donatılı yığma yapıda (takviyeli yığma yapıda) süneklik vardır. Yığma yapıda monolitik çalışma, betonarme yapılara göre daha azdır. Yığma yapıda, duvarların çoğunluğu taşıyıcı olarak görev yapar. Duvarlardaki her çeşit çatlaklar taşıyıcı sistemi etkilerler. Yığma duvarlar, temel oturmalarına karşı çok fazla hassastırlar.

Yığma yapıların onarımlarında ve güçlendirilmesinde çeşitli yöntemler vardır. Yığma yapılarda çimento enjeksiyonları onarım ve güçlendirmede kullanılabilir.

Duvar çatlaklarının onarılması, duvarların beton kullanılarak kalınlaştırılması şeklinde de yapılır.

Yığma yapılarda, onarımın genel prensiplerine uyulması gereklidir. Bu prensipler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

a) Betonarme yapılarda olduğu gibi, yapıların hafifletilmesi için çaba harcanmalı yapı ağırlıkları azaltılmalı; kalın yapılmış yer ve duvar kaplamaları, tesviye betonları, değiştirilmeli, ağır malzemeler yerine, hafif malzemeler seçilmelidir.

b) Yapı köşelerine yakın kapı pencere boşlukları küçültülmelidir.

c) Yapıda kütle ve rijitlik merkezi birbirlerine yaklaştırılmalıdır. Böylelikle ek yeni duvarlar ilave edilebilir.

d) Yapı simetrik değilse simetrik hale getirilmelidir. Gerekirse yapı iki ayrı parçaya ayrılmalıdır.

e) Onarımda, yerel malzemeler uygulanabilir ve işçilik gözönüne alınarak işçilik hatasını en aza indirebilecek malzemeler seçilerek onarım yapılmalıdır.

f) Onarım ve güçlendirmeden sonra yapıya, en az deprem öncesi dayanım kazandırılarak, mümkünse daha fazla dayanım teminine gidilmelidir.

g) Yapıda iç ve dış duvarların kesme ve düşey gerilmelere karşı taşıma güçleri artırılmalıdır.

Yığma yapılar belli ilkelere göre güçlendirilmelidir. Buna göre düşey takviye bantları kolon veya perde tipinden teşkil edilebilir. Betonarme donatısı veya hasır çelik donatı kullanılabilir. Duvarların güçlendirilmesinde, yapı duvarları donatı ile bağlanır ve yığma yapılarda pencere, kapı boşlukları arasındaki kısımlardaki, kesme çatlaklarına karşı duvara yatay delikler açılarak bulonların her iki uçtan sıkılması ile öngerilme verilir veya bu kısımlar çelik profille çerçevelenir. Çerçeve içi de değiştirilebilir. Gergi demirleri eğik çekme gerilmelerinin bir bölümünü taşır. Gergi demirlerine, düşey yönde ön gerilme verildiği gibi yatay yönde ön gerilme verilebilir. Gerilme, ankraj betonunun tam olarak sertleşmesinden sonra uygulanır. Ankraj betonu içine, en az Ø 40 kadar filiz donatı gömülür. Duvar köşelerindeki bazı kısımlar yıkılarak tuğlalar geçmeli olarak yeniden örülebilir. Bazı hallerde betonarme kolon konularak güçlendirme yapılabilir. Kolon donatıları

duvar üst hatılına ve temel hatılına ankre edilebilir. Kolon duvar içine gömülü olabileceği gibi, dışarı dış yapacak şekilde de konulabilir. Eski hatıl ile yeni duvarın kaynaşmasını sağlamak için duvarın üst kısmına yeni hatıl yapılabilir. Eski hatıla 20-25 cm kala duvar yapımı bitirilir. Kalıp yapılarak donatı konularak beton dökülür. Duvarların temelinde donatı ankraj için yeterli derinlikte açılan deliklere donatı betonla ankre edilir. Temelden gelen donatıların ucuna dış açılarak somunların sıkıştırılmasıyla da düşey gerilme verilebilir

Yığma yapılarda iyi bağlantı yapılmazsa, yatay duvarların hatılları yetersizse, yatay yükten köşe açılmalarına sık rastlanır. Köşe kısımlar yıkılır ve yeniden örülür. Köşelerde düşey olarak betonarme kolon teşkil edilerek takviye yapılır. Duvar köşesindeki bazı kısımlar yıkılarak tuğlalar geçmeli şekilde yeniden örülür. Bazı hallerde betonarme kolon konularak güçlendirme yapılabilir. Kolon donatıları duvar üstü hatıla ve temel hatılına ankre edilir. Kolon duvar içine gömülü olabileceği gibi, dışarı dış yapacak şekilde de konulur. Donatıların geçeceği delikler açılır, buralara her iki duvarı, birbirine bağlayacak donatılar konularak iki duvar birbirlerine dikilir.

Yığma yapılarda hasarlar büyükse yeniden duvar yapılması, döşemeler ve hatıllar gerekirse askıya alınıp yeni hatıl ve duvarlar yapılır.

Yığma yapıların bütününe güçlendirilmesi amacıyla yapıya dıştan ve içten betonarme çerçeve sistem giydirilebilir.

Eğer duvarlarda düşey yükler nedeniyle genişlemeler varsa duvarın bir tarafı kalıp gibi kullanılarak diğer yüz yeniden örülür.

Duvarlarda gerekirse bazı kapı ve pencere gibi boşluklar kapatılarak duvarın kesme kapasitesi artırılabilir.

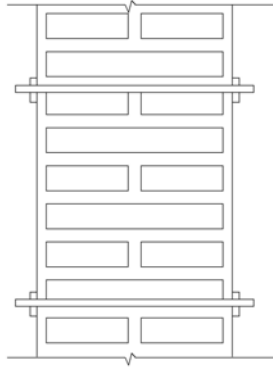
2.3.1. YIĞMA YAPIDA DUVARLARDAKİ KÜÇÜK ÇATLAKLARIN ONARIMI

Derine inmeyen küçük çatlakların, 2 mm genişlikli çatlakların üzerlerindeki sıva kaldırılır. Çatlaklar; epoksi reçineleri, çimento şerbeti priz sırasında genişleyen özel katkı maddeli harçlar ve ince kumlu yüksek çimento dozlu harçlar ile doldurulur. Çok ince çatlakların doldurulmasında dolgu malzemeleri basınçlı olarak verilebilir. Bu yöntemlerin uygulanması zor ve zaman isteyen pahalı bir yöntemdir. Derinliği fazla olmayan çatlaklarda, önce yüzey temizlenir. Yüksek

dozlu çimento harcı ile gereken yerlere bağ levhaları yerleştirilerek doldurulur. Duvarda düşey çatlaklar varsa, delik açılıp konulan donatılar harç ile doldurulur. Gerekirse çatlakları kesen donatılar yerleştirilir. Çatlakların büyümesi önlenir. Düşey ve yatay, donatılı takviye bantları ile yapılır. Çatlak genişliği fazla ise bağ elemanları da kullanılır. Düşey çatlak duvarın her iki yüzeyinde de varsa, sıvalar sökülür, çatlağın sağ ve solundaki tuğlalar sökülür. Yüksek dozlu çimentoyle tuğla yeniden örülür. Çatlak tuğla duvarda düşey konumda ise, çatlağın her iki yanında bir tuğla boyundaki kısım sökülerek, yeniden yüksek dayanımlı harçla örülür. Eğer yığma yapı duvarında "X" şeklinde eğik çekme çatlakları varsa duvarlar güçlendirilir. Eğik çekme çatlakları varsa, çatlakları kesen ve duvara yarı gömülü şekilde güçlendirme bantları betonun içine donatı konularak yapılır.

2.3.2. YIĞMA YAPIDA DUVARLARIN ÇELİK LAMA SARILARAK GÜÇLENDİRİLMESİ

Bu yöntemde, duvarlar çelik lamalarla kuşaklanarak veya duvarın her yüzünde çatıya veya döşeme diyaframlarına monte edilerek kullanılan çelik lamalarla güçlendirilir. Bu çeşit kuşaklama düşey kuvvetlere karşı duvarı güçlendirir. Ama, duvarı yatay kuvvetlere karşı güçlendirmez. Şekil 2.7 tipik bir uygulamayı göstermektedir.



Şekil 2.7. Çelik Lamalarla Duvarın Kuşaklanması

Yığma duvarlarda deprem sonrası olması beklenen çatlaklara dik şekilde ince çelik levhalarla da güçlendirme yapılabilir.

2.3.3. YIĞMA YAPIDA DUVARLARIN BETON İLE GÜÇLENDİRİLMESİ

Beton ile duvarların güçlendirmesinde hasır çelik donatı tek taraflı ya da iki taraflı olarak taşıyıcı duvara uygulanır ve üstten Ø18, Ø20 gibi çelik

ankrajlarla tavan döşemesine tespit edilir. Bu işlemlere binada bir simetri dahilinde başlanır vedaha sonra diğer bölümlere geçilir. İç duvar yüzlerindeki sıva temizlenir, yüzey hazırlanır. Taşıyıcı duvarların yeniden örülmesi gerektiğinde, kalan duvarlar geçici olarak iksaya alınmadan mevcut duvarlar yıkılmamalıdır. Projesine uygun şekilde takviye yapılacak bina köşe bölgeleri belirlenir. Bu bölgeler içindeki sıvalar kaldırılır, derz aralıkları kısmen açılır ve yüzey yabancı maddelerden olabildiğince temizlendikten sonra yüzey hazırlığı yapıp gerekli ankraj delikleri açılır. Ankraj delikleri toz ve nemden arındırıldıktan sonra ankraj çubukları projesine uygun şekilde dolu tuğla veya taş duvarlarda epoksi ile yerleştirilir. Duvar yüzeyine, metrekarede en az 4 adet olacak şekilde ankrajlar yerleştirilerek hasır çelik monte edilir. Öngörülen yerlere özenle yerleştirilen donatılar aderansı zayıflatacak her türlü kirden arındırılmış ve temiz bir şekilde olmalıdır. Hasır çeliklerdeki bindirmeler bir veya bir buçuk göz olacak şekilde yapılır. Hasır donatının mevcut duvarlardan belirli bir uzaklıkta tutulabilmesi amacıyla mesafe ayarlayıcılar kullanılmalıdır. Hasır çelikler sıkı şekilde tespit edilmelidir. Çatlak, duvarın iki yüzünde devam ediyorsa hasır çelik uygulaması duvarın her iki yüzünde yapılmalıdır. Birbirine duvar içinden bağlanmalıdır. Sonra güçlendirme projesinde belirtilen beton kalınlığı kadar kalıplar yapılır. Hasır çelik donatı duvar ile kalıbın tam ortasına gelmelidir. Betonun yerleştirilmesi kalıp ile mevcut duvar arasındaki mesafenin dar oluşu ve arasında da donatı bulunması sebebiyle yerleştirilmesi zor olacağı için betonun akıcı kıvamda seçilmesi gereklidir. Bu nedenle güçlendirmede kendiliğinden yerleşen beton en uygun beton cinsidir. Kendiliğinden yerleşen beton çok akıcı kıvamda olduğu için kalıpların muntazam, boşluksuz yapılması son derece önemlidir. Ayrıca kendiliğinden yerleşen betonun kalıba olan basıncının standart betona göre %25-30 daha fazla olduğu, kalıbın yapım aşamalarında dikkate alınmalıdır. Bu işlemler bittikten sonra kendiliğinden yerleşen beton uygulaması yapılır. Uygulamada beton yavaş olarak kalıba yerleştirilmeli ve betonun taşındığı borular kalıbın üzerinde gezdirilerek döküm yapılmalıdır.

2.3.4. YIĞMA YAPIDA DUVARLARIN PÜSKÜRTME BETON İLE GÜÇLENDİRİLMESİ

Yığma kargir yapılarda, püskürtme beton uygulanması, özellikle kalıp yapmanın zor olduğu ve betonun ince bir tabaka olarak uygulanması gerektiği durumlarda

kullanılır. Püskürtme beton, basınçlı hava ile uygulanan bir betondur ve kuru ve ıslak karışım olarak iki şekilde uygulanabilir.

Kuru karışımın uygulanmasında, püskürtme beton için makinenin karışım odasında, çimento ve agrega uygun ölçülerde bir araya getirilip karıştırıldıktan sonra, seyrek olarak ve basınçlı hava yardımıyla bir hortum içinde püskürtme ucuna iletilir. Püskürtmenin ucunda (meme ve tabanca), kuru karışıma basınçlı su eklenerek elde edilen beton basınçlı hava ile betonlanacak yüzeye yüksek hızla püskürtülür. Uygulamada su miktarı istenilen karışımın elde edilmesi için ayarlanabilir ve gerekli olduğunda suya katkı maddeleri eklenebilir.

Islak karışım uygulamasında çimento, agrega ve su beraber karıştırılır. Elde edilen ıslak karışım hortumla ve basınçlı hava ile püskürtmenin ucuna iletilir.

Hasır çelik donatı tek taraflı ya da iki taraflı olarak taşıyıcı duvara beton ile güçlendirme kısmında belirtilen şekillerde uygulanır. Sıva temizlenip, çimento şerbeti püskürtülerek, yüzey hazırlanır. Püskürtme beton uygulanırken bina içlerinde yeterli uzaklık bırakmak zor olduğundan 450 dozlu sıva da uygulanabilir. Hasır çelikler tespit edildikten sonra püskürtme betonun uygulaması (shotcrete) yapılır. Püskürtme betonu yapacak kişinin tecrübeli olması, uygulamanın başarılı olmasında çok önemlidir. Püskürtme tabancası yüzeye imkanlar nispetinde dik ve 1,0 - 1,5 m uzaklıkta tutulmalıdır. Uzak tutulan tabanca, donatının arkasını yeterince betonla dolduramayacağı için, yüzeyde kesikler meydana getirebilir ve ileride çatlak oluşumuna sebep olabilir. Yakın tutulan tabancada ise yüzeye yapışma tam olarak sağlanamaz. Beton zaiyatı meydana gelir. Shotcrete uygulamasında yüzeye çarparak sıçrayan betonlar tekrar kullanılmamalıdır. Püskürtme betonu üzerine yaklaşık 2,5 cm kalınlığında sıva yapılarak yüzey düzgünlüğü sağlanabilir. Püskürtme beton tabakalar halinde uygulanmalıdır ve alt tabakanın tamamen sertleşmesini beklemeden ikinci tabakaya geçilmelidir. Yeni tabaka püskürtülmeden önce alt tabakadaki şüpheli yerler kontrol edilir. İyi kaynamamış kısımlar uzaklaştırılıp yüzey nemlendirmelidir. Püskürtme beton uygulamalarında çok dikkat edilmesi durumunda dahi kapı, pencere doğramaları zarar görebilir. Bu nedenle doğramaların zarar görmemeleri için önlem alınmalıdır. Püskürtülerek oluşturulan her beton panonun bir köşesinde, hazır beton santralinden gelen püskürtme beton için mukavemet sınıfı garanti edilemediğinden, mala ile küçük bir bölgenin yüzeyi düzgün hale getirilip 3 ve/veya 7 ve/veya 28. günlerde Schmidt

çekici okumaları yapılmalıdır. Okumalar her istasyonda 12 adet civarı olmalı, betonun kaç günlük olduğunu ve okumanın yapıldığı yer yazılmalıdır.

Üst kat duvarlarının çatı altında yeterince karşılıklı bağlanmasını sağlayacak ve varsa orijinal tavanı bozmayacak bir sağlamlaştırma ve güçlendirme şeklinin araştırılması gerekir. Shotcrete uygulaması eğer tavan süslemeleri varsa bu süslemelere zarar verebileceği için, o katta hasır çelik yerleştirilmeli ve 450 çimento dozlu bir sıva ile güçlendirilme yapılmalıdır.

2.3.5. YIĞMA YAPIDA DUVARLARIN KARBON ELYAF LİFLER İLE SARILARAK GÜÇLENDİRİLMESİ

Yığma yapıların ana taşıyıcı elemanını oluşturan duvarlar yatay yüklere karşı dayanıksızlığı, değişen fonksiyon değişikliğinden dolayı artan yük miktarı gibi sebeplerden ötürü güçlendirme çalışması yapılmalıdır. Bu güçlendirme metodlarından biri de FRP malzemesi kullanılarak yapılan güçlendirmedir. Laminant ve dokuma şeklinde üretilen FRP'ler duvar yüzeyine epoksi esaslı yapıştırıcıyla uygulanır. Epoksi sürülmeden önce astar malzemesi duvar yüzeyine uygulanır. Böylece epoksi, FRP ve duvar yüzeyi ile olan aderans arttırılmış olur. Yüzey hazırlığı önemli aşamalardan biridir. Bina sistemi içerisinde deprem sırasında davranışı incelenerek, sistemin çeşitli yerlerine FRP'ler uygulanır. Çekme mukavemetlerini alacak şekilde FRP'ler yerleştirilmelidir. Laminant FRP'ler 5 ve 10cm genişliğinde plakalardır, dokumalar tek yönde kuvvetli 50 cm genişliğinde malzemelerdir. Bina içinde boyutlandırılması bu esaslara göre belirlenmelidir. Yapılan çeşitli çalışmalarda duvarların FRP ile güçlendirilmesinin dayanımı önemli ölçüde arttırdığı görülmüştür. FRP (Fiber Takviyeli Polimerler) isimli kompozitler ile güçlendirme ülkemizde de yavaş yavaş yaygınlaşmaktadır. Daha çok karbon fiber (karbon lifi) adıyla tanınan bu malzemeler hafif, yüksek mukavemetli, liflerin dizilim yönleri değiştirilerek mukavemeti ayarlanabilen, beton ve çeliğin giremeyeceği yerlere girebilen, ince, uygulaması hızlı ve pratik, korozyona dayanıklı, uzun ömürlü yeni nesil malzemelerdir.

FRP ile güçlendirilecek yüzeydeki zayıf ve gevşek malzeme uzaklaştırılmalı ve tabandaki yüzey bozukluğu minimuma indirilmelidir. Yüzey hazırlanırken birbirini takip eden yüzeyler arasındaki kademe farkı 1 mm'yi geçmemelidir. Yüzeyde herhangi bir yükselti veya çukur kalmamalıdır. Keskin köşeler yuvarlatılmalıdır.

Yuvarlatılmış köşelerin yarıçapı 10 mm'den az olmamalıdır, zira daha büyük yarıçap daha yüksek performans sağlar.

Astar ve sertleştiriciyi belirtilen oranlarda katarak karışım homojen hale gelene kadar karıştırılarak (yaklaşık 2 dk.). hazırlanır. Astar miktarı malzemenin çalışma zamanı içinde kullanılacak kadar olmalıdır.

Karıştırılmış astar çalışabilme süresi geçildiği zaman kullanılamayabilir. Bu süre ortam sıcaklığı ve malzeme miktarı ile bağlantılı olarak değişebilir. Astar fırça ya da rulo ile düzgün bir şekilde yüzeye uygulanmalıdır. Eğer gerekli ise ikinci kat astar ilk kat alttaki tuğla yüzeye nüfuz ettikten sonra uygulanmalıdır. Kullanılacak astar miktarı alt yüzeyin pürüzlüğüne bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. İkinci kat astarı uygulamadan önce ilk katın parmaklara bulaşmayacağı kadar beklemek gereklidir (en az 3 saat). Bir gece beklemek genel bir uygulamadır.

Karbon fiber lif bir makas yardımı ile istenen ölçülerde kesilir. Parçaların uzunluğunun 2 m'yi geçmemesi tercih edilmelidir. Daha önce sürülmüş olan astarın tam anlamı ile kurumuş olmasına dikkat edilerek, astar uygulanmış yüzey üzerinde bir haftadan daha fazla süre ile herhangi bir işlem yapılmamışsa yüzey zımpara kağıdı ile pürüzlendirilmelidir. İki komponent üretici firmanın belirttiği oranlarda katarak karışım homojen hale gelene kadar karıştırılır. FRP yüzeye fırça ya da rulo kullanılarak uygulanmalıdır. İç köşelerde kullanılan malzeme miktarı FRP'nin alt tabakaya yapışmasını garanti altına almak için düz yüzeyde kullanılan malzemeden daha çok olacaktır. FRP'nin içinde kalan hava boşluklarını uzaklaştırmak ve malzeme içine nüfuzunu arttırmak için lastik dişli rulo ile lifler yönünde üzerinden bastırarak iki üç kere geçilmelidir. FRP' nin parçalarının lifleri doğrultusunda uç uca eklenmesi sırasında en az 20 cm bindirme boyu kullanılmalıdır. Bindirme bölgesinde daha önce uygulanan malzemenin üstüne reçine sürülmeli ve eklenecek bölüm uygulanmalıdır. Bindirme lifler doğrultusunda yapılmalıdır, liflere dik yönde bindirme yapılmasına gerek yoktur. İlk kat reçine uygulamasından sonra malzemeye en az 30 dakika dokunulmaması gereklidir. Herhangi bir şekilde yerinden oynayan veya ayrılan malzeme bu süre içinde rulo veya spatula yardımı ile tekrar yerleştirilebilir. Reçinenin uygulandığı yüzeyin üzerinden iki üç kez bastırarak geçilmelidir. Bu işlem sırasında rulo ya da spatula kullanılmalıdır.

Açık havada yapılan uygulamalarda, malzeme yağmur, kum, toz gibi etkenlerden üstü kapatılarak korunmalıdır. FRP işlemi bitse bile malzeme plastik bir branda kullanılarak yağmurdan korunmalıdır, ancak bu koruma malzemesi uygulanan FRP ile temas etmemelidir. Uygulama en az 24 saat kürlenmelidir.

Eğer FRP uygulaması direkt olarak güneş ışığına maruz kalacaksa UV dayanımlı boya ile kaplanmalıdır. FRP'nin üzerine sıva yapılacaksa, en üst kata uygulanan FRP daha tazeyken kuvars kumu serpilerek, sıva için aderans sağlamak üzere pürüzlü bir yüzey oluşturulmalıdır. FRP uygulaması sırasında kesinlikle maske gözlük ve plastik eldiven gibi koruyucu ekipman ve giysilerin giyilmesi gereklidir. İşin yapıldığı bölge çok iyi bir şekilde havalandırılmalıdır. Hiçbir durumda uygulama çıplak alevle karşılaştırılmamalıdır.

FRP ile güçlendirilecek yüzeydeki zayıf ve gevşek malzeme uzaklaştırılmalı ve tabandaki yüzey bozukluğu minimuma indirilmelidir. Yüzey hazırlanırken birbirini takip eden yüzeyler arasındaki kademe farkı 1 mm'yi geçmemelidir. Yüzeyde herhangi bir yükselti veya çukur kalmamalıdır. Keskin köşeler yuvarlatılmalıdır. Yuvarlatılmış köşelerin yarıçapı 10 mm'den az olmamalıdır, zira daha büyük yarıçap daha yüksek performans sağlar.

Astar ve sertleştiriciyi belirtilen oranlarda katarak karışım homojen hale gelene kadar karıştırılarak (yaklaşık 2 dk.). hazırlanır. Astar miktarı malzemenin çalışma zamanı içinde kullanılacak kadar olmalıdır.

Karıştırılmış astar çalışabilme süresi geçildiği zaman kullanılamayabilir. Bu süre ortam sıcaklığı ve malzeme miktarı ile bağlantılı olarak değişebilir. Astar fırça ya da rulo ile düzgün bir şekilde yüzeye uygulanmalıdır. Eğer gerekli ise ikinci kat astar ilk kat alttaki tuğla yüzeye nüfuz ettikten sonra uygulanmalıdır. Kullanılacak astar miktarı alt yüzeyin pürüzlülüğüne bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. İkinci kat astarı uygulamadan önce ilk katın parmaklara bulaşmıyacağı kadar beklemek gereklidir (en az 3 saat). Bir gece beklemek genel bir uygulamadır.

Karbo fiber lif bir makas yardımı ile istenen ölçülerde kesilir. Parçaların uzunluğunun 2 m'yi geçmemesi tercih edilmelidir. Daha önce sürülmüş olan astarın tam anlamı ile kurumuş olmasına dikkat edilerek, astar uygulanmış yüzey üzerinde bir haftadan daha fazla süre ile herhangi bir işlem yapılmamışsa yüzey zımpara kağıdı ile pürüzlendirilmelidir. İki komponent üretici firmanın belirttiği oranlarda

katarak karışım homojen hale gelene kadar karıştırılır. FRP yüzeye fırça ya da rulo kullanılarak uygulanmalıdır. İç köşelerde kullanılan malzeme miktarı FRP'nin alt tabakaya yapışmasını garanti altına almak için düz yüzeyde kullanılan malzemeden daha çok olacaktır. Önceden FRP uygulanmış beton yüzeyin üzerine diğer FRP uygulanır. FRP'nin içinde kalan hava boşluklarını uzaklaştırmak ve malzeme içine nüfuzunu arttırmak için lastik dişli rulo ile lifler yönünde üzerinden bastırarak iki üç kere geçilmelidir. FRP' nin parçalarının lifleri doğrultusunda uç uca eklenmesi sırasında en az 20 cm bindirme boyu kullanılmalıdır.

Bindirme bölgesinde daha önce uygulanan malzemenin üstüne reçine sürülmeli ve eklenecek bölüm uygulanmalıdır. Bindirme lifler doğrultusunda yapılmalıdır, liflere dik yönde bindirme yapılmasına gerek yoktur. İlk kat reçine uygulamasından sonra malzemeye en az 30 dakika dokunulmaması gereklidir. Herhangi bir şekilde yerinden oynayan veya ayrılan malzeme bu süre içinde rulo veya spatula yardımı ile tekrar yerleştirilebilir . Reçinenin uygulandığı yüzeyin üzerinden iki üç kez bastırarak geçilmelidir. Bu işlem sırasında rulo yada spatula kullanılmalıdır.

Açık havada yapılan uygulamalarda, malzeme yağmur, kum, toz gibi etkenlerden üstü kapatılarak korunmalıdır. FRP işlemi bitse bile malzeme plastik bir branda kullanılarak yağmurdan korunmalıdır, ancak bu koruma malzemesi uygulanan FRP ile temas etmemelidir. Uygulama en az 24 saat kürlenmelidir.

Eğer FRP uygulaması direkt olarak güneş ışığına maruz kalacaksa UV dayanımlı boya ile kaplanmalıdır. FRP'nin üzerine sıva yapılacaksa, en üst kata uygulanan FRP daha tazeyken kuvars kumu serpilerek, sıva için aderans sağlamak üzere pürüzlü bir yüzey oluşturulmalıdır. FRP uygulaması sırasında kesinlikle maske gözlük ve plastik eldiven gibi koruyucu ekipman ve giysilerin giyilmesi gereklidir. İşin yapıldığı bölge çok iyi bir şekilde havalandırılmalıdır. Hiçbir durumda uygulama çıplak alevle karşılaştırılmamalıdır.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

3.1. ÖN DENEYLER

3.1.1. TUĞLA DUVAR ve BİRLEŞENLERİ ÜZERLERİNDE YAPILAN DENEYLER

3.1.1.1. Harç

Model tuğla duvarların üretilmesinde kullanılacak harç için, çimento:kum = 1:3,5 oranlı harç seçilmiştir. Bu karışım için 4 X 4 X 16 cm' lik, 9 adet dikdörtgen numune hazırlanmıştır. Her bir üç numune 7, 14, ve 28 gün sonra kırılmıştır.

A. Harç Basınç Dayanımı Tayini:

4 x 4 x 16 cm ebatlarındaki çelik kalıplara dökülen 3 adet harç numunesi 7 gün bekletildikten sonra Seidner firmasının 20 tonluk (200 kN) yük uygulayabilen Form Test isimli basınç presinde kırılıp, kırılma yükleri kayıt altına alınmıştır. Bu değerler Tablo3.1'de belirtilmiştir.

Tablo 3.1: 7 Günlük Harç Basınç Dayanımı

Numune No	Kırılma Yüğü (N)	7 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)	7 Günlük Basınç Dayanımı Ortalaması (N/mm ²)
1	13000	8,1	8,5
2	14000	8,8	
3	14000	8,8	

4 x 4 x 16 cm ebatlarındaki çelik kalıplara dökülen 3 adet harç numunesi 14 gün bekletildikten sonra aynı basınç presinde kırılıp, kırılma yükleri kayıt altına alınmıştır. Bu değerler Tablo3.2'de belirtilmiştir.

Tablo 3.2: 14 Günlük Harç Basınç Dayanımı

Numune No	Kırılma Yüğü (N)	14 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)	14 Günlük Basınç Dayanımı Ortalaması (N/mm ²)
1	20000	12,5	12,1
2	19000	11,9	
3	19000	11,9	

4 x 4 x 16 cm ebatlarındaki çelik kalıplara dökülen 3 adet harç numunesi 28 gün bekletildikten sonra aynı basınç presinde kırılıp, kırılma yükleri kayıt altına alınmıştır. Bu değerler Tablo3.3’de belirtilmiştir.

Tablo 3.3: 28 Günlük Harç Basınç Dayanımı

Numune No	Kırılma Yüğü	28 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)	28 Günlük Basınç Dayanımı Ortalaması (N/mm ²)
1	26000	16,3	16,7
2	27000	16,9	
3	27000	16,9	

B. Harç Kıvam Tayini:

Harcın kıvamını belirlemek için sarsma tablası deneyi yapılmıştır. Deney yatay bir tablayı belli bir yükseklikten düşürmek suretiyle yapılır. Tablanın üzerine sactan yapılmış kesik koni kalıp, çapı küçük olan daire yüzeyi üste gelecek şekilde yerleştirilip, içi, kıvamı ölçülecek taze harç ile doldurulur. Daha sonra kalıp şaküli yukarı çekilmek suretiyle çıkartılır. Kesik koninin yüksekliği küçük olduğu için taze beton kendi ağırlığı altında yıkılmadan koninin şeklini muhafaza eder. Dişliye bağlı olan bir kol yardımıyla tabla 12,5 mm yükseklikten 10 sn.’de 15 kez düşürülür. Bu işlem sonunda taze harç tabla üzerinde dairesel olarak yayılır. Yayılmış harcın çapı

ölçülür ve yayılmamış harcın çapına oranlanılırsa harcın işlenebilme özelliği yani kıvamı bulunur.

R: Yayılmış Taze Harcın Çapı

r: Yayılmamış Taze Harcın Çapı

Kıvam= R/r

Taze harç kıvam deneyi sonuçları Tablo 3.4’de verilmiştir.

Tablo 3.4: Taze Harç Kıvam Deneyi Sonuçları

	R ₁ (cm)	R ₂ (cm)	R ₃ (cm)	R _{ort} (cm)	r (cm)	Kıvam	Kıvam _{ort}
Harç 1	14,8	14,6	14,4	14,6	10	1,46	1,48
Harç 2	15,2	14,8	15	15,0	10	1,50	
Harç 3	14,8	14,9	14,7	14,8	10	1,48	

C. Harcın Birim Ağırlık Tayini Deneyi:

Harcın birim ağırlığını tayin etmek için hacmi belli çelik kalıplar önceden tartılmış, sonra harç ile doldurulup titreşim masasında sıkıştırılmış, üzerindeki fazla harçlarmala ile düzeltilip tekrar tartılmıştır. İki tartım arasındaki farkı hacme bölerek birim hacme isabet eden birim ağırlık bulunmuştur.

Harcın birim ağırlık tayini deneyi sonuçları Tablo 3.5’ de gösterilmiştir.

Tablo 3.5: Harç Birim Ağırlık Tablosu

Kalıp No	Boş Kalıp Ağırlığı (gr)	Dolu Kalıp Ağırlığı (gr)	Harcın Birim Ağırlığı (kg/dm ³)	Harcın Birim Ağırlığı Ort. (kg/dm ³)
1	10200	11820	2,11	2,13
2	9680	11300	2,11	
3	10130	11800	2,17	

D. Kapiler Su Emme Tayini Deneyi:

Kapiler (kılcal) su emme tayini, cismin alt yüzeyinden suya değdirilmesi ve kılcallık yoluyla suyun zamana bağılı olarak yükselmesiyle saptanan bir büyüklüktür. Sonuçta malzemenin ağırlık artışı ile kılcal su emme katsayısı belirlenir. Birimi $\text{cm}^3 / \text{cm}^2 \sqrt{\text{dk}}$ 'dir. Bu çalışmada 4 X 4 X 16 cm ebatlarında üretilen harç örnekleri 28 günlük iken su emme tayini deneyleri yapılmıştır. Deney günü numuneler tartılmış ve bir kaba örneklerin oturtulacağı bagetler yerleştirilmiş, örneklerin sadece alt yüzleri suya değecek şekilde distile su ilavesi yapılmıştır. Bir kronometre yardımı ile süre tutulmuş ve aralıklarla tartım yapılmıştır. Deney boyunca su seviyesi kontrol edilmiş, örneklerin tabanından yukarı çıkmasına izin verilmeyecek şekilde, su seviyesi düştüğünde, su ilavesi yapılmıştır.

$$N = (m_1 - m_0) / (A \sqrt{t})$$

N: Kılcallık Katsayısı

m: Örneklerin ortam nemi ağırlığı (gr)

m_0 : Örneklerin belli bir zaman dilimi sonrası ağırlıkları (gr)

A: Örneklerin suya değen taban alanları

T: Örneklerin suyla temas ettiği süre

4 X 4 X 16 cm ebatlarında üretilen 3 adet harç harç numunesinin boyut ve alanları Tablo 3.6'da belirtilmiştir.

Tablo 3.6: Harç Numunelerinin Boyut ve Alanlarının Tablosu

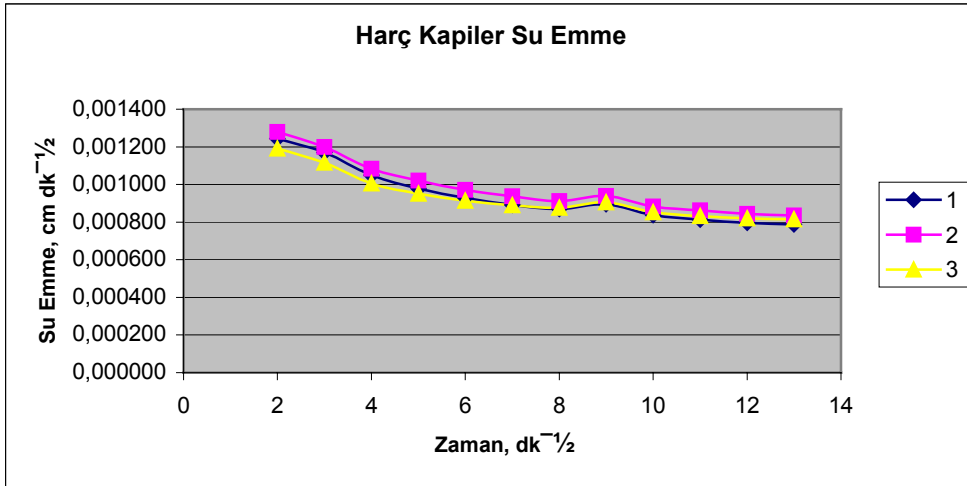
	1	2	3
a (mm)	40,05	40,22	40,19
b (mm)	40,94	41,39	41,48
L (mm)	160,00	160,00	160,00
A (mm ²)	1639,65	1664,71	1667,08

Harç numunelerinin su emmelerinin tartımları belirli aralıklarla yapılarak kayıt altına alınmış, bu değerler Tablo 3.7'de belirtilmiştir.

Tablo 3.7: Harç Kapiler Su Emme Tablosu

	1	N	2	N	3	N
Etüv Kuru Ağırlık (gr)	484,65		495,90		496,79	
Ortam Nem Ağırlık (gr)	485,45		496,63		497,75	
İlk Ağırlık (gr)	485,79		496,96		498,12	
4 dk.	489,87	0,001244	501,22	0,001280	502,09	0,001191
9 dk.	491,55	0,001171	502,95	0,001199	503,70	0,001116
16 dk.	492,67	0,001049	504,18	0,001084	504,82	0,001005
25 dk.	493,81	0,000978	505,45	0,001020	506,04	0,000950
36 dk.	494,92	0,000928	506,66	0,000971	507,25	0,000913
49 dk.	496,02	0,000891	507,88	0,000937	508,51	0,000890
1 sa 4 dk.	497,19	0,000869	509,11	0,000912	509,80	0,000876
1 sa 21 dk.	498,99	0,000895	511,02	0,000938	511,70	0,000905
1 sa 40 dk.	499,52	0,000837	511,65	0,000882	512,34	0,000853
2 sa 01 dk.	500,47	0,000814	512,74	0,000862	513,38	0,000832
2 sa 24 dk.	501,44	0,000795	513,83	0,000844	514,51	0,000819
2 sa 49 dk.	502,59	0,000788	515,04	0,000835	515,78	0,000815
NORT($\text{cm}^3/\text{cm}^2\sqrt{\text{dk}}$)		0,000938		0,000981		0,000930

Tablo 3.7 değerlere göre kullanılan harcın kapiler su emme grafiği Şekil 3.1’de görülmektedir.

**Şekil 3.1 :** Harç Kapiler Su Emme Eğrisi

3.1.1.2. Kum

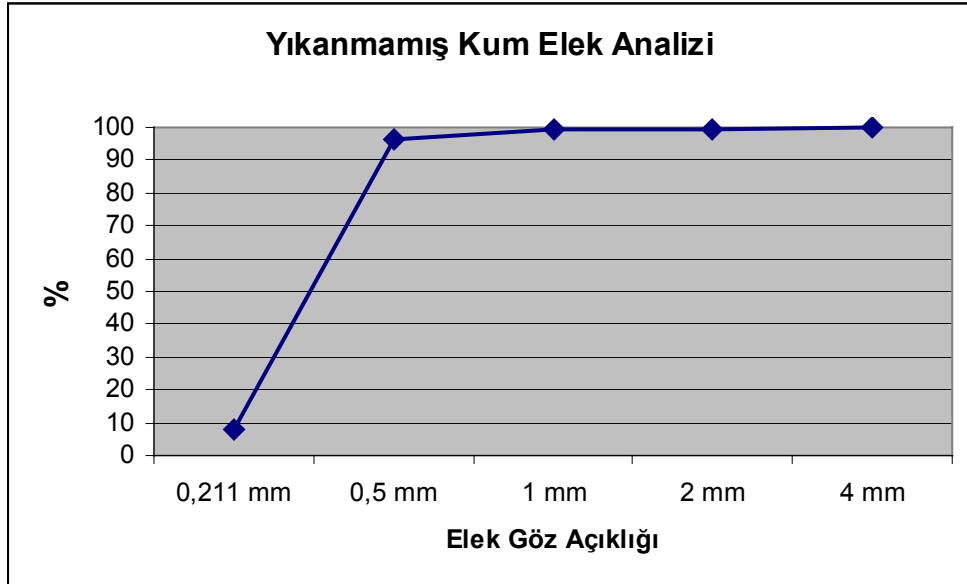
Tuğla duvarların örgüsünde derz kalınlığı 0,5 cm seçildiği için, dane çapı 0,1 cm olan kum kullanılmıştır. Kum malzemesi İstanbul Kemerburgaz’ daki Akça Kum Ocağı’ ndan temin edilmiştir.

Kum malzemesinin elek analizi deneyi yapılmış ve sonuçlar kayıt altına alınarak Tablo 3.8’ de verilmiştir.

Tablo 3.8: Kumun Elek Analizi Tablosu

Elek Göz Boyutu	Kalan Malzeme Miktarı (gr)
0,211 mm	922,09
0,5 mm	38,83
1 mm	4,38
2 mm	3,8
4 mm	0,2
Toplama Kabı	30,7

Kum malzemesinin Tablo 3.8’deki değerlerine göre granülometri eğrisi Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 : Kumun Granülometri Eğrisi

B. Kumun Birim Ağırlık Tayini Deneyi:

Kumun birim ağırlık tayini deneyinde tamamen içi su dolu kavanoz tartılmış, içerisine 30 gr kum malzemesi koyularak tekrar tartılarak kayıt altına alınmıştır. Sonuçlar Tablo 3.9’ da belirtilmiştir.

Tablo 3.9: Kum Birim Ağırlık Tablosu

Su Dolu Kavanoz Ağırlığı (gr)	Malzeme Ağırlığı (gr)	Malzeme + Su Dolu Kavanoz Ağırlığı (gr)	Kumun Birim Ağırlığı (kg/dm ³)
341,29	30	359,98	2,65

3.1.1.3. Çimento

Deneysel çalışmalarda harç için CEM I 32,5, başlıklar için CEM II 52,5 torbalı Lafarge Aslan Çimento malzemesi kullanılmıştır. Bu çimento, Portland çimentosu klinkerinin bir miktar alçı taşı ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ile birlikte öğütülmesi sonucu elde edilen hidrolik bağlayıcıdır. Çimentonun teknik özellikleri Tablo 3.10’ da verilmiştir.

Tablo 3.10: Çimento Teknik Özellikler Tablosu

Rilem Harcının Basınç Dayanımları (N/mm ²):	2 günlük	7 günlük	28 günlük
Lafarge Aslan Çimento	22	36	34
Priz Süreleri	Başlangıç	Son	
Standart	1 saat (min.)	10 saat (max.)	
Lafarge Aslan Çimento	2 saat 30 dk.	3 saat 30 dk.	

Çimentonun birim ağırlık tayini deneyinde tamamen içi su dolu kavanoz tartılmış, içerisine 30 gr kum malzemesi koyularak tekrar tartılarak kayıt altına alınmıştır. Sonuçlar Tablo 3.11’ de belirtilmiştir.

Tablo 3.11. Çimento Özgöl Ağırlık Tablosu

Su Dolu Kavanoz Ağırlığı (gr)	Malzeme Ağırlığı (gr)	Malzeme + Su Dolu Kavanoz Ağırlığı (gr)	Çimento Özgöl Ağırlığı (gr/cm ³)
340,76	30	361,16	3,13

3.1.1.4. Tuğla

Deneysel çalışmalarda kullanılan tuğlalar, 19 X 9 X 5 cm boyutlarında olan harman tuğlalarıdır. Model tuğla duvar üretimi için bu tuğlalar 9,5 X 4,5 X 2,5 cm boyutlarında kesilmiştir. Tuğla duvarlar üretilirken bu kesilmiş tuğlalar kullanılmıştır. Kesilmiş tuğlalar, harcın suyunu emmemesi için duvar üretiminden önce ıslatılmışlardır. Tuğlalar Çorum Harman Tuğla Fabrikası’ ndan alınmıştır. Mevcut kagir yapılarda harman tuğlası kullanıldığı için harman tuğlası kullanılmıştır. Model tuğla duvar üretimi için kullanılan harman tuğlaları Şekil 3.3.’de görülmektedir.



Şekil 3.3 : Harman Tuğlaları

4 X 4 X 16 cm ebatlarında kesilen 3 adet harman tuğlasının boyut ve alanları Tablo 3.12’de belirtilmiştir.

Tablo 3.12: Tuğla Numunelerinin Boyut ve Alanlarının Tablosu

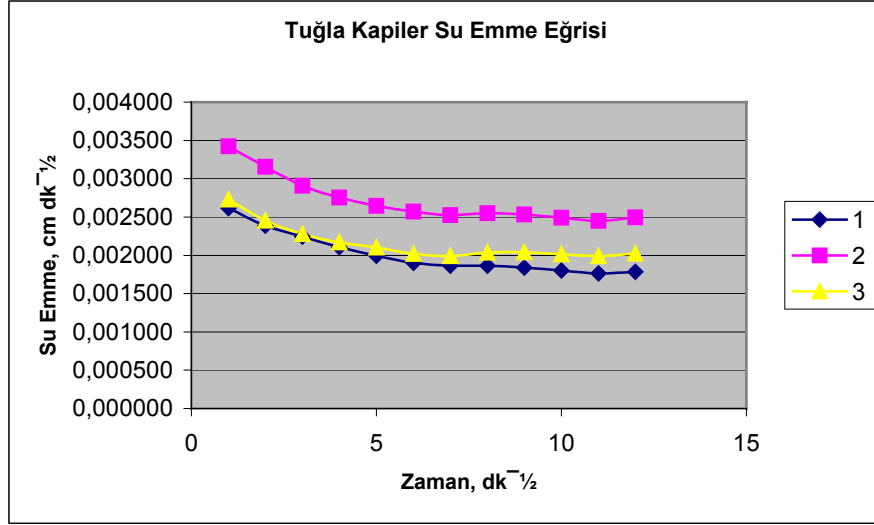
	1	2	3
a (mm)	41,09	42,10	42,61
b (mm)	42,21	41,15	45,24
L (mm)	160,00	160,00	160,00
A (mm ²)	1734,41	1732,42	1927,68

Harman tuğlası numunelerinin su emmelerinin tartımları belirli aralıklarla tartımları yapılarak kayıt altına alınmış, bu değerler Tablo 3.13’de belirtilmiştir.

Tablo 3.13: Tuğla Kapiler Su Emme Tablosu

	1	N	2	N	3	N
Etüv Kuru Ağır.(gr)	474,70		403,61		464,62	
Ortam Nem Ağır.(gr)	475,60		404,40		465,87	
İlk Ağırlık	476,33		405,63		467,20	
4 dk.	485,40	0,002615	417,49	0,003423	477,72	0,002729
9 dk.	488,74	0,002385	422,04	0,003157	481,40	0,002455
16 dk.	491,90	0,002244	425,79	0,002909	484,75	0,002276
25 dk.	494,60	0,002107	429,48	0,002753	488,09	0,002167
36 dk.	497,06	0,001992	433,15	0,002648	491,54	0,002104
49 dk.	499,44	0,001903	436,78	0,002569	494,46	0,002020
1 sa 4 dk.	502,22	0,001866	440,61	0,002524	497,91	0,001991
1 sa 21 dk.	505,43	0,001864	445,37	0,002549	502,55	0,002038
1 sa 40 dk.	508,26	0,001841	449,52	0,002533	506,53	0,002040
2 sa 01 dk.	510,71	0,001802	453,07	0,002489	509,95	0,002016
2 sa 24 dk.	513,02	0,001763	456,53	0,002448	513,18	0,001988
2 sa 49 dk.	516,56	0,001784	461,80	0,002494	517,89	0,002023
N _{ORT} (cm ³ /cm ² √ dk)		0,002014		0,002708		0,002154

Tablo 3.13 değerlerine göre harman tuğlalarının kapiler su emme grafiği Şekil 3.4’de görülmektedir.



Şekil 3.4 : Tuğla Kapiler Su Emme Eğrisi

3.1.2. GÜÇLENDİRMEDE KULLANILAN MALZEMELER ve ÜZERİNDE YAPILAN DENEYLER

3.1.2.1. Epoksi

Duratek firmasının GSM 510 epoksi malzemesi kullanılmıştır. İki komponentli solventsiz epoksi esaslı, rutubetli ortamlarda da tatbik edilen bir epoksi aderans köprüsüdür.

3.1.2.2. Hasır Çelik Donatı

Çesan Firması’ nın; hammaddesi St 37, St 4b çekilmiş, göz aralığı 5 X 5 cm, çubuk çapı 3 mm olan, nervürsüz hasır çelik donatı kullanılmıştır. Kullanımdan önce donatılar iyice temizlenmiştir. Tüm numunelerde aynı özelliklere sahip donatı kullanabilmek sebebiyle hazır hasır çelik donatı tercih edilmiştir.

3.1.2.3. Polipropilen Lif

Hammaddesi saf polipropilen, yoğunluğu 0,9 gr/ cm³, uzunluğu 12 mm, kalınlığı 18 mikron olan, su emmez, Polyfiber Firması’ nın polipropilen lifi kullanılmıştır. Polipropilen lif, numunelerin dayanımını hangi ölçüde etkilediğini saptayabilmek için beton içine katılmıştır.

3.1.2.4. Kendiliğinden Yerleşen Beton

C25 beton sınıfında, maksimum dane çapı 12 mm olan kendiliğinden yerleşen, kendiliğinden sıkışan, kendiliğinden seviyelenen Lafarge Beton Firması' nın Agilia Markalı kendiliğinden yerleşen betonu kullanılmıştır. Numune ve hasır çelik donatı arasına agregaların kolaylıkla girebilmesi maksimum dane çapı 12 mm' dir. Kendiliğinden yerleşen betonun yayılma çapı 75 cm., birim ağırlığı 2350 kg/m³' dür.

A. Kendiliğinden Yerleşen Beton Basınç Dayanımı Tayini:

150 x 150 x 150 mm ebatlarındaki çelik kalıplara dökülen 3 adet kendiliğinden yerleşen beton numuneleri 7 gün bekletildikten sonra 200 kN yük uygulayabilen basınç presinde kırılıp, kırılma yükleri kayıt altına alınmıştır. Bu değerler Tablo3.14'de belirtilmiştir.

Tablo 3.14: 7 Günlük Basınç Dayanımı

Numune No	Kırılma Yüğü (N)	7 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)	7 Günlük Basınç Dayanımı Ortalaması (N/mm ²)
1	660000	29,3	29,2
2	650000	28,9	
3	660000	29,3	

150 x 150 x 150 mm ebatlarındaki çelik kalıplara dökülen 3 adet kendiliğinden yerleşen beton numunesi 14 gün bekletildikten sonra aynı basınç presinde kırılıp, kırılma yükleri kayıt altına alınmıştır. Bu değerler Tablo3.15'de belirtilmiştir.

Tablo 3.15: 14 Günlük Harç Basınç Dayanımı

Numune No	Kırılma Yüğü (N)	14 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)	14 Günlük Basınç Dayanımı Ortalaması (N/mm ²)
1	740000	32,9	34,7
2	700000	31,1	
3	900000	40,0	

150 x 150 x 150 mm ebatlarındaki elik kalıplara dökülen 3 adet kendiliğinden yerleşen beton numunesi 28 gün kürlendikten sonra aynı basınç presinde kırılıp, kırılma yükleri kayıt altına alınmıştır. Bu değerler Tablo3.16’da belirtilmiştir.

Tablo 3.16: 28 Günlük Harç Basınç Dayanımı

Numune No	Kırılma Yükü (N)	28 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)	28 Günlük Basınç Dayanımı Ortalaması (N/mm ²)
1	960000	42,7	41,2
2	920000	40,9	
3	900000	40,0	

B. Kendiliğinden Yerleşen Beton Kapiler Su Emme Tayini Deneyi:

4 X 4 X 16 cm ebatlarında dökülen 3 adet kendiliğinden yerleşen beton numunesinin boyut ve alanları Tablo 3.17’de belirtilmiştir.

Tablo 3.17: Kendiliğinden Yerleşen Beton Numunelerinin Boyut ve Alanlarının Tablosu

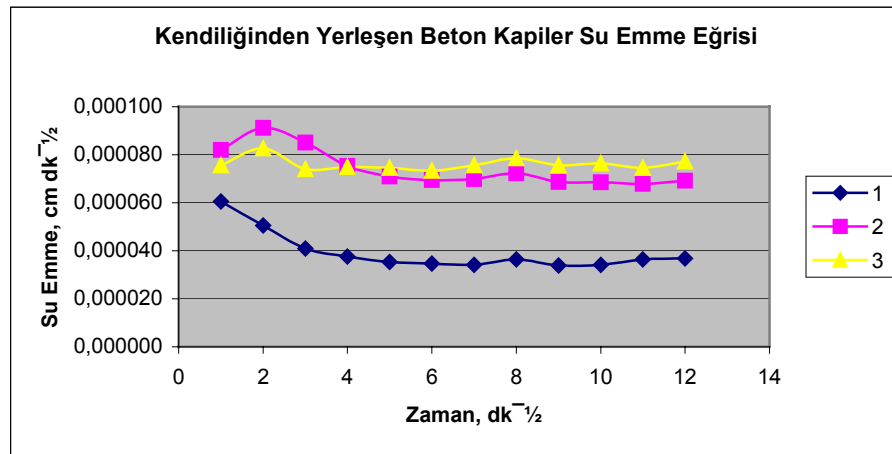
	1	2	3
a (mm)	40,29	40,89	40,03
b (mm)	40,97	40,25	41,33
L (mm)	160,00	160,00	160,00
A (mm ²)	1650,68	1645,82	1654,44

Kendiliğinden yerleşen beton numunelerinin su emmelerinin tartımları belirli aralıklarla yapılarak kayıt altına alınmış, bu değerler Tablo 3.18’de belirtilmiştir.

Tablo 3.18: Kendiliğinden Yerleşen Beton Kapiler Su Emme Tablosu

	1	N	2	N	3	N
Etüv Kuru Ağırlık (gr)	599,79		598,68		601,89	
Ortam Nem Ağırlık (gr)	600,49		599,11		602,78	
İlk Ağırlık (gr)	600,56		599,18		602,83	
4 dk.	600,76	0,000061	599,45	0,000082	603,08	0,000076
9 dk.	600,81	0,000050	599,63	0,000091	603,24	0,000083
16 dk.	600,83	0,000041	599,74	0,000085	603,32	0,000074
25 dk.	600,87	0,000038	599,80	0,000075	603,45	0,000075
36 dk.	600,91	0,000035	599,88	0,000071	603,57	0,000075
49 dk.	600,96	0,000035	599,98	0,000069	603,68	0,000073
1 sa 4 dk.	601,01	0,000034	600,10	0,000070	603,83	0,000076
1 sa 21 dk.	601,10	0,000036	600,25	0,000072	604,00	0,000079
1 sa 40 dk.	601,12	0,000034	600,31	0,000069	604,08	0,000076
2 sa 01 dk.	601,18	0,000034	600,42	0,000068	604,22	0,000076
2 sa 24 dk.	601,28	0,000036	600,52	0,000068	604,31	0,000075
2 sa 49 dk.	601,35	0,000037	600,66	0,000069	604,49	0,000077
$N_{ORT}(cm^3/cm^2\sqrt{dk})$		0,000039		0,000074		0,000076

Tablo 3.18'deki değerlere göre kullanılan kendiliğinden yerleşen betonun kapiler su emme grafiği Şekil 3.5'de görülmektedir.

**Şekil 3.5 :** Kendiliğinden Yerleşen Beton Kapiler Su Emme Eğrisi

3.1.2.5. Standart Beton

C25 beton sınıfında, maksimum dane çapı 12 mm olan Lafarge Beton Firması' nın standart betonu kullanılmıştır.

A. Standart Beton Basınç Dayanımı Tayini:

150 x 150 x 150 mm ebatlarındaki plastik kalıplara dökülen 3 adet standart beton küp numunesi 7 gün kürlendikten sonra Seidner firmasının 100 kN yük uygulayabilen, max. 55 cm. boyunda numunelerin yükleme yapılabildiği ve 3000 kN yük uygulayabilen max. 40 cm. boyunda numunelerin yükleme yapılabildiği Form Test isimli basınç presinde kırılıp, kırılma yükleri kayıt altına alınmıştır. Bu değerler Tablo3.19'da belirtilmiştir.

Tablo 3.19: 7 Günlük Beton Basınç Dayanımı

Numune No	Kırılma Yüğü (N)	7 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)	7 Günlük Basınç Dayanımı Ortalaması (N/mm ²)
1	540000	24,0	24,0
2	560000	24,9	
3	520000	23,1	

150 x 150 x 150 mm ebatlarındaki çelik kalıplara dökülen 3 adet kendiliğinden yerleşen beton numunesi 14 gün kürlendikten sonra aynı basınç presinde kırılıp, kırılma yükleri kayıt altına alınmıştır. Bu değerler Tablo3.20'de belirtilmiştir.

Tablo 3.20: 14 Günlük Harç Basınç Dayanımı

Numune No	Kırılma Yüğü (N)	14 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)	14 Günlük Basınç Dayanımı Ortalaması (N/mm ²)
1	640000	28,4	29,2
2	660000	29,3	
3	670000	29,8	

150 x 150 x 150 mm ebatlarındaki elik kalıplara dökülen 3 adet kendiliğinden yerleşen beton numunesi 28 gün kürlendikten sonra aynı basınç presinde kırılıp, kırılma yükleri kayıt altına alınmıştır. Bu değerler Tablo 3.21’de belirtilmiştir.

Tablo 3.21: 28 Günlük Beton Basınç Dayanımı

Numune No	Kırılma Yüğü (N)	28 Günlük Basınç Dayanımı (N/mm ²)	28 Günlük Basınç Dayanımı Ortalaması (N/mm ²)
1	720000	32,0	32,3
2	740000	32,9	
3	720000	32,0	

B. Standart Beton Kapiler Su Emme Tayini Deneyi:

4 X 4 X 16 cm ebatlarında dökülen 3 adet standart beton numunesinin boyut ve alanları Tablo 3.22’de belirtilmiştir.

Tablo 3.22: Standart Beton Numunelerinin Boyut ve Alanlarının Tablosu

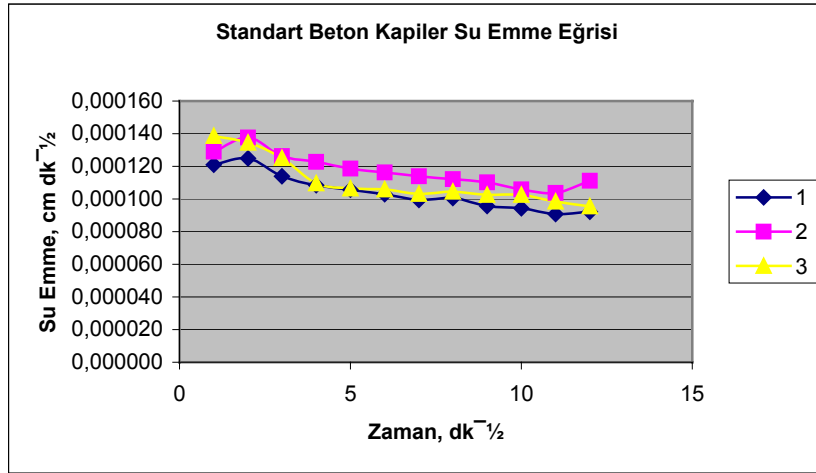
	1	2	3
a (mm)	40,52	39,93	40,53
b (mm)	42,82	43,66	40,94
L (mm)	160,00	160,00	160,00
A (mm ²)	1735,07	1743,34	1659,30

Standart beton numunelerinin su emmelerinin tartımları belirli aralıklarla yapılarak kayıt altına alınmış, bu değerler Tablo 3.23’de belirtilmiştir.

Tablo 3.23: Standart Beton Kapiler Su Emme Tablosu

	1	N	2	N	3	N
Etüv Kuru Ağırlık (gr)	604,96		635,03		602,76	
Ortam Nem Ağırlık (gr)	605,65		635,73		603,29	
İlk Ağırlık (gr)	605,73		635,84		603,49	
4 dk.	606,15	0,000121	636,29	0,000129	603,95	0,000139
9 dk.	606,38	0,000125	636,56	0,000138	604,16	0,000135
16 dk.	606,52	0,000114	636,72	0,000126	604,32	0,000125
25 dk.	606,67	0,000108	636,91	0,000123	604,40	0,000110
36 dk.	606,83	0,000106	637,08	0,000119	604,55	0,000106
49 dk.	606,98	0,000103	637,26	0,000116	604,72	0,000106
1 sa 4 dk.	607,11	0,000099	637,43	0,000114	604,86	0,000103
1 sa 21 dk.	607,30	0,000101	637,60	0,000112	605,05	0,000104
1 sa 40 dk.	607,39	0,000096	637,76	0,000110	605,19	0,000102
2 sa 01 dk.	607,53	0,000094	637,87	0,000106	605,36	0,000102
2 sa 24 dk.	607,62	0,000091	638,01	0,000104	605,45	0,000098
2 sa 49 dk.	607,81	0,000092	638,36	0,000111	605,55	0,000095
$N_{ORT}(cm^3/cm^2\sqrt{dk})$		0,000104		0,000117		0,000111

Tablo 3.23'deki değerlere göre kullanılan kendiliğinden yerleşen betonun kapiler su emme grafiği Şekil 3.6'da görülmektedir.

**Şekil 3.6 :** Standart Beton Beton Kapiler Su Emme Eğrisi

3.1.2.6. Deneyisel Çalışmada Kullanılan Cihazlar

Deneyisel çalışmada İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Yapı Malzemesi Laboratuvarı'nda mevcut olan ve ilgili standartlara uygun araç-gereç ve cihazlar kullanılmıştır.

Bunlar:

1. Deney Numune Kalıbı 1:Aşağıdaki ölçülere sahip çelik üçlü kalıplar

Uzunluk= $160 \pm 0,4$ mm Genişlik= $40 \pm 0,4$ mm Yükseklik= $40 \pm 0,4$ mm

Et kalınlığı=en az 10 mm Açılar= $90 \pm 0,5$ °C

2. Deney Numune Kalıbı 2:Aşağıdaki ölçülere sahip plastik küp numune

kalıpları

Uzunluk= $150 \pm 0,4$ mm Genişlik= $150 \pm 0,4$ mm Yükseklik= $150 \pm 0,4$ mm

Et kalınlığı=en az 10 mm Açılar= $90 \pm 0,5$ °C

3. Deney Presi 1: Seidner firmasının 20 tonluk (200 kN) yük uygulayabilen

Form Test isimli basınç presisi ve 1 tonluk (10 kN) eğilme uygulayabilen eğilme presisi

4. Deney Presi 2: Seidner firmasının 10 tonluk (100 kN) yük uygulayabilen,

max. 55 cm. boyunda numunelerin yükleme yapılabildiği ve 300 tonluk (3000 kN)

yük uygulayabilen max. 40 cm. boyunda numunelerin yükleme yapılabildiği Form

Test isimli basınç presisi kullanılmıştır.

5. Ekstansometre: 0,01 mm hassasiyetle ölçüm yapabilen ve max. 10 mm.

ölçüm yapabilen Saginomiya markalı mekanik ekstansometre kullanılmıştır.

3.2. MODEL DUVARLAR ÜZERİNDE YAPILAN MEKANİK DENEYLER ve MODEL DUVAR NUMUNELERİNİN GÜÇLENDİRİLMESİ

Deneysel çalışmalarda kullanılacak model tuğlalar toplam 42 adettir. Örgüsü yapılmış, hasar meydana gelinceye kadar yüklenmiş 24 adet ve hiç yükleme yapılmamış 18 adet bu model tuğlaların; 30 adetinin takviye malzemesi kendiliğinden yerleşen beton, 12 adetinin takviye malzemesi ise standart betondur. Deneysel çalışmada 14 adet değişik seri incelenmiş, bu seriler için 3'er adet numune model tuğla duvar üretilmiştir.

3.2.1. TUĞLA DUVAR NUMUNELERİNİN HAZIRLANMASI

9,5 X 4,5 X 2,5 cm boyutlarında kesilen tuğlalar, üretilen harç ile bir sehpa yardımıyla üretildi. Sehpa sayesinde numunelerin aynı düzlem içerisinde ve dik olarak üretilmesi, 0,5 mm kalınlığındaki çubuklar yardımıyla derz kalınlığının sabit kalması sağlanmıştır. Tuğla numuneler ıslatılarak harcın suyunu emmesi önlenmiştir. Şekil 3.7.'de kesilmiş tuğlalar ve Şekil 3.8.'de ise model tuğla duvar üretimi gösterilmiştir.



Şekil 3.7 : Kesilmiş Model Tuğlalar



Şekil 3.8 : Tuğla Numunesinin Hazırlanışı

3.2.1.1. Numune Boyutları ve Sayıları

18,5 X 18,5 cm ebatlarında 42 adet numune model tuğla duvar üretilmiştir. 30 tanesi kendiliğinden yerleşen beton, 12 tanesi standart beton ile güçlendirmede kullanılmıştır. Kendiliğinden yerleşen beton ile güçlendirilmiş olan numuneler Tablo3.24'de, standart beton ile güçlendirilmiş numuneler ise Tablo 3.25'de görülmektedir.

Tablo 3.24: Kendiliğinden Yerleşen Beton ile Güçlendirilmiş Numuneler

Numune No	Hasarlı / Hasarsız	Güçlendirme Şekli	Güçlendirme Malzemesi
HTKYB1	Hasarlı	Tek Taraflı	Kendiliğinden Y.B.
HTKYB2	Hasarlı	Tek Taraflı	Kendiliğinden Y.B.
HTKYB3	Hasarlı	Tek Taraflı	Kendiliğinden Y.B.
HÇKYB11	Hasarlı	Çift Taraflı	Kendiliğinden Y.B.
HÇKYB12	Hasarlı	Çift Taraflı	Kendiliğinden Y.B.
HÇKYB13	Hasarlı	Çift Taraflı	Kendiliğinden Y.B.
TKYB4	Hasarsız	Tek Taraflı	Kendiliğinden Y.B.
TKYB20	Hasarsız	Tek Taraflı	Kendiliğinden Y.B.
TKYB21	Hasarsız	Tek Taraflı	Kendiliğinden Y.B.
ÇKYB22	Hasarsız	Çift Taraflı	Kendiliğinden Y.B.
ÇKYB23	Hasarsız	Çift Taraflı	Kendiliğinden Y.B.
ÇKYB24	Hasarsız	Çift Taraflı	Kendiliğinden Y.B.
HTKYBΦ8	Hasarlı	Tek Taraflı	Donatılı K.Y.B.
HTKYBΦ9	Hasarlı	Tek Taraflı	Donatılı K.Y.B.
HTKYBΦ10	Hasarlı	Tek Taraflı	Donatılı K.Y.B.
HÇKYBΦ5	Hasarlı	Çift Taraflı	Donatılı K.Y.B.
HÇKYBΦ6	Hasarlı	Çift Taraflı	Donatılı K.Y.B.
HÇKYBΦ7	Hasarlı	Çift Taraflı	Donatılı K.Y.B.
TKYBΦ25	Hasarsız	Tek Taraflı	Donatılı K.Y.B.
TKYBΦ29	Hasarsız	Tek Taraflı	Donatılı K.Y.B.
TKYBΦ30	Hasarsız	Tek Taraflı	Donatılı K.Y.B.
ÇKYBΦ26	Hasarsız	Çift Taraflı	Donatılı K.Y.B.
ÇKYBΦ27	Hasarsız	Çift Taraflı	Donatılı K.Y.B.
ÇKYBΦ28	Hasarsız	Çift Taraflı	Donatılı K.Y.B.
HTKYB+PP14	Hasarlı	Tek Taraflı	Polipropilen Lifli K.Y.B.
HTKYB+PP15	Hasarlı	Tek Taraflı	Polipropilen Lifli K.Y.B.
HTKYB+PP16	Hasarlı	Tek Taraflı	Polipropilen Lifli K.Y.B.
HÇKYB+PP17	Hasarlı	Çift Taraflı	Polipropilen Lifli K.Y.B.
HÇKYB+PP18	Hasarlı	Çift Taraflı	Polipropilen Lifli K.Y.B.
HÇKYB+PP19	Hasarlı	Çift Taraflı	Polipropilen Lifli K.Y.B.

Tablo 3.25: Standart Beton İle Güçlendirilmiş Numuneler

Numune No	Hasarlı / Hasarsız	Güçlendirme Şekli	Güçlendirme Malzemesi
HTSBΦ31	Hasarlı	Tek Taraflı	Donatılı Standart Beton
HTSBΦ32	Hasarlı	Tek Taraflı	Donatılı Standart Beton
HTSBΦ33	Hasarlı	Tek Taraflı	Donatılı Standart Beton
HÇSBΦ34	Hasarlı	Çift Taraflı	Donatılı Standart Beton
HÇSBΦ35	Hasarlı	Çift Taraflı	Donatılı Standart Beton
HÇSBΦ36	Hasarlı	Çift Taraflı	Donatılı Standart Beton
TSBΦ40	Hasarsız	Tek Taraflı	Donatılı Standart Beton
TSBΦ41	Hasarsız	Tek Taraflı	Donatılı Standart Beton
TSBΦ42	Hasarsız	Tek Taraflı	Donatılı Standart Beton
ÇSBΦ37	Hasarsız	Çift Taraflı	Donatılı Standart Beton
ÇSBΦ38	Hasarsız	Çift Taraflı	Donatılı Standart Beton
ÇSBΦ39	Hasarsız	Çift Taraflı	Donatılı Standart Beton

3.2.1.2. Numunelerin Üretilmesi ve Kürlenmesi

Tuğlaya değmeyecek şekilde içinde 1 cm yükseklikte su olan kür havuzunda, kapalı şekilde bir hafta bekletilmiş, daha sonra havuzdan çıkarılarak ve 28. güne kadar ortam sıcaklığında tutulmuştur. Numunelerin kürlenmesi Şekil 3.9'da görülmektedir.



Şekil 3.9 : Model Tuğla Numunesinin Kürlenmesi

3.2.1.3. Numunelerin Başlıklarının Üretimi

6 X 6 X 4,5 cm boyutundaki çelik kalıplardan duvar numunelerinin karşılıklı köşelerine harç ile başlık yapılmak üzere yararlanılmıştır. Başlık harcı için çimento:kum oranı 1:3,5 oranı olarak seçilmiş, başlıkların daha dayanıklı olması için

Çimento kalitesi (P 52,5) yüksek seçilmiştir. Başlıkların üretilme şekli şekil 3.10'da gösterilmiştir.



şekil 3.10 : Model Tuğla Numunelerinin Başlıklarının retilmesi

3.2.2. DENEYİN YAPILIş şEKLİ

3.2.2.1. Deney Düzeneği

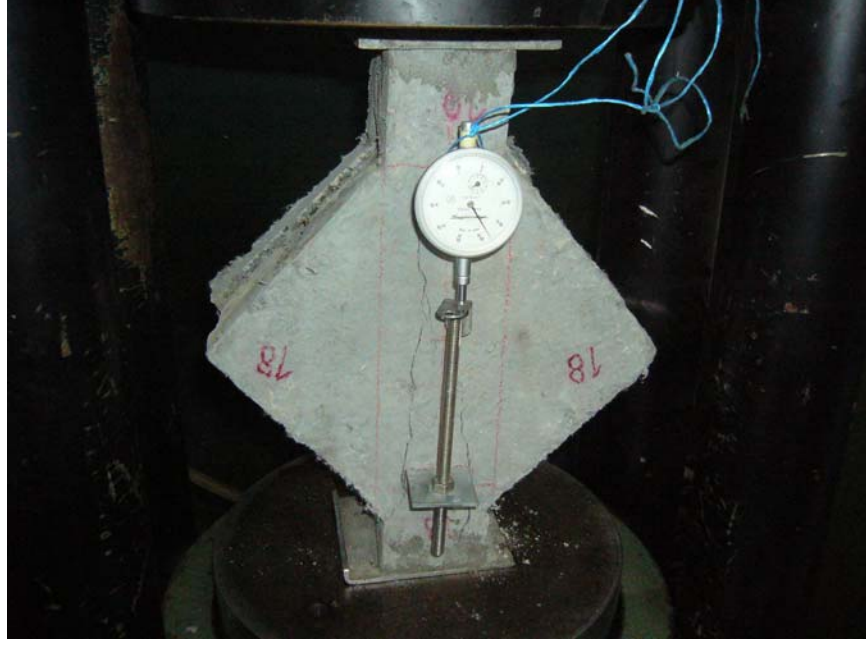
Tüm model tuğla numuneleri 45° aı ile hasar meydana gelinceye kadar ve yük deplasman okumaları kayıt altına alınarak preste yüklenmiştir. Başlık yüzeyleri yüklemeden önce ali ile düzeltilerek şakle alınmıştır. Deney düzeneği şekil 11'de grlmektedir.



şekil 3.11 : Deney Düzeneği

3.2.2.2. Deplasman Okumaları

Deplasman okumaları mekanik ekstansometre ile yapılmıştır. Deplasman okumaları duvar numunelerinde Şekil 3.12' de görüldüğü gibi her yük adımı için yapılmıştır.



Şekil 3.12 : Deplasman Okumaları

3.2.3. TAKVİYE EDİLMEMİŞ DUVARLAR ÜZERİNDE YAPILAN DENEYLER

28 günlük numunelerde 24 adedi ekstansometre bağlanarak yük ve deplasmanları kayıt altına alınıp hasar meydana gelinceye kadar basınç deneyine tabi tutulmuşlardır. Kırılma yükü, gerilme ve deplasman değerleri Tablo 3.26'da gösterilmiştir. Yük - deplasman eğrileri çizilmiştir. Bu eğrilerin bir kısmı Ek A'da gösterilmiştir. Kırılma şekilleri çizilmiştir. Bu şekiller EK B'de gösterilmiştir. Yüklemin üniform yapılması dolayısıyla ile, yapılan başlıklar ile sağlıklı bir yükleme yapılması sağlanmıştır. Model tuğla numunesinin yüklenmesi Şekil 3.13'de gösterilmiştir.

Tablo 3.26: Tuğla Duvar Numuneleri Kırılma Yüğü - Gerilme - Deplasman Değerleri

YALIN TUĞLA DUVAR			
Numune No	Kırılma Yüğü (KN)	σ Gerilme (KN/cm ²)	Dep. (cmx10 ⁻³)
HTKYB1	14,0	0,5	25,0
HTKYB2	19,0	0,7	21,0
HTKYB3	18,0	0,7	26,0
HTKYB	17,0	0,6	24,0
HÇKYB11	18,0	0,7	29,0
HÇKYB12	20,0	0,7	10,0
HÇKYB13	28,0	1,0	45,0
HÇKYB	22,0	0,8	28,0
HTKYB+PP14	19,0	0,7	22,0
HTKYB+PP15	17,0	0,6	34,0
HTKYB+PP16	16,0	0,6	52,0
HTKYB+PP	17,3	0,6	36,0
HÇKYB+PP17	22,0	0,8	10,0
HÇKYB+PP18	24,0	0,9	37,0
HÇKYB+PP19	27,0	1,0	35,0
HÇKYB+PP	24,3	0,9	27,3
HTSBΦ31	15,0	0,6	4,0
HTSBΦ32	14,0	0,5	31,0
HTSBΦ33	17,0	0,6	5,0
HTSBΦ	15,3	0,6	13,3
HÇSBΦ34	17,0	0,6	10,5
HÇSBΦ35	16,0	0,6	18,5
HÇSBΦ36	15,0	0,6	14,0
HÇSBΦ	16,0	0,6	14,3



Şekil 3.13 : Model Tuğla Duvar Numunesinin Yüklenmesi

3.2.4. HASARLI DUVARLARIN TAMİRİ

Yüklemeler tuğla duvar numunesinde hasar meydana gelinceye kadar yapılmıştır. Hasalı model tuğla duvarlar Şekil 3.14'de gösterilmiştir.



Şekil 3.14 : Hasar Meydana Gelmiş Model Tuğla Duvar Numuneleri

Hasar meydana gelmiş 18 adet numune, fırça yardımıyla kırık ve çatlakların olduğu bölgelerine epoksi malzemesi sürülerek tamir edilmiştir. Epoksi sürülecek bölge iyice temizlenmiştir. Epoksi ile tamir edilmiş tuğla duvar numuneleri Şekil 3.15 ve Şekil 3.16'da görülmektedir.



Şekil 3.15 : Epoksi İle Tamir Görmüş Model Tuğla Duvar Numuneleri



Şekil 3.16 : Epoksi İle Tamir Görmüş Model Tuğla Duvar Numunesi

3.2.5. NUMUNELERİN KALIPLANMASI

Numuneler sert polistren köpük ile 2 cm kalınlığında beton dökülecek şekilde kalınlığına göre bant yardımı ile kalıplanmıştır. Kalıp ile duvar numunesi arasındaki boşluklar harç ile kapatılarak sızdırmazlık sağlanmıştır. Şekil 3.17'de kalıbı hazırlanmış model tuğla duvar numunesi görülmektedir.



Şekil 3.17 : Kalıbı Hazırlanmış Model Tuğla Duvar Numunesi

3.2.6. TAKVİYE DONATILARININ HAZIRLANMASI

Hasır donatılar model tuğla duvarlarının yüzeyine tuğla duvardan yaklaşık 1 cm yükseklikte ve betonun tam ortasına gelecek şekilde bağlanmıştır. Donatılar, montajı yapılmadan önce iyice temizlenmiştir. Şekil 3.18'de donatısı hazırlanmış model tuğla duvar numuneleri görülmektedir.



Şekil 3.18 : Donatısı Hazırlanmış Model Tuğla Duvar Numunesi

3.2.7. MODEL DUVARLARIN TEK YÜZLERİNİN KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON İLE GÜÇLENDİRİLMESİ

Hazır beton tesisinden temin edilen kendiliğinden yerleşen beton, transmikser ile laboratuvara getirilmiş ve 30 adet numunenin tek yüzüne 2 cm yüksekliğinde dökülmüştür. Şekil 3.19'da model tuğla duvarların tek yüzlerinin kendiliğinden yerleşen beton ile takviye edilişi görülmektedir.



Şekil 3.19 : Model Tuğla Duvarların Tek Yüzlerinin Kendiliğinden Yerleşen Beton İle Takviye Edilişi

Tek tarafı kendiliğinden yerleşen beton ile güçlendirilmiş numuneler betonun kuruması için 48 saat kalıpta bekletilmişlerdir. Şekil 3.20'de kendiliğinden yerleşen beton ile takviye edilmiş model tuğla duvarlar gösterilmiştir.



Şekil 3.20 : Kendiliğinden Yerleşen Beton İle Takviye Edilmiş Model Tuğla Duvarlar

3.2.8. KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONA POLİPROPİLEN LİF KATILMASI

Polipropilen lifin de güçlendirmedeki kıyaslamalarını yapabilmek için 6 adet numunede kendiliğinden yerleşen beton içine % 0,15 oranında polipropilen lif katılarak polipropilenli kendiliğinden yerleşen beton ile güçlendirilmiştir. Polipropilen lifin beton ile iyi karışması için yaklaşık 3 dk. karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Şekil 3.21'de kendiliğinden yerleşen betona polipropilen lif katılması görülmektedir.



Şekil 3.21 : Kendiliğinden Yerleşen Betona Polipropilen Lif Katılması

Tek tarafı polipropilen lifli kendiliğinden yerleşen beton ile güçlendirilmiş numuneler betonun kuruması için 48 saat kalıpta bekletilmişlerdir Şekil 3.22.'de polipropilenli kendiliğinden yerleşen beton ile takviye edilmiş model duvar numuneleri gösterilmiştir.



Şekil 3.22 : Polipropilenli Kendiliğinden Yerleşen Beton İle Takviye Edilmiş Model Duvar Numuneleri

3.2.9. MODEL DUVARLARIN İKİNCİ YÜZLERİNİN KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON İLE GÜÇLENDİRİLMESİ

48 saat sonra 15 adet numunenin ikinci yüzlerine yine laboratuvarında aynı tesisten gelen, kendiliğinden yerleşen beton dökülmüştür. 3 adet tuğla duvar numunesi aynı şekilde polipropilen lifli kendiliğinden yerleşen beton ile güçlendirilmiştir. Şekil 3.23'de model tuğla duvarların ikinci yüzünün kendiliğinden yerleşen beton ile takviye edilmesi görülmektedir.



Şekil 3.23 : Model Tuğla Duvarların İkinci Yüzünün Kendiliğinden Yerleşen Beton İle Takviye Edilmesi

3.2.10. MODEL DUVARLARIN TEK YÜZLERİNİN STANDART BETON İLE GÜÇLENDİRİLMESİ

Hazır beton tesisinde, 12 adet numunenin, tek yüzüne 2 cm yüksekliğinde olacak şekilde dökülmüştür. Şekil 3.24'de model tuğla duvarların tek yüzlerinin standart beton ile takviye edilişi görülmektedir.



Şekil 3.24 : Model Tuğla Duvarların Tek Yüzlerinin Standart Beton İle Takviye Edilişi

3.2.11. MODEL DUVARLARIN İKİNCİ YÜZLERİNİN STANDART BETON İLE GÜÇLENDİRİLMESİ

Tek tarafı güçlendirilmiş numuneler 48 saat bekletildikten sonra, hazır beton tesisinde, 12 adet numunenin 6 adedinin ikinci yüzüne standart beton dökülmüştür. Şekil 3.25'de model tuğla duvarların ikinci yüzlerinin standart beton ile takviye edilişi gösterilmektedir.



Şekil 3.25 : Model Tuğla Duvarların İkinci Yüzlerinin Standart Beton İle Takviye Edilişi

3.2.12. TAKVİYE EDİLMİŞ DUVARLAR ÜZERİNDE YAPILAN DENEYLER

3.2.12.1. Kendiliğinden Yerleşen Beton İle Takviye Edilmiş Duvarlar Üzerinde Yapılan Deneyler

28 günlük numunelerin hepsi ekstansometre bağlanarak yük ve deplasmanları kayıt altına alınıp hasar meydana gelinceye kadar basınç deneyine tabi tutulmuşlardır. Yük-deplasman eğrileri çizilmiştir. Bu eğrilerin bir kısmı Ek C'de gösterilmiştir. Şekil 3.26'da kendiliğinden yerleşen beton ile takviye edilmiş model tuğla duvarın yüklenmesi görülmektedir. Kırılma yükü, gerilme ve deplasman değerleri Tablo 3.27'de gösterilmiştir.



Şekil 3.26 : Kendiliğinden Yerleşen Beton İle Takviye Edilmiş Model Tuğla Duvarın Yüklenmesi

Tablo 3.27: Tuğla Duvar Numuneleri Kırılma Yüğü-Gerilme-Deplasman Değerleri

KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLA GÜÇLENDİRİLMİŞ TUĞLA DUVAR NUMUNELERİ			
Numune No	Kırılma Yüğü (KN)	σ Gerilme (KN/cm²)	Dep. (cmx10⁻³)
HTKYB1	72,0	1,8	14,5
HTKYB2	82,0	2,1	11,0
HTKYB3	42,0	1,1	9,0
HTKYB	65,3	1,7	11,5
HÇKYB11	70,0	1,4	5,5
HÇKYB12	80,0	1,6	8,0
HÇKYB13	110,0	2,2	8,0
HÇKYB	86,7	1,7	7,2
TKYB4	40,0	1,0	12,5
TKYB20	36,0	0,9	8,0
TKYB21	53,0	1,4	9,5
TKYB	43,0	1,1	10,0
ÇKYB22	60,0	1,2	9,0
ÇKYB23	70,0	1,4	11,0
ÇKYB24	53,0	1,0	5,0
ÇKYB	61,0	1,2	8,3
HTKYBΦ8	54,0	1,4	13,0
HTKYBΦ9	43,0	1,1	14,0
HTKYBΦ10	51,0	1,3	15,0
HTKYBΦ	49,3	1,3	14,0
HÇKYBΦ5	80,0	1,6	5,5
HÇKYBΦ6	100,0	2,0	15,0
HÇKYBΦ7	60,0	1,2	12,5
HÇKYBΦ	80,0	1,6	11,0
TKYBΦ25	64,0	1,6	23,5
TKYBΦ29	40,0	1,0	13,0
TKYBΦ30	59,0	1,5	11,0
TKYBΦ	54,3	1,4	15,8
ÇKYBΦ26	150,0	2,9	24,0
ÇKYBΦ27	130,0	2,5	24,5
ÇKYBΦ28	150,0	2,9	25,0
ÇKYBΦ	143,3	2,8	24,5
HTKYB+PP14	42,0	1,1	15,0
HTKYB+PP15	57,0	1,5	20,0
HTKYB+PP16	52,0	1,3	15,5
HTKYB+PP	50,3	1,3	16,8
HÇKYB+PP17	70,0	1,4	6,5
HÇKYB+PP18	130,0	2,5	24,0
HÇKYB+PP19	80,0	1,6	10,0
HÇKYB+PP	93,3	1,8	13,5

Tuğla duvar numunelerinde hasar meydana geldiğinde yükleme durdurulmuştur. Şekil 3.27 ve Şekil 3.28'de kendiliğinden yerleşen beton ile takviye edilmiş model tuğla duvarın yüklenme sonrası hasar meydana gelmiş halleri görülmektedir.



Şekil 3.27 : Kendiliğinden Yerleşen Beton İle Takviye Edilmiş Model Tuğla Duvarın
Yüklenme Sonrası Hasar Meydana Gelmiş Hali Ön Yüzü



Şekil 3.28 : Kendiliğinden Yerleşen Beton İle Takviye Edilmiş Model Tuğla Duvarın
Yüklenme Sonrası Hasar Meydana Gelmiş Hali Arka Yüzü

3.2.12.2. Standart Beton İle Takviye Edilmiş Duvarlar Üzerinde Yapılan Deneyler

Standart beton ile takviye edilmiş 12 adet model tuğla numunelerinin hepsi, ekstansometre bağlanarak, hasar meydana gelinceye kadar kendiliğinden yerleşen beton ile güçlendirilmiş model tuğla duvarlardaki gibi basınç deneyine tabi tutulmuşlardır. Yük - deplasman okumaları kayıt altına alınmıştır. Yük - deplasman

eğrileri çizilmiştir. Bu eğrilerin bir kısmı Ek C'de gösterilmiştir. Kırılma yükü, gerilme ve deplasman değerleri Tablo 3.28'de gösterilmiştir. Şekil 3.29'da standart beton ile takviye edilmiş model tuğla duvarın yüklenme sonrası hasar meydana gelmiş hali gösterilmiştir.

Tablo 3.28: Tuğla Duvar Numuneleri Kırılma Yükü - Gerilme - Deplasman Değerleri

STANDART BETONLA GÜÇLENDİRİLMİŞ TUĞLA DUVAR NUMUNELERİ			
Numune No	Kırılma Yükü (KN)	σ Gerilme (KN/cm²)	Dep. (cmx10⁻³)
HTSBΦ31	41,0	1,1	11,0
HTSBΦ32	22,0	0,6	12,0
HTSBΦ33	53,0	1,4	22,0
HTSBΦ	38,7	1,0	15,0
HÇSBΦ34	70,0	1,4	10,0
HÇSBΦ35	90,0	1,8	9,0
HÇSBΦ36	90,0	1,8	14,0
HÇSBΦ	83,3	1,6	11,0
TSBΦ40	39,0	1,0	10,0
TSBΦ41	39,0	1,0	9,0
TSBΦ42	26,0	0,7	11,0
TSBΦ	34,7	0,9	10,0
ÇSBΦ37	80,0	1,6	8,0
ÇSBΦ38	80,0	1,6	7,0
ÇSBΦ39	70,0	1,4	6,0
ÇSBΦ	76,7	1,5	7,0



Şekil 3.29 : Standart Beton İle Takviye Edilmiş Model Tuğla Duvarın Yüklenme Sonrası Hasar Meydana Gelmiş Hali

4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE İRDELENMESİ

Deneyler 42 adet tuğla duvar numunenin, her biri üçer adet olan 14 seri için yapılmıştır. Deneyler sırasında yük, deplasman ve kırılma yükü değerlerinin hepsi kayıt altına alınmıştır. Deney sonuçlarının değerlendirilmesi karşılaştırılmalı olarak grafiklerle verilmiştir. Bu tablo ve grafiklerler ışığında; tek taraflı ve çift taraflı takviye edilmiş duvar numuneleri üzerinde yapılan deneylerin değerlendirilmesi, standart betonla takviye edilmiş ve kendiliğinden yerleşen betonla takviye edilmiş duvar numuneleri üzerinde yapılan deneylerin değerlendirilmesi, hasarlı ve hasarsız duvar numunelerinin standart betonla takviye edildikten sonra yapılan deneylerinin değerlendirilmesi, hasarlı ve hasarsız duvar numunelerinin kendiliğinden yerleşen betonla takviye edildikten sonra yapılan deneylerinin değerlendirilmesi, duvar numunelerinin polipropilen lifli ve polipropilen lifsiz kendiliğinden yerleşen betonla takviye edildikten sonra yapılan deneylerinin değerlendirilmesi, donatılı ve donatısız olarak kendiliğinden yerleşen betonla takviye edilmiş hasarlı ve hasarsız duvar numunelerinin deneylerinin değerlendirilmesi tek tek yapılmıştır. Yapılan öndeneyleerde bulunan sonuçlardan elde edilen grafikler yardımıyla duvar harcı - tuğla - standart beton ve kendiliğinden yerleşen betonun su emme deney sonuçlarının değerlendirilmesi yapılmıştır. Elde edilen takviyeli numuneler ışığında kendiliğinden yerleşen beton ve standart betonun yüzey düzgünlüğünün değerlendirilmesi, deneyler sonucunda yük altında kırılan numunelere göre kendiliğinden yerleşen beton ve standart betonun aderanslarının değerlendirilmesi, takviye edilmiş duvar numunesi ile takviye edilmemiş duvar numunelerinin yük altındaki davranışlarının değerlendirilmesi yapılmıştır.

Tüm bu değerlendirmelerden belirli sonuçlara ulaşılmıştır. Bu sonuçlar Bölüm 5’ de verilmiştir.

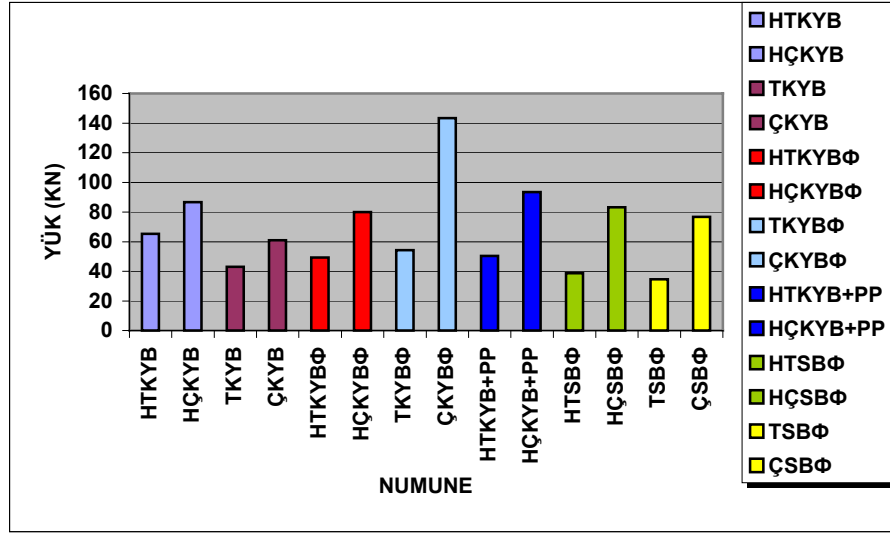
4.1. TEK ve ÇİFT TARAFLI TAKVİYE EDİLMİŞ DUVAR NUMUNELERİ ÜZERİNDE YAPILAN DENEYLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu değerlendirmede 42 adet numune ve 14 serinin hepsi gözönüne alınmıştır. 21 adet tek taraflı 7 seri ve 21 adet çift taraflı 7 seri numune değerlendirilmiştir. Tablo 4.1’de tuğla duvar numunelerinin kırılma yükü - gerilme - deplasman ortalamaları belirtilmiştir.

Tablo 4.1: Tuğla Duvar Numuneleri Kırılma Yükü - Gerilme - Deplasman Ortalamaları

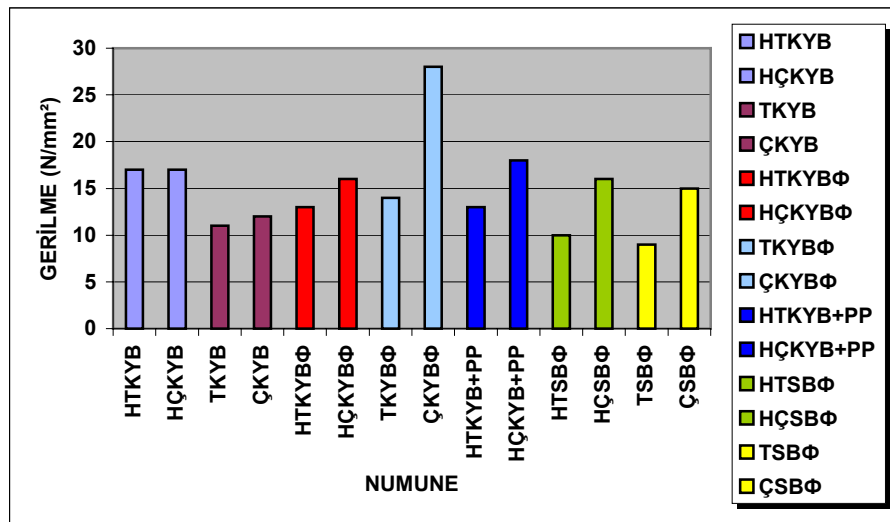
YALIN TUĞLA DUVAR				TAKVİYELİ TUĞLA DUVAR			
Numune No	Kırılma Yükü (KN)	σ Gerilme (N/cm ²)	Deplasman (cmx10 ⁻³)	Seri No	Kırılma Yükü (KN)	σ Gerilme (N/mm ²)	Deplasman (cmx10 ⁻³)
1,2,3	17,0	6,0	24,0	HTKYB	65,3	17,0	11,5
11,12,13	22,0	8,0	28,0	HÇKYB	86,7	17,0	7,2
4,20,21				TKYB	43,0	11,0	10,0
22,23,24				ÇKYB	61,0	12,0	8,3
8,9,10	22,0	8,0	32,2	HTKYBΦ	49,3	13,0	14,0
5,6,7	19,3	7,0	15,7	HÇKYBΦ	80,0	16,0	11,0
25,29,30				TKYBΦ	54,3	14,0	15,8
26,27,28				ÇKYBΦ	143,3	28,0	24,5
14,15,16	17,3	6,0	36,0	HTKYB+PP	50,3	13,0	16,8
17,18,19	24,3	9,0	27,3	HÇKYB+PP	93,3	18,0	13,5
31,32,33	15,3	6,0	13,3	HTSBΦ	38,7	10,0	15,0
34,35,36	16,0	6,0	14,3	HÇSBΦ	83,3	16,0	11,0
40,41,42				TSBΦ	34,7	9,0	10,0
37,38,39				ÇSBΦ	76,7	15,0	7,0

Yapılan deneyler sonucunda yukarıdaki tabloda toplam 42 adet numunenin, 14 adet serisinin yük altında alınan ortalama kırılma yükleri, gerilmeleri ve deformasyonları kayıtları Tablo 4.1.’de görülmektedir. Bu ortalamalar her serinin üç adet numunesinin ortalaması ile bulunmuş değerlerdir. Tüm numunelerin tek tek kırılma yükleri, gerilmeleri ve deplasmanları ise Tablo A.1.’de verilmiştir. Şekil 4.1’de ise tuğla duvar numuneleri ortalama kırılma yüküleri gösterilmiştir.

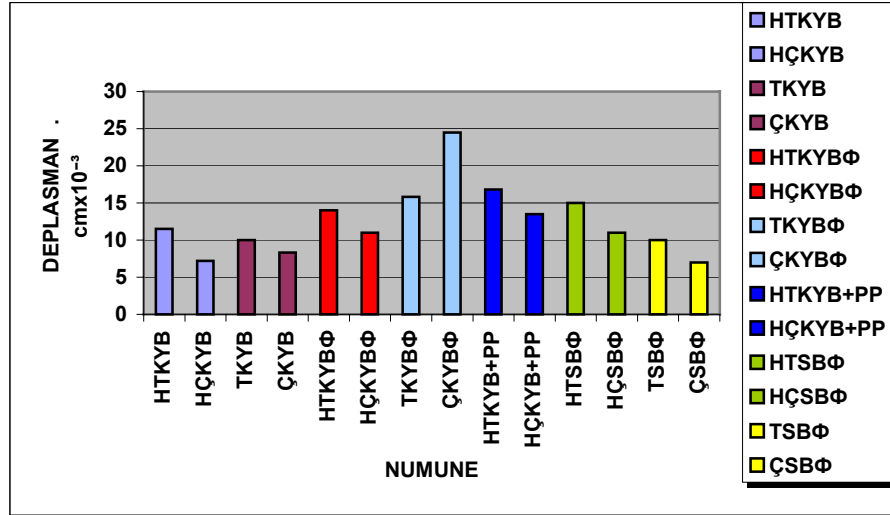


Şekil 4.1 : Tuğla Duvar Numuneleri Ortalama Kırılma Yükleri

En yüksek kırılma yüküne sahip numune 143,3 KN ile çift taraflı hasarsız kendiliğinden yerleşen beton ile takviye edilmiş numune olarak görülmektedir. En düşük kırılma yüküne sahip numune ise 34,7 KN ile tek taraflı, hasarsız standart beton ile takviye edilmiş numune olarak görülmektedir. Bu sonuca göre kagir yapılarda yapılacak güçlendirmenin donatılı çift taraflı ve kendiliğinden yerleşen beton ile yapılması en iyi sonucu verecektir. Şekil 4.2’de tuğla duvar numuneleri ortalama gerilmeleri, Şekil 4.3’de tuğla duvar numuneleri ortalama deplasmanları görülmektedir.



Şekil 4.2 : Tuğla Duvar Numuneleri Ortalama Gerilmeleri



Şekil 4.3 : Tuğla Duvar Numuneleri Ortalama Deplasmanları

Tek taraflı ve çift taraflı numuneler arasında çift taraflı numunelerin ortalama %86 oranında daha fazla bir yük altında kırıldığı, gerilme değerleri sadece bir seri haricinde ortalama %40 oranında daha fazla gerilme kapasitelerinin olduğu saptanmıştır. Tek taraflı numunelere göre çift taraflı numunelerin deplasman değerlerinin ise sadece bir seri haricinde ortalama % 11 oranında azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Bunun nedeni ise duvar numunesinin her iki yüzünün daha rijit bir hale gelmesidir. Ara taşıyıcı elemanlarda ve dış taşıyıcı elemanlarda iki taraflı güçlendirme yapılması, depremlerde binaya çok daha güvenli bir hal aldırıldığı sonucu çıkmaktadır.

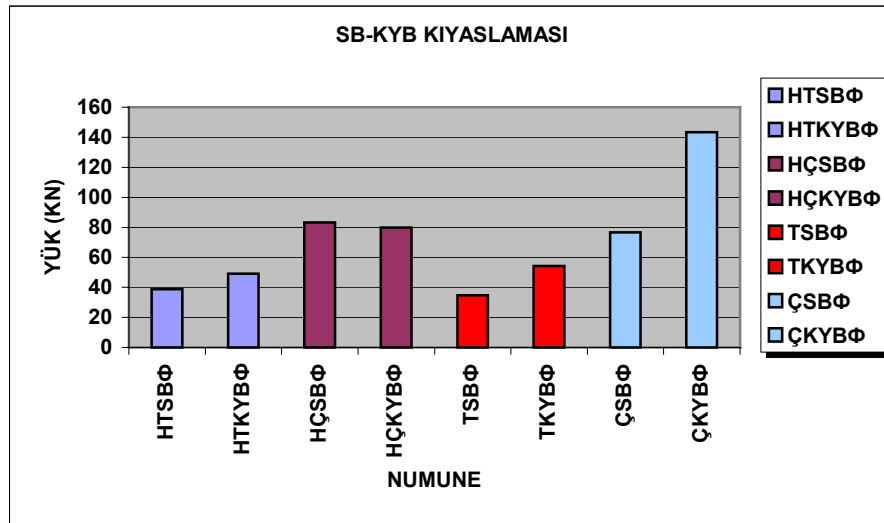
4.2. STANDART BETONLA TAKVİYE EDİLMİŞ VE KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLA TAKVİYE EDİLMİŞ DUVAR NUMUNELERİ ÜZERİNDE YAPILAN DENEYLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

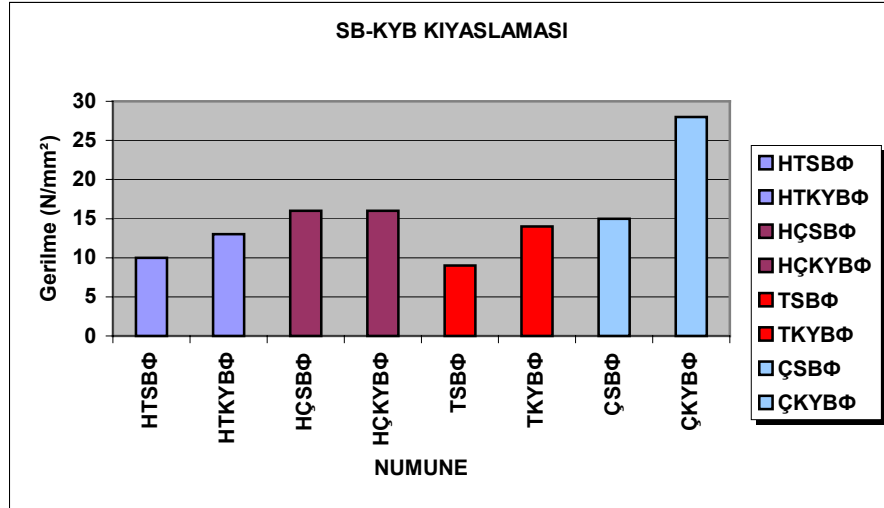
Standart beton ve kendiliğinden yerleşen betonla takviye edilmiş duvar numuneleri kıyaslanmıştır. Tablo 4.2’de standart beton ve kendiliğinden yerleşen beton ile güçlendirilmiş tuğla duvarların kırılma yükü, gerilme ve deplasman değerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.2: Standart Beton-Kendiliğinden Yerleşen Beton Kıyaslaması

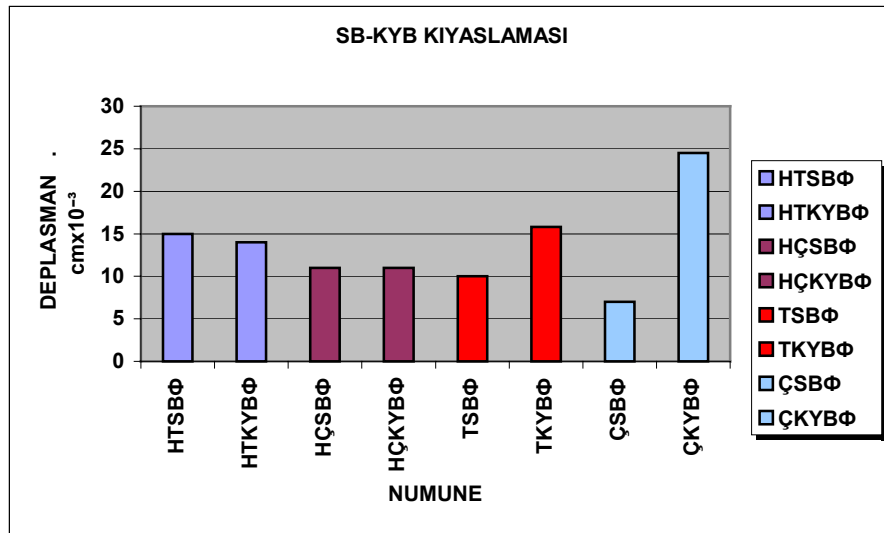
YALIN TUĞLA DUVAR				TAKVİYELİ TUĞLA DUVAR			
Numune No	Kırılma Yüğü (KN)	σ Gerilme (N/mm ²)	Dep. (cmx10 ⁻³)	Numune No	Kırılma Yüğü (KN)	σ Gerilme (N/mm ²)	Dep. (cmx10 ⁻³)
31,32,33	15,3	6,0	13,3	HTSB Φ	38,7	10,0	15,0
8,9,10	22,0	8,0	32,2	HTKYB Φ	49,3	13,0	14,0
34,35,36	16,0	6,0	14,3	HÇSB Φ	83,3	16,0	11,0
5,6,7	19,3	7,0	15,7	HÇKYB Φ	80,0	16,0	11,0
40,41,42				TSB Φ	34,7	9,0	10,0
25,29,30				TKYB Φ	54,3	14,0	15,8
37,38,39				ÇSB Φ	76,7	15,0	7,0
26,27,28				ÇKYB Φ	143,3	28,0	24,5

Şekil 4.4’de SB-KYB kırılma yükü kıyaslaması, Şekil 4.5’de SB-KYB gerilme kıyaslaması, Şekil 4.6’da SB-KYB deformasyon kıyaslaması görülmektedir.

**Şekil 4.4 :** SB-KYB Kırılma Yüğü Kıyaslaması



Şekil 4.5 : SB-KYB Gerilme Kıyaslaması



Şekil 4.6 : SB-KYB Deplasman Kıyaslaması

Kendiliğinden yerleşen beton ile takviye edilen numuneler tek bir seri haricinde standart beton ile takviye edilen numunelere göre % 40 oranında daha fazla bir yük altında kırıldığı, tek bir seri de aynı olmakla birlikte gerilme kapasitelerinin % 42 oranında daha yüksek bir değerde olduğu tespit edilmiştir. Kendiliğinden yerleşen beton ile takviye edilen numuneler tek bir seri de daha az ve bir seride aynı olmakla birlikte deplasmanlarının % 52 oranında daha yüksek bir değerde olduğu saptanmıştır. Bu sonuçtan kendiliğinden yerleşen beton ile yapılan güçlendirmenin,

standart beton ile yapılan güçlendirmeye göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Kendiliğinden yerleşen beton; donatıyı daha iyi sarması, eski duvar ile aderansının daha iyi olması, kendiliğinden sıkışıp seviyelenmesi, boşluksuz yapısı sebebiyle standart betona göre üstünlük sağlamaktadır. Deplasmanların kendiliğinden yerleşen betonda daha yüksek değerlere ulaşması ise kendiliğinden yerleşen betonun standart betona göre daha fazla deplasman yapabilen bir malzeme olduğunu göstermektedir.

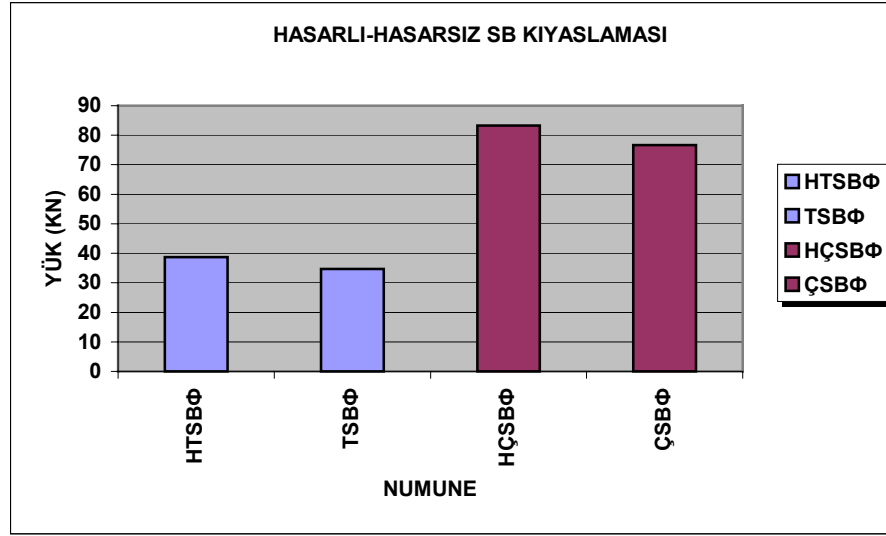
4.3. HASARLI VE HASARSIZ DUVAR NUMUNELERİNİN STANDART BETONLA TAKVİYE EDİLDİKTEN SONRA YAPILAN DENEYLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Hasarlı ve hasarsız duvar numunelerinin standart betonla takviye edildikten sonra yapılan deneylerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Tablo 4.3’de hasarlı ve hasarsız standart beton ile güçlendirilmiş numune tuğla duvarların kırılma yükü, gerilme ve deplasman değerleri gösterilmiştir.

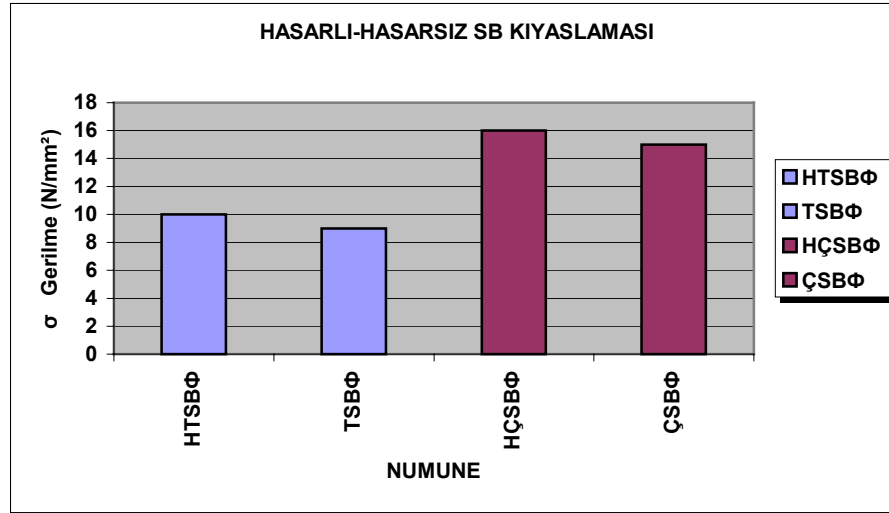
Tablo 4.3: Hasarlı ve Hasarsız Standart Beton Kıyaslaması

YALIN TUĞLA DUVAR				TAKVİYELİ TUĞLA DUVAR			
Numune No	Kırılma Yükü (KN)	σ Gerilme (N/mm ²)	Dep. (cmx10 ⁻³)	Numune No	Kırılma Yükü (KN)	σ Gerilme (N/mm ²)	Dep. (cmx10 ⁻³)
31,32,33	15,3	6,0	13,3	HTSBΦ	38,7	10,0	15,0
40,41,42				TSBΦ	34,7	9,0	10,0
34,35,36	16,0	6,0	14,3	HÇSBΦ	83,3	16,0	11,0
37,38,39				ÇSBΦ	76,7	15,0	7,0

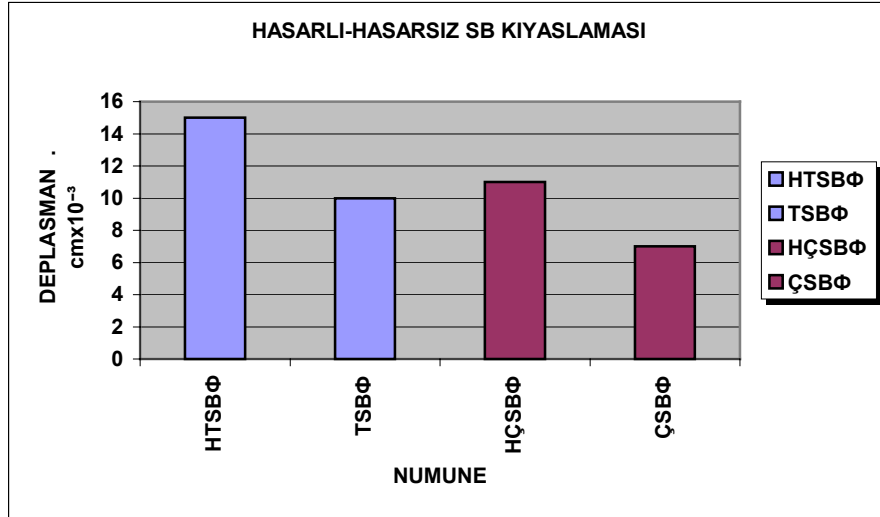
Şekil 4.7’de hasarlı-hasarsız SB ile güçlendirilmiş numunelerin kırılma yükü kıyaslaması, Şekil 4.8’de gerilme kıyaslaması, Şekil 4.9’da deplasman kıyaslaması görülmektedir.



Şekil 4.7 : Hasarlı-Hasarsız SB Kırılma Yükü Kıyaslaması



Şekil 4.8 : Hasarlı-Hasarsız SB Gerilme Kıyaslaması



Şekil 4.9 : Hasarlı-Hasarsız SB Deplasman Kıyaslaması

Hasarlı numunelerin hasarsız numunelere göre ortalama % 9 oranında daha fazla yük taşıma kapasitelerinin olduğu, ortalama %8 oranında göre daha fazla gerilme kapasitelerinin olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuca göre yalın duvarların, yüklemeden sonra hasar meydana gelmiş model tuğla numunelerinin epoksi ile tamir edilmesiyle en zayıf bölgenin en kuvvetli hale gelmesi ile epoksili tuğla duvarların hasar görmemiş epoksisiz tuğla duvarlara göre daha dayanıklı bir duruma geldiklerini gözlemlenmiştir. Hasarlı numunelerin, hasarsız numunelere göre ortalama % 35 oranında daha fazla deplasmana sahip oldukları tespit edilmiştir. Epoksi malzemesinin duvar numunelerine daha fazla deplasman yapabilme kabiliyeti sağlamıştır.

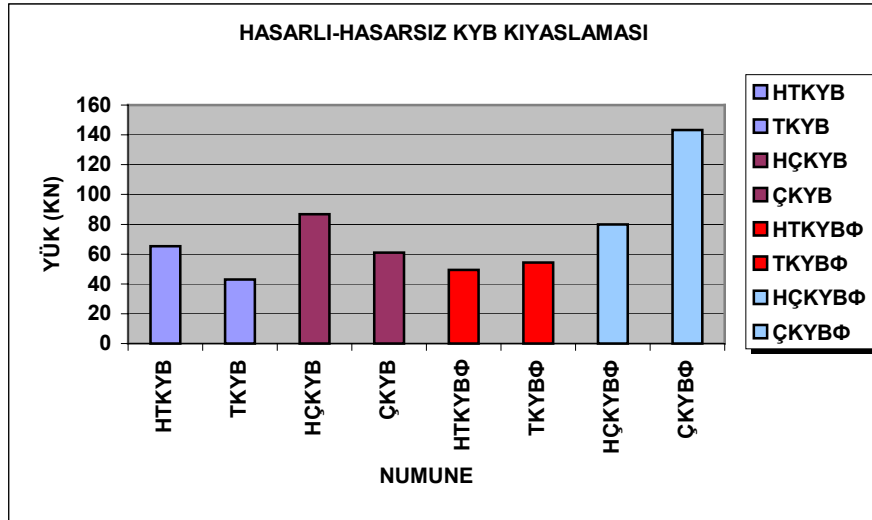
4.4. HASARLI VE HASARSIZ DUVAR NUMUNELERİNİN KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLA TAKVİYE EDİLDİKTEN SONRA YAPILAN DENEYLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

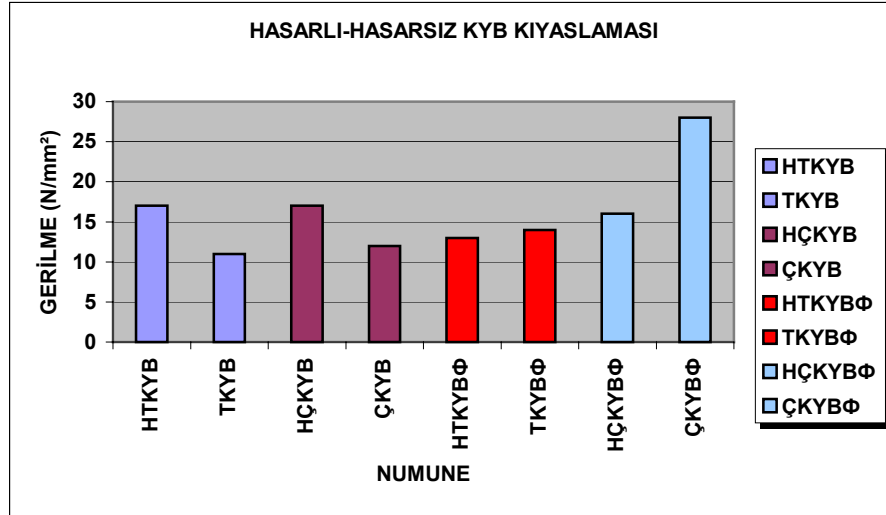
Hasarlı ve hasarsız duvar numunelerinin kendiliğinden yerleşen betonla takviye edildikten sonra yapılan deneylerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Tablo 4.4’de hasarlı ve hasarsız kendiliğinden yerleşen betonla güçlendirilmiş numunelerin kırılma yükü, gerilme ve deplasman değerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.4: Hasarlı ve Hasarsız Kendiliğinden Yerleşen Beton Kıyaslaması

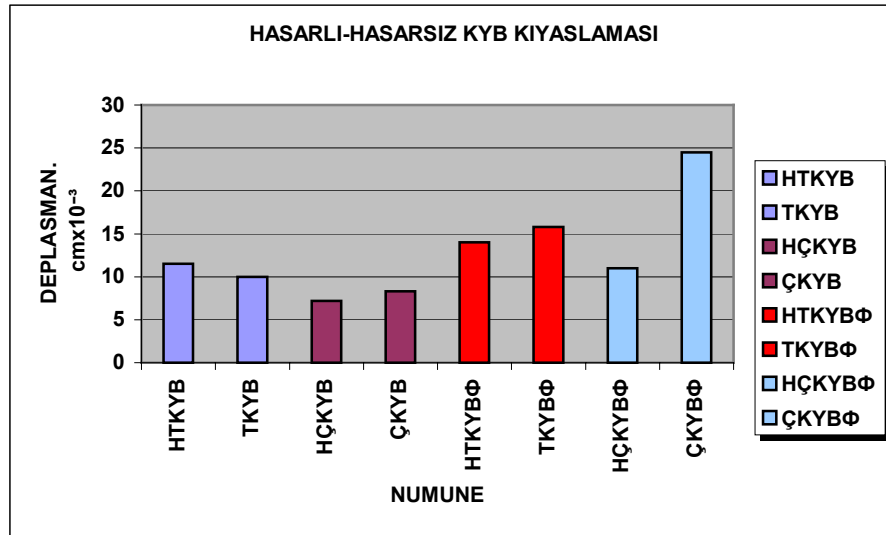
YALIN TUĞLA DUVAR				TAKVİYELİ TUĞLA DUVAR			
Numune No	Kırılma Yüğü (KN)	σ Gerilme (N/mm ²)	Dep. (cmx10 ⁻³)	Numune No	Kırılma Yüğü (KN)	σ Gerilme (N/mm ²)	Dep. (cmx10 ⁻³)
1,2,3	17,0	6,0	24,0	HTKYB	65,3	17,0	11,5
4,20,21				TKYB	43,0	11,0	10,0
11,12,13	22,0	8,0	28,0	HÇKYB	86,7	17,0	7,2
22,23,24				ÇKYB	61,0	12,0	8,3
8,9,10	22,0	8,0	32,2	HTKYBΦ	49,3	13,0	14,0
25,29,30				TKYBΦ	54,3	14,0	15,8
5,6,7	19,3	7,0	15,7	HÇKYBΦ	80,0	16,0	11,0
26,27,28				ÇKYBΦ	143,3	28,0	24,5

Şekil 4.10’da hasarlı-hasasarsız kyb ile güçlendirilmiş numunelerin kırılma yükü, Şekil 4.11’de gerilme, Şekil 4.12’de deplasman kıyaslamaları gösterilmiştir.

**Şekil 4.10:** Hasarlı-Hasasarsız KYB Kırılma Yüğü Kıyaslaması



Şekil 4.11: Hasarlı-Hasasarsız KYB Gerilme Kıyaslaması



Şekil 4.12 : Hasarlı-Hasasarsız KYB Deplasman Kıyaslaması

Hasarsız numunelerin hasarlı numunelere göre ortalama % 6 oranında daha fazla yük taşıma kapasitelerinin olduğu, ortalama %5 oranında göre daha fazla gerilme kapasitelerinin olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuca göre epoksi malzemesinin, duvar yüzeyinde kendiliğinden yerleşen beton ile aderansını olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir. Hasarsız numunelerin, hasarlı numunelere göre ortalama % 34 oranında daha fazla deplasmana sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu sonuca göre aynı şekilde epoksi malzemesinin, duvar yüzeyinde kendiliğinden yerleşen beton ile aderansını azalttığını göstermektedir. Kendiliğinden yerleşen beton, yüzeyinde epoksi

malzemesi olmayan duvarlara, epoksi malzemesi olanlara göre, daha çok deplasman yapabilme özelliği kazandırmıştır.

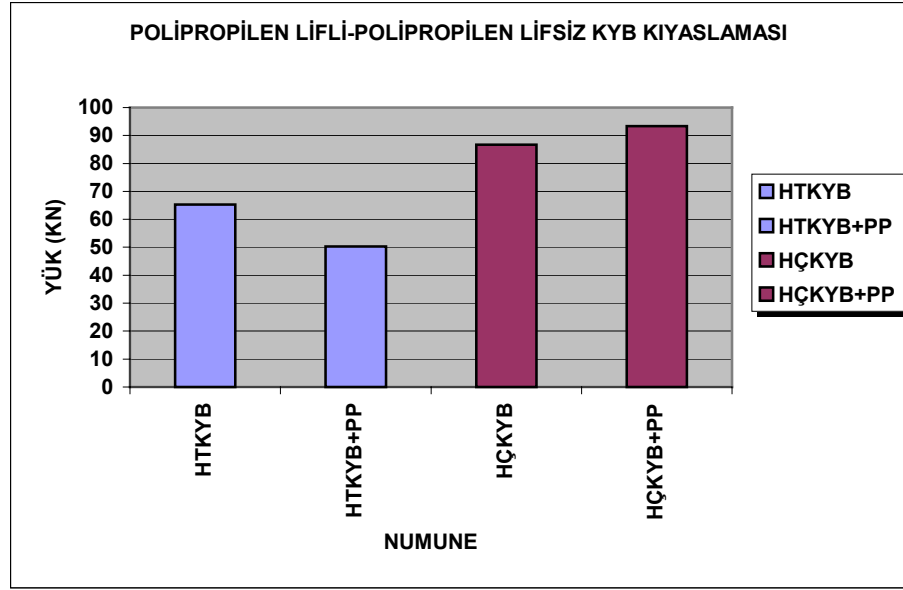
4.5. DUVAR NUMUNELERİNİN POLİPROPİLEN LİFLİ VE POLİPROPİLEN LİFSİZ KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLA TAKVİYE EDİLDİKTEN SONRA YAPILAN DENEYLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Polipropilen lifli ve polipropilen lifsiz kendiliğinden yerleşen beton ile güçlendirilmiş numune duvarlar değerlendirilmiştir. Tablo 4.5’ de polipropilen lifli ve polipropilen lifsiz kendiliğinden yerleşen beton ile güçlendirilmiş numunelerin kırılma yükü, gerilme ve deplasman değerleri gösterilmiştir.

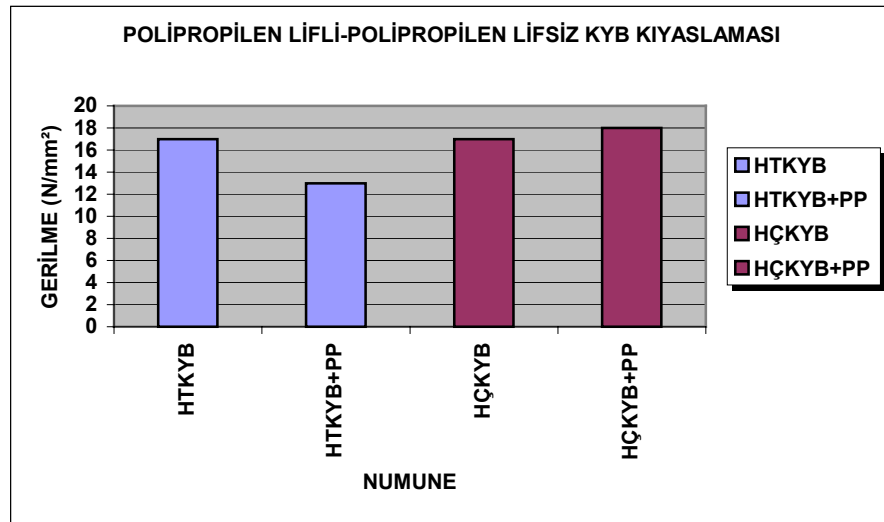
Tablo 4.5: Polipropilen Lifli-Polipropilen Lifsiz Kendiliğinden Yerleşen Beton Kıyaslaması

YALIN TUĞLA DUVAR				TAKVİYELİ TUĞLA DUVAR			
Numune No	Kırılma Yükü (KN)	σ Gerilme (N/mm ²)	Dep. (cmx10 ⁻³)	Numune No	Kırılma Yükü (KN)	σ Gerilme (N/mm ²)	Dep. (cmx10 ⁻³)
1,2,3	17,0	6,0	24,0	HTKYB	65,3	17	11,5
14,15,16	17,3	6,0	36,0	HTKYB+PP	50,3	13	16,8
11,12,13	22,0	8,0	28,0	HÇKYB	86,7	17	7,2
17,18,19	24,3	9,0	27,3	HÇKYB+PP	93,3	18	13,5

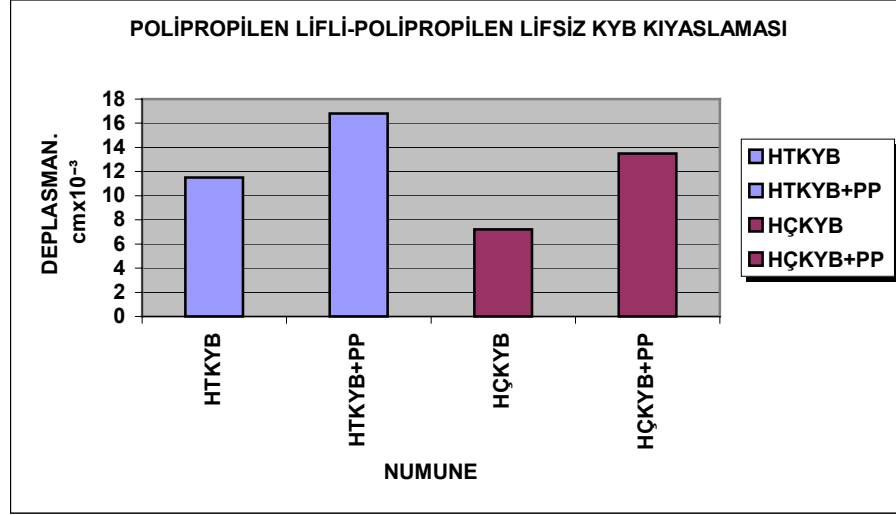
Şekil 4.13’de polipropilen lifli-polipropilen lifsiz KYB ile güçlendirilmiş numunelerin kırılma yükü, Şekil 4.14’de gerilme, Şekil 4.15’de deplasman kıyaslamaları gösterilmiştir.



Şekil 4.13 : Polipropilen Lifli-Polipropilen Lifsiz KYB Kırılma Yüğü Kıyaslaması



Şekil 4.14 : Polipropilen Lifli-Polipropilen Lifsiz KYB Gerilme Kıyaslaması



Şekil 4.15: Polipropilen Lifli-Polipropilen Lifsiz KYB Deplasman Kıyaslaması

Polipropilen lifli bir serinin yük taşıma kapasitesi daha fazla, diğerinin ise daha az, polipropilen lifli bir serinin gerilme kapasitesi daha fazla, diğerinin ise daha az olduğu tespit edilmiştir. Buradan polipropilen liflerinin taşıma ve gerilme kapasitesine çok fazla bir etkisinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Polipropilen lifler genellikle betonda çatlak oluşumunu azalttığı bilinmektedir. Polipropilen lifli numunelerin deplasmanlarının daha fazla olduğu görülmektedir. Buna göre polipropilen lif malzemeye daha fazla deplasman yapabilme özelliğini kazandırmıştır.

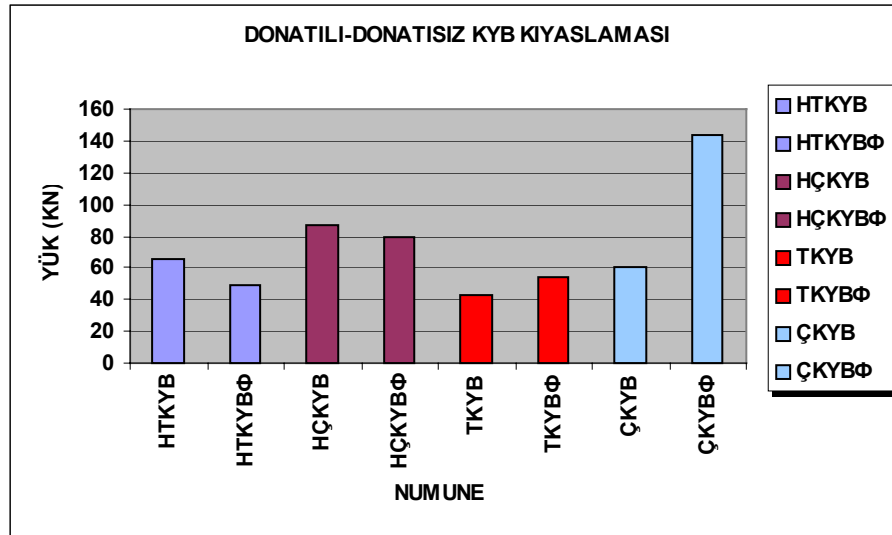
4.6. DONATILI VE DONATISIZ OLARAK KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONLA TAKVİYE EDİLMİŞ, HASARLI VE HASARSIZ DUVAR NUMUNELERİNİN DENEYLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

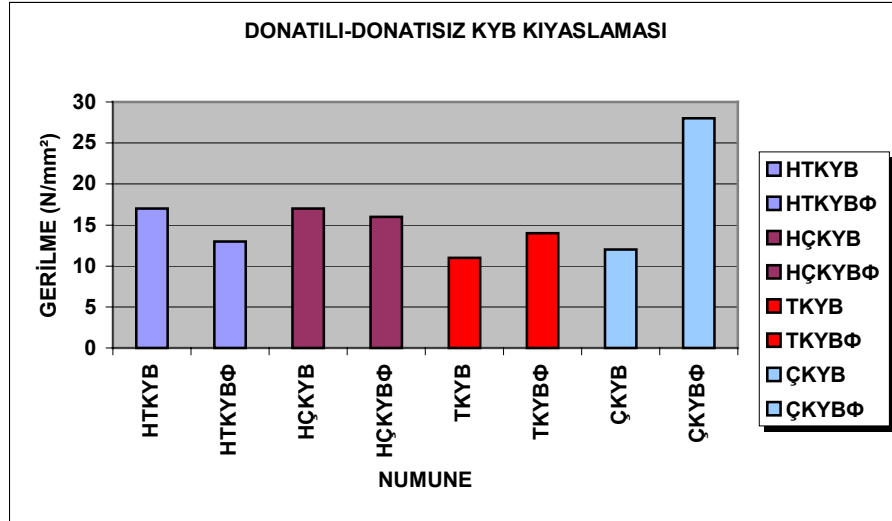
Numunelerin donatılı ve donatısız olarak kendiliğinden yerleşen betonla takviye edilmiş hasarlı ve hasarsız olarak deneylerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Tablo 4.6.'da donatılı ve donatısız olarak kendiliğinden yerleşen beton ile güçlendirmesi yapılmış numunelerin kırılma yükü, gerilme ve deplasman değerleri gösterilmiştir.

Tablo 4.6: Donatılı-Donatısız Kendiliğinden Yerleşen Beton Kıyaslaması

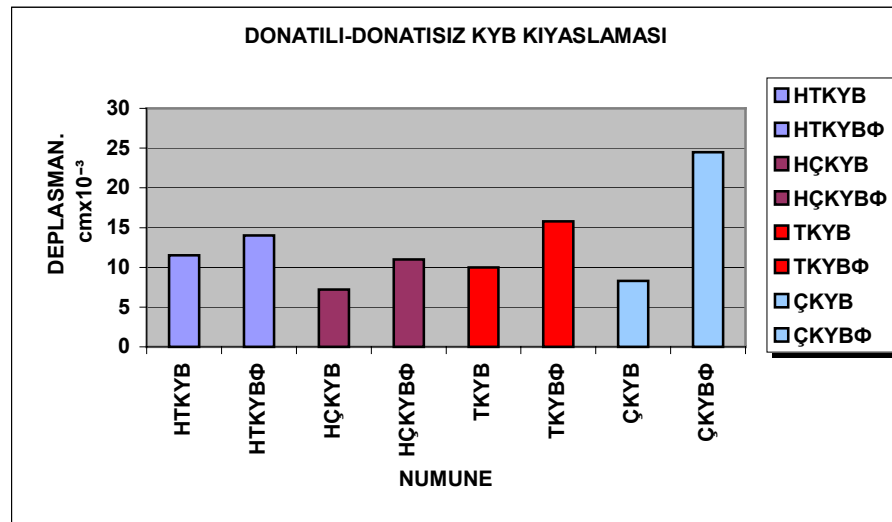
YALIN TUĞLA DUVAR				TAKVİYELİ TUĞLA DUVAR			
Numune No	Kırılma Yüğü (KN)	σ Gerilme (N/mm ²)	Dep. (cmx10 ⁻³)	Numune No	Kırılma Yüğü (KN)	σ Gerilme (N/mm ²)	Dep. (cmx10 ⁻³)
1,2,3	17,0	6,0	24,0	HTKYB	65,3	17,0	11,5
8,9,10	22,0	8,0	32,2	HTKYBΦ	49,3	13,0	14,0
11,12,13	22,0	8,0	28,0	HÇKYB	86,7	17,0	7,2
5,6,7	19,3	7,0	15,7	HÇKYBΦ	80,0	16,0	11,0
4,20,21				TKYB	43,0	11,0	10,0
25,29,30				TKYBΦ	54,3	14,0	15,8
22,23,24				ÇKYB	61,0	12,0	8,3
5,6,7				ÇKYBΦ	143,3	28,0	24,5

Şekil 4.16’da donatılı ve donatısız olarak kendiliğinden yerleşen beton ile güçlendirmesi yapılmış numunelerin yükü, Şekil 4.17’de gerilme, Şekil 4.18’de deplasman kıyaslamaları gösterilmiştir.

**Şekil 4.16 :** Donatılı-Donatısız KYB Kırılma Yüğü Kıyaslaması



Şekil 4.17 : Donatılı-Donatısız KYB Gerilme Kıyaslaması

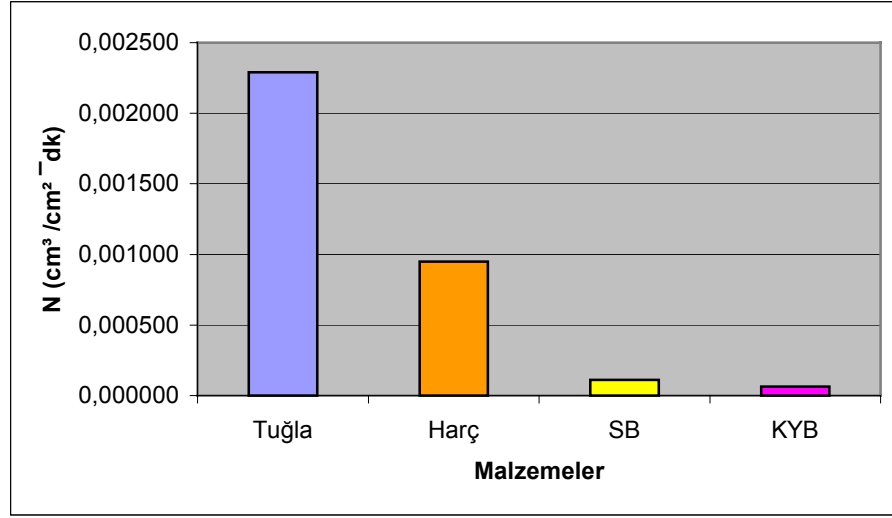


Şekil 4.18 : Donatılı-Donatısız Deplasman Kıyaslaması

Yapılan deneyler sonucunda donatılı kendiliğinden yerleşen betonla takviye edilmiş numuneler ile donatısız kendiliğinden yerleşen betonla takviye edilmiş model tuğla numunelerine göre, yük taşıma kapasiteleri ortalama %28 oranında, gerilme değerleri %25 oranında artmıştır. Buna göre güçlendirmelerde donatının önemi ortaya çıkmaktadır. Donatılı kendiliğinden yerleşen betonla takviye edilmiş numuneler ile donatısız kendiliğinden yerleşen betonla takviye edilmiş model tuğla duvarlara göre deplasman değerleri %65 oranında artmıştır. Bu sonuçla donatılar duvar numunelerinin deplasman yapabilme özelliklerini arttırmışlardır.

4.7. DUVAR HARCİ, TUĞLA, STANDART BETON VE KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETONUN KAPİLER SU EMME DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Alınan 3'er numune set ile yapılan duvar harcı, tuğla, standart beton ve kendiliğinden yerleşen betonun kapiler su emme deney sonuçlarının değerlendirilmesi yapılmıştır. Şekil 4.19' da kapilersu emme deney sonuçları kıyaslaması görülmektedir.



Şekil 4.19 : Kapiler Su Emme Deney Sonuçları Kıyaslaması

Öndeneylede yapılan kapiler su emme tayinleri deneyleri ile kendiliğinden yerleşen beton, standart beton, harç ve tuğlanın kapiler su emme katsayıları bulunmuştur. Buna göre katsayılar; kendiliğinden yerleşen beton için 0,000063, standart beton için 0,000111, harç için 0,00095 ve tuğla için 0,002292'dir. Bu katsayılara göre tuğlanın en fazla boşluklu, kendiliğinden yerleşen betonun ise en az boşluklu malzeme olduğu görülmektedir. Kendiliğinden yerleşen betonun ise standart betona göre yaklaşık iki kat daha iyi su geçirimsizlik özelliğine sahip olduğu görülmektedir. Kagir yapıların özellikle temel güçlendirmelerinde, kendiliğinden yerleşen beton kullanılması halinde ilave olarak su geçirimsizlik katkısına gerek olmayacağı görülmektedir.

4.8. KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON VE STANDART BETONUN YÜZEY DÜZGÜNLÜĞÜNÜN DEĞERLENDİRİLMESİ

Kendiliğinden yerleşen betonun yüzey düzgünlüğü, kendiliğinden yerleşme, kendiliğinden seviyelenme ve boşluksuz olma özelliğinden dolayı standart betona göre daha üstündür. Yapılacak kalıpların düzgün olması ve kendiliğinden yerleşen beton kullanılması halinde sıva yapılmasına gerek kalmayacağı durumlar oluşturulabilir. Bu da sıva ve sıva işçilik maliyeti ve zamandan tasarruf sağlayacaktır. Şekil 4.20’de standart beton ile takviye edilmiş, Şekil 4.21’de kendiliğinden yerleşen beton ile takviye edilmiş tuğla duvar numunesi görülmektedir.



Şekil 4.20 : Standart Beton ile Takviye Edilmiş Tuğla Duvar Numunesi



Şekil 4.21 : Kendiliğinden Yerleşen Beton ile Takviye Edilmiş Tuğla Duvar Numunesi

4.9. KENDİLİĞİNDEN YERLEŞEN BETON VE STANDART BETONUN ADERANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Kendiliğinden yerleşen betonun, tuğla duvar numunesin ile aderansının, normal betona göre çok daha fazla olduğu saptanmıştır. Bu özellik, özellikle deprem anında malzemelerin birbirinden ayrılmama özelliği sayesinde binanın daha güvenli bir hal almasını sağlamaktadır. Şekil 4.22 ve Şekil 4.24’de standart beton ile takviye edilmiş tuğla duvar numunesi, Şekil 4.23 ve Şekil 4.25’de kendiliğinden yerleşen beton ile takviye edilmiş tuğla duvar numunesinin beton ile aderansları görülmektedir.



Şekil 4.22 : Standart Beton İle Takviye Edilmiş Tuğla Duvar Numunesi



Şekil 4.23 : Kendiliğinden Yerleşen Beton İle Takviye Edilmiş Tuğla Duvar Numunesi



Şekil 4.24 : Standart Beton İle Takviye Edilmiş Tuğla Duvar Numunesi



Şekil 4.25 : Kendiliğinden Yerleşen Beton İle Takviye Edilmiş Tuğla Duvar
Numunesi

4.10. TAKVİYE EDİLMİŞ DUVAR NUMUNESİ İLE TAKVİYE EDİLMEMİŞ DUVAR NUMUNELERİNİN YÜK ALTINDAKİ DAVRANIŞLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Yapılan deneyler sonucunda takviye edilmiş duvar numunelerinin, yalın duvar numunelerine göre çok daha yüksek olan kırılma yüklerinde bile parçalanmadığı saptanmıştır. Bu durum, takviye edilmiş yığma kargir yapıların olası bir depremde iyi bir davranış göstereceklerinin kanıtıdır. Şekil 4.26’da takviye edilmiş tuğla duvar numunesinin yükleme altındaki davranışı görülmektedir.



Şekil 4.26 : Takviye Edilmiş Tuğla Duvar Numunesi

5. SONUÇLAR

- Öndeneyleerde yapılan su emme tayin deneyleri ile kendiliğinden yerleşen beton, standart beton, harç ve tuğlanın su emme katsayıları bulunmuştur. Katsayılara göre tuğlanın en fazla boşuklu, kendiliğinden yerleşen betonun ise en az boşuklu malzeme olduğu görölmektedir. Kendiliğinden yerleşen betonun ise standart betona göre yaklaşık iki kat daha iyi su geçirimsizlik özelliğine sahip olduğu görölmektedir. Kagir yapıların özellikle temel güçlendirmelerinde, kendiliğinden yerleşen beton kullanılması halinde ilave olarak su geçirimsizlik katkısına gerek olmayacağı görölmektedir.
- Yapılan deneyler sonucunda yalın model tuğla duvar numunelerinin çoğunun yükleme eksenini doğrultusunda kırıldığı saptanmıştır. Bu sonuç ışığında, başlıklardan yapılan yüklemeyle, duvar numunelerinin en çok yük aldığı kesitin duvar numunesinin orta kesiti olduğu sonucuna varılmaktadır. Duvar numuneleri homojen malzemeler olmadığı için bazı numuneler ise zayıf noktaları olan, derzlerinden de kırılmıştır.
- Yalın model tuğla duvar numunelerinin kırılmalarının genellikle derzlerde meydana geldiği saptanmıştır. Buna karşın bazı duvar numunelerinde tuğlanın da kırıldığı saptanmıştır.
- Yalın duvar numunelerinin takviye sonrası gerilmeleri ortalama, % 114 oranında,, kırılma yükü ise ortalama, %257 oranında artmıştır. Bu sonuca göre güçlendirme ile tuğla duvarların dayanım ve kapasitelerinin tatmin edici düzeyde arttığı görölmektedir. Aynı şekilde yalın duvar numunelerinin güçlendirme sonrasında deplasman ortalamaları %48 oranında azalmıştır.

Buradan da güçlendirme sonrası malzemenin şekil değiştirmesinin bir hayli azaldığı gözlemlenmiştir.

- Tek taraflı ve çift taraflı numuneler kıyaslandığında çift taraflı numunelerin ortalama %86 oranında daha fazla bir yük altında kırıldığı, gerilme değerlerinin ise sadece bir seri haricinde ortalama %40 oranında daha fazla olduğu saptanmıştır. Tek taraflı numunelere göre çift taraflı numunelerin deplasman değerlerinin ise sadece bir seri haricinde ortalama %11 oranında azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Bunun nedeni ise duvar numunesinin her iki yüzünün daha rijit bir hale gelmesidir. Ara taşıyıcı elemanlarda ve dış taşıyıcı elemanlarda iki taraflı güçlendirme yapılması, depremlerde binaya çok daha güvenli bir hal aldırıldığı sonucu çıkmaktadır.
- Kendiliğinden yerleşen beton ile takviye edilen numunelerin standart beton ile takviye edilen numunelere göre % 40 oranında daha fazla bir yük altında kırıldığı, gerilme kapasitelerinin % 42 oranında daha yüksek bir değerde olduğu tespit edilmiştir. Kendiliğinden yerleşen beton ile takviye edilen numunelerin deplasmanlarının % 52 oranında daha yüksek bir değerde olduğu saptanmıştır. Bu sonuçtan kendiliğinden yerleşen beton ile yapılan güçlendirme, standart beton ile yapılan güçlendirmeye göre binaya depreme karşı daha fazla dayanıklılık sağlamaktadır. Kendiliğinden yerleşen beton; donatıyı daha iyi sarması, eski duvar ile aderansının daha iyi olması, kendiliğinden sıkışıp seviyelenmesi, boşluksuz yapısı sebebiyle standart betona göre üstünlük sağlamaktadır. Deplasmanların kendiliğinden yerleşen betonda daha yüksek değerlere ulaşması ise kendiliğinden yerleşen betonun standart betona göre daha fazla deplasman yapabilen bir malzeme olduğunu göstermektedir.
- Standart beton ile güçlendirilen hasarlı numunelerin hasarsız numunelere göre ortalama % 9 oranında daha fazla yük taşıma kapasitelerinin olduğu, ortalama %9 oranında daha fazla gerilme kapasitelerinin olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuca göre, yüklemekten sonra hasar meydana gelmiş model tuğla

numunelerinin epoksi ile tamir edilmesiyle en zayıf bölgenin en kuvvetli hale gelmesi ile epoksili tuğla duvarların hasar görmemiş yalın tuğla duvarlara göre daha dayanıklı bir duruma geldiklerini gözlemlenmiştir. Hasarlı numunelerin, hasarsız numunelere göre ortalama % 35 oranında daha fazla deplasmana sahip oldukları tespit edilmiştir. Epoksi malzemesinin duvar numunelerine daha fazla deplasman yapabilme özelliği kazandırdığı anlaşılmaktadır.

- Kendiliğinden yerleşen beton ile güçlendirilen hasarsız numunelerin hasarlı numunelere göre ortalama % 6 oranında daha fazla yük taşıma kapasitelerinin olduğu, ortalama %5 oranında göre daha fazla gerilme kapasitelerinin olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuca göre epoksi malzemesinin, duvar yüzeyinde kendiliğinden yerleşen beton ile aderansını olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir. Hasarsız numunelerin, hasarlı numunelere göre ortalama %34 oranında daha fazla deplasmana sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu sonuca göre aynı şekilde epoksi malzemesinin, duvar yüzeyinde kendiliğinden yerleşen beton ile aderansını azalttığını göstermektedir. Kendiliğinden yerleşen beton, yüzeyinde epoksi malzemesi olmayan duvarlara, epoksi malzemesi olanlara göre, daha çok deplasman yapabilme özelliği kazandırmıştır.
- Polipropilen liflerinin taşıma ve gerilme kapasitesine çok fazla bir etkisinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Polipropilen lifler genellikle betonda çatlak oluşumunu azalttığı bilinmektedir. Polipropilen lifli numunelerin deplasmanlarının daha fazla olduğu görülmektedir. Buna göre polipropilen lif malzemenin elastik davranışını arttırmakta ancak taşıma gücünü beklenen düzeyde arttırmamaktadır.
- Yapılan deneyler sonucunda donatılı kendiliğinden yerleşen betonla takviye edilmiş numuneler ile donatısız kendiliğinden yerleşen betonla takviye edilmiş model tuğla numunelerine göre, yük taşıma kapasiteleri ortalama %28 oranında, gerilme değerleri %25 oranında artmıştır. Buna göre güçlendirmelerde donatının önemi ortaya çıkmaktadır. Donatılı kendiliğinden

yerleşen betonla takviye edilmiş numuneler ile donatısız kendiliğinden yerleşen betonla takviye edilmiş model tuğla duvarlara göre deplasman değerleri %65 oranında artmıştır. Bu sonuçla donatılar duvar numunelerine daha fazla deplasman yapabilme kabiliyeti kazandırdığı anlaşılmaktadır.

- Kendiliğinden yerleşen betonun yüzey düzgünlüğü, kendiliğinden yerleşme, kendiliğinden seviyelenme ve boşluksuz olma özelliğinden dolayı standart betona göre daha üstündür. Yapılacak kalıpların düzgün olması ve kendiliğinden yerleşen beton kullanılması halinde sıva yapılmasına gerek kalmayacağı durumlar oluşturulabilir. Bu da sıva ve sıva işçilik maliyeti ve zamandan tasarruf sağlayacaktır.
- Yapılan deneyler sonucunda takviye edilmiş duvar numunelerinin yalın duvar numunelerine göre çok daha yüksek olan kırılma yüklerinde bile parçalanmadığı saptanmıştır. Bu durum takviye edilmiş yığma yapıların beklenen davranışı göstereceğinin bir işareti olarak kabul edilebilir.
- Kendiliğinden yerleşen betonun tuğla duvar numunesi ile olan aderansının, normal betona göre çok daha fazla olduğu saptanmıştır. Bu özellik özellikle deprem anında malzemelerin birbirinden ayrılmama özelliği sayesinde binanın daha güvenli bir hal almasını sağlamaktadır.
- Takviye olarak kullanılan donatıların yük etkisindeki duvara daha fazla deplasman yapabilme özelliği kazandırdığı tespit edilmiştir. Bu binanın sünek bir davranış göstereceğinin işaretidir.
- Numunelerin kendiliğinden yerleşen beton ile takviye edilmesi, normal beton ile takviye edilmesine göre çok daha az emek ve zamanda yapılmıştır. Bu özellik yanında kendiliğinden yerleşen betonun pompalanabilirliği de çok daha rahat olmaktadır. Bu sayede kendiliğinden yerleşen beton kauçuk borular sayesinde kalıbın her noktasına kadar pompalanabilmektedir. Yapılacak güçlendirmede kalıba dökülecek betonun taşınmasında kalite özelliklerinin

kaybolmaması çok önemlidir. Bu sebeple kendiliğinden yerleşen beton bu özellikleri sebebiyle de tercih sebebi olmalıdır.

- Kagir yapıların standart beton yerine; dar kalıplarda vibratör kullanılmaması, kendiliğinden seviyelenmesi, kendiliğinden yerleşip, kendiliğinden sıkışması, işçilik hatalarını asgariye indirmesi, kalıbın istenilen noktasına kadar uzun hatlarda kolayca pompalanabilmesi, donatı ve tuğlalar ile aderansının daha iyi olması yönlerinden kendiliğinden yerleşen beton ile takviye edilmesi tavsiye edilir.
- Deneylere göre güçlendirmeler sonunda taşıma kapasitesi en yüksek değerlere sahip numune serisi çift taraflı, donatılı, kendiliğinden yerleşen betonla yapılmış seridir. Bu sonuca göre kagir yapı güçlendirmelerinin çift taraflı, donatılı ve kendiliğinden yerleşen beton ile yapılmasının en iyi sonucu vereceği öngörülmüştür.
- Yapılan deneyler sonunda tek taraflı standart beton ile yapılmış güçlendirmenin en zayıf güçlendirme olduğu görülmüştür. Bu sonuca göre yapılacak güçlendirmelerde standart betona göre kendiliğinden yerleşen beton ve tek taraflı bir güçlendirme yerine çift taraflı güçlendirmenin tercih edilmesi gereklidir.
- Kendiliğinden yerleşen betonla güçlendirilmiş betonlar içerisinde en yüksek dayanım sağlayan seri çift taraflı donatılı seridir. En düşük seri ise tek taraflı donatısız seridir. Yapılacak güçlendirmenin donatılı ve çift taraflı güçlendirme olmasının önemi açıkça görülmektedir.
- Standart betonla güçlendirilmiş betonlar içerisinde en yüksek dayanım sağlayan seri çift taraflı epoksi ile tamir edilmiş, donatılı seridir. En düşük seri ise, tek taraflı, epoksisiz ve donatısız seridir. Epoksinin, duvar numunelerinin en zayıf bölgesinin en kuvvetli olmasını sağlamasından dolayı en yüksek değere sahip duvar numuneleri epoksi ile onarılmış numuneler olmaktadır.

- Deplasman değeri en yüksek seri kendiliğinden yerleşen betonla güçlendirilmiş çift taraflı donatılı seridir. Donatı ve kendiliğinden yerleşen beton numunelerdeki deplasman özelliklerini arttırmaktadır. Deplasman değeri en düşük seri ise standart beton ile güçlendirilmiş, çift taraflı donatılı seridir.
- Kagir yapıların güçlendirilmeleri standart beton ve kendiliğinden yerleşen beton yanında püskürtme beton ile de yapılmaktadır. Fakat püskürtme beton ile yapılan güçlendirmelerde püskürtme basıncı yüzünden tuğla duvarlar zarar görmekte, hazır beton tesislerinden çıkan beton için betona mukavemet garantisi verilmemekte, püskürtme süresi ve su miktarını işçinin uygulama sırasında ayarlamasından dolayı çok kaliteli imalatların ortaya çıkması mümkün olamamaktadır.. Bu çalışmada püskürtme beton da kullanılması planlanmış ancak model tuğla duvar numunelerinin ve kalıplarının dayanamayacağı düşünülerek vazgeçilmiştir.
- Kagir yapıların güçlendirilmesinde bazı durumlarda beton kullanılamayacağı durumlar da sözkonusu olabilir. Alternatif olarak karbon fiber takviyeli malzemeler ile de güçlendirmelerde kullanılmaktadır. Aynı çalışma bu model tuğla boyutları ile karbon fiber takviyeli malzemeler ile yapılabilir. Böylece kagir yapıların alternatif malzemeler ile güçlendirilmesi de incelenmiş olacaktır. Ayrıca bazı durumlarda beton kullanılamayacağı durumlar da sözkonusu olabilir.
- Daha sonraki çalışmalarda numune boyutları daha büyük ve kalıplar daha rijit seçilerek, püskürtme beton uygulamasıda test edilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Şimşek, A.**, 1993. Tuğla Duvarların Taşıma Gücüne Donatı Etkisinin Deneysel İncelenmesi, *Doktora Tezi*, M.S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [2] **Begimgil, M.**, 1990. Aderans Artırıcı Katkı Maddelerinin İki Eksenli Yükleme Altındaki Tuğla Duvarların Davranışına Etkisi”, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3] **Büyükgöçmen, D.**, 2001. Donatılı Yığma Yapı Tasarımı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [4] **Saberi, M.**, 1998. Deprem Yüklerinin Altında Yığma Binaların Davranışı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [5] **Yorulmaz, M., Atan, Y.T.**, 1971. Çeşitli Forme Yapı Taşlarıyla Yapılmış Duvar Numunelerinin İki İstikametli Yükleme Altında Davranışları, İstanbul Teknik Üniversite Matbaası, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [6] **Erol, G.**, 2001.Yüksek Mukavemetli Özel Tuğlalardan Yapılmış Duvarlarda Kayma Dayanımı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- [7] **Saraç, N. M.** 2003. Tarihi Yığma Kargir Yapıların Güçlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [8] **Bozdağangil, A.T.**, 1998. Deprem Yükleri Altında Yığma Duvarların Dayanımı ve Takviyesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [9] **Akgündüz, N.**, 2004. Deprem Bölgelerinde Yığma Yapı Tasarımının Yönetmeliğe Göre İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [10] **Üstündağ, C.**, 2000. Bir İki Katlı Binaların Yatay Yükler Altındaki Davranışı ve Kesme Güvenliğinin Sağlanması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [11] **Zhuge, Y., Hunt, S.**, 2003. Numerical Simulation of Masonry Shear Panels with Distinct Element Approach, *Structural Engineering and Mechanics*, vol. 15, no. 4, p:477–493.
- [12] **Shing, P. B., Noland, J. L., Klamers, E., Spaeh, H.**, 1989. Inelastic Behavior of Concrete Masonry Shear Walls. *Journal of Structural Engineering*, vol. 115, no. 9, september, p:2204–2225.

- [13] **Senthivel, R., Sinha, S. N.**, 2003, Energy Dissipation Response of Brick Masonry Under Cyclic Compressive Loading. *Structural Engineering and Mechanics*, vol. 4, no. 4, p:405–422.
- [14] **Naraine, K., Sinha, S.**, 1989. Behavior of Brick Masonry Under Cyclic Compressive Loading, *Journal of Structural Engineering and Mechanics*, vol. 115, no.2, p:1432–1445.
- [15] **Naraine, K., Sinha, S.**, 1989. Loading and Unloading Stress-Strain Curves for Brick Masonry”. *Journal of Structural Engineering*, vol. 115, no. 10, october, p:2631–2644.
- [16] **Hamid, A. A., El-Akhakhni, W. W., Hakam, Z. H. R., Elgaaly, M.**, 2005. Behavior of Composite Unreinforced Masonry-Fiber-Reinforced Polymer Wall Assemblages Under In-Plane Loading. *Journal of Composites for Construction*, vol. 9, no.1, january/february, p:73–83.
- [17] **Tan, K.H., Patoary, M. K. H.**, 2004. Strengthening of Masonry Walls against Out-of-Plane Loads Using Fiber-Reinforced Polymer Reinforcement. *Journal of Composites for Construction*, vol. 9, no.1, january/february, p:79–87.
- [18] **Zijl, G. P. A. G., De Vries P. A.**, 2005. Masonry Wall Crack Control with Carbon Fiber Reinforced Polymer. *Journal of Composites for Construction*, vol. 9, no.1, january/february, p:84–89.
- [19] **Velazquez, D., Ehsani, M. R.**, 2000. Modeling Out-of-plane Behavior of URM Walls Retrofitting with Fiber Composites. *Journal of Composites For Construction*, vol.4, no.4, November, p:172-181.
- [20] **Kuzik, M. D., Elwi, A. E., Cheng, J. J. R.**, 2003. Cyclic Flexure Tests of Masonry Walls Reinforced with Glass Fiber Reinforced Polymer Sheets. *Journal of Composites For Construction*, vol. 7, no.1, February, p:20-30.
- [21] **Hamoush, S. A., McGinley, M. W., Mlakar, P., Scott, D., Murray, K.**, 2001. Out-of-Plane Strengthening of Masonry Walls With Reinforced Composites. *Journal of Composites for Construction*, vol. 5, no. 3, August, p:139-145.
- [22] **Triantafillou, T.C.**, 1998. Strengthening of Masonry Structures Using Epoxy-Bonded FRP Laminates. *Journal of Composites for Construction*, vol. 2, no. 2, May, p:96-104.
- [23] **Krevaikas, T. D., Triantafillou, T. C.**, 2005. Masonry Confinement with Fiber-Reinforced Polymers. *Journal of Composites for Construction*, vol. 9, no. 2, April, p:128-135.
- [24] **Hamilton, H.R., Dolan, C. W.**, 2001. Flexural Capacity of Glass FRP Strengthened Concrete Masonry Walls. *Journal of Composites for Construction*, vol. 5, no. 3, August, p:170-178.

- [25] **Mertol, A., Mertol, H.C.**, 2002. Deprem Mühendisliği, Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı.

EKLER

Tablo A.1: Tuğla Duvar Numuneleri Kırılma Yüğü - Gerilme - Deplasman Değerleri

Numune No	YALIN TUĞLA DUVAR			TAKVİYELİ TUĞLA DUVAR			% DEĞİŞİM		
	Kırılma Yüğü (KN)	σ Gerilme (KN/cm ²)	Dep. (cmx10 ⁻³)	Kırılma Yüğü (KN)	σ Gerilme (KN/cm ²)	Dep. (cmx10 ⁻³)	Taşıma Gücü Değişimi (%)	σ Gerilme Değişimi (%)	Dep. Değişimi (%)
HTKYB1	14,0	0,5	25,0	72,0	1,8	14,5	414	256	-42
HTKYB2	19,0	0,7	21,0	82,0	2,1	11,0	332	199	-48
HTKYB3	18,0	0,7	26,0	42,0	1,1	9,0	133	62	-65
HTKYB	17,0	0,6	24,0	65,3	1,7	11,5	293	172	-52
HÇKYB11	18,0	0,7	29,0	70,0	1,4	5,5	289	106	-81
HÇKYB12	20,0	0,7	10,0	80,0	1,6	8,0	300	112	-20
HÇKYB13	28,0	1,0	45,0	110,0	2,2	8,0	293	108	-82
HÇKYB	22,0	0,8	28,0	86,7	1,7	7,2	294	109	-61
TKYB4				40,0	1,0	12,5			
TKYB20				36,0	0,9	8,0			
TKYB21				53,0	1,4	9,5			
TKYB				43,0	1,1	10,0			
ÇKYB22				60,0	1,2	9,0			
ÇKYB23				70,0	1,4	11,0			
ÇKYB24				53,0	1,0	5,0			
ÇKYB				61,0	1,2	8,3			

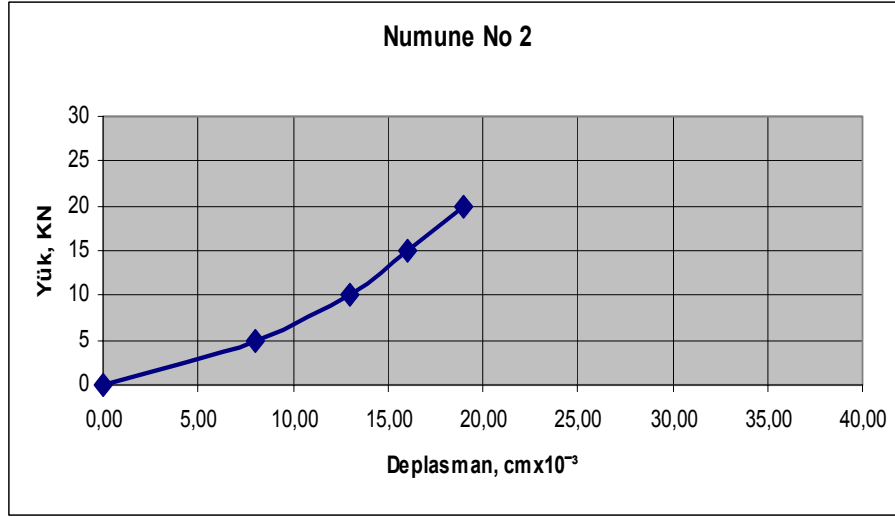
Tablo A.1: Tuğla Duvar Numuneleri Kırılma Yüğü - Gerilme - Deplasman Değerleri

Numune No	YALIN TUĞLA DUVAR			TAKVİYELİ TUĞLA DUVAR			% DEĞİŞİM		
	Kırılma Yüğü (KN)	σ Gerilme (KN/cm ²)	Dep. (cmx10 ⁻³)	Kırılma Yüğü (KN)	σ Gerilme (KN/cm ²)	Dep. (cmx10 ⁻³)	Taşıma Gücü Değişimi (%)	σ Gerilme Değişimi (%)	Dep. Değişimi (%)
HTKYBΦ8	18,0	0,7	25,5	54,0	1,4	13,0	200	108	-49
HTKYBΦ9	21,0	0,8	36,0	43,0	1,1	14,0	105	42	-61
HTKYBΦ10	27,0	1,0	35,0	51,0	1,3	15,0	89	31	-57
HTKYBΦ	22,0	0,8	32,2	49,3	1,3	14,0	131,2	60,1	-55,8
HÇKYBΦ5	21,0	0,8	12,0	80,0	1,6	5,5	381	102	-54
HÇKYBΦ6	20,0	0,7	8,0	100,0	2,0	15,0	400	165	88
HÇKYBΦ7	17,0	0,6	27,0	60,0	1,2	12,5	353	87	-54
HÇKYBΦ	19,3	0,7	15,7	80,0	1,6	11,0	378,0	117,7	-6,8
TKYBΦ25				64,0	1,6	23,5			
TKYBΦ29				40,0	1,0	13,0			
TKYBΦ30				59,0	1,5	11,0			
TKYBΦ				54,3	1,4	15,8			
ÇKYBΦ26				150,0	2,9	24,0			
ÇKYBΦ27				130,0	2,5	24,5			
ÇKYBΦ28				150,0	2,9	25,0			
ÇKYBΦ				143,3	2,8	24,5			

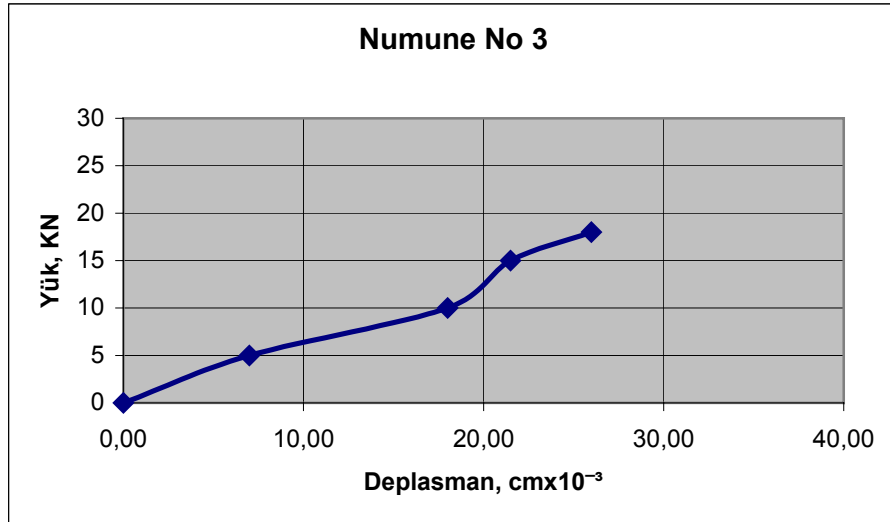
Tablo A.1: Tuğla Duvar Numuneleri Kırılma Yüğü - Gerilme - Deplasman Değerleri

Numune No	YALIN TUĞLA DUVAR			TAKVİYELİ TUĞLA DUVAR			% DEĞİŞİM		
	Kırılma Yüğü (KN)	σ Gerilme (KN/cm ²)	Dep. (cmx10 ⁻³)	Kırılma Yüğü (KN)	σ Gerilme (KN/cm ²)	Dep. (cmx10 ⁻³)	Taşıma Gücü Değişimi (%)	σ Gerilme Değişimi (%)	Dep. Değişimi (%)
HTKYB+PP14	19,0	0,7	22,0	42,0	1,1	15,0	121	53	-32
HTKYB+PP15	17,0	0,6	34,0	57,0	1,5	20,0	235	132	-41
HTKYB+PP16	16,0	0,6	52,0	52,0	1,3	15,5	225	125	-70
HTKYB+PP	17,3	0,6	36,0	50,3	1,3	16,8	193,8	103,4	-47,7
HÇKYB+PP17	22,0	0,8	10,0	70,0	1,4	6,5	218	68	-35
HÇKYB+PP18	24,0	0,9	37,0	130,0	2,5	24,0	442	187	-35
HÇKYB+PP19	27,0	1,0	35,0	80,0	1,6	10,0	196	57	-71
HÇKYB+PP	24,3	0,9	27,3	93,3	1,8	13,5	285,4	104,0	-47,2
HTSBΦ31	15,0	0,6	4,0	41,0	1,1	11,0	173	89	175
HTSBΦ32	14,0	0,5	31,0	22,0	0,6	12,0	57	9	-61
HTSBΦ33	17,0	0,6	5,0	53,0	1,4	22,0	212	116	340
HTSBΦ	15,3	0,6	13,3	38,7	1,0	15,0	147,4	71,3	151,2
HÇSBΦ34	17,0	0,6	10,5	70,0	1,4	10,0	312	118	-5
HÇSBΦ35	16,0	0,6	18,5	90,0	1,8	9,0	463	198	-51
HÇSBΦ36	15,0	0,6	14,0	90,0	1,8	14,0	500	218	0
HÇSBΦ	16,0	0,6	14,3	83,3	1,6	11,0	424,8	177,8	-18,7
TSBΦ40				39,0	1,0	10,0			
TSBΦ41				39,0	1,0	9,0			
TSBΦ42				26,0	0,7	11,0			
TSBΦ				34,7	0,9	10,0			
ÇSBΦ37				80,0	1,6	8,0			
ÇSBΦ38				80,0	1,6	7,0			
ÇSBΦ39				70,0	1,4	6,0			
ÇSBΦ				76,7	1,5	7,0			

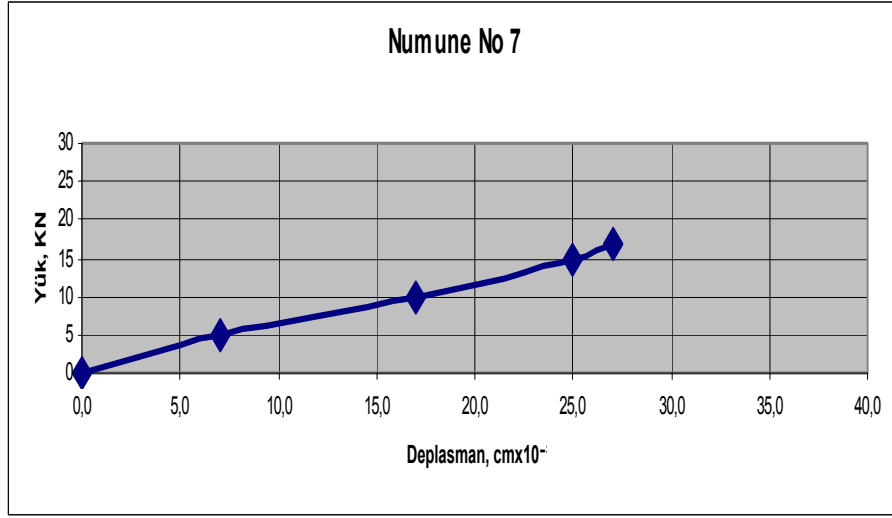
EK A



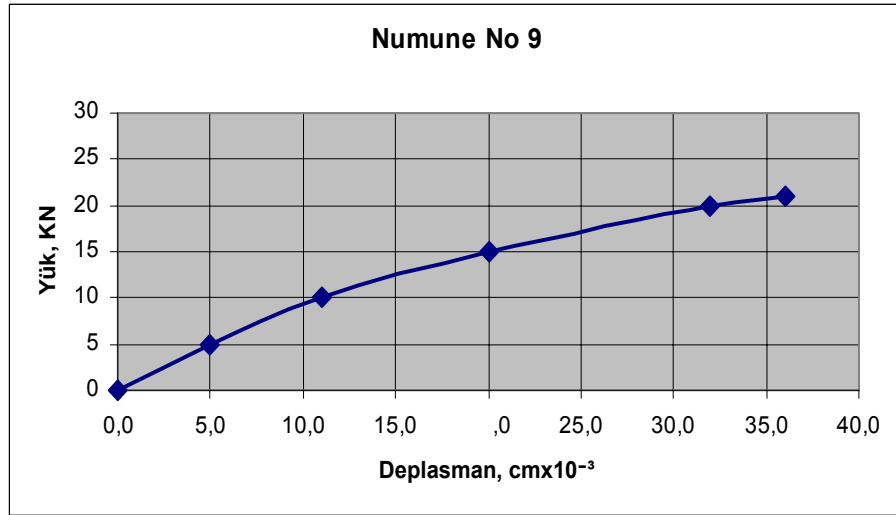
Şekil A.1: 2 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



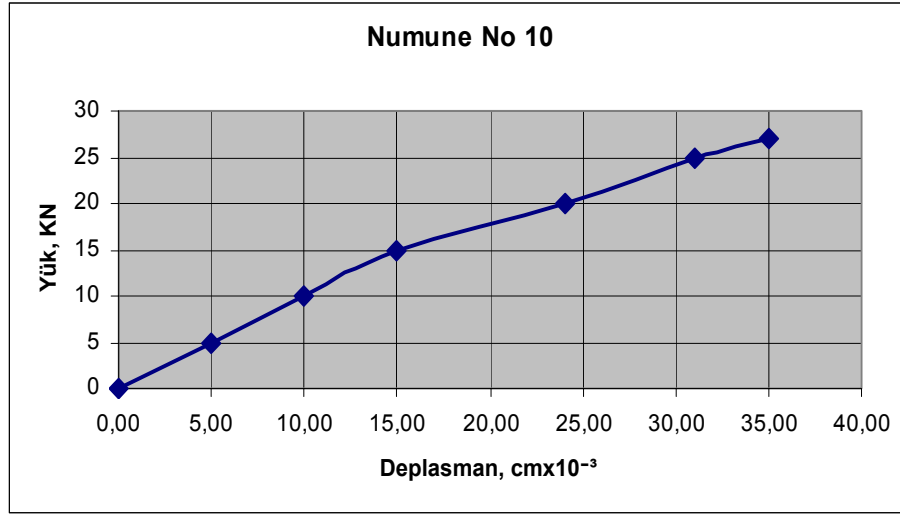
Şekil A.2: 3 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



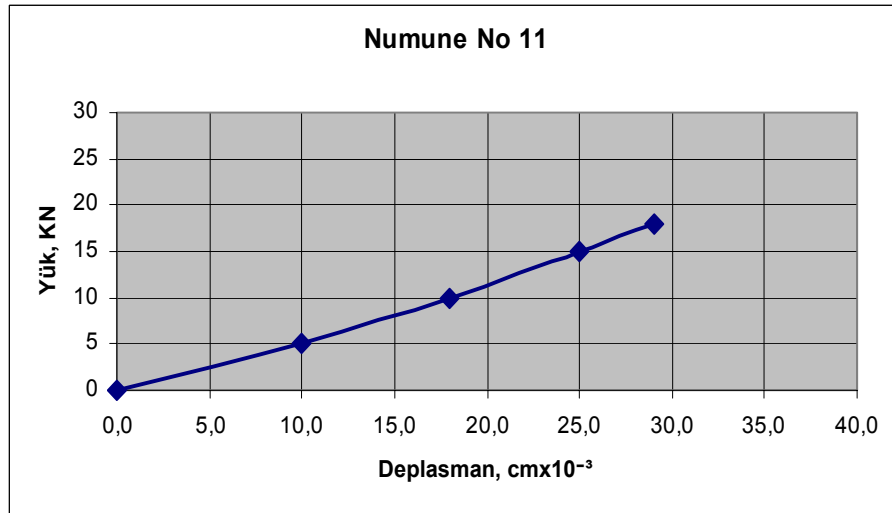
Şekil A.3: 7 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



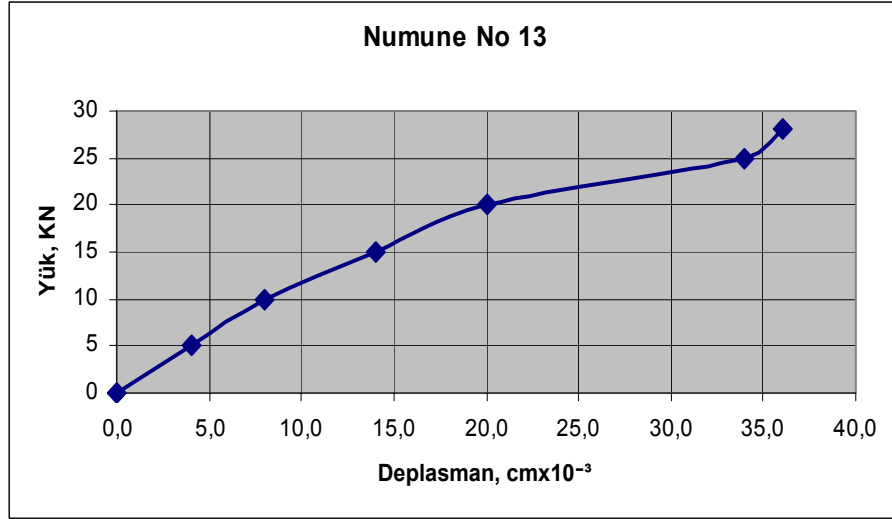
Şekil A.4: 9 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



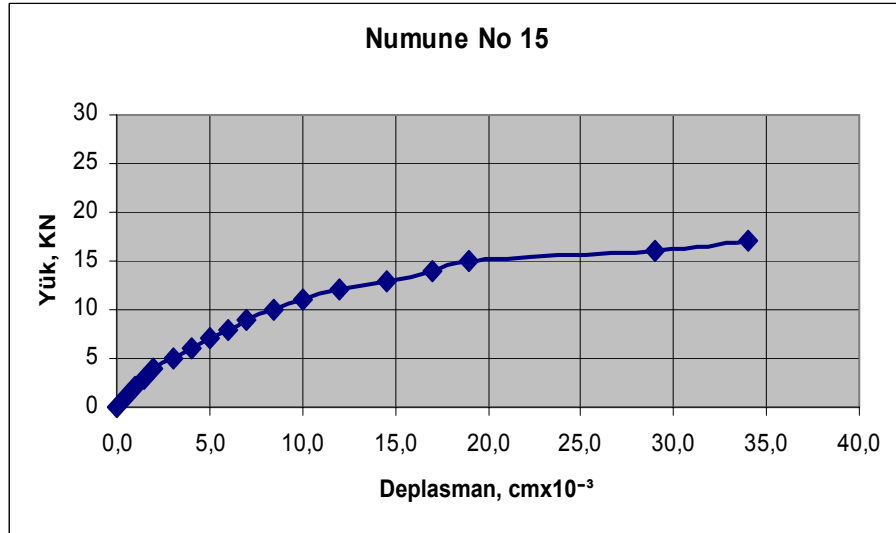
Şekil A.5: 10 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



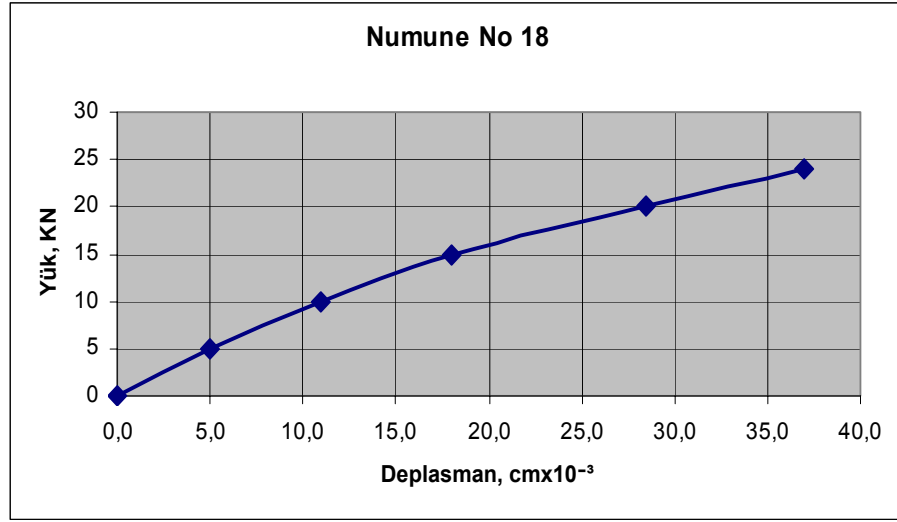
Şekil A.6: 11 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



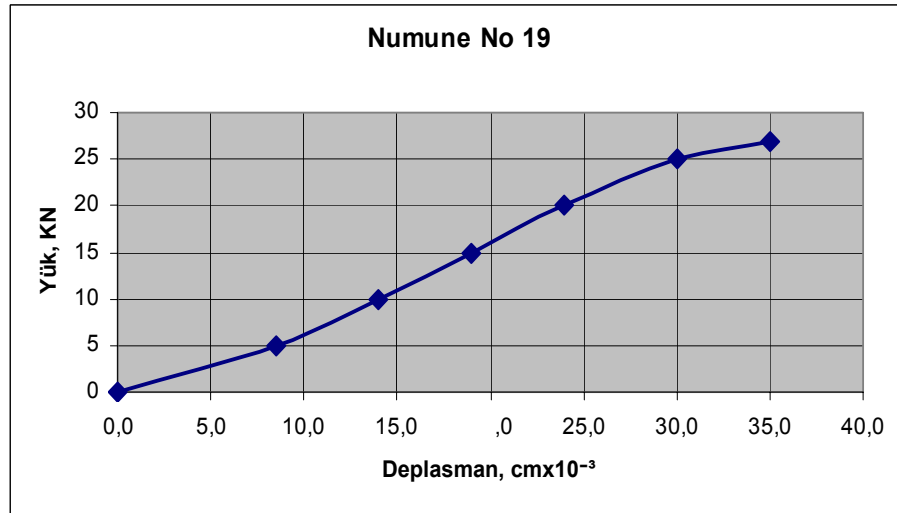
Şekil A.7: 13 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



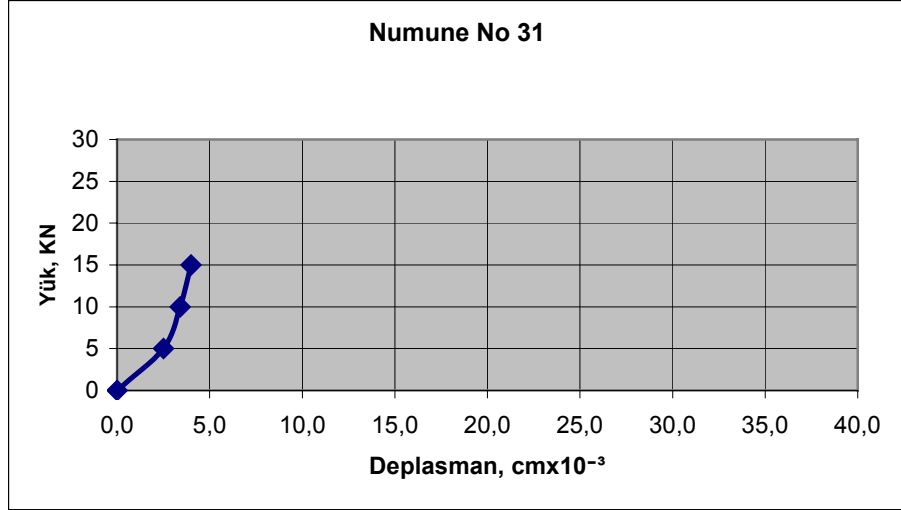
Şekil A.8: 15 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



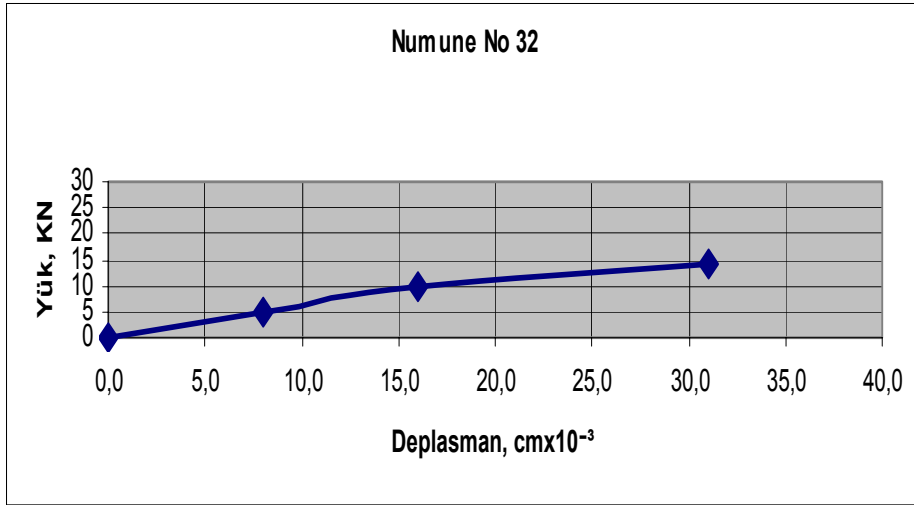
Şekil A.9: 18 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



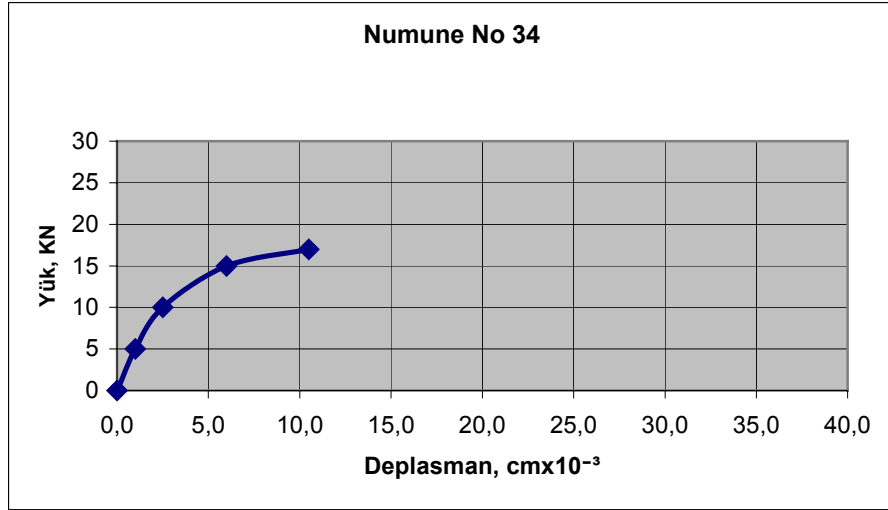
Şekil A.10: 19 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



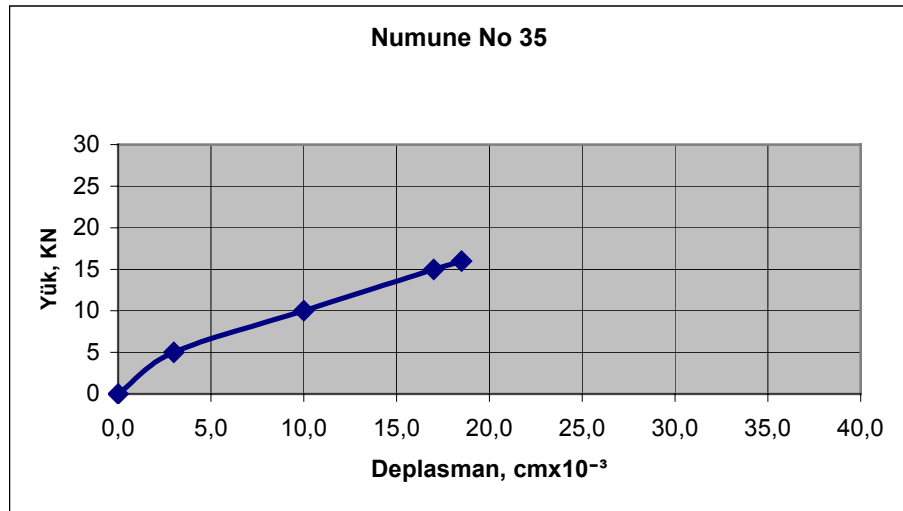
Şekil A.11: 31 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



Şekil A.12: 32 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi

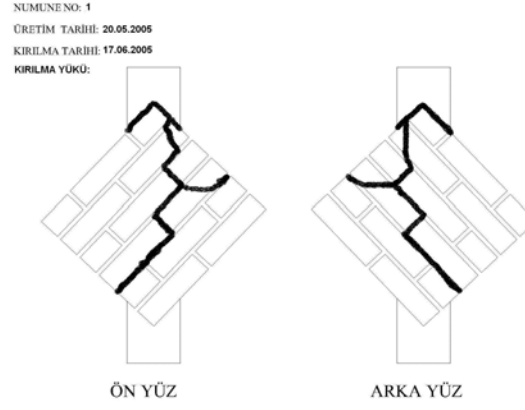


Şekil A.13: 34 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi

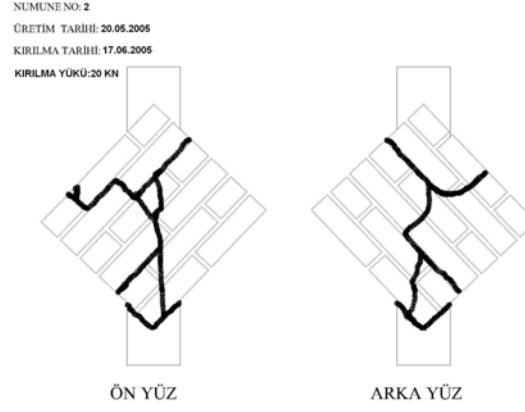


Şekil A.14: 35 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi

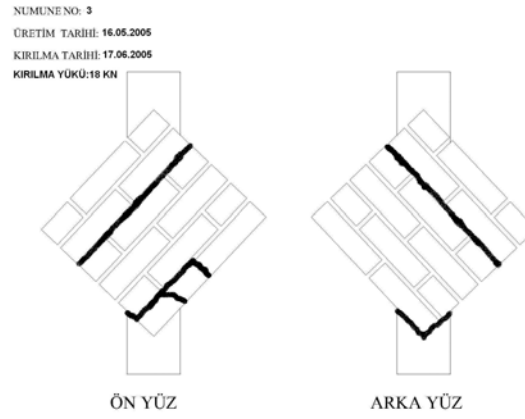
EK B



Şekil B.1: 1 No' lu Numune Kırılma Şekli

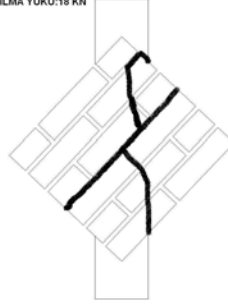


Şekil B.2: 2 No' lu Numune Kırılma Şekli

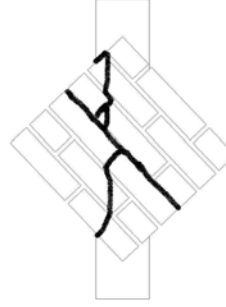


Şekil B.3: 3 No' lu Numune Kırılma Şekli

NUMUNE NO: 11
ÜRETİM TARİHİ: 23.05.2005
KIRILMA TARİHİ: 24.06.2005
KIRILMA YÜKÜ: 18 KN



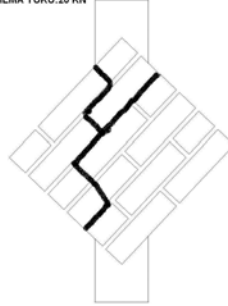
ÖN YÜZ



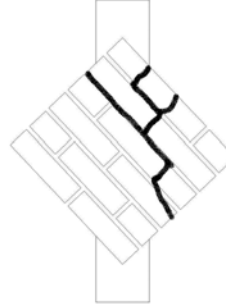
ARKA YÜZ

Şekil B.4: 11 No' lu Numune Kırılma Şekli

NUMUNE NO: 12
ÜRETİM TARİHİ: 23.05.2005
KIRILMA TARİHİ: 24.06.2005
KIRILMA YÜKÜ: 20 KN



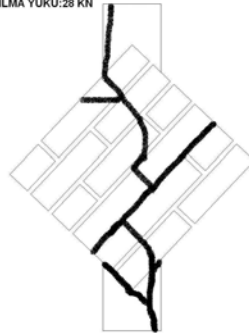
ÖN YÜZ



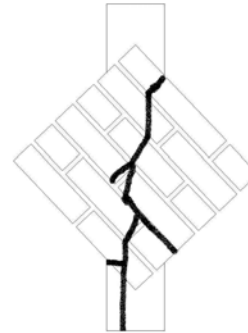
ARKA YÜZ

Şekil B.5: 12 No' lu Numune Kırılma Şekli

NUMUNE NO: 13
ÜRETİM TARİHİ: 20.05.2005
KIRILMA TARİHİ: 24.06.2005
KIRILMA YÜKÜ: 28 KN



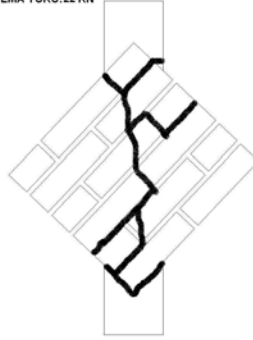
ÖN YÜZ



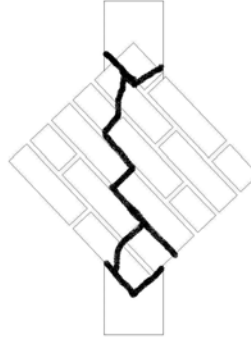
ARKA YÜZ

Şekil B.6: 13 No' lu Numune Kırılma Şekli

NUMUNE NO: 17
ÜRETİM TARİHİ: 23.05.2006
KIRILMA TARİHİ: 24.06.2005
KIRILMA YÜKÜ: 22 KN



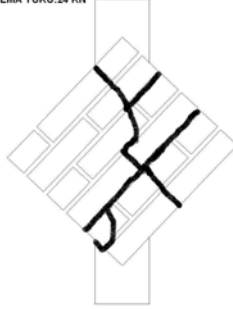
ÖN YÜZ



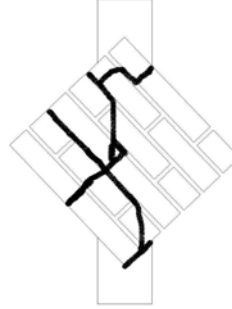
ARKA YÜZ

Şekil B.7: 17 No' lu Numune Kırılma Şekli

NUMUNE NO: 18
ÜRETİM TARİHİ: 23.05.2005
KIRILMA TARİHİ: 27.06.2005
KIRILMA YÜKÜ: 24 KN



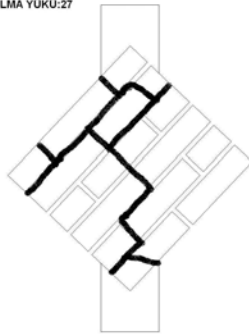
ÖN YÜZ



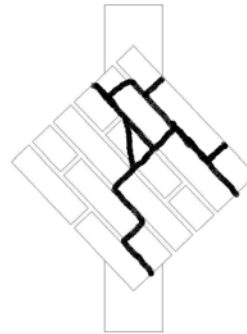
ARKA YÜZ

Şekil B.8: 18 No' lu Numune Kırılma Şekli

NUMUNE NO: 19
ÜRETİM TARİHİ: 23.05.2005
KIRILMA TARİHİ: 27.06.2005
KIRILMA YÜKÜ: 27



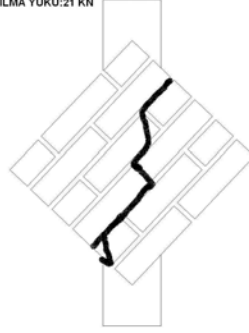
ÖN YÜZ



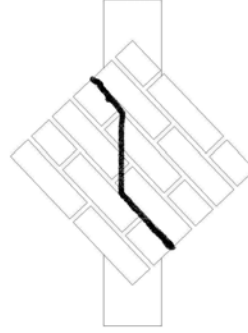
ARKA YÜZ

Şekil B.9: 19 No' lu Numune Kırılma Şekli

NUMUNE NO: 5
ÜRETİM TARİHİ: 16.05.2005
KIRILMA TARİHİ: 17.06.2005
KIRILMA YÜKÜ: 21 KN



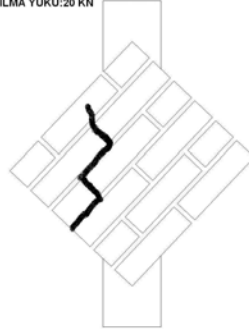
ÖN YÜZ



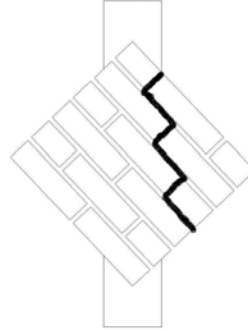
ARKA YÜZ

Şekil B.10: 5 No' lu Numune Kırılma Şekli

NUMUNE NO: 6
ÜRETİM TARİHİ: 16.05.2005
KIRILMA TARİHİ: 21.06.2005
KIRILMA YÜKÜ: 20 KN



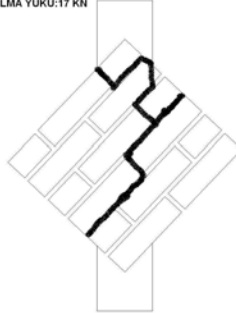
ÖN YÜZ



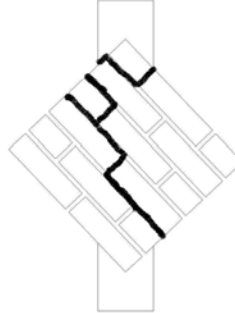
ARKA YÜZ

Şekil B.11: 6 No' lu Numune Kırılma Şekli

NUMUNE NO: 7
ÜRETİM TARİHİ: 16.05.2005
KIRILMA TARİHİ: 21.06.2005
KIRILMA YÜKÜ: 17 KN



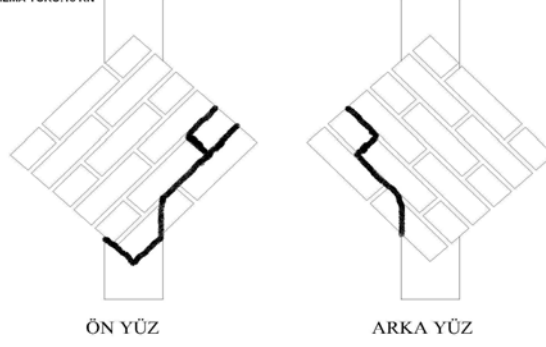
ÖN YÜZ



ARKA YÜZ

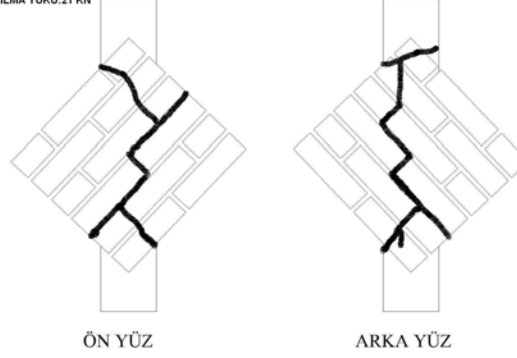
Şekil B.12: 7 No' lu Numune Kırılma Şekli

NUMUNE NO: 8
ÜRETİM TARİHİ: 20.05.2005
KIRILMA TARİHİ: 21.06.2005
KIRILMA YÜKÜ:18 KN



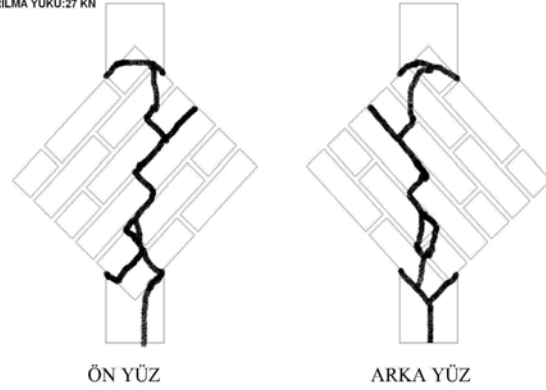
Şekil B.13: 8 No' lu Numune Kırılma Şekli

NUMUNE NO: 9
ÜRETİM TARİHİ: 20.05.2005
KIRILMA TARİHİ: 21.06.2005
KIRILMA YÜKÜ:21 KN



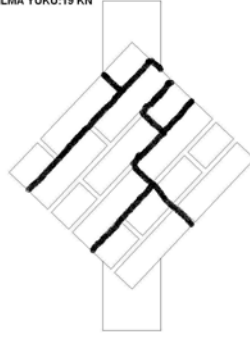
Şekil B.14: 9 No' lu Numune Kırılma Şekli

NUMUNE NO: 10
ÜRETİM TARİHİ: 20.05.2005
KIRILMA TARİHİ: 21.06.2005
KIRILMA YÜKÜ:27 KN

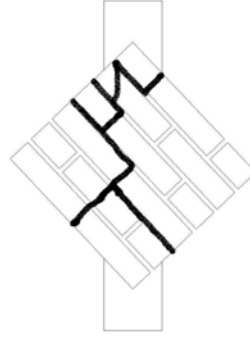


Şekil B.15: 10 No' lu Numune Kırılma Şekli

NUMUNE NO:14
ÜRETİM TARİHİ: 20.05.2005
KIRILMA TARİHİ: 24.06.2005
KIRILMA YÜKÜ:19 KN



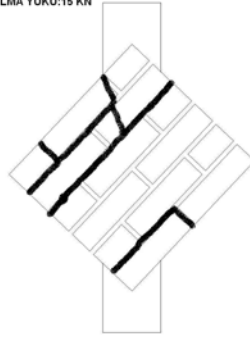
ÖN YÜZ



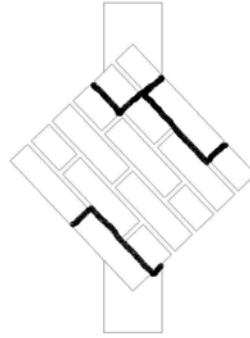
ARKA YÜZ

Şekil B.16: 14 No' lu Numune Kırılma Şekli

NUMUNE NO: 15
ÜRETİM TARİHİ: 23.05.2005
KIRILMA TARİHİ: 24.06.2005
KIRILMA YÜKÜ:15 KN



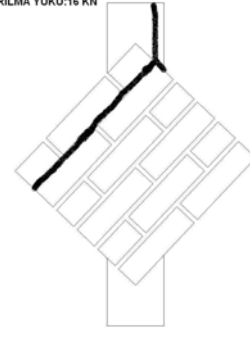
ÖN YÜZ



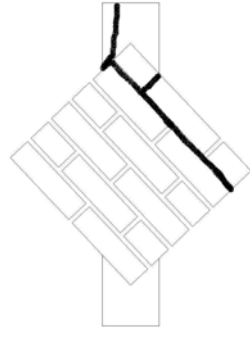
ARKA YÜZ

Şekil B.17: 15 No' lu Numune Kırılma Şekli

NUMUNE NO: 16
ÜRETİM TARİHİ: 20.05.2005
KIRILMA TARİHİ: 24.06.2005
KIRILMA YÜKÜ:16 KN



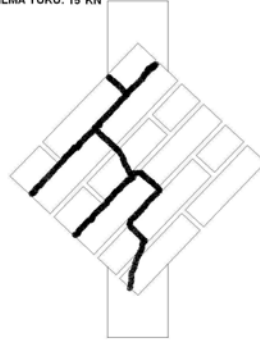
ÖN YÜZ



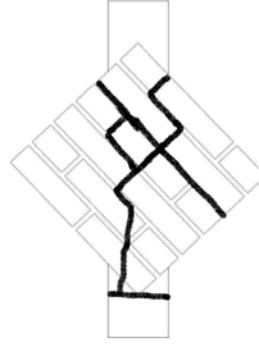
ARKA YÜZ

Şekil B.18: 16 No' lu Numune Kırılma Şekli

NUMUNENO: 31
ÜRETİM TARİHİ: 26.07.2005
KIRILMA TARİHİ: 26.08.2005
KIRILMA YÜKÜ: 15 KN



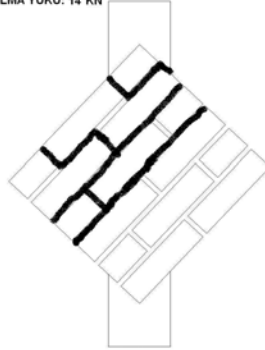
ÖN YÜZ



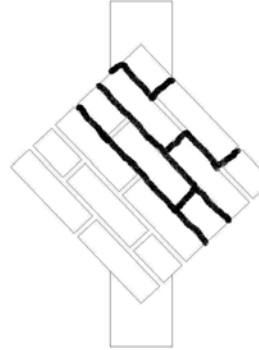
ARKA YÜZ

Şekil B.19: 31 No' lu Numune Kırılma Şekli

NUMUNENO: 32
ÜRETİM TARİHİ: 26.07.2005
KIRILMA TARİHİ: 26.08.2005
KIRILMA YÜKÜ: 14 KN



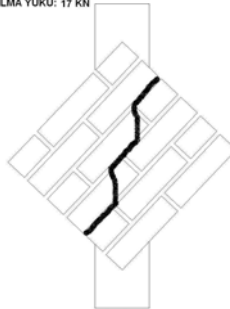
ÖN YÜZ



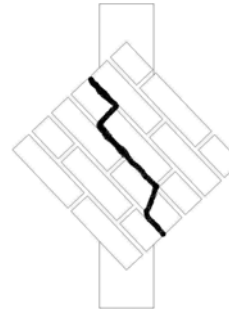
ARKA YÜZ

Şekil B.20: 32 No' lu Numune Kırılma Şekli

NUMUNENO: 33
ÜRETİM TARİHİ: 26.07.2005
KIRILMA TARİHİ: 26.08.2005
KIRILMA YÜKÜ: 17 KN



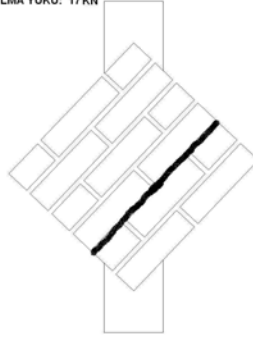
ÖN YÜZ



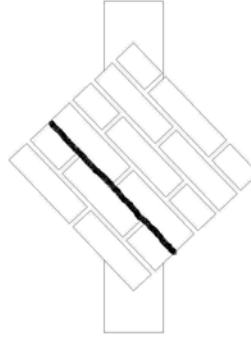
ARKA YÜZ

Şekil B.21: 33 No' lu Numune Kırılma Şekli

NUMUNE NO: 34
ÜRETİM TARİHİ: 26.07.2005
KIRILMA TARİHİ: 26.08.2005
KIRILMA YÜKÜ: 17 KN



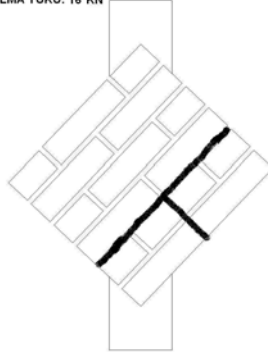
ÖN YÜZ



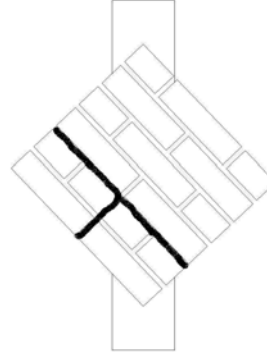
ARKA YÜZ

Şekil B.22: 34 No' lu Numune Kırılma Şekli

NUMUNE NO: 35
ÜRETİM TARİHİ: 26.07.2005
KIRILMA TARİHİ: 26.08.2005
KIRILMA YÜKÜ: 16 KN



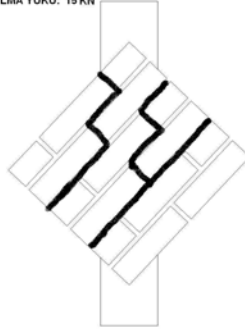
ÖN YÜZ



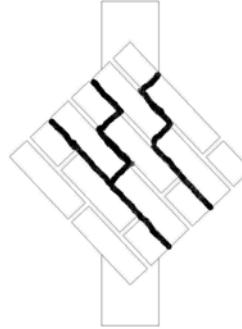
ARKA YÜZ

Şekil B.23: 35 No' lu Numune Kırılma Şekli

NUMUNE NO: 36
ÜRETİM TARİHİ: 26.07.2005
KIRILMA TARİHİ: 26.08.2005
KIRILMA YÜKÜ: 15 KN



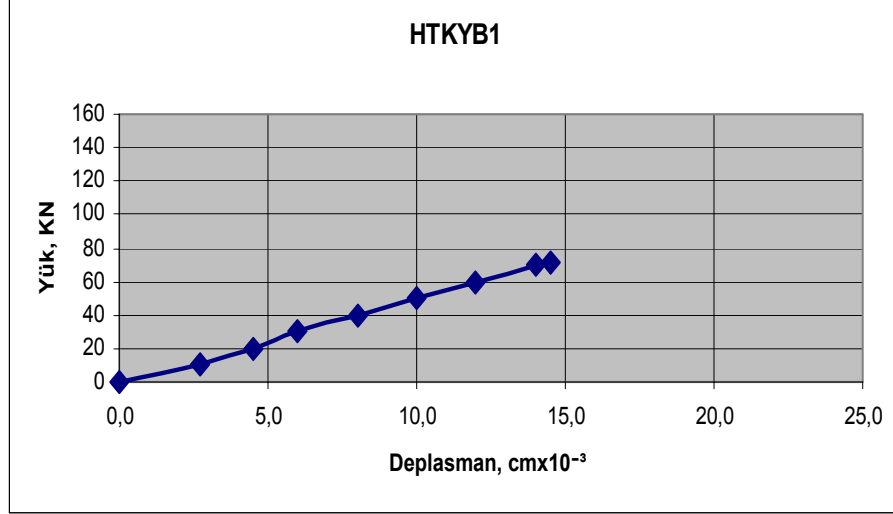
ÖN YÜZ



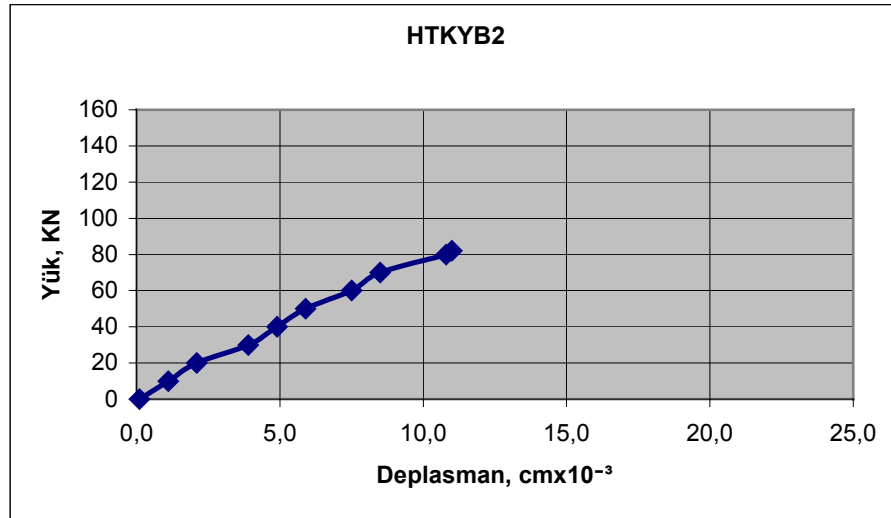
ARKA YÜZ

Şekil B.24: 36 No' lu Numune Kırılma Şekli

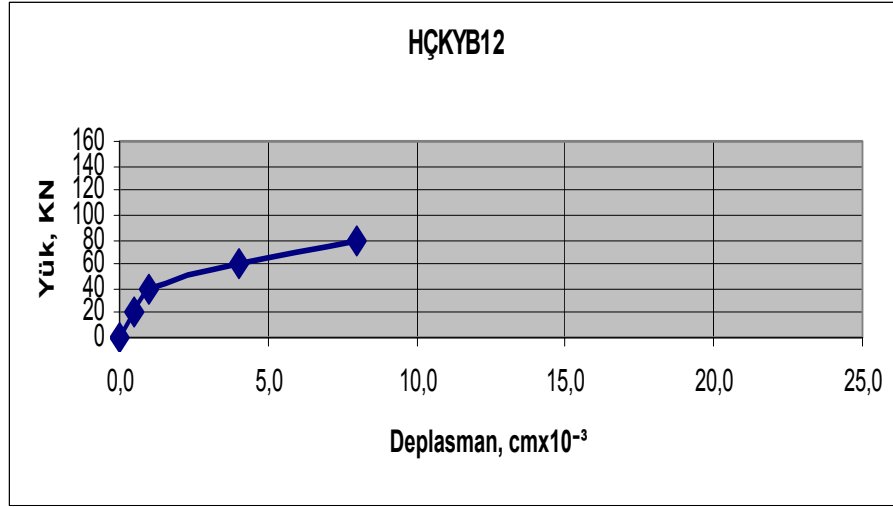
EK C



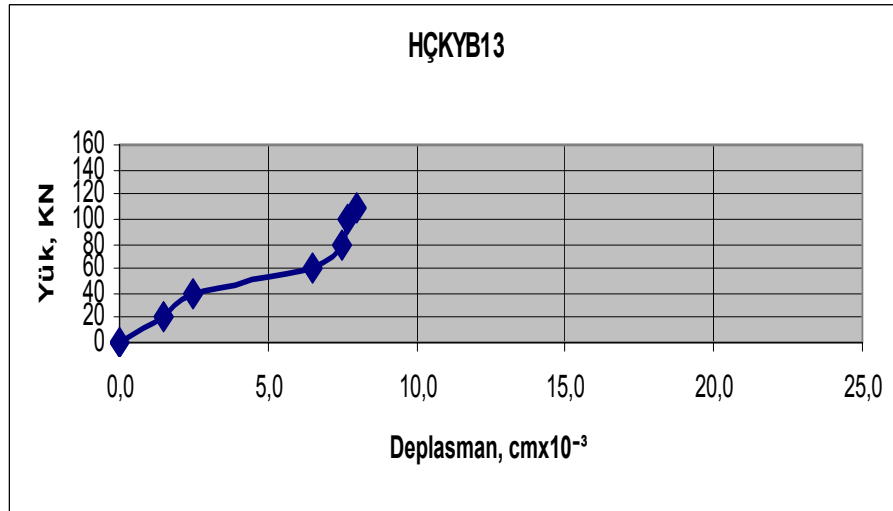
Şekil C.1: HTKYB1 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



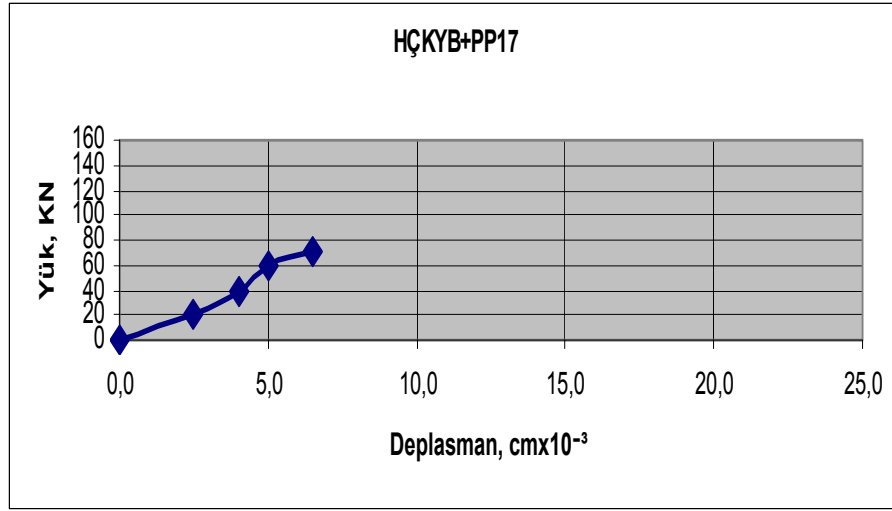
Şekil C.2: HTKYB2 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



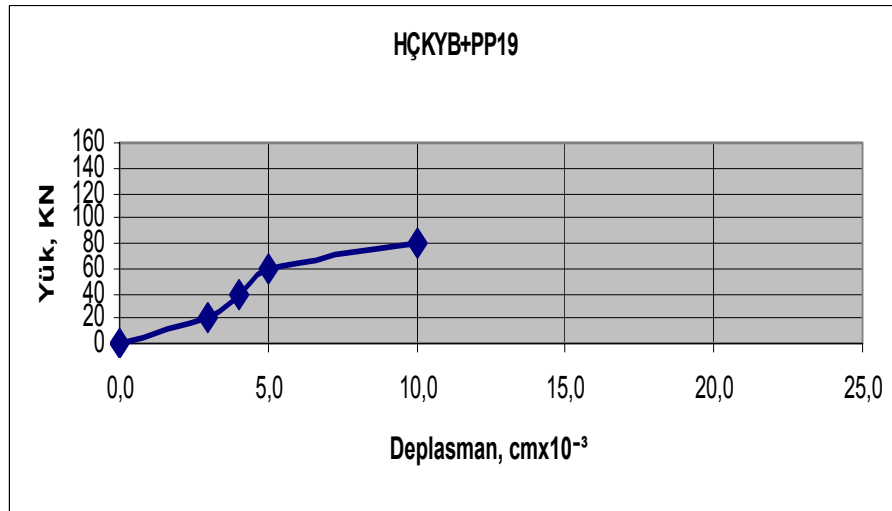
Şekil C.3: HÇKYB12 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



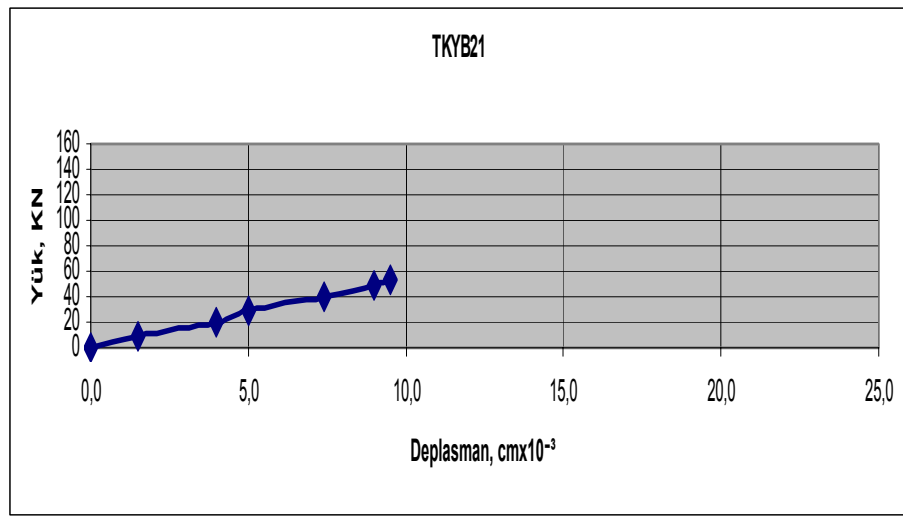
Şekil C.4: HÇKYB13 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



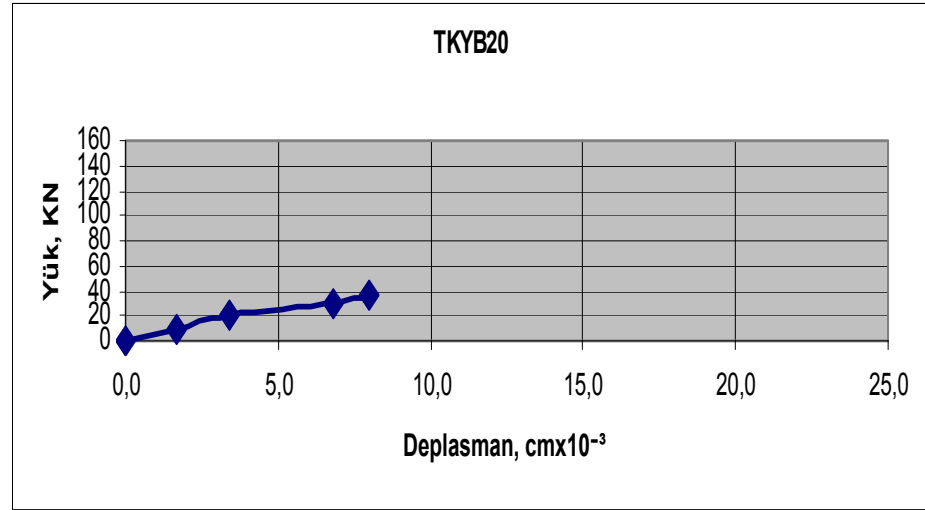
Şekil C.5: HÇKYB+PP17 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



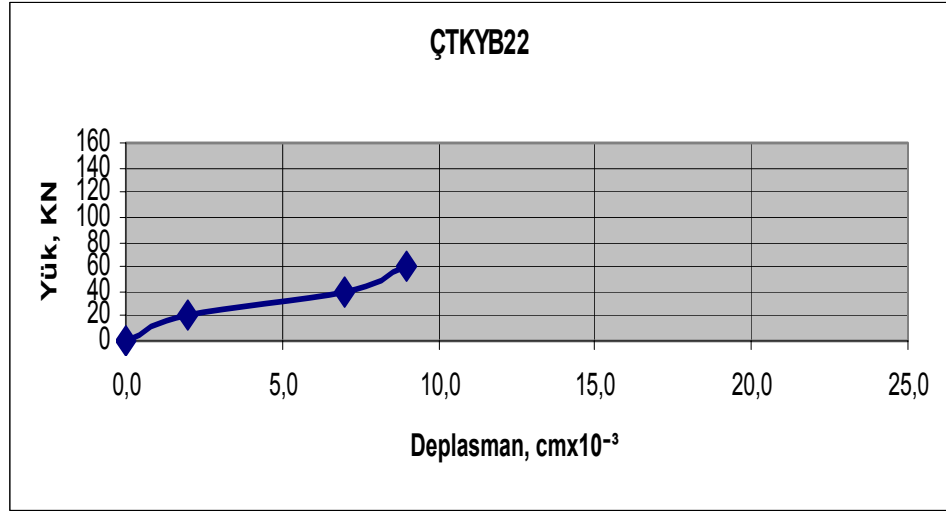
Şekil C.6: HÇKYB+PP19 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



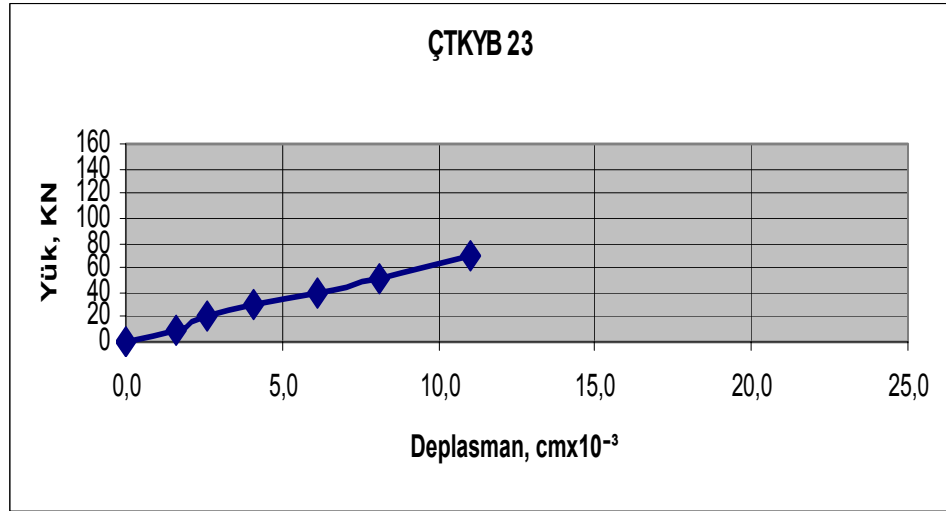
Şekil C.7: TKYB21 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



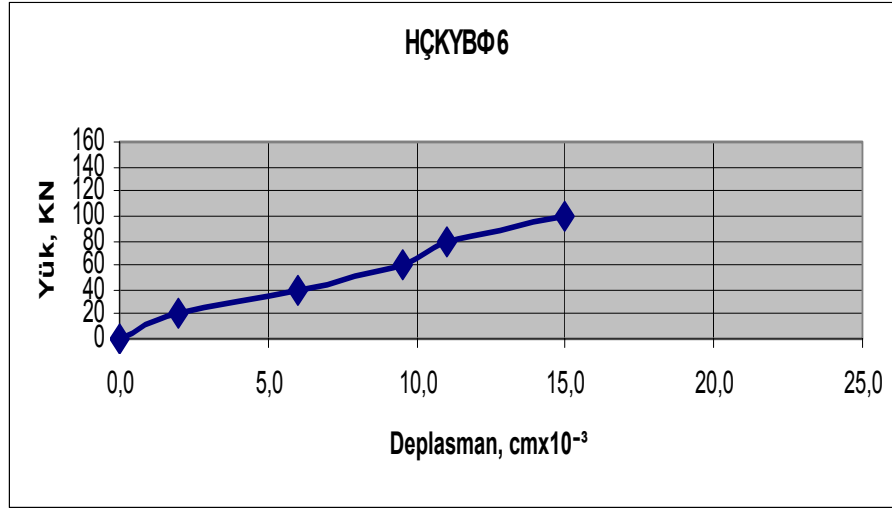
Şekil C.8: TKYB20 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



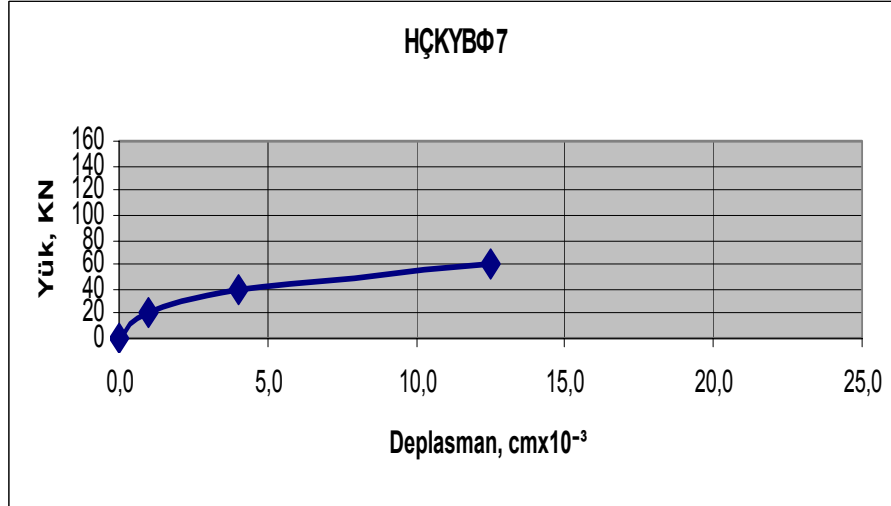
Şekil C.9: ÇKYB22 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



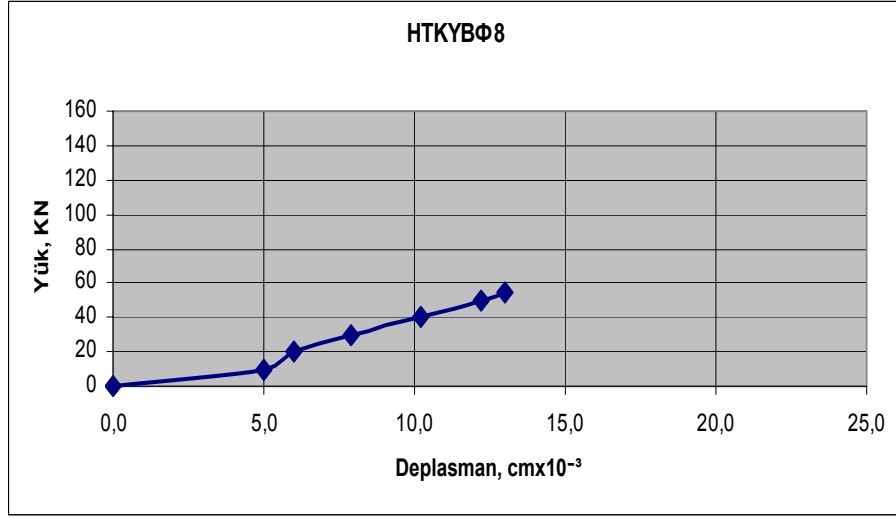
Şekil C.10: ÇKYB23 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



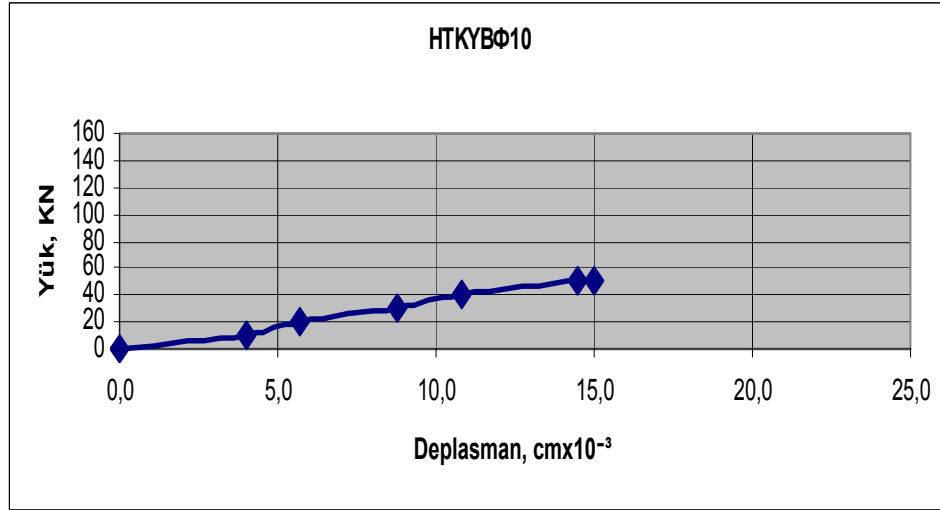
Şekil C.11: HÇKYBΦ6 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



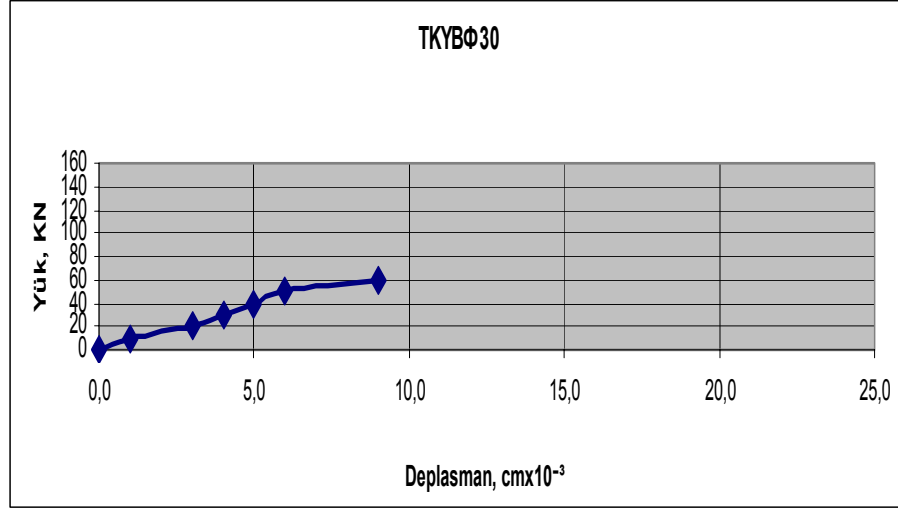
Şekil C.12: HÇKYBΦ7 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



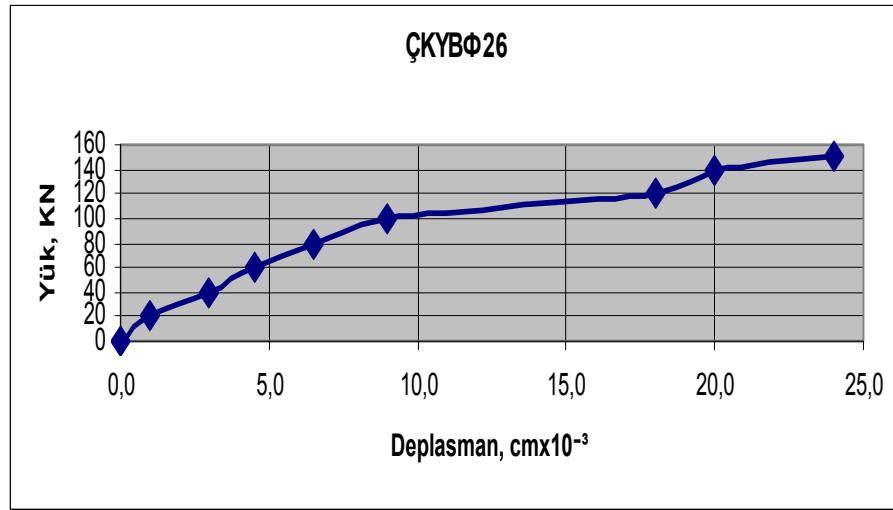
Şekil C.13: HTKYBΦ8 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



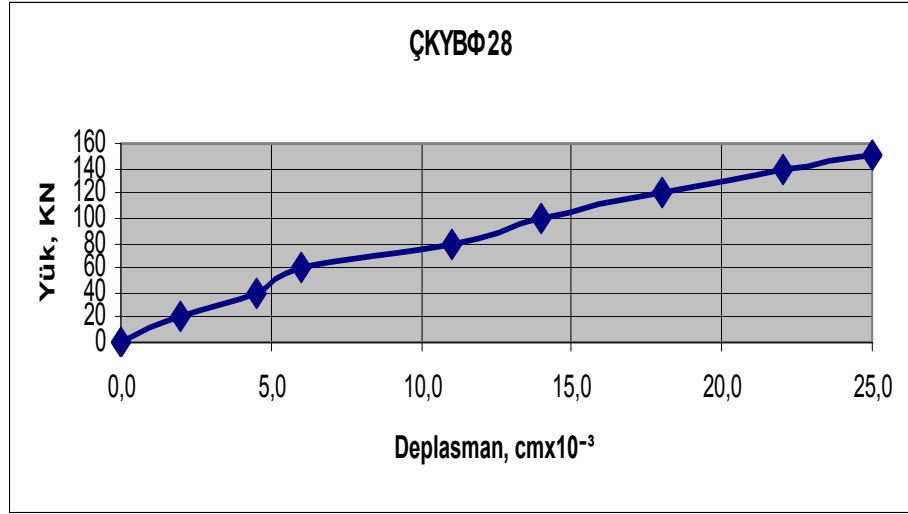
Şekil C.14. HTKYBΦ10 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



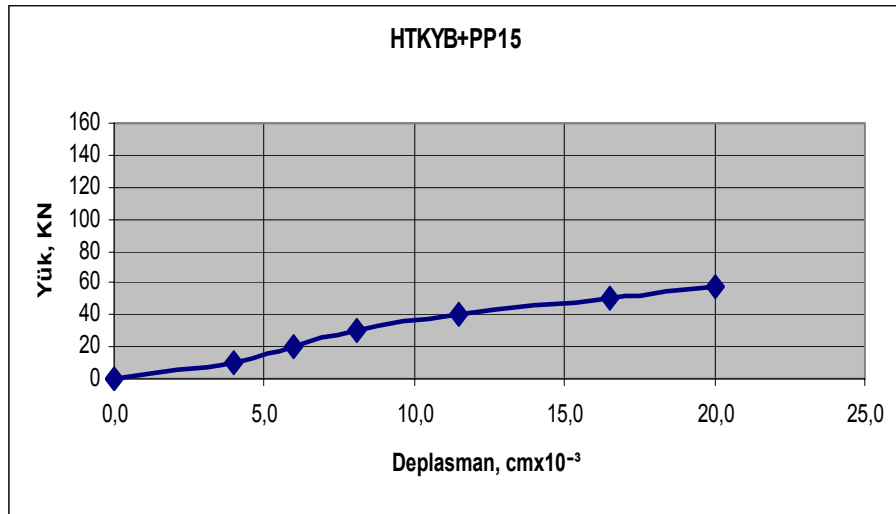
Şekil C.15: TKYBΦ30 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



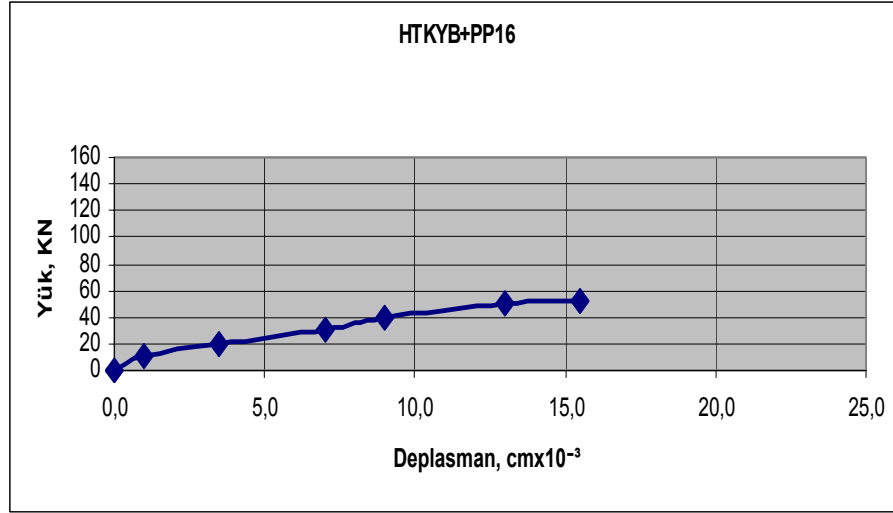
Şekil C.16: ÇKYBΦ26 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



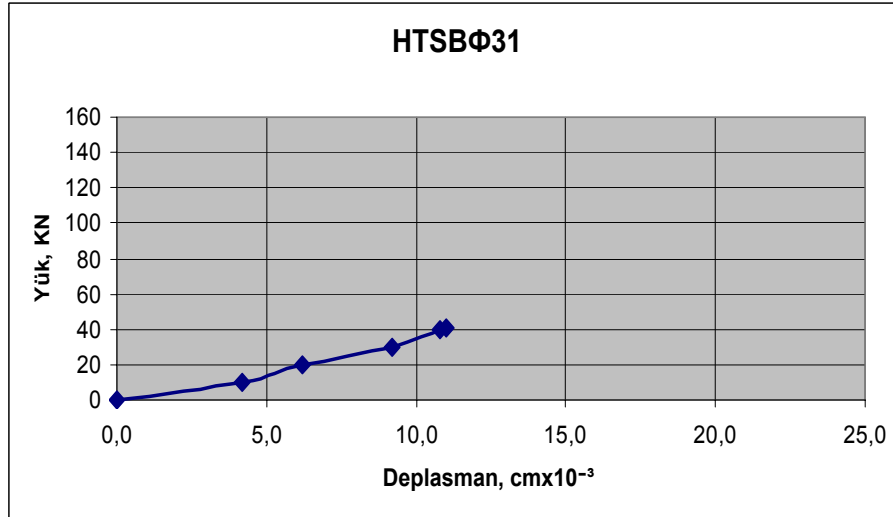
Şekil C.17: ÇKYBΦ28 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



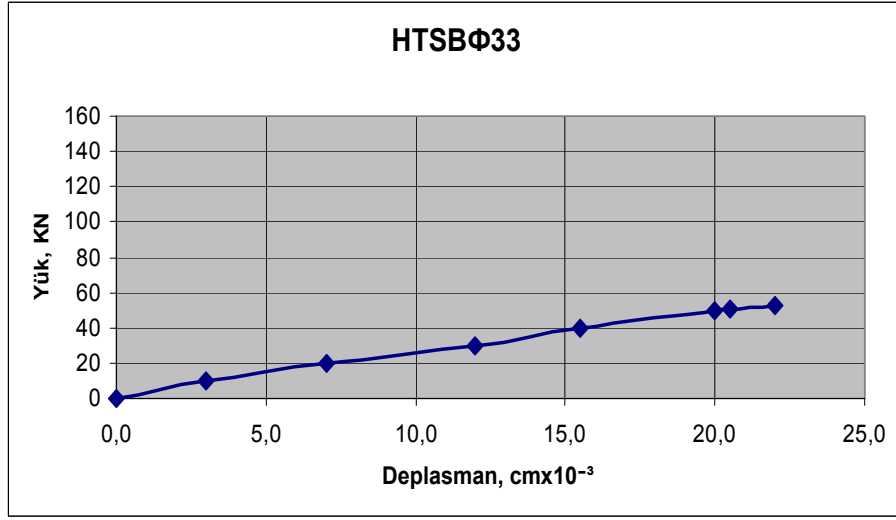
Şekil C.18: HTKYB+PP15 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



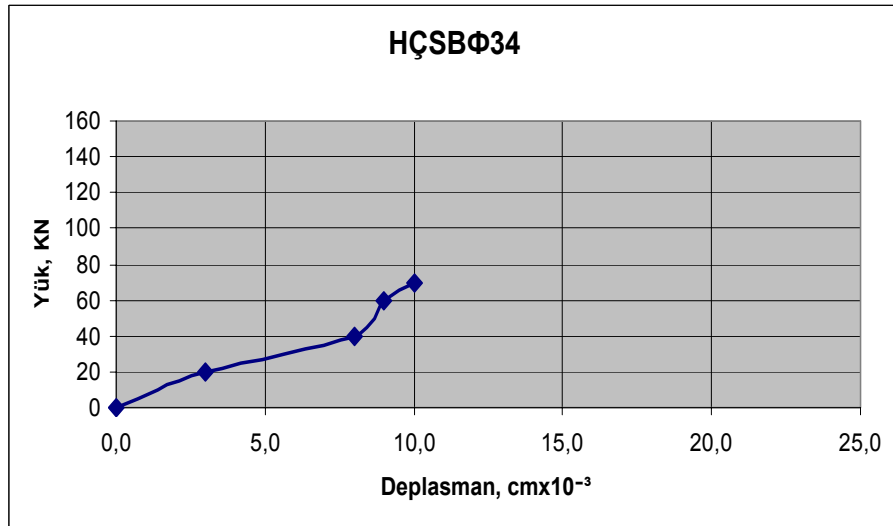
Şekil C.19: HTKYB+PP16 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



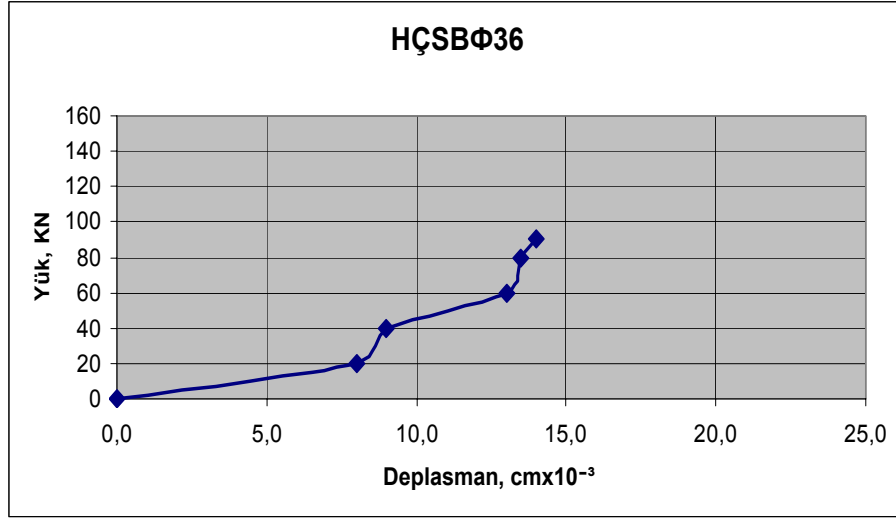
Şekil C.20: HTSBΦ31 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



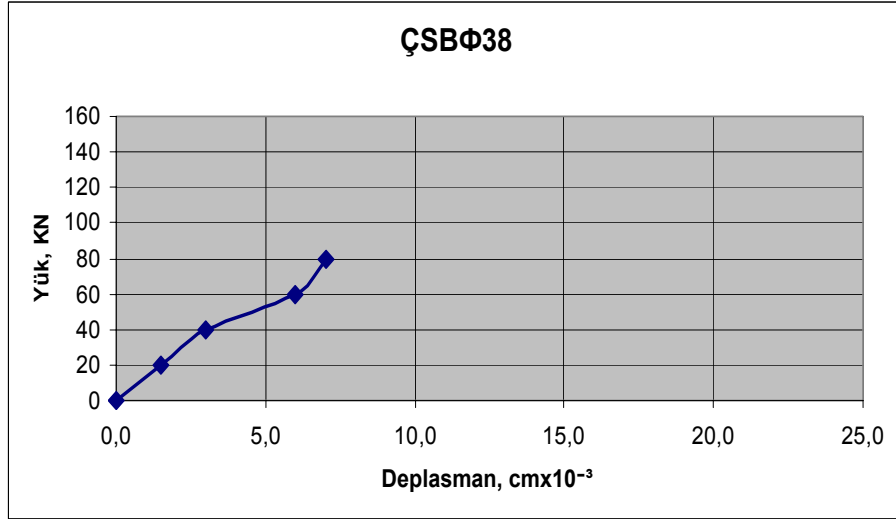
Şekil C.21: HTSBΦ33 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



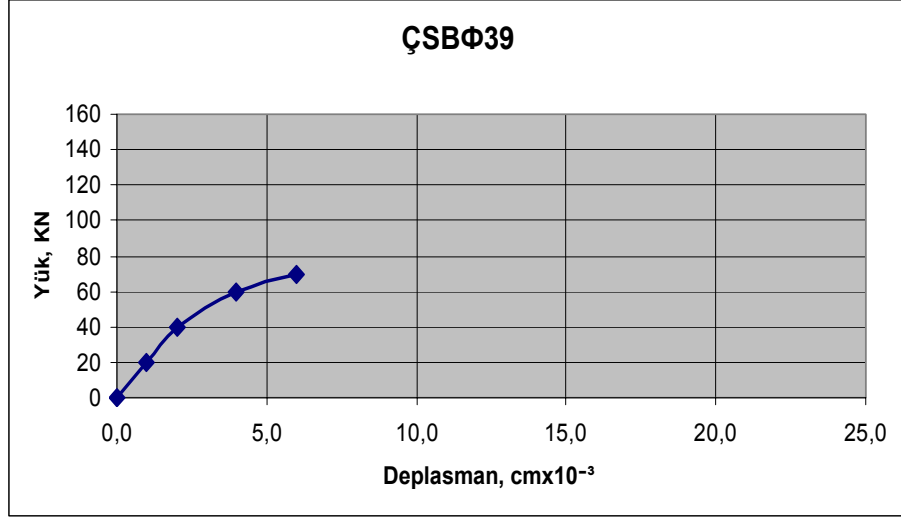
Şekil C.22: HÇSBΦ34 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



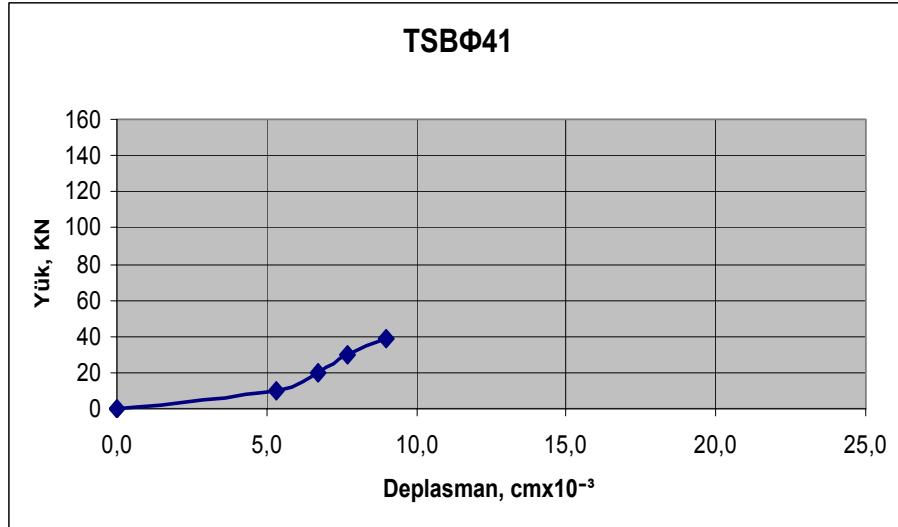
Şekil C.23. HÇSBΦ36 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



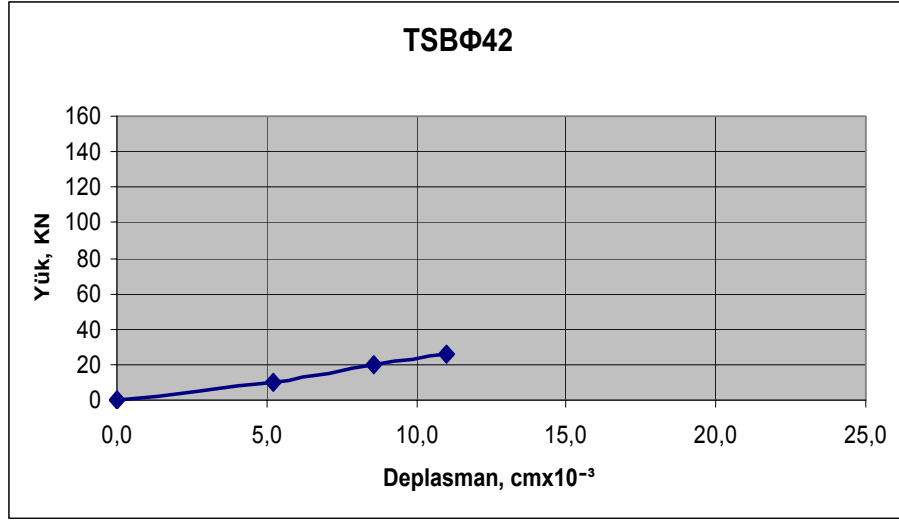
Şekil C.24: ÇSBΦ38 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



Şekil C.25: ÇSBΦ39 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



Şekil C.26: TSBΦ41 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi



Şekil C.27. TSBΦ42 No' lu Numune Yük - Deplasman Eğrisi

ÖZGEÇMİŞ

İlker EDİZ, 1975 yılında Kütahya ilinde doğdu. İlköğretimini Kütahya Azot İlkokulu, orta ve lise öğretimini Kütahya Atatürk Lisesi' nde tamamladıktan sonra 1992 yılında başladığı Yıldız Teknik Üniversitesi' nden, 1996 yılında İnşaat Mühendisi olarak mezun oldu. Sırasıyla Modem Yapı, Libra Yapı, Nuh Panel şirketlerinde çalıştı. Şu anda Lafarge Beton firmasında Özel Ürünler ve Projeler Sorumlusu olarak çalışmaktadır.