

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**CAM-POLİMER LİFLİ HİBRİT KUMAŞ İLE
GÜÇLENDİRİLMİŞ BİMS DUVAR ELEMANLARININ
PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayşenur SUBAŞI

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : YAPI

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Erkan ÇELEBİ

Mayıs 2019

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

CAM-POLİMER LİFLİ HİBRİT KUMAŞ İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ
BİMS DUVAR ELEMANLARININ PERFORMANSLARININ
İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayşenur SUBAŞI

Enstitü Anabilim Dalı

: İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 29.05/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr.
Erkan SELEBİ

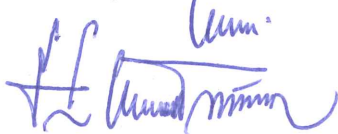
Jüri Başkanı

Prof. Dr.
Kemalettin YILMAZ

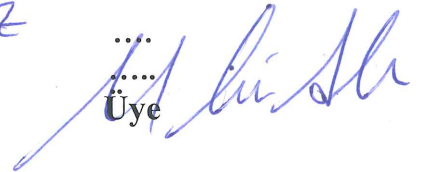
Üye

Doç. Dr. Mehmet Emin ARSAAN

Üye







BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Ayşenur SUBAŞI

01.05.2019

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sırasında yaşadığım kötü deneyimler esnasında bana son derece anlayışlı olan, bilgi ve tecrübesiyle beni doğru şekilde yönlendiren, akademik mükemmelliyetçiliği ondan öğrendiğim değerli hocam Prof. Dr. Erkan ÇELEBİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalarımın bir kısmını gerçekleştirdiğim Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi'nde, beni büyük bir misafirperverlikle ağırlayan, engin tecrübelerini benimle paylaşarak deneyler esnasında yardımcı olan Doç. Dr. Mehmet Emin ARSLAN'a çok teşekkür ederim.

Sakarya Üniversitesi'nde gerçekleşen deneylerde yardımlarıyla desten olan Arş. Gör. Kutalmış AKÇA'ya ve 2017-2018 güz dönemi Tasarım dersi öğrencilerine katkılarından ötürü teşekkürü borç bilirim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca güzel dostluğunun yanında yol göstericiliğiyle de hep yanımda olan sevgili dostum Arş. Gör. Berna İSTEGÜN'e çok teşekkür ederim.

Tüm yaşamım boyunca desteğini arkamda hissettiğim, deneylerim esnasında da benimle birlikte gerçek anlamda ter döken fedakar babam Doç. Dr. Turgut SUBAŞI'ya, sevgisiyle ve dualarıyla hep yanımda olan güzel annem Uzman Öğretmen Şirin SUBAŞI'ya, hayatımın her alanında bana lojistik destek sağlayan en iyi arkadaşım ve kardeşim Fatmanur SUBAŞI'ya sonsuz şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvi
SUMMARY	xvii

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
1.1. Yığma Yapılarla İlgili Genel Bilgiler.....	1
1.2. Yığma Yapı ve Deprem.....	5
1.3. Dünyada ve Türkiye’deki Deprem Yönetmeliklerinde Yığma Yapı	12
1.4. Yığma Yapılarda Güçlendirmenin Gerekliliği ve Kullanılan Yöntemler.....	13
1.5. Çalışmanın Kapsamı	14
1.6. Literatür Araştırması	16

BÖLÜM 2.

YIĞMA YAPILARIN ÖZELLİKLERİ.....	28
2.1. Yığma Yapının Tanımı.....	28
2.2. Kullanılan Malzemeler	28
2.2.1. Doğal taşlar	29
2.2.2. Harman tuğlası	29
2.2.3. Fabrika tuğlası	30

2.2.4. Bims	30
2.2.5. Kerpiç	31
2.2.6. Harç	32
2.3. Yığma Yapı Elemanları	33
2.3.1. Kemerler ve tonozlar	33
2.3.2. Kubbelere	34
2.3.3. Sütunlar	34
2.3.4. Duvarlar	35
2.4. Yığma Yapılarda Hasarlar	35
2.4.1. Yığma yapılarda hasar sebepleri	36
2.4.2. Yığma yapılarda hasar türleri	36
2.4.2.1. Temel oturmalarına bağlı hasarlar	37
2.4.2.2. Depreme bağlı hasarlar	38
2.4.3. Yığma yapılarda hasar düzeyleri	38
2.4.3.1. Az hasarlı yığma yapılar	39
2.4.3.2. Orta hasarlı yığma yapılar	39
2.4.3.3. Ağır hasarlı yığma yapılar	40
2.4.4. Yığma yapılar için hasar ölçüt tablosu	41
2.5. Yığma Yapılarda Onarım ve Güçlendirme Yöntemleri	42
2.5.1. Taşıyıcı yığma duvarların püskürtme beton ile güçlendirilmesi	43
2.5.2. Taşıyıcı yığma duvarların çelik elemanlarla güçlendirilmesi	44
2.5.3. Taşıyıcı yığma duvarların kendiliğinden yerleşen betonla güçlendirilmesi	46
2.5.4. Yığma dolgu duvarların prefabrike beton paneller ile güçlendirilmesi	46
2.5.5. Yığma yapılarda temellerin güçlendirilmesi	47
2.5.6. Taşıyıcı yığma duvarların fiber takviyeli polimerler (FRP) ile güçlendirilmesi	48

BÖLÜM 3.

YIĞMA BİMS BLOK ELEMANLARIN ÜÇ NOKTALI KESME

DENEYLERİ İLE KAYMA DAYANIMLARININ BELİRLENMESİ	52
3.1. Genel Bilgiler	52
3.2. Deney Programı.....	53
3.3. Deney Numunelerinin Hazırlanması	54
3.3.1. Sismik kumaşın hazırlanması.....	57
3.3.2. Güçlendirilmiş numunelerin hazırlanması	59
3.3.3. Numunelerin düzeneklere uygun hale getirilmesi.....	60
3.4. Deney Düzeneklerinin Oluşturulması	61
3.4.1. Deney I kapsamında kullanılan düzenekler	61
3.4.2. Deney II kapsamında kullanılan düzenekler	63
3.5. Deneylerin Gerçekleştirilmesi	65
3.5.1. Ön deneyler	65
3.5.2. Deney I	67
3.5.2.1. D3R00 kodlu numunelerin test edilmesi	67
3.5.2.2. D3R01 kodlu numunelerin test edilmesi	73
3.5.2.3. D3S02 kodlu numunelerin test edilmesi.....	78
3.5.2.4. D3T03 kodlu numunelerin test edilmesi.....	85
3.5.2.5. D31G03 kodlu numunelerin test edilmesi	93
3.5.2.6. D32G03 kodlu numunelerin test edilmesi	98
3.5.3. Deney II.....	104
3.5.3.1. D3R00-Y kodlu numunelerin test edilmesi	104
3.5.3.2. D3R01-Y kodlu numunelerin test edilmesi	109
3.5.3.3. D3S03-Y kodlu numunelerin test edilmesi.....	114
3.5.3.4. D3T03-Y kodlu numunelerin test edilmesi	119
3.5.3.5. D31G03-Y kodlu numunelerin test edilmesi	126
3.5.3.6. D32T03-Y kodlu numunelerin test edilmesi	132

BÖLÜM 4.

SONUÇ VE ÖNERİLER	140
-------------------------	-----

KAYNAKÇA.....	143
ÖZGEÇMİŞ	149



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A	: Tuğla duvar-harç ara yüzey alanı
CFRP	: Karbon lifli polimer tekstil malzemesi
FRP	: Lif ilaveli polimer
GFRP	: Cam lifli polimer tekstil malzemesi
F_{max}	: Maksimum kesme kuvveti
f_v	: Numune kayma gerilmesi
f_{vm}	: Ortalama kayma dayanımı
f_{vk}	: Karakteristik kayma dayanımı
LP	: Lifli polimer
TRM	: Tekstil donatılı harç
u_{mid}	: Numune orta nokta deplasmanı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Örnek yığma yapı.....	2
Şekil 1.2. Bims blok kullanımının Türkiye’deki dağılımı (2004-2005 ortalaması).....	3
Şekil 1.3. Bims blok.....	3
Şekil 1.4. Türkiye deprem tehlike haritası	4
Şekil 1.5. 1963 Üsküp depreminde hasar gören bir yığma yapı	5
Şekil 1.6. 2016 Accumoli-İtalya depreminde hasar görmüş bir yığma yapı.....	6
Şekil 1.7. 2016 Amatrice-İtalya depreminde hasar gören tarihi yığma kilise.....	6
Şekil 1.8. 2017 Kos depreminde minaresi yıkılan tarihi Defterdar İbrahim Efendi Camii	7
Şekil 1.9. 1970 Gediz depreminde hasar gören yapılar	7
Şekil 1.10. 1995 Dinar depreminde hasar gören yığma bir okul	8
Şekil 1.11. 2002 Sultandağı depreminde hasar gören yığma yapılar	9
Şekil 1.12. 2003 Bingöl depremi sonrası hasar gören yapılar.....	9
Şekil 1.13. 2005 Hakkari depreminde hasar gören bir kırsal yapı	10
Şekil 1.14. 2010 Elazığ depreminde hasar gören bazı yığma yapılar	10
Şekil 1.15. 2011 Kütahya depreminde hasar gören yığma yapı örnekleri	11
Şekil 1.16. 2011 Van depreminde hasar gören yığma yapı örnekleri	11
Şekil 1.17. Deney programı	15
Şekil 1.18. 2 nolu numunede deney sonrasında oluşan çatlaklar	16
Şekil 1.19. Güçlendirilmiş numunenin yükleme öncesi ve sonrasındaki durumu	18
Şekil 1.20. Numunenin deney sonrası hasar durumu ve çatlak genişlikleri.....	19
Şekil 1.21. Duvar numunesinin deney sırasındaki ve sonrasındaki durumu.....	20
Şekil 1.22. Çelik şeritlerle duvar güçlendirme.....	21
Şekil 1.23. Test düzeneği ve deney sonrasındaki çatlak durumları	22

Şekil 1.24. Düzlem içi davranışı incelenen çerçevenin deney sırasındaki görünümü	25
Şekil 1.25. Deney düzeneği.....	26
Şekil 1.26. Lifli polimer uygulaması ve deney düzeneği.....	27
Şekil 2.1. Harman Tuğlası.....	30
Şekil 2.2. Bims blok	30
Şekil 2.3. Yığma yapılarda kemer örneği.....	33
Şekil 2.4. Ayasofya Müzesi'nin kubbesi.....	34
Şekil 2.5. Kurtuba Camii sütunları.....	35
Şekil 2.6. Yığma yapılarda temel oturmalarına bağlı hasarlar	37
Şekil 2.7. Deprem kuvvetleri etkisi altında yığma yapıda görülen çatlaklar	38
Şekil 2.8. Yığma yapılarda az hasarlı duvar örnekleri	39
Şekil 2.9. Yığma yapılarda orta hasarlı duvar örnekleri	40
Şekil 2.10. Yığma yapılarda ağır hasarlı duvar örnekleri	40
Şekil 2.11. Yığma yapılarda kırılma çeşitleri.....	43
Şekil 2.12. Püskürtme beton uygulaması	43
Şekil 2.13. Tek taraflı hasır çelik donatılı sıva ile püskürtme beton uygulaması ..	44
Şekil 2.14. Çelik gergi demirleri ile çerçeve oluşturulması	45
Şekil 2.15. Çelik elemanlarla güçlendirme örneği	46
Şekil 2.16. Betonarme çerçeve içine alarak güçlendirme	47
Şekil 2.17. Duvar yüklerinin güçlendirme sonrası inşa edilen yeni temellere iletilmesi	48
Şekil 2.18. Yığma duvarda FRP ile güçlendirme.....	49
Şekil 2.19. Yığma duvarlarda CFRP'nin çeşitli kullanım biçimleri	49
Şekil 2.20. Yığma kemer üzerinde CFRP uygulaması.....	50
Şekil 2.21. Fiber takviyeli polimerler ile güçlendirme örneği	51
Şekil 2.22. Tekstil donatılı harç uygulaması ile güçlendirme	51
Şekil 3.1. Üçlü test numunelerinde kullanılan bims blok	54
Şekil 3.2. Üçlü bims blok numunelerinin yapım aşaması	55
Şekil 3.3. Kum sıvalı numunelerin yapım aşaması	56
Şekil 3.4. Beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı sıvanın numuneye uygulanması	56

Şekil 3.5. Cam kürecik esaslı sıvanın numuneye uygulanması	57
Şekil 3.6. Kompozit sismik kumaş ile özel bağlayıcı sıva.....	58
Şekil 3.7. Sismik kumaşın numune yüzeylerine uygun olarak kesilmesi	58
Şekil 3.8. Sismik kumaşın numunenin her iki yüzeyine uygulanması.....	59
Şekil 3.9. Sismik kumaşın bindirmeli olarak uygulanması.....	60
Şekil 3.10. Bims blok numunelerin boşluklu yüzeylerinin düzeltilmesi	60
Şekil 3.11. Deney I grubundaki numuneler için kullanılan basma-çekme test cihazı.....	61
Şekil 3.12. Deney I grubunda kullanılan düzeneğin şematik gösterimi.....	62
Şekil 3.13. Deney II grubundaki numuneler için kullanılan basma-çekme test cihazı.....	63
Şekil 3.14. Deney II grubunda kullanılan düzeneğin şematik gösterimi	64
Şekil 3.15. Deney II grubunda kullanılan düzeneğin cihaza konuşturulması	64
Şekil 3.16. Eğilme ve basınç testleri için çimento harcı numunelerinin hazırlanması	65
Şekil 3.17. Harç numunelerinin eğilme ve basınç testlerine tabi tutulması.....	65
Şekil 3.18. Bims blok basınç testi	66
Şekil 3.19. D3R00-1 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu	68
Şekil 3.20. D3R00-1 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	68
Şekil 3.21. D3R00-2 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu	69
Şekil 3.22. D3R00-2 kodlu numunenin deney sonrasındaki görünümü	70
Şekil 3.23. D3R00-2 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	70
Şekil 3.24. D3R00-3 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu	71
Şekil 3.25. D3R00-3 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	71
Şekil 3.26. D3R00 setine ait kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinin karşılaştırılması	72
Şekil 3.27. D3R01-1 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu	73
Şekil 3.28. D3R01-1 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	74
Şekil 3.29. D3R01-2 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu	74
Şekil 3.30. D3R01-2 kodlu numunenin deney sonrasındaki durumu	75
Şekil 3.31. D3R01-2 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	75
Şekil 3.32. D3R01-3 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu	76

Şekil 3.33. D3R01-3 kodlu numunenin deney sonrasındaki durum	76
Şekil 3.34. D3R01-3 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	77
Şekil 3.35. D3R01 setine ait kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinin karşılaştırılması	78
Şekil 3.36. D3S02-1 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu.....	79
Şekil 3.37. D3S02-1 kodlu numunenin arka yüzeyinde deney sonrasındaki durum	79
Şekil 3.38. D3S02-1 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	80
Şekil 3.39. D3S02-2 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu.....	81
Şekil 3.40. D3S02-2 kodlu numunenin deney sonrasındaki durumu.....	81
Şekil 3.41. D3S02-2 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	82
Şekil 3.42. D3S02-3 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu.....	82
Şekil 3.43. D3S02-3 kodlu numunenin deney sonrasındaki durumu.....	83
Şekil 3.44. D3S02-3 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	83
Şekil 3.45. D3S02 setine ait kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinin karşılaştırılması	84
Şekil 3.46. D3R00 ve D3S02 setlerinin karşılaştırılması.....	85
Şekil 3.47. D3T03-1 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu.....	86
Şekil 3.48. D3T03-1 kodlu numunenin deney sonrasındaki durumu.....	86
Şekil 3.49. D3T03-1 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	87
Şekil 3.50. D3T03-2 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu.....	88
Şekil 3.51. D3T03-2 kodlu numunenin deney sonrasındaki durumu.....	88
Şekil 3.52. D3T03-2 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	89
Şekil 3.53. D3T03-3 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu.....	89
Şekil 3.54. D3T03-3 kodlu numunenin deney sonrasındaki durumu.....	90
Şekil 3.55. D3T03-3 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	90
Şekil 3.56. D3T03 setine ait kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinin karşılaştırılması.....	91
Şekil 3.57. D3R00 ve D3T03 setlerinin karşılaştırılması	92
Şekil 3.58. D3R00, D3S02 ve D3T03 setlerinin karşılaştırılması	93
Şekil 3.59. D31G03-1 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu ..	94

Şekil 3.60. D31G03-1 kodlu numunenin arka yüzeyinin deney sonrasındaki durumu	94
Şekil 3.61. D31G03-1 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi.....	95
Şekil 3.62. D31G03-2 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu ..	96
Şekil 3.63. D31G03-2 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi.....	97
Şekil 3.64. D31G03 setine ait kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinin karşılaştırılması	97
Şekil 3.65. D32G03-1 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu ..	99
Şekil 3.66. D32G03-1 kodlu numunenin deney sonrasındaki durumu	99
Şekil 3.67. D32G03-1 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi.....	100
Şekil 3.68. D32G03-2 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu	100
Şekil 3.69. D32G03-2 kodlu numunenin deney sonrasındaki durumu	101
Şekil 3.70. D32G03-2 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi.....	101
Şekil 3.71. D32G03 setine ait kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinin karşılaştırılması	102
Şekil 3.72. Tek taraflı ve çift taraflı olarak güçlendirilmiş numunelerin karşılaştırılması	103
Şekil 3.73. Referans numuneler ile güçlendirilmiş numunelerin karşılaştırılması	104
Şekil 3.74. D3R00-Y-1 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu	105
Şekil 3.75. D3R00-Y-1 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi...	106
Şekil 3.76. D3R00-Y-2 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu	106
Şekil 3.77. D3R00-Y-2 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi.....	107
Şekil 3.78. D3R00-Y-3 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu	107
Şekil 3.79. D3R00-Y-3 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi.....	108
Şekil 3.80. D3R00-Y setine ait kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinin karşılaştırılması	109

Şekil 3.81. D3R01-Y-1 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu	110
Şekil 3.82. D3R01-Y-1 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi.....	110
Şekil 3.83. D3R01-Y-2 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu	111
Şekil 3.84. D3R01-Y-2 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	111
Şekil 3.85. D3R01-Y-3 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu	112
Şekil 3.86. D3R01-Y-3 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	113
Şekil 3.87. D3R01-Y setine ait kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinin karşılaştırılması	113
Şekil 3.88. D3S03-Y-1 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu	114
Şekil 3.89. D3S03-Y-1 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	115
Şekil 3.90. D3S03-Y-2 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu	116
Şekil 3.91. D3S03-Y-2 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	116
Şekil 3.92. D3S03-Y-3 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu	117
Şekil 3.93. D3S03-Y-3 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	118
Şekil 3.94. D3S03-Y setine ait kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinin karşılaştırılması	118
Şekil 3.95. D3R00-Y ve D3S03-Y setlerinin karşılaştırılması	119
Şekil 3.96. D3T03-Y-1 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu	120
Şekil 3.97. D3T03-Y-1 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	121

Şekil 3.98. D3T03-Y-2 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu	121
Şekil 3.99. D3T03-Y-2 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	122
Şekil 3.100. D3T03-Y-3 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu	122
Şekil 3.101. D3T03-Y-3 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	123
Şekil 3.102. D3T03-Y setine ait kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinin karşılaştırılması	124
Şekil 3.103. D3R00-Y ve D3T03-Y setlerinin karşılaştırılması	125
Şekil 3.104. D3R00-Y, D3S03-Y ve D3T03-Y setlerinin karşılaştırılması.....	125
Şekil 3.105. D31G03-Y-1 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu	126
Şekil 3.106. D31G03-Y-1 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	127
Şekil 3.107. D31G03-Y-2 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu	128
Şekil 3.108. D31G03-Y-2 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	128
Şekil 3.109. D31G03-Y-3 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu	129
Şekil 3.110. D31G03-Y-3 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	130
Şekil 3.111. D31G03-Y setine ait kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinin karşılaştırılması	130
Şekil 3.112. D3R00-Y ve D31G03-Y setlerinin karşılaştırılması.....	131
Şekil 3.113. D32T03-Y-1 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu	132
Şekil 3.114. D32T03-Y-1 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	133

Şekil 3.115. D32T03-Y-2 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu	133
Şekil 3.116. D32T03-Y-2 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	134
Şekil 3.117. D32T03-Y-3 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu	135
Şekil 3.118. D32T03-Y-3 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi	135
Şekil 3.119. D32T03-Y setine ait kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinin karşılaştırılması	136
Şekil 3.120. D3R00-Y ve D32T03-Y setlerinin karşılaştırılması	137
Şekil 3.121. D3T03-Y ve D32T03-Y setlerinin karşılaştırılması	137

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. TS 2513, Doğal yapı taşları mekanik özellikleri	29
Tablo 2.2. Bims mekanik özellikleri	31
Tablo 2.3. Harç sınıflarına göre hacim oranları	32
Tablo 2.4. Yığma yapılar için hasar ölçüt tablosu	42
Tablo 3.1. Deney I grubundaki numunelerin özellikleri	53
Tablo 3.2. Deney II grubundaki numunelerin özellikleri	54
Tablo 3.3. Bims mekanik özellikleri	55
Tablo 3.4. Derz harcının 28 günlük eğilme ve basınç dayanımları	66
Tablo 3.5. D3R00 setine ait numunelerin mekanik değerleri	72
Tablo 3.6. D3R01 setine ait numunelerin mekanik değerleri	78
Tablo 3.7. D3S02 setine ait numunelerin mekanik değerleri	84
Tablo 3.8. D3T03 setine ait numunelerin mekanik değerleri	92
Tablo 3.9. D31G03 setine ait numunelerin mekanik değerleri	98
Tablo 3.10. D32G03 setine ait numunelerin mekanik değerleri	102
Tablo 3.11. D3R00-Y setine ait numunelerin mekanik değerleri	109
Tablo 3.12. D3R01-Y setine ait numunelerin mekanik değerleri	114
Tablo 3.13. D3S03-Y setine ait numunelerin mekanik değerleri	119
Tablo 3.14. D3T03-Y setine ait numunelerin mekanik değerleri	124
Tablo 3.15. D31G03-Y setine ait numunelerin mekanik değerleri	131
Tablo 3.16. D32T03-Y setine ait numunelerin mekanik değerleri	136
Tablo 3.17. Tüm numunelerin mekanik değerlerinin karşılaştırılması	139

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Yığıma yapı, bims blok, güçlendirme, sismik kumaş, üç noktalı kesme deneyi, özel bağlayıcı sıva

Bu deneysel çalışmada, alkali dirençli cam ve polipropilen esaslı, hibrit ve çok eksenli sismik tekstil malzemesi ile güçlendirilmiş yığıma bims blok elemanlardan oluşturulan üçlü numunelerin kayma dayanımları incelenmiştir. Sismik kumaş, bims blok numunelere; 2 farklı tipteki özel yapıştırma sıvası kullanılarak; tek taraflı, çift taraflı ve bindirmeli olarak uygulanmıştır. Bu iki farklı türdeki özel yapıştırma sıvalarından biri Almanya menşeli olup beyaz çimento ve doğal su kireci esaslıdır. Diğeri ise yerli üretim olup genişletilmiş cam kürecik esaslıdır. Toplam 34 adet numune üretilmiş; numunelerin inşasında 190x390x185 mm boyutlarında bims bloklar kullanılmıştır. Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi yapı mekaniği laboratuvarında gerçekleşen Deney I grubu kapsamında 16 adet numune, Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi'ne bağlı yapı malzemesi laboratuvarında yürütülen Deney II kapsamında ise 18 adet numune; basma-çekme test cihazında düşey yüklemeye maruz bırakılarak, harç-bims ara yüzeyinden kaymaya zorlanmıştır. Referans olarak değerlendirilen güçlendirilmemiş numuneler, tek tarafına kum sıva uygulanan numuneler, tek tarafına 2 cm beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı sıva uygulanan numuneler, tek tarafına 2 cm cam kürecik esaslı sıva ve her iki tarafına 1'er cm cam kürecik esaslı yapıştırma sıvası uygulanan numuneler üç noktalı kesme deneyleri ile ayrıca incelenerek, elde edilen deney sonuçları kuvvet-yer değiştirme ilişkileri ve kayma dayanımı parametreleri bakımından karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Özel yapıştırıcı sıvaların numunelerin yüzeyine uygulanması; kayma dayanımlarını oldukça arttırmıştır. Ayrıca sismik tekstil ve bağlayıcı sıvaların kombinasyonu ile oluşturulan güçlendirme sistemi, ani kırılmaları önlemiştir.

INVESTIGATION OF THE PERFORMANCE OF BIMS WALL COMPONENTS RETROFITTED WITH GLASS-POLYMER FIBER BASED HYBRID TEXTILE

SUMMARY

Keywords: Masonry building, pumice block, retrofitted, seismic textile, triplet shear test, special adhesive plaster

In this experimental study, shear strengths of triple samples formed from agglomerated blocky elements reinforced with alkali-resistant glass and polypropylene based hybrid and multi-axis seismic textile material were investigated. Seismic textile applied to pumice block samples by using two different types of special adhesive plaster; unilateral, double sided and overlapped. One of these two different types of special bonding plasters is of German origin and is based on white cement and natural water lime. The other one is domestic production and is based on expanded glass beads. A total of 34 samples were produced; 190x390x185 mm pumice blocks were used in the construction of the samples. 16 samples within the scope of Experiment I group in Structural Mechanics Laboratory of Technology Faculty of Düzce University and 18 samples under the Experiment II group in Building Materials Laboratory of Technology Faculty of Sakarya University, forced to slip from mortar-bims interface by subjecting to vertical load at a compression-tensile test device. Non-reinforced samples evaluated as reference, samples with sand plaster applied to single side, samples with 2 cm white cement and natural water lime based plaster applied to one side, samples with 2 cm glass bead-based plaster on one side and samples with 1 cm glass globe based adhesive plaster applied on both sides, were examined with triplet shear tests and the obtained test results were compared in terms of force-displacement relations and shear strength parameters. Consequently, application of special adhesive plasters to the surface of samples; increased shear strength. In addition, the reinforcement system created by the combination of seismic textile and binding plasters prevented sudden breakage.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

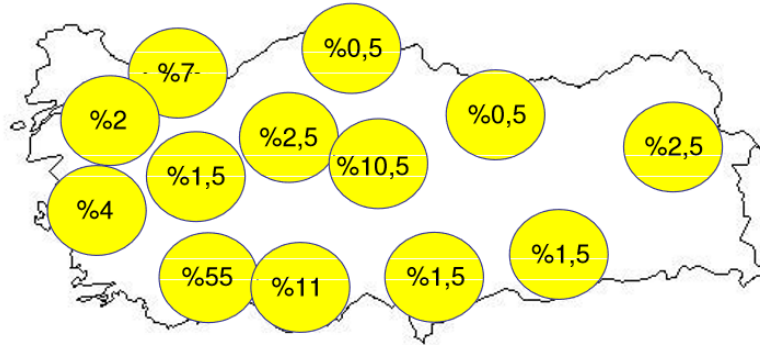
1.1. Yığma Yapılarla İlgili Genel Bilgiler

İnsanoğlu geçmişten günümüze sahip olduğu teknolojiyle yeryüzünü betonarme ve elik yapılarla donatmış olsa da, yığma yapılar halen dünyada ve ülkemizde inşa edilmeye devam edilmektedir. Yığma yapılar; ülkemizle beraber Akdeniz, Balkanlar ve Ortadoğu lkelerinde sık görülen, tuğla, bims, taş ve kerpilerden yapılan, taşıyıcı sistemleri duvarları olan yapı birimleridir. Geleneksel taşların kullanıldığı köprüler, camiiler, kiliseler, medreseler, kemerler, anıtlar, saraylar gibi tarihi mirası oluşturan öğeler mevcut yığma yapıların büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Depremlerin çok sık yaşandığı Türkiye’de geniş bir yığma yapı stoğu mevcuttur. Devlet İstatistik Enstitüsü’nün 2000 yılında yaptığı bina sayımı verilerine göre; ülkemizin büyük şehirlerindeki yapıların toplam %51,1’i yığma yapılardan oluşmaktadır. Bu yapıların %59,6’sında ana malzeme tuğla olmakla beraber %18,0’inde ise bims kullanıldığı tespit edilmiştir. arpık kentleşmenin en büyük rneği olan gecekondular mahalleleri de yığma yapı stoğundaki büyük paya dahildir. Türkiye nüfusunun yaklaşık %30’u köylerde ikamet etmekte, köylerde yaşayan halkın büyük bölümü tarımla geçimini sağlamakta ve kırsal yapılar adı verilebilecek 1-2 katlı ahşap karkaslı kerpiç yapılar, ahşap destekli yığma- kerpiç yapılar ve betonarme lento destekli tuğla ve briket yığma yapılarda oturmaktadır [1]. Tipik bir yığma yapı şekil 1.1.’de verilmektedir.



Şekil 1.1. Örnek yığma yapı

Soğuk iklime sahip gelişmekte olan ülkelerde coğrafi olarak yaygınlığı sebebiyle düşük maliyet ve kolay ulaşılabilirliğe sahip olan inşaat malzemesi bims ponza bloklarıdır. Bims yapı sektöründe hafif yapı malzemesi olarak ilk kez 1851’de Almanya’da kullanılmaya başlanmıştır. Türkiye’de ise profesyonel anlamda hafif yapı elemanlarının ilk üretimi 1984 yılında Nevşehir’de başlamıştır. Günümüzde ise pek çok ülkede hafifliği, doğallığı, ekonomikliği yanı sıra depreme ve yangına dayanıklılığı gibi özellikleri nedeniyle kullanılmaktadır [2]. Resmi verilere göre 18 milyar m³ civarında olan dünya ponza rezervlerinin yaklaşık %40’ına sahip olan ülkemiz de bu ülkelerden biridir [3]. Bims blok kullanımının ülkemizdeki dağılımı Şekil 1.2.’de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere, bims blok kullanım oranının en çok olduğu bölge Akdeniz Bölgesi’dir. Bu durumun başlıca sebebi; bims blokların ısı yalıtımı sağlaması nedeniyle turistik yapıların inşalarında tercih edilmesidir.



Şekil 1.2. Bims blok kullanımının Türkiye'deki dağılımı [3]

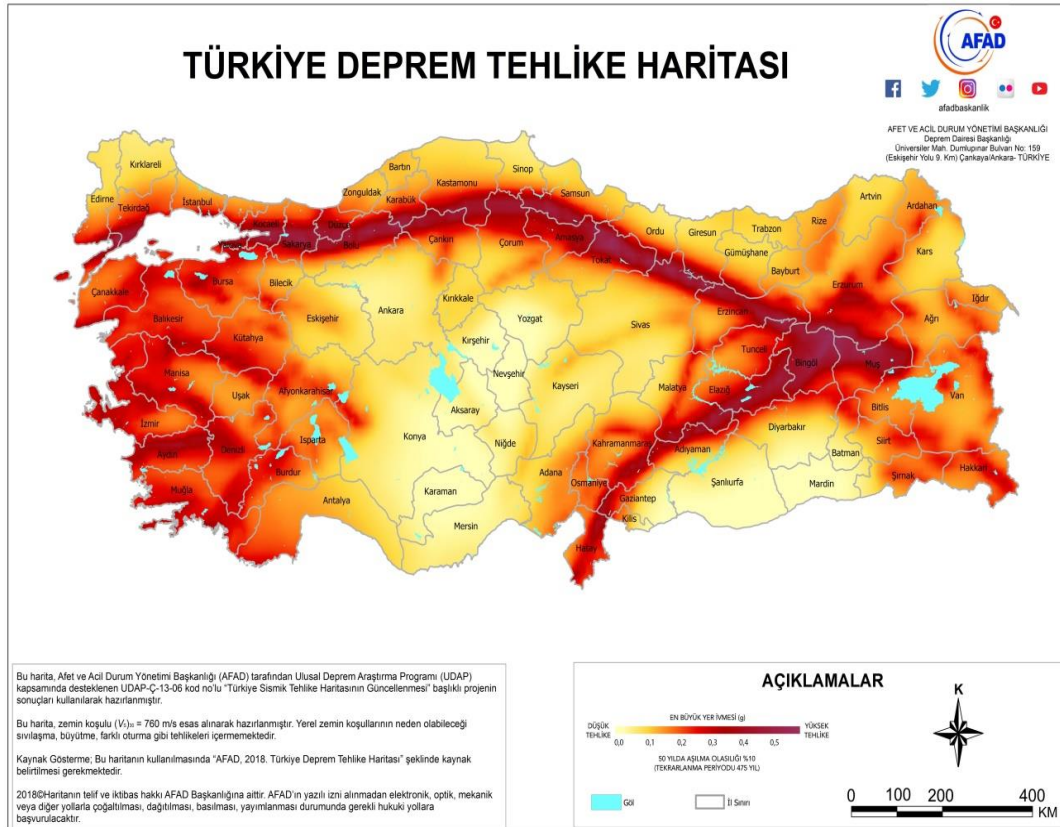
Son yıllarda özellikle Orta Anadolu, Doğu ve Güneydoğu Anadolu'daki TOKİ inşaatları başta olmak üzere, konut inşaatlarında bims blok kullanım hacminin yüzdesi oldukça artmıştır. Ancak bimsin malzeme olarak dayanım parametreleri ve süneklik kapasitesi diğer taş duvar birimlerine oranla çok düşüktür. Aynı zamanda yanal dinamik yükler altında kritik durumdadır. Özellikle başta Anadolu, İtalya ve Yunanistan gibi sismik coğrafyalardaki tarihi yapılar olmak üzere bims blokların kullanımının çok yaygın olması göz önünde bulundurulduğunda; güçlendirme gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Ancak öncelikle malzemenin davranışını doğru bir şekilde analiz etmek ve bu malzemeye uygun güçlendirme yöntemini belirlemek gerekmektedir. Dolayısıyla bu çalışma için inşa edilen test numunelerinde gerçeği en iyi temsil etmesi için bims bloklar (Şekil 1.3.) kullanılmıştır.



Şekil 1.3. Bims blok

Konut inşasında yığma yapıyı bu derece çekici kılan; malzemenin ulaşılabilirliği, işçiliğin kolaylığı ve diğer yapı türlerine oranla daha ekonomik olması gibi avantajlardır. Yanal kuvvetleri taşıyan güçlendirilmemiş duvarlardan yapılmış bu binaların en büyük dezavantajı ise düşük çekme gerilmesi kapasitesi ve kesme

dayanımı ile yetersiz süneklik nedeniyle deprem davranışının tam olarak bilinmemesidir. Dünya çapında özellikle kırsal bölgelerde, düşey yükler altında tasarlanan geleneksel taş işçiliği yapıları, yakın geçmişte yaşanan Üsküp-Makedonya 1963, Norcia-İtalya 2016 ve Mytilini/Kos-Yunanistan 2017 gibi şiddetli depremlerle olumsuz etkilendi. Türkiye’de ise durum pek farklı değildir. Ülkemizin büyük çoğunluğu birinci ve ikinci derece deprem kuşağında yer almaktadır (Şekil 1.4.). Bu nedenle sürekli olarak büyük depremlere maruz kalmaktadır. Özellikle son yıllarda yaşanan büyük ölçüde can ve mal kayıplarıyla sonuçlanan Gediz 1970, Erzincan 1992, Gölcük 1999, Van 2011 gibi yıkıcı depremler; depreme dayanıklı yapı tasarımının önemini bize tekrar tekrar hatırlatmıştır. Bu depremlerdeki kayıpların çoğunun ana sebebi; modern mühendislik hizmeti almamış ve mevcut deprem kodlarının gerektirdiği sismik korumayla tanışmamış güçlendirilmemiş yığma binaların ağır hasar ve tamamen çökme ile sonuçlanmasıdır [4]. Taşıyıcı ağır duvarların çökmesi ise çok sayıda ölümcül yaralanmaya ve hatta ölümlere neden olmaktadır.



Şekil 1.4. Türkiye deprem tehlike haritası [5]

1.2. Yığma Yapı ve Deprem

Dünyada ve ülkemizde yaşanan ve yığma yapıların ağır hasarlar almasıyla sonuçlanan bazı depremlerin istatistikleri aşağıdadır:

1963 Üsküp-Makedonya, 26 Temmuz 1963'te saat 05.17 'de meydana gelen 6,1 büyüklüğündeki depremde 1070 kişi hayatını kaybetmiş, 2900 kişi yaralanmıştır. Üsküp tarihinin en büyük afeti olarak bilinen deprem, büyük kısmı yığma yapılardan oluşan kentin yarısını harabeye çevirmiştir. Depremde hasar gören bir yığma yapı Şekil 1.5.'te verilmektedir.



Şekil 1.5. 1963 Üsküp depreminde hasar gören bir yığma yapı [6]

2016 Norcia-İtalya Depremi, Deprem kuşağındaki bir Akdeniz ülkesi olan İtalya da son yıllarda sık sık depremlerle adını duyurmaktadır. 24 Ağustos 2016 tarihli merkez üssü; Norcia olan 6,2 büyüklüğündeki deprem yaklaşık 300 kişinin ölümüyle sonuçlanmıştır. Ölümlere neden olan yıkımların çoğunun güçlendirilme yapılmamış tarihi yığma binalardan kaynaklandığı tespit edilmiştir. Depremde hasar görmüş Accumoli kasabasından bir yığma bina örneği Şekil 1.6.'da gösterilmektedir.



Şekil 1.6. 2016 İtalya-Accumoli depreminde hasar görmüş bir yığma yapı [7]

Depremde ağır hasar görmüş Amatrice kasabesindeki bir kilisenin tavanının tamamen çöktüğü Şekil 1.7.'de görülmektedir.



Şekil 1.7. 2016 İtalya-Amatrice depreminde hasar gören tarihi yığma kilise [7]

Mytilini/Kos-Yunanistan 2017, Datça ile Kos Adası arasında meydana gelen 6,6 büyüklüğündeki, 21 Temmuz 2017 tarihli deprem 2 kişinin ölümü ve 120 kişinin yaralanmasıyla sonuçlanmıştır. Deprem sırasında pek çok tarihi yığma yapı hasar almıştır. Bunlardan biri de Osmanlı döneminden kalan Defterdar İbrahim Efendi Camii olup, camiinin minaresi yıkılmıştır. (Şekil 1.8.) Hasar gören bir diğer tarihi yapı olan Nikolaos Katedrali'nin de bir bölümü çökmüştür.



Şekil 1.8. 2017 Kos depreminde minaresi yıkılan tarihi Defterdar İbrahim Efendi Camii [8]

1970 Gediz Depremi, 28 Mart 1970 tarihli 7,2 büyüklüğündeki deprem, 1086 kişinin ölümü, 9473 binanın ağır hasarı ya da yıkımı, 9800 binanın orta, 7889 binanın da hafif hasarıyla sonuçlanmıştır. Ağır hasarlı yapıların çok büyük bir bölümünü yığma yapılar oluşturmaktadır. Bunun nedeni Gediz halkının 1918 Koca Yangınında yanan evlerinin yerine, o tarihlerdeki mevcut malzemeleri kullanarak, mühendislik hizmeti olmadan yeni evler inşa etmeleridir. Çoğu yapının temelinde yuvarlak dere taşı ve harç olarak çamur kullanılmıştır [9]. Gediz depreminde hasar gören yapılar Şekil 1.9.'da gösterilmiştir.



Şekil 1.9. 1970 Gediz depreminde hasar gören yapılar [10]

1992 Erzincan Depremi, 13 Mart 1992 tarihli 6,8 büyüklüğündeki deprem, Erzincan tarihindeki altıncı büyük deprem olmakla beraber 653 kişinin ölümü, 8057 binanın

yıkımı veya hasarı ile sonuçlanmıştır. 1992 Erzincan depreminde, çok katlı olup sarsıntıyı çok az hasarla geçirmiş betonarme yapıların yanında, bir veya iki katlı basit pek çok betonarme karkas veya yığma yapının da depremi hasarsız atlattığı gözlenmiştir. Önemli hiçbir hasarın görülmediği, bölme duvarları harman tuğlası ile yapılmış betonarme iki katlı binalar da vardır. Ayrıca yanında göçen ve kendisine çarpan çok katlı betonarme yapının ve depremin dinamik etkilerine karşın bölgesel çatı hasarlarından başka hiçbir önemli hasar göstermemiş olan tek katlı yığma tuğla binalar bile mevcuttur [11].

1995 Dinar Depremi, 1 Ekim 1995 tarihinde Afyonkarahisar'ın Dinar ilçesinde 6,1 büyüklüğünde olmuş, 90 kişinin ölümü, 14156 binanın hasarı ile sonuçlanmıştır. Dinar tarihinde biri 1925 ve biri 1971 yıllarında olmak üzere yaklaşık 20 tane yüksek büyüklükte depremler yaşanmıştır. 1995 Dinar depreminde de ahşap karkaslı kerpiç dolgulu evler depremi genelde az hasarlı veya hasarsız olarak atlattırlardır [12]. Dinar depreminde hasar gören yığma bir okul Şekil 1.10.'da gösterilmiştir.



Şekil 1.10. 1995 Dinar depreminde hasar gören yığma bir okul [13]

2002 Sultandağı Depremi, 03.02.2002 tarihli 6 büyüklüğündeki deprem, 43 kişinin ölümüyle sonuçlanmış ve çok sayıda yaralanan olmuştur. Kırsal yapıların çoğu yıkılmıştır. Bunun bir nedeni de, artçı sarsıntıların sürmesidir. Depremden sonra vatandaşlarla yapılan görüşmelerde ilk sarsıntıda yıkılmayan evlerin artçı sarsıntılarda yıkıldığı öğrenilmiştir. Ayrıca zeminin kurumuş bataklık ve alüvyon zemin olması depremin etkisini büyütmiştir. Hasar ve kayıpların yoğun olduğu

beldeler; 1- 2 katlı ahşap karkaslı kerpiç yapılar, ahşap destekli yığma kerpiç yapılar ve tuğla yığma yapılardan oluşmaktadır [14]. Yıkılan binaların büyük bir kısmı kerpiç, hımsı ve bağdadi tarzda inşa edilmiş yapılardır ve çoğu mühendislik hizmeti almamıştır [15]. Sultandağı depreminde hasar gören yığma yapılar Şekil 1.11.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.11. 2002 Sultandağı depreminde hasar gören yığma yapılar [16]

2003 Bingöl Depremi, 01.05.2003 tarihinde saat 03.27'de meydana gelen 6,4 büyüklüğündeki deprem 177 can kaybına neden olmuş, 570 konutun tamamen yıkılması ve yaklaşık 6000 konutun hasar görmesiyle sonuçlanmıştır. Yıkılan ve ağır hasarlı olan binaların büyük kısmı kırsal yapılardan oluşmuştur [17]. Bunun nedeni özellikle kırsal yapılarda tercih edilen büyük taş bloklar ile beraber kullanılan bağlayıcı malzeme oranlarının düşük olmasıdır. Bingöl depremi sonrası bazı binaların durumu Şekil 1.12.'de verilmiştir.



Şekil 1.12. 2003 Bingöl depremi sonrası hasar gören yapılar [16]

2005 Hakkari Depremi, 25 Ocak 2005 tarihli, merkez üssü Sötlüce olan 5,8 büyüklüğündeki deprem, 2 kişinin ölümü ve 510 yapının ağır hasarı, 620 yapının orta

hasarı sonuçlanmıştır. Hasar gören yapıların çoğunun mühendislik hizmeti görmemiş kırsal yapılar olduğu ve bu yapıların genelde moloz taş ile çamur harçlı toprak, kerpiç ve taşıyıcı olmayan, dayanımı düşük ponzadan imal edilen boşluklu briketlerle yapıldığı belirlenmiştir [18]. Hakkari depreminde hasar gören bir kırsal yapı Şekil 1.13.'te sunulmuştur.



Şekil 1.13. 2005 Hakkari depreminde hasar gören bir kırsal yapı [19]

2010 Elazığ Depremi, 8 Mart 2010'da Elazığ'ın Karakoçan ilçesine bağlı Başyurt beldesinde 6,0 büyüklüğünde meydana gelmiştir. Depremde çoğu yığma yapı olmak üzere yaklaşık 390 evin ağır hasar aldığı belirlenmiştir [20]. Elazığ depreminde hasar gören bazı yığma yapılar Şekil 1.14.'te gösterilmiştir.



Şekil 1.14. 2010 Elazığ depreminde hasar gören bazı yığma yapılar [16]

2011 Kütahya Depremi, 19 Mayıs 2011 günü gerçekleşmiş olup merkez üssü Kütahya-Simav olan depremin büyüklüğü 5,9 olarak belirlenmiştir ve 2 kişinin ölümü,100 kişinin ise yaralanmasıyla sonuçlanmıştır [16]. Bölgedeki hasar gören yığma yapılarda depreme dayanıklı yapım tekniklerine uyulmadığı, malzeme ve işçilik kalitesinin çok düşük olduğu saptanmıştır. Depremde hasar gören yığma yapı örnekleri Şekil 1.15.'te verilmiştir.



Şekil 1.15. 2011 Kütahya depreminde hasar gören yığma yapı örnekleri [16]

2011 Van Depremi, 23 Ekim 2011 günü meydana gelen Van-Erciş merkezli deprem ve 9 Kasım 2011 günü yaşanan Van-Edremit merkezli deprem; toplam 644 vatandaşın hayatını kaybetmesine, 1966 vatandaşın ise yaralanmasına neden olmuştur. Deprem sonrası AFAD ekiplerince yapılan incelemelerde bölgenin yapı stoğunun %86,4'ünün yığma yapı olarak sınıflandırıldığı tespit edilmiştir. Bölgenin kırsal yığma yapılarında, çoğunlukla beton briket ve bims kullanılmış olduğu belirlenmiş ve yeterli miktarda harç malzemesi kullanılmadığı anlaşılmıştır. Van depreminde hasar gören yığma yapı örnekleri Şekil 1.16.'da sunulmuştur.



Şekil 1.16. 2011 Van depreminde hasar gören yığma yapı örnekleri [16]

1.3. Dünyada ve Türkiye’deki Deprem Yönetmeliklerinde Yığma Yapı

Dünya çapında yığma yapılar tasarlanırken başvurulan yönetmeliklerinden en çok tercih edileni EUROCODE 6 (Design of Masonry Structures) dır. Türkiye’de ise Türk Standartları Enstitüsü’ (TS 2510 Kagir Duvarlar Hesap ve Yapım Kuralları) nden faydalanılır. Ayrıca yığma yapılarda malzeme seçimleri; Türk Standartları Enstitüsü TS704 Duvarlar için harman tuğlası, TS 705 Duvarlar için dolu ve delikli fabrika tuğlası, TS 2513 Doğal yapı taşları, TS 2514 Kerpiç blok ve yapım kuralları, TS 2848 Kagir duvar harçları gibi standartlara göre belirlenir. Bu yönetmelikler, yığma binalarda kullanılan doğal taşlar, harman tuğlası, fabrika tuğlası, briket, kerpiç ve harçların ayrıntılı tanımlarını içerir [21]. Son yıllarda ülkemizde yapılan çalışmalarla deprem yönetmeliği güncelleştirilmiş ve yığma yapılara ait parametreler uluslararası standartlara uygun hale getirilmiştir. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018) 11. bölümde yığma binalar 4 başlık altında olmak üzere, şu şekilde tanımlanmıştır: “Yığma bina türleri aşağıda verilmiştir: (a) Donatısız yığma bina, taşıyıcı duvarların donatı kullanılmadan sadece kargir birim ve harç kullanılarak oluşturulan süneklik düzeyi sınırlı bina cinsini, (b) Donatılı yığma bina, kargir birim ve harç kullanılarak oluşturulan taşıyıcı duvarlarda bu Bölüm’de verilen kurallara uygun olacak şekilde donatı yerleştirilmesi ile elde edilen süneklik düzeyi yüksek binaları, (c) Kuşatılmış yığma bina, birbirlerine ve döşemeye betonarme olarak bağlı, taşıyıcı duvarların örülmesinden sonra ve bunları kalıp olarak kullanarak hazırlanan yatay ve düşey hatılların, yine bu Bölüm’de verilen kurallara uygun olacak şekilde teşkil edilmesi ile oluşturulan süneklik düzeyi sınırlı binaları, (d) Donatılı panel sistemli bina ise, önüretimli donatılı gazbeton paneller arası yivlerde bulunan donatıların temele ve kat seviyelerindeki betonarme hatıllara bağlandığı ve düşey gazbeton panellerin yan yana getirilerek taşıyıcı duvarları teşkil ettiği, yine donatılı gazbeton panellerin betonarme hatıllara bağlanarak döşemeleri meydana getirdiği süneklik düzeyi yüksek binaları kapsar.”

1.4. Yığma Yapılarda Güçlendirilmenin Gerekliliği ve Kullanılan Yöntemler

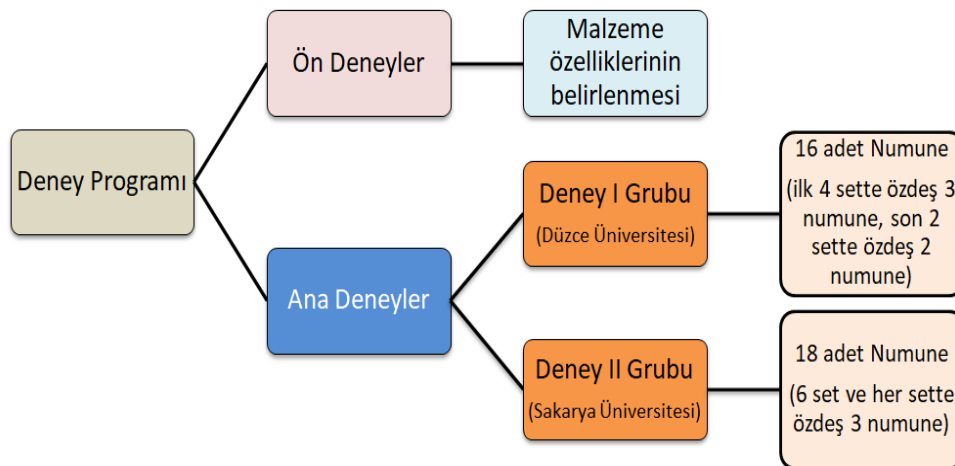
Yanal kuvvetleri taşıyan güçlendirilmemiş duvarlara sahip yığma yapıların düşük çekme gerilmesi kapasitesi ile kesme dayanımı ve yetersiz sünekliğe sahip olmaları olumsuz özelliklerindedir. Taşıyıcı sistemleri ağır duvarlar olan yığma yapılar, sünek davranamazlar. Yani deprem sırasında rijit davrandıkları için gelen enerjiyi sönümleyemezler ve büyük yatay kuvvetlere maruz kalmaktadırlar. İnşalarında kullanılan tuğla, bims, taş gibi oldukça gevrek olan malzemeler deprem anındaki bu büyük yatay kuvvetlerin etkisiyle ani kırılma davranışı göstermektedirler. Ayrıca yığma yapı duvarları elastik deformasyon yapamadıkları için temel oturmalarına karşı dayanıklı değildir ve zemin oturmaları esnasında duvarlarda çatlaklar oluşur. Bu durum yığma yapılarda depreme karşı güçlendirme ihtiyacını doğurmaktadır. Yığma yapıların hasar görmelerinin en önemli nedenlerinden biri de özellikle kırsal bölgelerdeki mevcut yığma yapıların yönetmeliklere uygun olarak tasarlanmadan inşa edilmiş olmasıdır. Yaşanan depremler sonrasında görülmüştür ki binalar şartnamelere uyularak tasarlanmış olsa bile uygulama esnasında kalitesiz malzeme kullanımı ve kötü işçilik yığma yapıların depremlerde kolayca hasar almasına neden olmaktadır. Malzeme kullanımında yapılan yanlışlar araştırıldığında ise; gevrek yapıda olan taşıyıcı duvar elemanlarını birbirine bağlamak için yeterli çekme mukavemetine sahip olmayan harçların kullanıldığı ve bu harcın yapı elemanları arasındaki boşlukları tamamen doldurmadığı tespit edilmiştir [22]. Malzeme seçimindeki bir diğer hata ise yeterli mukavemete sahip olmayan tuğla ya da düzgün kesilmemiş taş benzeri yapı elemanları tercih edilmiş olmasıdır. Özellikle kırsal bölgelerde yığma yapıların simetrik planda dizayn edilmemesi ve çok ağır toprak damları yük olarak taşıyor olmaları kırsal yapıları depreme karşı dayanıksız hale getirmektedir. Tüm bu sebeplerle yığma yapılarda hasarı minimuma indirebilmek için güçlendirme işlemi gereklidir. Yığma yapılarda güçlendirme yöntemlerinden bazıları; taşıyıcı yığma duvarların püskürtme beton, çelik elemanlarla ve kendiliğinden yerleşen beton ile güçlendirilmesi ya da yığma dolgu duvarların beton ile güçlendirilmesidir. Ancak bu yöntemler duvarların ağırlığını arttırarak; yapıların daha fazla dış kuvvete maruz kalmalarına neden olmaktadır. Ayrıca güçlendirme işlemi sırasında yapının kullanılamaması, kurulum zorlukları ve yüksek maliyet gibi

faktörler yeni güçlendirme yöntemleri ihtiyacını doğurmuştur. Bunun sonucu olarak son yıllarda fiber takviyeli polimerler ile (FRP) güçlendirme yöntemleri ön plana çıkmıştır. Hafiflikleri ve uygulama kolaylıkları ile sismik kumaş malzemeleri daha çok tercih olmuştur.

1.5. Çalışmanın Kapsamı

Güçlendirme yöntemleri incelendiğinde; özel ankraj detayları, kurulum zorlukları, uzun uygulama süreleri boyunca binanın kullanılmaması, yüksek maliyet gibi dezavantajlar olduğu görülmektedir. Bu çalışma kapsamında, Karlsruhe Teknoloji Enstitüsü'nün laboratuvarlarında özel olarak üretilen cam fiber tekstil kompozit, yığma yapılarda güçlendirme yöntemi olarak incelenecektir. Yapılan çalışmalar bu güçlendirme yönteminin bahsi geçen dezavantajlara sahip olmadığını göstermektedir. Bu yöntem deprem bölgelerindeki mevcut tarihi yapıların ve eski yığma binaların güçlendirilmesi için etkili bir çözüm sunmaktadır. Yığma duvarların yüzeylerine uygulanan cam fiber tekstil kompozitler sayesinde, güçlendirme işlemi esnasında bina, herhangi bir tahribata uğramaz ve sakinleri tarafından kullanıma açık kalır. Aynı zamanda bu işlem ilave mühendislik hizmeti gerektirmediğinden vasıfsız işçiler ile gerçekleştirilebilir. Cam fiber tekstil takviyesi uygulanırken yapıştırma maddesi olarak kullanılan ve kumaşı tamamen kaplayan özel sıva harcının ise deprem güvenliğini arttırmanın yanında fiziksel niteliklerine de katkı sağlayan özellikleri vardır. Yığma binalara ses izolasyonu, ısı yalıtımı, su geçirmezlik ve yangın dayanımı sağlamak bu özelliklerin başlıcalarıdır. Böylece tek uygulamayla pek çok yapısal özellik binaya kazandırılmış olur. Yanal yükler altındaki cam fiber tekstil kompozit ile sıva harcı arasındaki adezyonun kalitesi çok önemlidir. Bu nedenle kayma mukavemetini ve uygulanan harcın süneklik kapasitesini tespit etmek için deneysel araştırmalar yapılmalıdır. Bu araştırma cam fiber tekstil kompozit kullanılarak güçlendirilen ve güçlendirme olmaksızın ele alınan bims blok duvar numunelerinin statik düşey yükleme altındaki mekanik davranışlarının incelenmesi, kayma dayanımı parametrelerinin ve çatlak formlarının belirlenmesini kapsamaktadır. Özellikle bu çalışmayı farklı kılan detay ise, sismik kumaşın tek parça ve 3 parça bindirmeli kullanımlarının ortaya çıkardığı davranış farklılığına

dikkat çekmektedir. Bu çalışmanın kapsamında, ana deneyler Deney I ve Deney II olmak üzere iki aşama halinde tamamlanmıştır. Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi yapı mekaniği laboratuvarlarında gerçekleşen Deney I grubu, 16 adet test numunesini içeren 6 setten oluşmaktadır. Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi'ne bağlı yapı malzemesi laboratuvarında yürütülen Deney II grubu ise, 18 adet test numunesini içeren 6 seti kapsamaktadır. Deney II grubundaki testler için kullanılan düzenek değiştirilmiş ve yanal deplasmanı önleyecek şekilde levhalar gijonlarla birbirlerine bağlanmıştır. Her iki grupta da referans olarak değerlendirmek üzere güçlendirilmemiş üçer adet numune, tek tarafına kum sıva uygulanan üçer adet numune, tek tarafına 2 cm beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı sıva uygulanan üçer adet numune, tek tarafına 2 cm cam kürecik esaslı sıva uygulanan üçer adet numune bulunmaktadır. Böylece benzer özelliklere sahip olan Alman menşeli beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı sıva ile yerli üretim olan geliştirilmiş cam kürecik esaslı sıvanın numunelerin dayanımına katkılarını karşılaştırmak hedeflenmiştir. Deney I grubunda ek olarak her iki tarafına 1'er cm cam kürecik esaslı yapıştırma sıvası uygulanan 3 adet numune mevcuttur. Ayrıca sismik tekstil ve cam kürecik esaslı özel bağlayıcı sıvanın kombinasyonu tek taraflı, çift taraflı ve bindirmeli olarak uygulanmış ve deprem kumaşının çeşitli kullanım durumları arasında karşılaştırma yapmak amaçlanmıştır. Deney programının şematik gösterimi Şekil 1.17.'de verilmiştir.



Şekil 1.17. Deney programı

1.6. Literatür Araştırması

Çöğürçü 2007, çalışmasında yığma yapıların düzlem dışı tersinir yük altındaki davranışlarını deneysel çalışmalarla incelemiş olup yapılan deneysel çalışmalar; yığma yapıların oluşan çatlakların devam etmesi sonucunda yük alamaz hale geldiğini ve kırıldığını göstermiştir. Bu nedenle düzlem dışı yüklenen yığma duvarların ve yığma duvarlarda oluşan çatlakların kontrol altına alınmasını sağlayacağı düşünülen epoksi reçineli FRP ile yatay derz takviyesi uygulamasını, analitik ve deneysel olarak araştırmıştır. Bunun için dolu harman tuğlası kullanılarak 2,7 x 2,1 m boyutlarında güçlendirilmiş ve güçlendirilmemiş olmak üzere iki ayrı prototip duvar üretilmiştir. İlk prototip duvarın deprem etkisini modelleyen düzlem dışı tersinir yük altındaki kırılma davranışını incelemiştir. İkinci prototip duvarda ise yatay derzler epoksili FRP ile takviye edilmiş ve aynı şartlar altında deneye tabi tutulmuştur (Şekil 1.18.). Böylece FRP uygulamasının duvarı kırılmaya karşı ne kadar güçlendirdiği grafiksel olarak incelenmiştir.



Şekil 1.18. 2 nolu numunede deney sonrasında oluşan çatlaklar [23]

Deneilerin sonucunda; yığma duvarların tersinir düzlem dışı yükler altında betonarme döşemelerde gerçekleşen kırılmalara benzeyen çatlaklar oluşturarak kırıldığı ve kırılma türünün gevrek olduğu tespit edilmiştir. Referans olarak alınan prototip yığma duvarın kırılma yükü 65 kN iken güçlendirilmiş yığma duvar 80 kN'luk yük taşıyabilmiştir. Epoksili FRP malzemesiyle güçlendirilmiş yığma duvarın $a_2=1,44g$ 'lik bir ivme etkisi ile, güçlendirilmemiş duvarın ise $a_1=0,468g$ 'lik bir ivme

etkisi ile kırıldığı tespit edilmiştir. Böylece epoksili FRP ile yatay derzlerin güçlendirilmesinin duvarın sismik dayanım performansını yaklaşık 3 kat arttırdığı sonucuna varılmıştır. [23].

Özsaraç 2009, bu çalışmasında DOKUMA GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer) malzemesinin yığma tuğla duvarların güçlendirmesi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Bunun için dolu harman tuğlasından 9,5x4,5x2,5 cm boyutlarında kesilerek üretilmiş model tuğlalar kullanarak 19,5x1,5x4,5 cm boyutlarında numune duvarlar üretmiş ve bunlarla çalışmıştır. Bu numune duvarlar çapraz şerit, çapraz ayrıklı şerit ve tüm yüzey olmak üzere 3 farklı tipte güçlendirmeye tabi tutulmuştur. Her bir deney grubu için 12 adet numune üretilmiştir. Bu numune duvarların altı tanesine ön hasar verilip daha sonra da epoksi ile güçlendirilmiştir. Diğer altısına ise hasar verilmeden güçlendirmeye tabi tutulmuştur. Hasar verilmiş ve hasar verilmemiş numune duvarların yarısına tek taraflı diğer yarısına ise çift taraflı güçlendirme uygulanmıştır. İlk deney grubunda, GFRP malzemesi 2,5 cm'lik iki adet şerit olarak duvar yüzeylerine aplik edilmiştir. İkinci deney grubunda, bir adet 1,5 cm ve iki adet 0,5 cm'lik şeritler olarak duvar yüzeylerine yapıştırılarak güçlendirme işlemi yapılmıştır. Son deney grubunda ise GFRP malzemesi duvar numunelerinin tüm yüzeyine yapıştırılmıştır. Daha sonra tüm numune duvarlara düşey yük ve deprem yükünün bileşkesini karşılamak için, derzlerle 45 derece açı yapacak şekilde basınç yükü uygulanmıştır (Şekil 1.19.). Deneylerin sonucunda; tüm yüzeye GFRP aplik edilen numunelerde en büyük dayanım artışının meydana geldiği görülmüştür. Tüm numune gruplarında önemli bir süneklik artışı tespit edilmiştir. Ayrıca GFRP malzemesinin şerit olarak uygulandığı durumlarda da büyük dayanımın artışları gözlemlenmiştir [22].



Şekil 1.19. Güçlendirilmiş numunenin yükleme öncesi ve sonrasındaki durumu [22]

Aş 2007, bu çalışmada Osmanlı mimarisinde sıra ev konut tipinin ilk örneği olan Akaretler Sıraev Grubu taşıyıcı duvarlarından alınan tuğlalar ile örülen duvar numuneleri ile çalışmıştır. Bu numuneler 400x400x260 mm boyutlarında olup toplamda 12 adet üretilmiştir. Bunların 2 tanesi güçlendirme yapılmadan referans grubu olarak alınmıştır. Kalan numunelerden 2 tanesi tamir harcıyla, 8 tanesi ise cam lifli polimer kompozitlerle güçlendirilmiştir. Daha sonra bu numuneler monoton artan veya tekrarlı yükler altında çekme deneylerine tabi tutulmuştur. Cam lifli polimer kompozit ile güçlendirilen numunelerde, kompozit kalınlığı, kompozitlerin numunelere ankraj şekilleri gibi faktörler de analiz edilmiştir. Ancak lifli polimer kompozit, sıva ve tuğla yüzeyinden ince bir tabaka olarak ayrıldığından kompozitin gerçek performansından faydalanamamışlardır. Bu nedenle kompozit kalınlığının numune davranışına bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Yapılan çekme deneyleri sonrasında; tamir harcı ile güçlendirilen numunelerin dayanımlarının referans numunelere göre 1,6 kat arttığı hesaplanmıştır. Cam lifli polimer kompozit ile güçlendirilen numunelerin dayanımı ise referans numunelere göre 3,3 kat artmıştır. Ankraj uygulamalarının numunelere etkisi incelendiğinde ise, sürekli ankraj uygulamasının numunelerin şekil değiştirebilme yeteneklerini arttırdığı gözlenmiştir. Katlamalı ankraj uygulaması ise numunelerin şekil değiştirme yeteneklerine ek olarak maksimum yük kapasitesini ve kesme dayanımını arttırmıştır [24].

Yılmaz 2010, bu çalışmasında boşluklu tıgma ile üretilen yığma duvarlara CFRP malzemesinin güçlendirme etkisini araştırmıştır. Ayrıca güçlendirme ile beraber boyut etkisi de çalışılmış olup, boyutun numunede dayanım, başlangıç rijitliği, deformasyon yeteneği ve enerji yutma kapasitesi gibi özelliklerine etkisi incelenmiştir. Bunun için toplamda 36 adet duvar numunesi üretilmiştir. Numuneler 3 grup halinde üretilmiştir. İlk grupta aynı boyutlardaki numunelere harç tipinin etkileri incelenmiştir. İkinci grupta aynı harç tipi fakat 350x350x70 mm ve 700x700x70 mm boyutlarında olmak üzere farklı iki boyut özelliğindeki numune grupları deneye tabi tutulup boyut etkisi araştırılmıştır. Son grupta ise güçlendirmenin etkilerini inceleyebilmek için CFRP malzemesi ile güçlendirilmiş numuneler üretilmiştir. Delikli tuğlalardan hazırlanan numunelere; delik yönünde, deliğe dik olacak şekilde ve diyagonal çekme etkileri oluşturacak şekilde yük verilerek deneye tabi tutulmuştur. Deneyler 5000 kN kapasiteli Instron deney cihazında 0,2 mm/dakika yükleme hızıyla yer değiştirme kontrollü olarak yapılmıştır (Şekil 1.20.). Deneylerin sonucunda, boyut artışının numunelerde basınç dayanımı ve kayma dayanımını azalttığı görülmüştür. Güçlendirme işleminin ise numunelerin basınç dayanımı, kayma dayanımı, deformasyon yeteneği ve enerji yutma davranışını geliştirdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca güçlendirme ile numunenin göçme şeklinin değiştiği de görülmüştür. CFRP ile güçlendirilmiş numunelerde CFRP malzemesinin donatı etkisi gösterdiği ve duvarın parçalanmasını önleyerek hasarı azalttığı sonucu elde edilmiştir [25].



Şekil 1.20. Numunenin deney sonrası hasar durumu ve çatlak genişlikleri [25]

Kanıt ve Döndüren 2008, yaptıkları bu çalışmada normal harçla hazırlanan bir duvar numunesiyle, bağlayıcı özelliği arttırılmış bir harçla hazırlanan duvar numunesinin mekaniksel davranışları arasındaki farkları incelemişlerdir. Bunun için 6 adet aynı boyutlardaki duvar numunesi farklı tipte harçlar kullanılarak hazırlanmış daha sonra hazırlanan yığma duvar numuneleri standart kayma gerilmesi deneylerine tabi tutulmuştur (Şekil 1.21.). Deneylerin sonucunda en uygun katkı maddesi belirlenmiştir ve normal harçla örülmüş numune ile en iyi sonucu veren katkı maddesi ile örülmüş numune arasındaki farklar incelenmiştir. Deney sonucunda oluşan çatlaklar, kayma gerilmesi değerleri ve yük-deplasman grafikleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar göstermiştir ki bağlayıcı özelliği arttırılmış harçla hazırlanan numune normal harçla hazırlanan numuneye göre 2 kat daha fazla yük taşımıştır. Ayrıca yığma duvar numunelerinde bağlayıcı özelliği arttırılmış harç kullanmak, numuneyi yatay yüklere karşı daha dayanıklı hale getirmiştir [26].



Şekil 1.21. Duvar numunesinin deney sırasındaki ve sonrasındaki durumu [26]

Taghdi, Bruneau ve Saatçioğlu 2000, çalışmalarında diyagonal ve düşey çelik şeritlerle güçlendirilmiş betonarme ve yığma taşıyıcı duvarları incelemişlerdir. Bunun için 20x180x180 cm ebatlarında 6 adet numune üretmişlerdir. Bunlardan ikisi deprem yönetmeliğinden önceki tasarım kuralları dikkate alınarak hazırlanmış minimum donatı oranlı betonarme perde olarak üretilmişlerdir. Kalan 4 duvar numunesi 2 gruba ayrılmıştır. Bu gruplardan birinde duvar içine donatı yerleştirilerek güçlendirme yapılmıştır, diğer gruba yapılmamıştır. Her iki gruptaki duvar numunelerinden birine, Şekil 1.22.'de gösterildiği şekilde çelik şeritlerle güçlendirme yapılmıştır. Daha sonra yığma duvar numuneleri üzerine konulan betonarme kiriş

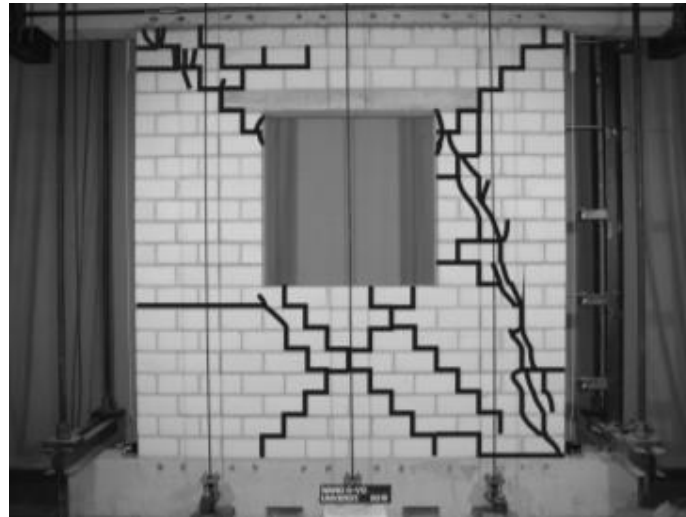
yardımıyla yatay yük uygulanmıştır. Deneilerin sonucunda çelik şeritlerle güçlendirme işleminin yığma duvarların enerji sönümleme kapasitesini önemli ölçüde arttırdığı tespit edilmiştir [27].



Şekil 1.22. Çelik şeritlerle duvar güçlendirme [27]

Dusi, Manzoni ve Mezzi 2011, bu çalışmalarında ince katmanlı sıva içerisine yerleştirdikleri yenilikçi polimer ağlar ile güçlendirilmiş yığma tuğla duvarları sismik geliştirme için bir araç olarak kullanmış ve bu yığma duvarların performanslarını analiz etmişlerdir. Yığma duvar numuneleri üzerine kireç esaslı sıva ile uygulanan bu polimer ağlar, yığma duvarların sünekliliğini arttırmayı hedeflemektedir. Richter Gard RG TX isimindeki bu polimer ağlar eşit açılı üçgenlerin birbirlerine monolitik yapıda bağlanmalarıyla oluşmaktadırlar. Deneyler; sıva veya güçlendirme uygulanmamış referans numuneler, sıvalı numuneler ve polimer uygulanmış güçlendirilmiş numuneler olmak üzere 3 grupta yapılmıştır. Yapılan deneylerin sonucunda güçlendirilmemiş numunelerde belirgin diyagonal çatlaklar oluşurken, polimerlerle güçlendirilmiş numunelerde küçük aralıklı fakat duvarın tüm yüzeyine yayılan çok sayıda çatlak oluşmuştur. Bu sonuç, polimer ağların gelen enerjiyi sönümleyerek sünekliliği arttırdığını göstermiştir. Kesme deneylerinin sonucu analiz edildiğinde ise polimer ağla güçlendirilmiş duvar numunelerinin dayanımının güçlendirilmemiş numunelerinin dayanımından 1,5 kat daha fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca polimer ağlarla yığma duvarların güçlendirilmesi işleminin düşük maliyetle etkili bir güçlendirme yöntemi olduğu sonucuna ulaşılmıştır [28].

Wallner 2008, Karlsruhe Teknoloji Enstitüsü laboratuvarında yaptığı bu çalışmasında fiber takviyeli kompozitlerin (FRC) güçlendirme amaçlı kullanımını incelemiştir. Bunun için üçlü yığma duvar numuneleri üzerine elyaf takviyeli farklı türlerde kompozit güçlendirme malzemeleri uygulamıştır. Bu farklı tipteki FRC-laminantların performanslarını ve lif oryantasyonunun etkilerini analiz etmek için bu numuneler üzerinde çok sayıda deneyler yapmıştır (Şekil 1.23.). Daha sonra uygun FRC tipleri belirlenerek tam ölçekli duvarlara uygulanmıştır. Yapılan kesme deneyleri sonucunda karbon fiber kumaş ve polimer çimento harcı kombinasyonu en iyi genel performansı gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca elyaf plastik laminant malzeme ile fiber takviyeli kompozit malzeme karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu incelemelerin sonucunda fiber takviyeli kompozit malzemesinin numunelere tek taraflı uygulanması durumunda, elyaf plastik laminant malzemenin çift taraflı uygulanması durumuna göre yük taşıma kapasitesinin daha fazla olduğu görülmüştür. Deneysel çalışmalara ek olarak kompozit malzemelerle güçlendirilmiş duvarların sayısal simülasyonu için detaylı modellemeler de yapılmıştır. Uygulanan testlerin küçük numuneler ve gerçek duvarlı duvarlar üzerindeki simülasyonları, hem güçlendirilmemiş hem de yenilenmiş numuneler için deneysel ve sayısal sonuçlar arasında iyi korelasyonlar göstermiştir [29].



Şekil 1.23. Test düzeneği ve deney sonrasındaki çatlak durumları [29]

Oliveria DVC 2003, bu çalışmasında güçlendirilmiş bloklü yığma yapıların döngüsel yükleme altındaki davranışlarını belirlemek ve oluşan çatlak modellerini analiz

etmek için hem deneysel hem de sayısal çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmaların tamamı Minho Üniversitesi ve Katalonya Politeknik Üniversitesi'nin yapı laboratuvarlarında gerçekleşmiştir. Deneysel çalışmalarda, tarihi yapılardaki taş bileşenlerin ve bu taşlardan oluşan tarihi yapıların mekanik davranışları hakkında veri toplamak amaçlanmıştır. Deneysel taş ve tuğla örnekleri üzerinde kontrollü testler uygulanmış olup bu malzemelerin karakterizasyonunu belirlemek hedeflenmiştir. Bu testlere ek olarak yedi kuru taş duvar numuneleri inşa edilmiş, bu numuneler kesme deneylerine tabi tutulmuştur. Duvar numunelerinin davranışlarının sayısal analizi için mikro modelleme stratejisi kullanılmıştır. Arayüz elemanları için geliştirilen mevcut monotonik yapı modelinden başlayarak, tamamen plastiklik teorisine dayanarak, arayüz elemanlarının döngüsel yüklenmesini tanımlayabilen yeni bir yapısal model önerilmiştir. Önerilen kurucu model DIANA sonlu eleman kodunun pilot versiyonunda uygulanmıştır. Daha sonra, literatürdeki uygun deneyler geliştirilen model kullanılarak simüle edilmiştir. Çalışmaların sonucunda sayısal verilerin deneysel sonuçlarla büyük ölçüde tutarlılık gösterdiği tespit edilmiştir [30].

Lourenço, Barros ve Oliveira 2004, yaptıkları çalışmada üçlü yığma duvar numuneleri ile beraber gerçek duvar boyutlarıyla hazırlanmış numuneleri çeşitli kesme deneylerine tabi tutmuşlardır. Yapılan deneylerin sonucunda dayanım parametreleri hesaplanıp; gerilme altındaki derz davranışları ve deneyler sonucunda oluşan çatlak modelleri gözlemlenmiştir [31].

Lourenço 1996, yılında hazırladığı 'yığma yapılar için çözümleme teknikleri' adlı doktora tezi yığma yapılar hakkında çalışmak isteyenlere örnek olacak nitelikte olup bu konu hakkında yapılan deneysel araştırmaların temelini oluşturur. Lourenço çalışmasında mikro modelleme tekniğini kullanarak yığma yapılar için bir matematik modeli oluşturmuştur. Bu modelde kesme, çatlama ve göçme mekanizmalarını bir arada kullanmıştır ve yığma duvarın elemanları ile aralarındaki harcın birbirine etkisini anlatan davranışı ifade etmek için modelin adına kompozite enterfaz ismini vermiştir. Bu modeli tanımlayabilmek için Zurich Institute of Structural Engineering duvarları üzerinde çalışmıştır. Daha sonra bu mikro modelden yola çıkarak yığma blok, harç ve aralarındaki bağlantıyı tek bir malzeme olarak ifade ettiği bir makro

model geliştirmiştir. Bu model sonucunda yığma duvarların dayanımları, elastisite modülleri ve kırılma enerjileri değerleri elde etmiştir [32].

ElGawady, Lestuzzi ve Badoux 2007, yılında yaptığı çalışmasında yığma duvarların FRP ile güçlendirilmelerinin sonuçlarını çalışmıştır. Bunun için 4 adet güçlendirilmemiş yığma duvar numunesi inşa edilmiştir. Bu numuneler inşa edilirken Orta Avrupa'daki yığma duvarların davranışını doğru bir şekilde yansıtabilmesi için boşluklu killi tuğlalar kullanılmıştır. Harç seçimi ise düşük dayanımlı harçlardan yana olmuştur. Bu 4 numuneden 3 tanesine teste tabi tutulmuş ve sonrasında hasar gören numunelere güçlendirme yapılmıştır. Hasar gören numunelerin 2 tanesine GFRP, 1 tanesine ise AFRP güçlendirmesi yapılmıştır. Kalan sonuncu numune ise herhangi bir teste tabi tutulmadan FRP güçlendirmesi uygulanmıştır. Tüm güçlendirme uygulamaları tek taraflı yapılmıştır. Daha sonra tüm numuneler; moment/kesme kuvveti 0,50 ve 0,70 olmak üzere sabit bir düşey yük altında test edilmişlerdir. Deneylerin sonucunda, güçlendirilmiş numunelerde süneklik ve dayanım artışları gözlemlenmiştir. Ayrıca incelenen parametrelerden biri de FRP'nin aksenal rijitliğidir. FRP'nin aksenal rijitliği arttıa yığma numunelerde yanal dayanımın ciddi miktarda arttığı grlmştir [33].

Arslan 2013, bu çalışmasında düşük dayanımlı geleneksel betonlarla üretilen dolgu duvarlı çerçeveleri cam lifli polimer esaslı deprem kumaşı ile güçlendirmiş ve deprem kumaşının, dolgu duvarlı çerçevelerin düzlem içi-düzlem dışı davranışlarına etkilerini deneysel çalışmalarla ispatlamayı hedeflemiştir. Bu amaçla toplam 11 adet tek katlı ve tek açıklıklı betonarme çerçeveler üretilmiştir. Bu erevelerin 8'i düzlem içi, 3' ise düzlem dışı yüklere maruz bırakılmıştır. şekil 1.24.'te görüldüğü gibi bu çerçeveler; referans, tuğla dolgu duvarlı, deprem kumaşlı tuğla dolgu duvarlı ve deprem kumaşlı gaz beton dolgu duvarlı olmak üzere çeşitli şekillerde hazırlanarak deneylere tabi tutulmuştur. Hazırlanan kirişlere kolon-kiriş birleşim bölgelerinden yk alacak şekilde orta noktasından yatay yük uygulanmıştır. Deneylerin sonucunda elde edilen frekans, mod şekilleri ve sönüm oranları gibi değerlerin, SAP2000 yazılımı yardımıyla teorik olarak da sağlaması yapılmıştır. Yapılan malzeme özellikleri ve sınır koşullarında iyileştirmeler yapılmıştır. Yapılan

analizlerin sonucunda; deprem kumaşı kullanımının çerçevelerde; taşıma kapasitesi, enerji tüketme kapasitesi ve yer değiştirme sünekliğini büyük ölçüde arttırdığı görülmüştür. Buna ek olarak deprem kumaşının; yatay yüke maruz kalan duvarı dağılarak kırılma davranışından koruduğu, dolayısıyla da can ve mal kaybını azaltabileceği sonucuna varılmıştır [34].



Şekil 1.24. Düzlem içi davranışı incelenen çerçevenin deney sırasındaki görünümü [34]

Ehsani ve diğ. 1999, yılında yaptığı bu çalışmada GFRP malzemesinin güçlendirme etkilerini çalışmıştır. Bu amaçla biri referans olarak kullanılmak üzere 4 adet duvar numunesi üretilmiştir. Boyutları 0,71x1,22 olan duvar numunelerinin her iki yüzeyine çeşitli genişliklerde GFRP malzemesi epoksi reçinesiyle yapıştırılarak güçlendirme işlemi uygulanmıştır. İlk numunede GFRP malzemesi ön yüzeye 3,4 cm, arka yüzeye 10,1 cm, ikinci numunede ön yüzeye 5,4 cm, arka yüzeye 2,7 cm genişliğinde olmak üzere applike edilmiştir. Son numunede ise her iki yüzeye de 8,1 cm genişliğinde GFRP malzemesi yapıştırılmıştır. Daha sonra tüm numuneler tekrarlı düzlem dışı yükler altında deneye tabi tutulmuşlardır. Yapılan deneylerin sonucunda referans numunesi ilk çatlağını 4,13 kPa'da gösterirken, cam fiber kompozit malzemesiyle güçlendirilen numunelerde 10,3 kPa'a kadar dayanım gösteren bir yüzü olmuştur. Bu sonuçlara dayanarak GFRP malzemesinin duvar numunelerindeki gevrek kırılmayı önlediği; süneklik kapasitesini ve dayanımı ise önemli ölçüde arttırdığı belirtilmiştir [35].

Rizzo 2015, L. Stempniewski ve E. Çelebi danışmanlığında yürütülen ve DAAD ve Sakarya Üniversitesi tarafından desteklenen bu çalışmada; Karlsruhe Teknoloji Enstitüsü laboratuvarında yapıların deprem performansını artırmak için on yıllık bir çalışma sonucu geliştirilen alkali dirençli cam ve polipropilen esaslı, hibrit ve çok eksenli özel bir sismik kumaş ile çeşitli deneyler yaparak yığma duvar numuneleri üzerindeki güçlendirme etkilerini araştırmıştır [36]. Bu araştırma için bims blok elemanlarından 6 adet yığma duvar numunesi üretilerek 3 tanesinin her iki yüzeyine bahsi geçen sismik kumaştan yapıştırılarak güçlendirme işlemi uygulanmıştır. Bu uygulamada yapıştırma sıvası olarak beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı özel bir yapıştırma sıvası kullanılmıştır. Şekil 1.25.'te görüldüğü üzere, üretilen tüm numuneler basma-çekme test cihazında üç noktalı kesme deneylerine tabi tutulmuştur.

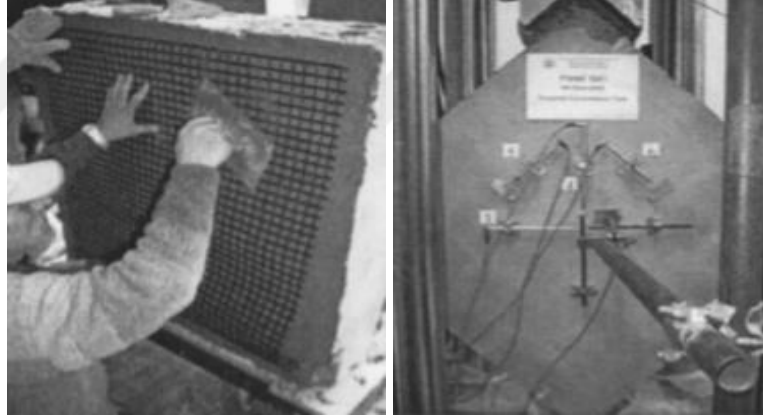


Şekil 1.25. Deney düzeneği [37]

İlk etapta referans olarak üretilen 3 numune test edilmiş, sonrasında güçlendirilmiş numuneler test edilerek mekanik davranışları karşılaştırılmıştır. Güçlendirilmiş numunelerde referans numunelerin aksine sünek bir kırılma gerçekleşmiş ve numunede dağılma olmamıştır. Ayrıca sismik kumaş ile beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı özel yapıştırma sıvasının birleşimiyle gerçekleşen güçlendirme işleminin kesme kapasitesi değerlerinde %65 artış gerçekleştirdiği analiz edilmiştir [37].

Prota ve diğ. 2006, yılında yaptığı bu çalışmada Akdeniz bölgesinin önemli bir parçası olan sünger taşıyla sismik alanlarda inşa edilmiş olan yapıların

güçlendirilmesini araştırmıştır. Bu amaçla sünger taşı ile 1030x1030x250 mm boyutlarında 4 adet güçlendirilmemiş, 8 adet de çimento esaslı cam lifli harç kullanılarak cam lifli polimerler ile güçlendirilmiş duvar numuneleri üretilmiştir. Şekil 1.26.'da görüldüğü gibi numunelerin bir kısmına tek taraflı, bir kısmına ise çift taraflı güçlendirme uygulanmıştır. Üretilen bu numuneler diyagonal çekme etkileri altında deneylere tabi tutulmuştur. Meydana gelen yer değiştirme değerleri de yer değiştirme ölçerlerle belirlenmiştir. Bu deneylerden sonra 180x100x60 mm boyutlarındaki 3 sünger taşı çimento harcı ile bir araya getirilerek 3 adet numune üretilmiş ve basınç gerilmeleri altında sıkıştırılarak üçlü kesme testlerine tabi tutulmuştur. Yapılan deneylerin sonucunda çimento esaslı cam lifli harç kullanılarak cam lifli polimerler ile güçlendirilmiş numunelerin sünekliğinin ve kesme dayanımlarının arttığı görülmüştür. Çift taraflı güçlendirilmiş numunelerde çatlakların yüzeye homojen bir şekilde yayıldığı tespit edilmiştir [38].



Şekil 1.26. Lifli polimer uygulaması ve deney düzeneği

BÖLÜM 2. YIĞMA YAPILARIN ÖZELLİKLERİ

2.1. Yiğma Yapının Tanımı

Taşıyıcı sistemleri duvarları olan yapılara yiğma yapılar denir. TS2510 Kargir Duvarlar Hesap ve Yapım Kurallarında kargir duvar ve yiğma kargir yapı için aşağıdaki tanımlamalar mevcuttur:

Kargir duvar, doğal taşların veya tuğla, beton, briket, kireç kumtaşı gazbeton blok vb. yapay taşların, kireç, çimento vb. bir mineral bağlayıcı ile yapılmış harç kullanılarak örülmesi yolu ile oluşturulan yapı elemanıdır.

Yiğma kargir yapı, taşıyıcı duvarları kargir duvar tarifine uyan ve döşemeleri betonarme veya betonarmenin verdiği kadar yatay bütünlük (rijitlik) sağlayan başka bir tip döşeme olan yapıdır [39].

Bu tanımlar göz önünde bulundurulduğunda; yiğma yapıların dayanımlarının, yiğma yapıları oluşturan elemanlar ve onları bağlayan harçların dayanımına bağlı olduğundan, bu malzemeleri yakından incelememiz gerekmektedir.

2.2. Kullanılan Malzemeler

Bu bölümde yiğma yapılarda kullanılan doğal taşlar, harman tuğlası, fabrika tuğlası, bims, kerpiç ve harçlar hakkında genel tanımlamalara yer verilecektir.

2.2.1. Doğal taşlar

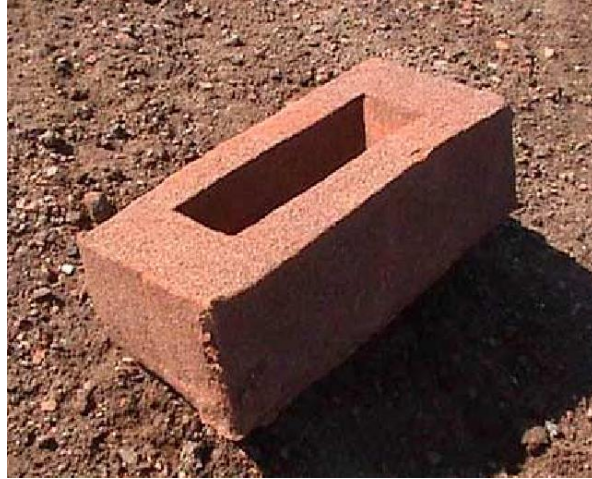
Doğal taşlar; taş ocaklarından çıkarılan ve yapı işlerinde kullanılmaya uygun özellikleri olan malzemelerdir. Basınç dayanımları yüksek olup, çekme dayanımları düşüktür. Yığma yapı inşaatlarında kullanılacak doğal taşlar; yüzeylerinde ayrışma ya da renk değiştirme olmaksızın homojen görünümde olmalıdırlar [40]. Kırıldıklarında ise keskin köşeli olmamalı veya kum gibi dağılmamalıdırlar. Eski yığma yapılarda çoğunlukla doğal taşlar kullanılmış olsa da 2007 yılında yayınlanan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik; doğal taşların yığma yapıların sadece bodrum ve zemin katlardaki taşıyıcı duvarlarında kullanılmasına izin verdiği için günümüzde öncelikli tercih değildir [41]. Doğal taşların TS2513'te belirtilen mekanik özellikleri Tablo 2.1.'de verilmiştir.

Tablo 2.1. TS 2513, Doğal yapı taşları mekanik özellikleri [42]

Taşın Cinsi	Minimum Basınç Dayanımı (Kg/Cm ²)	Eğilmede Minimum Çekme Dayanımı (Kg/Cm ²)
Kalker, traverten, kireç bağlayıcılı kumtaşı	350	30
Yoğun kalker, dolomit, bazalt	500	40
Silis bağlayıcılı kumtaşı, grovak	800	60
Granit, siyenit, diorit, melafir, diabaz, andezit	1200	75
Diğer tortul ve metamorfik taşlar	500	50
Diğer püskürtük taşla	1400	80

2.2.2. Harman tuğlası

Tuğla hamurunun kalıplarda biçimlendirilip, doğal yollarla kurutulması ve harman yerindeki ocaklarda pişirilmesi sonucu üretilir. Ocaklarda pişirilme yöntemlerinin ilkelliği sebebiyle basınç dayanımları açısından birbirlerinden farklılıklar gösterirler. Bu nedenle günümüzde tercih edilebilirliği çok azdır. Standart boyutları 5x9x19 cm'dir. Şekilde harman tuğlası örneği Şekil 2.1.'de verilmiştir.



Şekil 2.1. Harman Tuğlası [43]

2.2.3. Fabrika tuğlası

Tuğla hamurunun makinelerle biçimlendirilip, yapay yöntemlerle kurutulması ve fabrika fırınlarında pişirilmesi sonucu üretilir. Fabrikalarda üretildiğinden biçimleri oldukça düzgündür. Dayanımları ve suya dayanıklılıkları harman tuğlalarına göre daha yüksektir. Normal, modüler ve blok tuğla olmak üzere 3 tipte üretilirler.

2.2.4. Bims

Ham maddesi pomza taşı olan yapı malzemesidir. Pomza tanım olarak TS 3234'te; birbirine bağlantısız boşluklu, sünger görünümlü silikat esaslı, birim hacim ağırlığı genellikle 1 gr/cm^3 'ten küçük, sertliği Mohs skalasına göre yaklaşık 6 olan ve camsı doku gösteren volkanik bir madde; şeklinde ifade edilmiştir. Bims blok örneği Şekil 2.2.'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Bims blok

Volkanik faaliyetlerle oluşan bims, bir kayaç malzemesidir. Gözenekli yapıda olmalarının nedeni oluşmaları sırasında ani soğuma yaşanması ve bünyedeki gazların ortamı aniden terketmesidir. Bu gözenekli yapı; bimsin ısı ve ses yalıtımı yeteneğine sahip olmasını sağlar. Bims aynı zamanda yangına çok dayanıklı bir malzemedir. Dünya üzerinde bims rezervlerine sahip olan ülkeler; Türkiye, ABD, Almanya, İngiltere, İtalya, İzlanda, Yeni Zelanda ve Yunanistan'dır [44]. Türkiye, dünyadaki bims rezervlerinin %40'ına sahiptir [3]. Bimsin mekanik özellikleri incelendiğinde basınç dayanımı ortalamasının $1,5 \text{ N/mm}^2$ değerinde olduğu görülmektedir. Diğer mekanik özellikleri de Tablo 2.2.'de verilmektedir.

Tablo 2.2. Bims mekanik özellikleri

	BİRİM	BİMS
Ebat	cm	19*39*18,5
Sarfiyat	adet/m ²	12,5-13
Basınç Dayanımı	N/mm ²	1.5
Isıl Direnç	W/mK	0.22
Yangına Dayanım	-	A1
Tolerans Kategorisi	-	D1
Brüt Kuru Birim Hacim	kg/mm ³	550
Kütlesi		
Net Kuru Birim Hacim	kg/mm ³	750
Kütlesi		
Elastisite Modülü	kgk/cm ²	70000

Son yıllarda ülkemizde; Orta Anadolu, Doğu ve Güneydoğu Anadolu'daki TOKİ inşaatları başta olmak üzere, konut inşaatlarında bims blokların yapı malzemesi olarak tercih edilme oranı giderek artmaktadır. Bims bloklar boyut ve şekil durumlarına göre: bims tuğla, boşluklu duvar bims blokları ve asmolen bloklar olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır [45].

2.2.5. Kerpiç

Killi veya kile benzer topraklarla; saman, saz, kaba ot, ağaç dalları, testere talaşları gibi maddelerin su ile karıştırılıp kalıplara döküldükten sonra güneşte kurutulması sonucu üretilen yapı malzemelerine kerpiç blok denir. Özellikle ülkemizin kırsal bölgelerinde kullanılan kerpiçin, günümüzde asfalt, alçı, çimento gibi yeni içeriklerle

mekanik özellikleri iyileştirilmektedir. Kerpiç suya dayanıklılığı çok düşük olan bir yapı malzemesidir. Ana kerpiç ve kuzu kerpiç olmak üzere 2 boyutta üretilirler.

2.2.6. Harç

Yapı elemanlarını birleştirmek için kullanılan harçlar, TS 2848 Kargir Duvar Harçları ile ilgili standartlarda şu şekilde tanımlanır: “Duvar harcı, TS 2717' ye uygun harç kumu ile bağlayıcı olarak çimento, kireç hamuru, söndürülmüş toz kireç, harç çimentosunun ayrı ayrı veya bir kaçı bir arada kullanılarak ve yeteri kadar su ve gerektiğinde katkı maddeleri ile karıştırılarak elde edilen ve duvarların örülmesinde kullanılan yapı malzemesidir.” Harcın bağlı bulunduğu yığma eleman yüzeyi ile arasındaki yapışma kabiliyeti çok önemlidir. Bu nedenle harcın kullanılacağı alana göre karışımdaki su miktarları değişmektedir. Horasan harcı, kireç harcı, çimento harcı gibi çeşitleri mevcut olan harçlar; basınç dayanımları 150 kg/cm^2 ila 5 kg/cm^2 arasında değişmek üzere 5 gruba ayrılırlar. Bu 5 adet harç sınıfının hacim oranları Tablo 2.3'te verilmiştir.

Tablo 2.3. Harç sınıflarına göre hacim oranları [23]

Harç Sınıfı	Tip No	Kum	Çimento	Harç Çimentosu	Kireç Çamuru	Toz Kireç
A	-	3	1	-	-	-
	1	4	1	-	-	-
B	2	4	1	1/2	-	-
	3	4	1	-	-	½
	4	4	1	-	-	1
C	1	7-9	1	2	-	-
	2	5	1	-	-	-
	3	5	1	-	1	-
D	1	6-8	1	-	2	-
	2	6-8	1	-	-	3
	3	2-3	-	1	-	-
E	-	3	-	-	1	-

Horasan harcı, tarihi yapılardaki elemanları birbirlerine bağlayan malzemedir. İçeriğinde; pişirilip öğütülen horasan kili, kireç, su, zeytinyağı, yumurta sarısı gibi malzemeler mevcuttur. Kireç harcı ise çok eski zamanlardan beri kullanılan şekil değiştirme yeteneği çok fazla olan harç türüdür. Karışımda söndürülmemiş kireç kullanılırsa, sönme işlemi yapıda gerçekleşir ve harç üzerinde çatlamalara neden

olur. Çimento harcı; günümüzde en çok tercih edilen harç tipidir. Genellikle yığma yapılarda dış duvarların örülmesi esnasında bağlayıcı olarak kullanılan bu harç tipinde kum ve çimento hacimsel oranı 1:4 olmalıdır [46].

2.3. Yığma Yapı Elemanları

Kemer, tonoz, kubbe, sütun ve duvar gibi yığma yapı elemanları bu bölümde incelenmiştir.

2.3.1. Kemerler ve tonozlar

Kemerler; yatay ve düşey yükleri her iki yanlarındaki ayak noktalarına yönlendirerek yapının gelen yükü taşımasını sağlayan yığma yapı elemanlarıdır. Tonozlar ise kemerlere çok benzemekte olup onları kemerlerden ayıran özellikleri açıklık ölçüleridir. Kemer genişliğinin ölçüsü kemerin geçtiği açıklık ölçüsüne eşit ya da ondan büyükse tonoz olarak isimlendirilirler. Yığma yapılarda kemer örneği Şekil 2.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Yığma yapılarda kemer örneği [47]

2.3.2. Kubbeler

Kubbeler büyük yapıların üzerini örtmek için kullanılan yarım küre biçimindeki mimari sistemlerdir. Kubbeli yapılarda tüm yapı; kubbeyi ağırlık merkezi olarak almak suretiyle inşa edilir. Dolayısıyla ağırlık merkezi boşlukta kalır. Bu nedenle yapıya gelen yatay ve düşey yüklerin kararsız davranıp burulmalara yol açmasına engel olmak için kubbeli yapılarda simetri çok önemlidir. Kubbenin yapıya oturduğu ve basıncın devamlılığını sağlayan kısma kasnak adı verilir. Kubbeli yapılarda burulma etkisini azaltmak için kasnak ve alt yapı inşasında çok dikkatli olunmalıdır. Yığma yapılarda kubbeye örnek olarak dünya üzerindeki en büyük açıklık geçebilen kubbeye sahip olan Ayasofya Müzesi Şekil 2.4.'te verilmiştir.



Şekil 2.4. Ayasofya Müzesi'nin kubbesi [48]

2.3.3. Sütunlar

Sütunlar, döşemelerden gelen yükleri tek bir noktadan temele ileterek yığma yapılarda kolon görevi gören düşey yapı elemanlarıdır. Sütunlar tek parça olabildikleri gibi birkaç blok taşın birleşiminden de inşa edilebilirler. Kiriş ya da kemerden gelen yükü toplayan bir sütun başlığı, yükü taşıyan bir sütun gövdesi ve yükü alttaki yapı elemanına ileten bir sütun tabanı olmak üzere 3 parçadan oluşmaktadırlar. Dünyadaki en fazla sütuna sahip olan mabet olarak bilinen İspanya'nın Cordoba şehrindeki Kurtuba Camii içindeki sütunlar Şekil 2.5.'te yığma yapılarda sütun örneği olarak sunulmuştur.



Şekil 2.5. Kurtuba Camii sütunları

2.3.4. Duvarlar

Duvar yapı elemanları, yığma yapılarda taşıyıcı olarak görev yapan, gelen tüm yükleri zemine aktaran düşey düzlemsel elemanlardır. İnşasında kullanılan malzemeye göre taş duvar, tuğla duvar, kerpiç duvar gibi isimlendirmeleri vardır. Duvarlar düzlem içi ve düzlem dışı etkiler nedeniyle taşıma güçlerini kaybederler ve elemanlarda kayma mekanizmaları oluşmaya başlar. Bununla beraber köşegenlerde çatlaklar meydana gelir. Bu çatlakların oluşmasını engellemek ve yatay yüklere karşı direnci arttırmak için duvarların birleşim yerlerinde mesnetlenmelere çok dikkat edilmelidir.

2.4. Yığma Yapılarda Hasarlar

Yığma yapıların taşıyıcı sistemlerini oluşturan yığma duvarlarda oluşabilecek herhangi bir hasar, yapının direkt olarak hasar görmesine hatta yıkılmasına neden olabilirler. Bu nedenle bu bölümde; yığma yapılarda hasar sebepleri, yığma yapılarda hasar türleri, yığma yapılarda hasar düzeyleri ve yığma yapılar için hasar ölçüt tablosu başlıklı konular incelenmiştir.

2.4.1. Yığma yapılarda hasar sebepleri

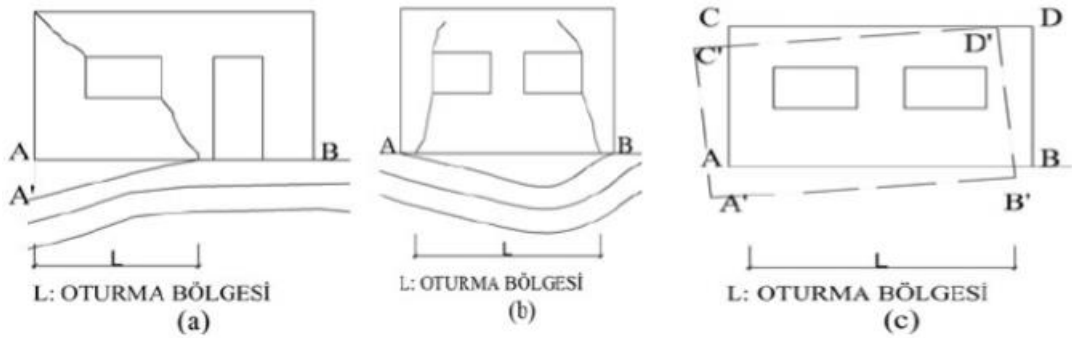
- Yığma yapılarda kullanılan taş, tuğla gibi yapı elemanlarının yeterli dayanıma sahip olmamaları,
- Yığma yapıların taşıyıcı elemanları olan duvarların süneklik kapasitelerinin düşük olmaları,
- Yapı elemanlarını birleştirmek amacıyla kullanılan harçların yetersiz çekme dayanımlarının olması; özellikle de kırsal bölgelerde harç görevi görmesi için çamur kullanılması,
- Kırsal bölgelerde inşa edilen toprak damların yapıya aşırı yük bindirmesi,
- Yığma yapı projelendirilirken deprem yönetmeliğine uyulmaması veya özellikle kırsal bölgelerde herhangi bir tasarım olmadan uygulama yapılması,
- Yığma yapının asimetrik bir biçimde inşa edilerek taşıyıcı duvarların alt katlarda devam ettirilmemesi,
- Kötü malzeme tercih edilmesi,
- İşçiliğin özensiz olması; tek parça halinde çalışması gereken taşıyıcı duvar inşa edilirken elemanları birleştiren harcın homojen bir şekilde yerleştirilmemesi,
- Deprem doğrultusuna dik doğrultudaki uzun ve mesnetlenmemiş duvarlarda büyük duvar deplasmanları olması [22],
- Çatı ve döşemelerin duvarlara iyi mesnetlenmemesi,
- Zemin özellikleri dikkate alınmadan tasarım yapıldığında yapıda gerçekleşen temel oturmaları gibi nedenler yığma yapılarda meydana gelen hasarların başlıca nedenlerindedir.

2.4.2. Yığma yapılarda hasar türleri

Bu bölümde yığma yapılarıdaki hasar türleri; temel oturmalarına bağlı hasarlar ve depreme bağlı hasarlar olmak üzere iki başlık altında incelenmiştir.

2.4.2.1. Temel oturmalarına bağlı hasarlar

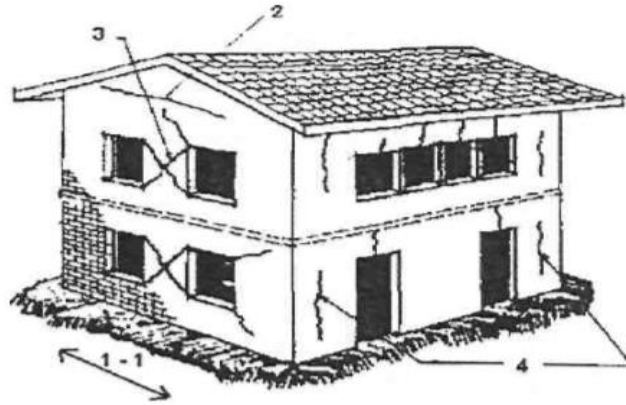
Yığma yapılarda temelin oturduğu zeminde zaman içerisinde küçük ya da büyük çaplı oturmalar yaşanabilir. Bu oturmalar üst yapıda çeşitli çatlaklar meydana getirmektedir. Bu çatlakların genişliği; zemindeki oturmaların miktarına göre değişmektedir. Eğer zemindeki oturma köşelerde yaşanır, çatlak genişliği yapıda üst katlara doğru genişlemektedir. Ancak oturmalar zeminin orta bölgelerinde gerçekleşiyorsa çatlak genişliği üst katlara çıktıkça azalır. Üst yapıda çatlamlara neden olan bir diğer etmen ise; yapının kademeli temel üzerine inşa edilmiş olmasıdır. Temeldeki kot farkları; farklı zemin tabakalarının farklı zaman dilimlerinde oturma yapması nedeniyle zeminde sıkışmalara yol açar, bu da üst yapıda çatlaklara yol açar. Yığma yapılarda taşıyıcı sistemler duvarlar olduğundan; temelde bütün duvarların altında zemine yük aktarmalarını sağlayan temel sömelleri bulunur. Bu da duvarlardaki gerilme miktarlarını en aza indirir. Bu nedenle yığma yapılarda yapının kendi ağırlığından ötürü oturma yapma ihtimali çok düşüktür. Dolayısıyla oturma nedenlerini zemindeki problemlerden kaynaklanmaktadır. Örneğin; yapıdan veya kanalizasyondan kaynaklanan su kaçakları temelin altındaki killi zeminin yapışma kuvvetini azaltarak oturmalara neden olabilmektedir. Ayrıca zemini besleyen su yetersiz kalırsa killi zeminde kurumalar ve büzülmeler gerçekleşir; bu da beraberinde zemin oturmalarını getirmektedir. Yığma yapılarda temel oturmalarına bağlı hasarlar Şekil 2.6.'da sunulmuştur.



Şekil 2.6. Yığma yapılarda temel oturmalarına bağlı hasarlar [49]

2.4.2.2. Depreme bağlı hasarlar

Yığma yapılar da taşıyıcı duvarlar gevrek malzemelerden inşa edildiği için küçük şiddetli depremlerde bile büyük çatlaklara sahip olma potansiyeline sahiptirler. Deprem kuvvetleri, asimetrik planlı veya rijitlik merkezi ile ağırlık merkezinin çakışmadığı yığma binalarda, burulma çatlaklarına yol açar. Yığma yapıda deprem kuvvetini karşılayan duvar, depremin geldiği açıyla paralel olarak konuşlanmış olan duvardır. Deprem kuvveti etkisiyle bu duvarlarda çapraz çekme çatlakları oluşmaktadır. Deprem kuvvetine dik yönde konuşlanmış duvar ise, bir kiriş davranışı göstererek gelen kuvvetin bir kısmını kendisine mesnetli olan temele, bir kısmını ise yine kendisine mesnetli olan üst döşemeye aktarmaktadır. Bu duvarlarda ise düzlem dışı eğilmeden dolayı düşey çatlaklar oluşmaktadır. Üst döşeme ise gelen kuvveti deprem kuvvetine paralel olarak konuşlanmış diğer duvarlara aktarır. Oluşan çatlakların şekilleri ve büyüklükleri; duvarlardaki kapı-pencere boşluk miktarlarına bağlı olarak değişmektedir. Deprem kuvveti etkisiyle kapı ve pencerelerin köşelerinde de eğilme çatlakları meydana gelmektedir. Deprem kuvvetleri etkisi altındaki bir yığma yapıda görülen çatlaklar Şekil 2.7.'de verilmiştir.



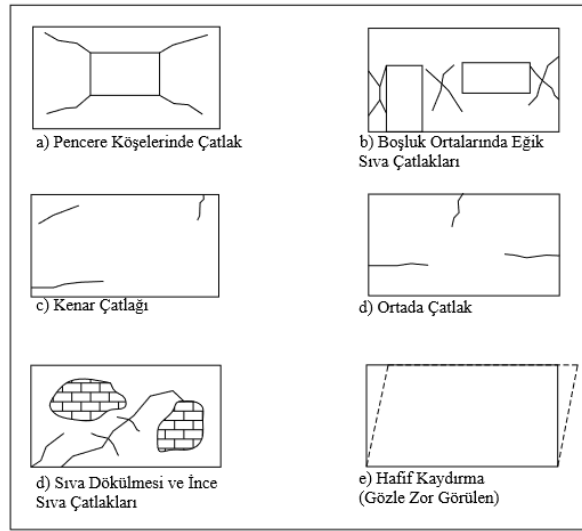
Şekil 2.7. Deprem kuvvetleri etkisi altında yığma yapıda görülen çatlaklar [23]

2.4.3. Yığma yapılar da hasar düzeyleri

Bu bölümde yığma yapılar da oluşan hasarların düzeyleri; az hasarlı, orta hasarlı, ağır hasarlı olmak üzere 3 grupta incelenmiştir.

2.4.3.1. Az hasarlı yığma yapılar

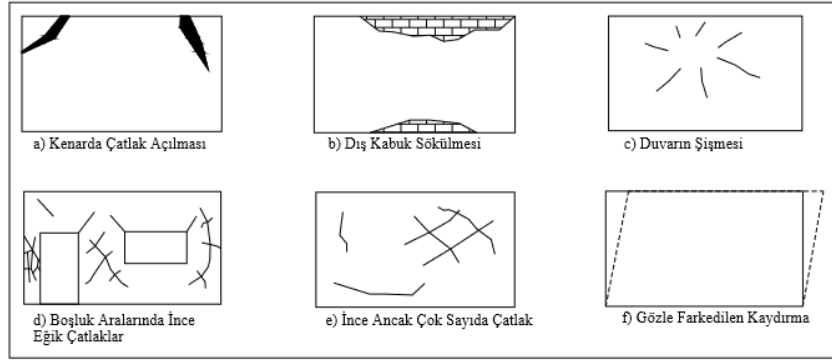
Yapının az hasara uğraması durumunda; duvar sıvasında çatlaklar oluşur. Deprem yönüne paralel olarak konuşlanmış duvarlarda her iki yönde eğik çatlaklar görülmektedir. Deprem yönüne dik olan duvarlarda ise düşey ve yatay çatlaklar ortaya çıkmaktadır. Bu çatlakların genişlikleri 1 ila 10 mm arasında değişmektedir. Yapının az hasara uğraması durumunda, duvarın elastik eğri altında taşıyabileceği kesme kuvveti ancak aşılabilmektedir. (Kaynak: [10] Bayülke, N. 2001. Depremde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, İzmir) Yığma yapılarda az hasarlı duvar örnekleri Şekil 2.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Yığma yapılarda az hasarlı duvar örnekleri [22]

2.4.3.2. Orta hasarlı yığma yapılar

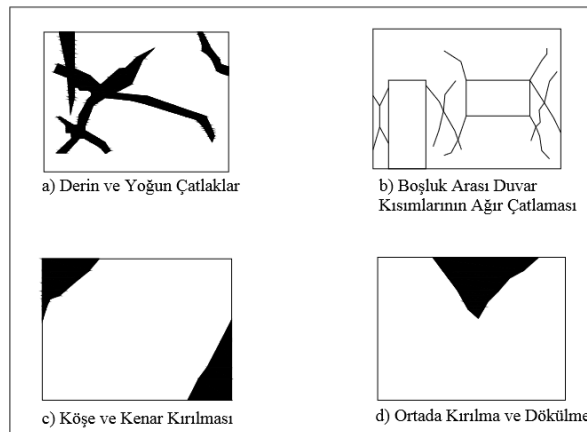
Yığma yapılarda orta dereceleri hasarlar; az hasarlı duvarlardaki çatlakların büyümeleriyle oluşmaktadır. Çatlakların genişlikleri 10 ila 25 mm aralığındadır. Duvarların taşıyabileceği maksimum kesme kuvvetleri yüzde 30 kadar azalma olmakla beraber duvarların düzleminde önemli şekil bozuklukları yaşanmamaktadır [50]. Yığma yapılarda orta hasarlı duvar örnekleri Şekil 2.9.'da sunulmuştur.



Şekil 2.9. Yığma yapılarda orta hasarlı duvar örnekleri [22]

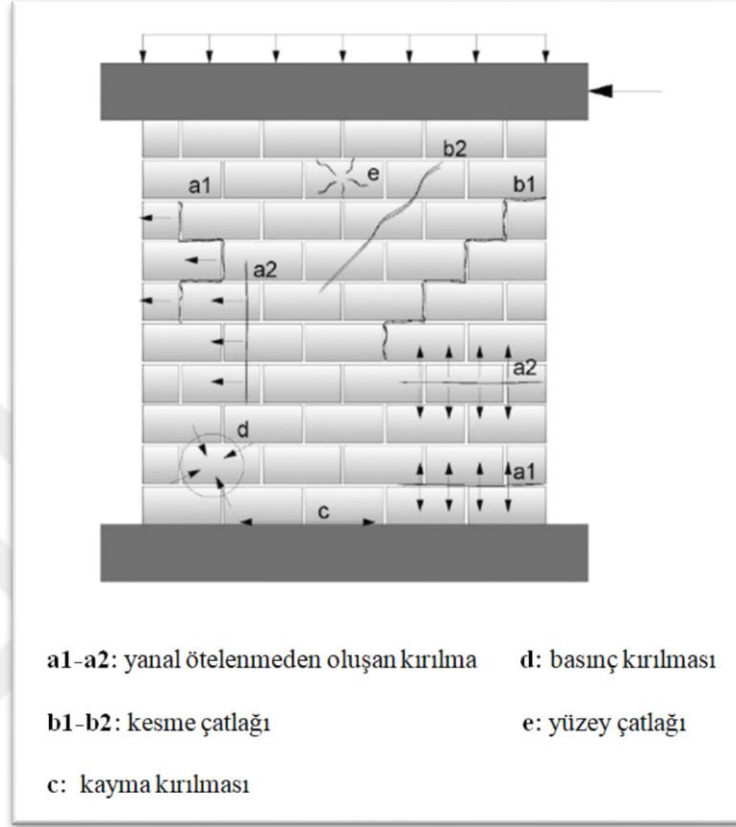
2.4.3.3. Ağır hasarlı yığma yapılar

Ağır hasarlı yığma yapılarda oluşan çatlaklar duvar derinliğindedir. Çatlak derinlikleri 25 mm'yi aşmaktadır. Kesme kuvvetlerinin oluşturduğu çatlakların etkisiyle zayıflayan duvarları bazı bölümlerinde şişmeler meydana gelmektedir. Duvarlar düşey düzlemden uzaklaşmakta ve köşe noktalarından ayrılmaktadırlar. Duvarların bazı noktalarında dökülmeler yaşanmaktadır. Deprem yönü duvara paralel ise, duvar boşluk köşelerinden dışarıya doğru geniş eğik çatlaklar oluşmaktadır; hatta pencerelerin dikdörtgen formlarını kaybettikleri görülmektedir. Deprem yönü duvara dik olduğunda ise, duvar eğilme davranışı gösterir; ancak kesişen duvarlar buna izin vermez. Dolayısıyla oluşan aşırı gerilmeler bu duvarları kırılmaya zorlamaktadır. Yığma yapılarda ağır hasarlı duvarlar Şekil 2.10.'da verilmiştir.



Şekil 2.10. Yığma yapılarda ağır hasarlı duvar örnekleri [22]

Deprem kuvveti ile hasar gören bir yığma yapıda oluşabilecek tüm kırılma tipleri Şekil 2.11.'de bir duvar modeli üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Yığma yapılarda kırılma çeşitleri [36]

2.4.4. Yığma yapılar için hasar ölçüt tablosu

Yığma yapılarda hasar tespiti çatlak genişlikleri incelenerek yapılmaktadır. İstanbul Teknik Üniversitesi Yapı ve Deprem Uygulama Merkezi tarafından hazırlanan yığma yapıların hasar tespitlerinde kullanılmak üzere hazırlanan çizelge Tablo 2.4.'te verilmiştir.

Tablo 2.4. Yığma yapılar için hasar ölçüt tablosu

Çatlak Genişliği	Hasar Derecesi	Açıklamalar
0,1'den az	Önemsiz	Yapıya ve kullanıma etkisi yoktur.
0,1-0,3 mm	Önemsiz, az	Taşıyıcı sisteme ve yapı kullanımına bir etkisi yoktur.
0,3-1,0 mm	Az	Taşıyıcı sisteme bir etkisi yoktur. Estetik açıdan sakıncalı olabilir.
1,0-2,0 mm	Orta	Taşıyıcı sisteme bir etkisi yoktur. Estetik açıdan sakıncalı olabilir. Dış cephe elemanlarının yıpranmasını hızlandırır. Bu düzeydeki çatlaklar ve briketleri, pencere kapı lentolarını çatlatabilir. Birkaç metre uzaktan fark edilebilirler. Bu düzeyden daha ileri düzeydeki çatlaklar yapıda oturanları önlem alınması için harekete geçebilir.
2,0-5,0 mm	Orta	Taşıyıcı sistemi etkilemeye başlar. Dış duvarlardan içeriye hava akımları duyumsanmaya başlar, pencere ve kapılar sıkışır ve kapanmamaya başlar. Yapının kullanımı eklenmeye başlar.
5,0-15,0 mm	Orta-Ağır	Kapı ve pencereler sıkışabilir. Su ve kanal bağlantıları kırılabilir. Binaya su ve soğuk hava girer. Pencere camları çatlar ve kırılabilir, sıvılar dökülmeye başlar. Tuğla duvarlar parçalanır. Yığma kemerler çökebilir. Bu boyutlardaki çatlaklar kabul edilemez çatlak sınırı oluşturur.
15,0-25,0 mm	Ağır	Ciddi onarım ve güçlendirme gerektirir. Yapının stabilitesi çok büyük bir tehlike altındadır.
25,0 mm'den çok	Çok tehlikeli	Yapıda ağır hasar, ciddi onarım ya da yeniden yapım gerekir.

2.5. Yığma Yapılarda Onarım ve Güçlendirme Yöntemleri

Yığma yapıların depremdeki davranışının matematiksel olarak ifade edilmesi ve güçlendirmeleri hakkında çalışmalar halen devam etmektedir. Teknik şartnamelere uygun olarak depreme dayanıklı yeni yığma yapılar inşa etmek ve deprem bölgelerindeki mevcut yığma yapıların sismik performansını geliştirmek ve böylece kültürel mirasları depremlerin tahribatından korumak; deprem mühendisliğinin en önemli araştırma konularından biridir. Yığma binalarda kullanılan malzemelerin yetersiz dayanımda olması, projeye uygun olmayan inşaat uygulamaları, zaman içerisinde binanın kullanım amacı değiştiği için yeni duvarlar inşa edilmesi yahut iç duvarların yıkılması gibi sebepler; yığma yapılarda onarım ve güçlendirme gerekliliğini doğurmaktadır. Mevcut yığma binalarda taşıyıcı duvarların stabilitesini ve süneklik kapasitesini arttırmak için çeşitli onarım teknikleri ve güçlendirme yöntemleri mevcuttur. Bunlardan bazıları bu bölümde anlatılmış ve beraberinde bu güçlendirme tiplerinin çeşitli zorlukları da ifade edilmiştir [22].

2.5.1. Taşıyıcı yığma duvarların püskürtme beton ile güçlendirilmesi

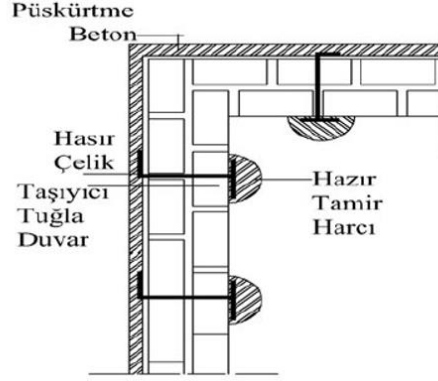
Püskürtme beton yöntemi; betonun basınçlı hava ile yığma duvarları güçlendirmesi amacıyla kullanılan yöntemdir. Ankraj çubukları epoksi ile duvara yerleştirildikten sonra hasır çelik donatı yerleştirilen ankraj çubuklarına sabitlenir [22]. Sonrasında püskürtme beton ince bir tabaka halinde uygulanır. Kalıp uygulaması olmadığından ekonomiktir. Ancak aderansın zayıflamasına engel olabilmek için donatıların çok temiz olmasına dikkat edilmelidir. Dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan biri de bindirme boyları ile ilgili standartlara uyulmasıdır. Bu nedenle iyi bir işçilik gerekmektedir. Püskürtme beton uygulamasının duvarın her iki yüzeyine yapılması tavsiye edilmektedir. Püskürtme tabancası 1 ila 1,5 m aralığındaki bir mesafede tutulmamalıdır. Bu aralıktan daha yakın bir mesafeden püskürtme duvarda yapışmalara, daha uzak mesafeden bir püskürtme ise donatıların arasını yeterince doldurmayacağından çatlaklara neden olmaktadır. Bu da uygulayıcının tecrübeli olmasını gerektiren sebeplerden biridir. Püskürtme beton uygulaması Şekil 2.12.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.12.Püskürtme beton uygulaması [51]

Hem kuru beton hem ıslak beton olmak üzere iki şekilde de uygulanan püskürtme beton işlemleri arasında yeterince bekleme yapıldıktan sonra yeni bir püskürtme işlemine geçilmelidir. Püskürtme beton işlemi tamamlandıktan sonra yüzey düzeltme işlemi yapılarak 2,5 cm kalınlığında sıva uygulaması yapılmalıdır [22]. Yığma dolgu duvarların dayanımı yüzeye uygulanan hasır çelik donatılı en az 3 cm kalınlığındaki

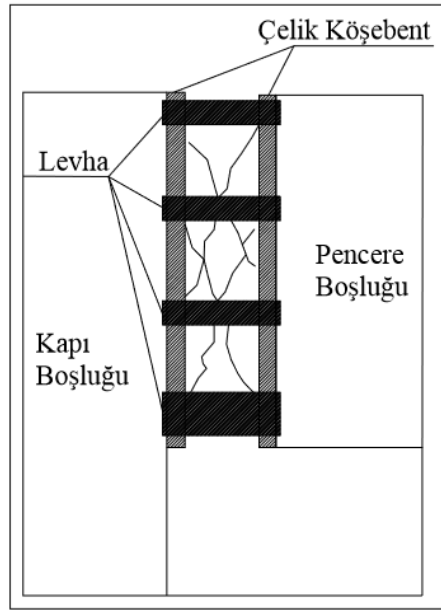
sıva uygulaması ile arttırılmalıdır. Ancak bu uygulamada hem mevcut çerçeveye yük aktarımını sağlamak hem de hasır çelik donatılı sıva ile dolgu duvarın beraber çalışabilmesini kolaylaştırmak için gereken ankraj uygulamalarının çok dikkatli bir şekilde yapılması gerekmektedir. Tek taraflı hasır çelik donatılı sıva ile püskürtme beton uygulaması Şekil 2.13.'te ifade edilmiştir.



Şekil 2.13. Tek taraflı hasır çelik donatılı sıva ile püskürtme beton uygulaması [52]

2.5.2. Taşıyıcı yığma duvarların çelik elemanlarla güçlendirilmesi

Çelik elemanlarla güçlendirme yönteminde, yığma yapı duvarlarındaki çatlaklara büyümelerini önlemek için donatılar yerleştirilir. Duvarda delikler açılır ve bu deliklerden donatılar geçirilir. Donatı uçlarına somunlar geçirilerek duvar sıkıştırılır. Böylece çatlağın büyümesi engellenmektedir. Pencere ve kapı boşlukları arasında kalan bölgelerdeki çatlakların büyümesini engellemek için çelik geri demirler ve köşebentlerle çerçeve oluşturulması Şekil 2.14.'te gösterilmiştir.



Şekil 2.14. Çelik gergi demirleri ile çerçeve oluşturulması [22]

Sıkıştırma yönteminden başka bir diğer yöntem de duvarların üst başlarına donatı bağlanmasıdır. Bağlanan gergi demirlerinin uçlarındaki bulonlar sıkılarak donatıya gerilme verilmektedir [50]. Yerleştirilen bu gergi demirleri sayesinde deprem nedeniyle oluşan çekme gerilmelerinin büyük bir kısmı engellenebilmektedir. Çelik elemanlarla güçlendirme yöntemindeki en önemli zorluk ise, bütün çelik elemanların paslanmaya karşı korunmak için özel bir sıva ile kaplama gerekliliğidir. Çelik profilleri çapraz olarak yerleştirmek de yığma duvarları deprem kuvvetlerine karşı taşıma gücünü arttırmak için uygulanan yöntemlerden biridir. Bu profiller, duvarın tek yüzüne monte edilebildiği gibi gereken durumlarda her iki yüzeye de uygulanabilir. Çelik elemanlarla güçlendirme örneği Şekil 2.15.'te verilmiştir.



Şekil 2.15. Çelik elemanlarla güçlendirme örneği

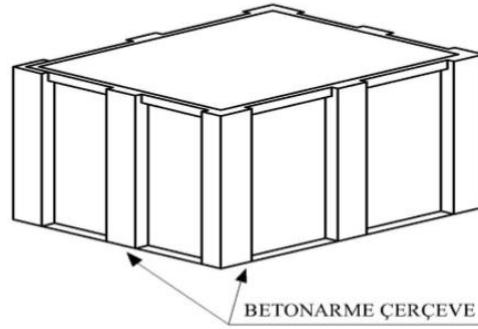
2.5.3. Taşıyıcı yığma duvarların kendiliğinden yerleşen betonla güçlendirilmesi

Kendiliğinden yerleşen beton ile güçlendirme yöntemi hakkında yapılan çalışmalar son yıllarda giderek artmaktadır. Projeye uygun derinlikte hazırlanan kalıplara dökülen beton herhangi bir işlem gerekmeksizin homojen bir şekilde yerleşir. Bu yöntemde yığma duvarların yüzeylerine hasır çelikler döşenir ve duvarın ölçülerine uygun olarak kalıp uygulaması yapılır. Sonrasında beton dökülür. Beton kendiliğinden yerleştiğinden vibratör uygulaması gerektirmez. Özellikle sık donatılı projelerde veya püskürtme beton yönteminin uygulanmasının çok zor olduğu durumlarda bu yöntem tercih edilir. Ancak kalıp kurulumu ve güçlendirme işleminin projelendirilmesinin uzman olmayan kişiler tarafından yapılması durumunda betonun aderansının düşük olması gibi problemlerle karşılaşılabilir. Ayrıca bu yöntem esnasında bina kullanım dışı kalır. Bahsi geçen zorluklar bu güçlendirme yönteminin tercih edilebilirliğini azaltır.

2.5.4. Yığma dolgu duvarların prefabrike beton paneller ile güçlendirilmesi

Bu yöntemde yığma yapı beton paneller ile güçlendirilerek yığma duvarların kesme dayanımını arttırmak hedeflenir. Bu beton paneller yapının çerçevesinin iç tarafında kalmak üzere uygulanır ve beton panellerin çerçeveye yükü aktarabilmesi için ankrajlar düzenlenir. Uygulamanın yapılacağı duvarla çerçeve elemanının dış yüzü arasında en az panel kalınlığında boşluk olmalıdır [50]. Bu yöntem uygulama

sırasında bina kullanımını devre dışı bırakmakla beraber oldukça iyi bir işçilik gerektirmektedir. Bu yöntem 2 katı ve plan alanı 200 m²'yi geçmeyen yapılarda kullanılmaktadır. Yığma yapının betonarme çerçeve içerisine alınması işlemi Şekil 2.16.'da gösterilmiştir.

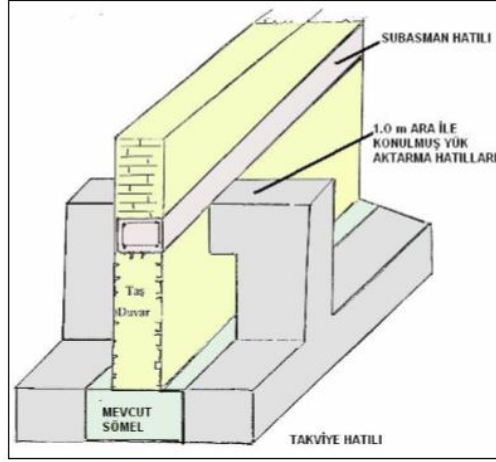


Şekil 2.16. Betonarme çerçeve içine alarak güçlendirme [49]

2.5.5. Yığma yapılarda temellerin güçlendirilmesi

Temelerde meydana gelen hasarlar yahut yapının kullanım dışına çıkılması sonucu ilave yüklerin temellere aktarılması nedeniyle yığma yapılarda temel güçlendirmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Derin temelerde mevcut duvarın her iki tarafına simetrik bir şekilde güçlendirme uygulaması yapılarak yüklerin homojen bir şekilde temele iletilmesi sağlanmış olur. Yeraltı su seviyesinin 4-5 m'den daha düşük olduğu durumlarda yapının altı planlı bir biçimde kazılarak; temeldeki değişiklikler yapılmalıdır. Bu işlem sırasında temel ve sömeller önce desteklenir daha sonra güçlendirme çalışması yapılır. Temel güçlendirmesindeki bir diğer yöntem de eski temelin altındaki temelin yükünü daha derindeki sıkı olan zemine aktarabilmek için yeni ayaklar inşa etmektir. Bu uygulama sırasında yapının temeli kısım kısım açılarak sağlam zemine ulaşılır ve burada bir boşluk yaratılarak o boşluktan içeriye beton doldurulur. Eski beton ile yeni temel arasındaki boşluklar ahşap parçaları ile sıkıştırılarak yükün yeni temele aktarılması sağlanmaktadır. Zemindeki sıvılaşmadan kaynaklanan temel oturmalarında ise; öncelikli işlem kontrollü bir şekilde yeraltı suyunun tahliye edilmesidir. Yeraltı suyu uzaklaştırıldıktan sonra temel güçlendirme uygulaması yapılmalıdır. Şekil 2.17.'de temel güçlendirme işleminde duvar

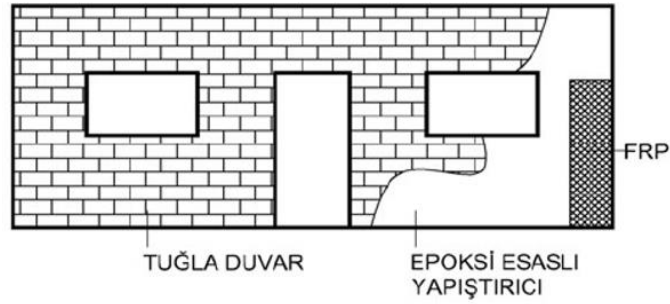
yüklerinin inşa edilen yeni temellere iletilmesi için yapılan uygulama görseli sunulmuştur.



Şekil 2.17. Duvar yüklerinin güçlendirme sonrası inşa edilen yeni temellere iletilmesi [53]

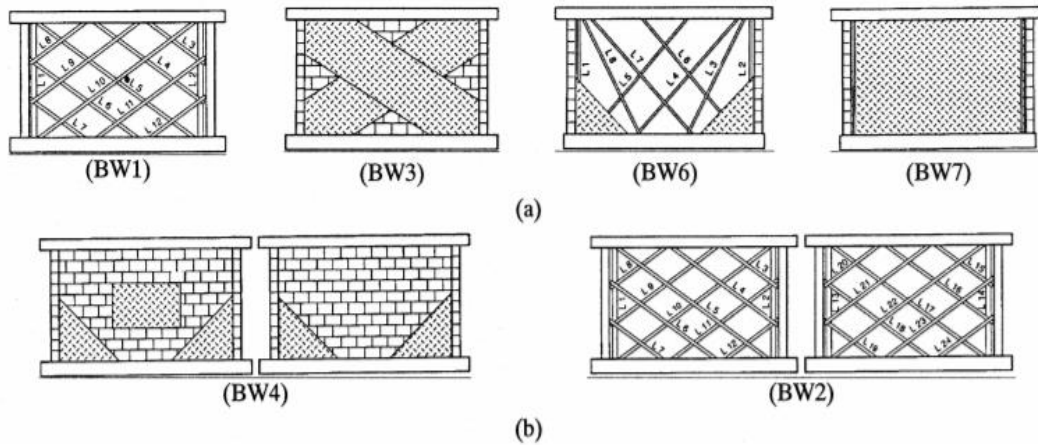
2.5.6. Taşıyıcı yığma duvarların fiber takviyeli polimerler (FRP) ile güçlendirilmesi

Son yıllarda popüleritesi hızla artan yığma yapı güçlendirme tekniklerinden olan fiber takviyeli polimerler ile güçlendirme yönteminin en önemli avantajları; çeliğe göre daha yüksek çekme dayanımına sahip olması, şekil ve boyut olarak pek çok seçeneği olması, hafif olması ve korozyona dayanıklılığıdır. Ülkemizde en yaygın kullanılan türleri cam fiber takviyeli polimerler GFRP ile karbon fiber takviyeli polimerler olan CFRP'dir. Polimerlerin özel yapıştırma sıvası ile duvar yüzeyine yapıştırılıyor olması uygulamada büyük bir kolaylık sağlar. Bu yapıştırma sıvaları genelde epoksi esaslıdır. Duvar yüzeyini hazırlamak için epoksi esaslı yapıştırma sıvasından önce duvara astar malzemesi uygulanarak, epoksi esaslı yapıştırma sıvası, karbon fiber takviyeli polimer ile duvar yüzeyi arasındaki aderansı arttırmak hedeflenmektedir. Daha sonra yığma binanın gereken duvarlarına bu polimerler yapıştırıcı sıvası ile beraber uygulanırlar. Şekil 2.18.'de yığma duvarda FRP ile güçlendirme örneklendirilmiştir.



Şekil 2.18. Yığma duvarda FRP ile güçlendirme [23]

Polimer kompozitleri karbon liflerinin dizilimleri değiştirilerek dayanımlarının artırılmasıyla, levha ya da dokuma formunda üretilirler. Levha olarak üretilen karbon fiber takviyeli polimerler 5 ila 10 cm genişliğindeki plakalar olarak üretilirler. Dokuma olarak üretilen karbon fiber takviyeli polimerler tek yönlü 50 cm genişliğinde üretilirler, dokuma olarak üretilen cam fiber takviyeli polimerler ise hem tek yönlü hem de çift yönlü olarak üretilirler. Polimerler lifli yapıları ve hafiflikleri sayesinde kolayca şekil alabilirler ve beton ya da çeliğin ulaşamadığı yerlere ulaşırlar. Karbon fiber takviyeli polimerlerin, yığma duvarlara çeşitli geometrilere uygulanabilmesi Şekil 2.19.'da örneklendirilmiştir.



Şekil 2.19. Yığma duvarlarda CFRP'nin çeşitli kullanım biçimleri [29]

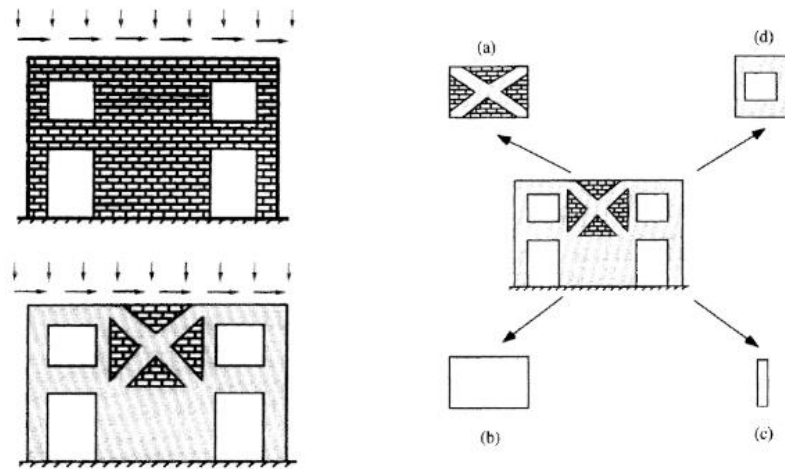
Lifli polimerler, bina sakinlerinin binayı kullanmalarına engel olmadan hızlı bir şekilde uygulanabilir. Uygulandığı kesitin formunda bir değişiklik olmadığından atalet momenti ve rijitlik değişmez; böylece ek kesit tesirleri oluşmaz. Özellikle tarihi yapılarda uygulama sonrası orjinal görüntüyü bozmamaları güçlendirme

yöntemi olarak tercih edilebilirliğini arttırır. Şekil 2.20.'de yığma bir kemer üzerinde CFRP uygulaması örneği verilmiştir.



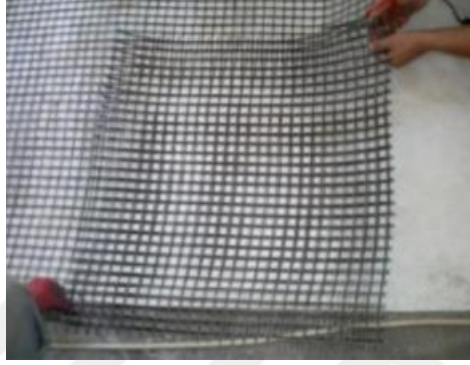
Şekil 2.20. Yığma kemer üzerinde CFRP uygulaması [54]

Uzun ömürlü ve korozyona dayanıklı olmakla beraber çevreye zararları yoktur. En büyük dezavantajları ise üretim güçlükleri ve sentetik reçinelerle kombinasyon halinde kullanılmaları nedeniyle maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Ayrıca polimer kompozitlerin sadece lif eksenine paralel çekme kuvvetlerini taşıyor oluşu, uygulama esnasında uzman kişilerin müdahalesini gerektirmektedir. Fiber takviyeli polimer kompozit malzemelerin şerit, çubuk, kumaş, tek yönlü plaka, çift yönlü örtü gibi çeşitli uygulama biçimleri vardır. Aynı duvar üzerinde; hem düz hem de şerit şeklinde güçlendirme stratejisi örneği Şekil 2.21.'de sunulmuştur.



Şekil 2.21. Fiber takviyeli polimerler ile güçlendirme örneği [36]

FRP uygulamalarının üzerine sıva ve boya işlemleri tatbik edilmesinde bir sakınca yoktur ancak güçlendirme işleminden sonra minimum 7 gün süreyle FRP'nin dayanımını kazanmasını beklemek tavsiye edilmektedir. Genel olarak epoksi esaslı yapıştırma sıvalarıyla tatbik edilseler de inorganik bağlayıcıların kullanıldığı durumlar da mevcuttur. Bunlardan biri de tekstil donatılı harç (TRM) uygulamasıdır. Şekil 2.22.'de bu uygulamaya ait bir örnek gösterilmiştir.



Şekil 2.22. Tekstil donatılı harç uygulaması ile güçlendirme [55]

BÖLÜM 3. YIĞMA BİMS BLOK ELEMANLARIN ÜÇ NOKTALI KESME DENEYLERİ İLE KAYMA DAYANIMLARININ BELİRLENMESİ

3.1. Genel Bilgiler

Yığma bims blok elemanlarının üç noktalı kesme deneyleri ile kayma dayanımlarının belirlenmesi kapsamında yapılan deneylerin ilk aşaması Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi'ne bağlı yapı mekaniği laboratuvarlarında, ikinci aşaması ise Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi'ne bağlı yapı malzemesi laboratuvarında yürütülmüştür. Deneysel çalışmaların amacı; alkali dirençli cam ve polipropilen esaslı, hibrit ve çok eksenli sismik tekstil malzemesi ile güçlendirilmiş yığma bims blok elemanlardan oluşturulan üçlü numunelerin kayma dayanımlarının incelenmesidir. Literatürde yer alan yığma yapılarda yapılan güçlendirme çalışmaları incelenmiş ve bims duvarların fiber takviyeli polimer kompozitlerle güçlendirilmesini konu alan çalışmalar referans alınarak deney programı belirlenmiştir. Sismik kumaş, bims blok numunelere; özel yapıştırma sıvası kullanılarak; tek taraflı, çift taraflı ve bindirmeli olarak uygulanmıştır. Numunelere uygulanan iki farklı türdeki özel yapıştırma sıvalarından biri Almanya menşeli olup beyaz çimento ve doğal su kireci esaslıdır. Diğeri ise yerli üretim geliştirilmiş cam kürecik esaslıdır. Referans olarak değerlendirilen güçlendirilmemiş numuneler, tek tarafına kum sıva uygulanan numuneler, tek tarafına 2 cm beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı sıva uygulanan numuneler, tek tarafına 2 cm cam kürecik esaslı sıva ve her iki tarafına 1'er cm cam kürecik esaslı yapıştırma sıvası uygulanan numuneler üç noktalı kesme deneyleri ile ayrıca incelenerek, elde edilen deney sonuçları kuvvet-yer değiştirme ilişkileri ve kayma dayanımı parametreleri bakımından karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Tüm deneylerde bims blokların cinsleri, boyutları, harç karışım oranları değişmezken, Düzce Üniversitesi'ndeki deneylerde kullanılan düzenek Sakarya Üniversitesindeki deneylerde değiştirilerek; basınç gerilmesinin artması

durumunda kayma dayanımı üzerinde ne gibi değişiklikler yapacağını test etmek üzere yapılandırılmıştır.

3.2. Deney Programı

Deneysel çalışma kapsamında yürütülen tüm ana deneylere başlanmadan önce; test numunelerinde kullanılacak olan bims blok elemanlarına basınç testleri uygulanmıştır. Bu testlere ek olarak bims blok elemanlarını bir arada tutacak olan çimento harcı da eğilme ve basınç testlerine tabi tutulmuştur. Daha sonra ana deneylere geçilmiştir. Ana deneyler ise Deney I ve Deney II olmak üzere iki aşama halinde tamamlanmıştır. Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi yapı mekaniği laboratuvarlarında gerçekleşen Deney I grubu, 16 adet test numunesini içeren 6 setten oluşmaktadır. Deney I grubundaki numunelerin isimlendirilmeleri, güçlendirilme durumları ile uygulanan özel yapıştırma sıvalarının türleri ve durumları Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Deney I grubundaki numunelerin özellikleri

Test Sayısı	Duvar Kodu	Güçlendirilme	Yüzey Bağlayıcı Sıva	Durumu ve Kalınlığı
3	D3R00	Referans	Sıvasız	Referans
3	D3R01	Yok	Kum Sıva	Tek taraflı-2 cm
3	D3S02	Yok	Beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı özel sıva	Tek taraflı-2 cm
3	D3T03	Yok	Cam kürecik esaslı özel sıva	Tek taraflı-2 cm
2	D31G03	Var	Cam kürecik esaslı özel sıva	Tek taraflı-2 cm
2	D32G03	Var	Cam kürecik esaslı özel sıva	Çift taraflı-1 cm

Deney numunelerinin isimlendirilmesi yapılırken dikkat edilen en önemli husus; sismik kumaşın uygulandığı numunelerde duvar kodunda G harfi ile güçlendirme durumunun varlığının belirtilmesi olmuştur. Ayrıca duvar yüzeylerine uygulanan özel yapıştırma sıvalarının cinsi S ve T harfleriyle ifade edilmiştir. (S:Beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı özel sıva, T:Cam kürecik esaslı özel sıva).

Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi'ne bağlı yapı malzemesi laboratuvarında yürütülen Deney II grubuna ait numunelerin isimlendirilmeleri, güçlendirilme durumları ile uygulanan özel yapıştırma sıvalarının türleri ve durumları ise Tablo 3.2.'de sunulmuştur. Deney II grubundaki testler için kullanılan düzenek

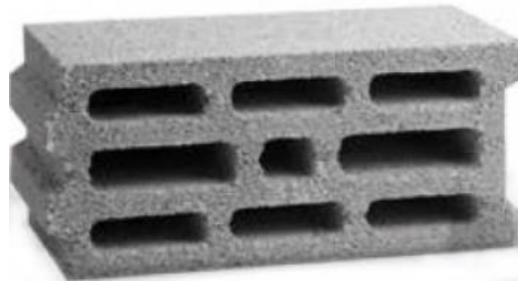
değiştirilmiş ve yanal deplasmanı önleyecek şekilde levhalar gijonlarla birbirlerine bağlanmıştır. Düzenekteki bu farklılığı ifade etmek amacıyla Deney II grubundaki numunelerin isimlendirilmesinde Y harfi kullanılmıştır.

Tablo 3.2. Deney II grubundaki numunelerin özellikleri

Test Sayısı	Duvar Kodu	Güçlendirilme	Yüzey Bağlayıcı Sıva	Uygulama Yüzeyi Durumu ve Kalınlığı
3	D3R00-Y	Referans	Sıvasız	Referans
3	D3R01-Y	Yok	Kum Sıva	Tek taraflı-2 cm
3	D3S03-Y	Yok	Beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı sıva	Tek taraflı-2 cm
3	D3T03-Y	Yok	Cam kürecik esaslı özel sıva	Tek taraflı-2 cm
3	D31G03-Y	Var	Cam kürecik esaslı özel sıva	Tek taraflı-2 cm
3	D32T03-Y	Yok	Cam kürecik esaslı özel sıva	Çift taraflı-1 cm

3.3. Deney Numunelerinin Hazırlanması

Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi yapı mekaniği laboratuvarında gerçekleşen Deney I grubu için 16 adet üçlü numune, Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi'ne bağlı yapı malzemesi laboratuvarında yürütülen Deney II grubu için ise 18 adet üçlü numune üretilmiştir. Üçlü numunelerin inşasında 190x390x185 mm boyutlarında bims bloklar kullanılmıştır. Numune üretiminde kullanılan bims blok örneği Şekil 3.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Üçlü test numunelerinde kullanılan bims blok

Üçlü numunelerde kullanılan bims bloğa ait mekanik özellikler Tablo 3.3.'te sunulmuştur.

Tablo 3.3. Bims mekanik özellikleri

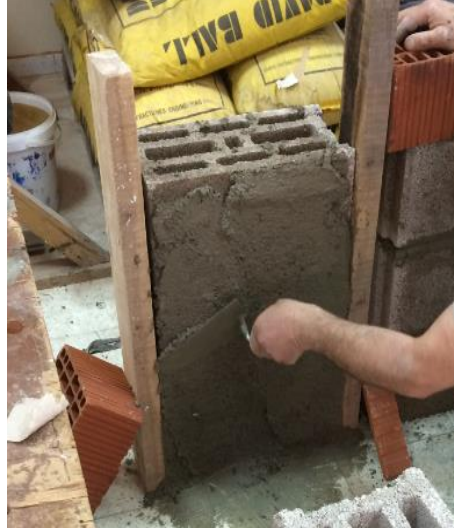
	BİRİM	BİMS
Ebat	cm	19*39*18,5
Sarfiyat	adet/m ²	12,5-13
Basınç Dayanımı	N/mm ²	1.5
Isıl Direnç	W/mK	0.22
Yangına Dayanım	-	A1
Tolerans Kategorisi	-	D1
Brüt Kuru Birim Hacim	kg/mm ³	550
Kütlesi		
Net Kuru Birim Hacim	kg/mm ³	750
Kütlesi		
Elastisite Modülü	kgk/cm ²	70000

Deney numunelerinin üretilmesinde kullanılan derz malzemesi çimento harcı olup çimento:kum hacimsel oranı 1:4 olacak şekilde hazırlanmıştır. Derz kalınlıkları ise 12 mm seçilerek üçlü duvar numuneleri inşa edilmiştir (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. Üçlü bims blok numunelerinin yapım aşaması

Üçlü numunelerde yalnızca kum sıva varlığının kayma dayanımı üzerine etkisini incelemek üzere D3R01 ve D3R01-Y koduyla hazırlanan numunelerin yüzeyi 2 cm kalınlığında kum sıva ile kaplanmıştır. Uygulanan sıva standart kum sıva olup, çimento:kum hacim oranı 1:4 olacak şekilde hazırlanmıştır. Kum sıvalı numunelerin yapım aşaması Şekil 3.3.'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Kum sıvalı numunelerin yapım aşaması

Almanya menşeli özel yapıştırma sıvası olan beyaz çimento ve doğal su kireç esaslı sıvanın üçlü yığma duvar numunelerindeki kayma dayanımına etkisini incelemek için D3S02 ve D3S03-Y kodlu numuneler, yüzeylerine bahsi geçen sıvadan tek taraflı olmak üzere 2 cm kalınlığında tatbik edilerek hazırlanmışlardır (Şekil 3.4.). Yüksek performanslı yalıtım malzemeleri için özel bir hammadde olan beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı sıva, kızılötesi reflektörleri ile ısı yalıtımını arttırmaktadır.



Şekil 3.4. Beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı sıvanın numuneye uygulanması

Geri dönüşümle kazanılan hurda camın özel patentli teknoloji ile küçük hücreli bir yapıya dönüştürülmesi sonucu elde edilen geliştirilmiş cam kürecik esaslı yapıştırma sıvasının üçlü yığma duvar numunelerindeki kayma dayanımına etkisini analiz etmek için D3T03 ve D3T03-Y kodlu numunelerin yüzeyine bahsi geçen sıva 2 cm kalınlığında tek taraflı olarak uygulanmıştır (Şekil 3.5.). Ayrıca cam kürecik esaslı sıvanın her iki tarafta 1'er cm kalınlığında bulunması durumunda güçlendirmeye etkilerini gözlemleyebilmek için D32T03-Y kodlu numuneler hazırlanmıştır. Yerli üretim olan geliştirilmiş cam kürecik esaslı yapıştırma sıvası aynı zamanda özel bir termal izolasyon malzemesidir. Hücreli yapısı ile sahip olduğu 0,059-0,08 w/mk ısı iletim katsayısı sayesinde yapı malzemesine termal izolasyon özelliği katmaktadır.



Şekil 3.5. Cam kürecik esaslı sıvanın numuneye uygulanması

3.3.1. Sismik kumaşın hazırlanması

Hazırlanan duvar numunelerinde, Karlsruhe Teknoloji Enstitüsü laboratuvarında on yıllık bir çalışma sonucu geliştirilen alkali dirençli cam elyaf ve polipropilen lif esaslı, çok eksenli hibrit bir tekstil malzemesi kullanılarak güçlendirme işlemi yapılmıştır (Şekil 3.6.). Kompozit sismik kumaş ile özel bağlayıcı sıvaların kombinasyonu üçlü numunelere uygulanarak yatay yük taşıma kapasitelerinin artırılması hedeflenmiştir. Bahsi geçen sismik kumaşa ait düşey, yatay ve diyagonal

doğrultuda (60°) çekme mukavemetinin ortalama değerleri ise sırasıyla 2680 N/50 mm, 2100 N/50 mm ve 1222 N/85 mm'dir.



Şekil 3.6. Kompozit sismik kumaş ile özel bağlayıcı sıva

Güçlendirme uygulaması yapılırken sismik kumaş, cam kürecik esaslı özel yapıştırma sıvası ile kombine edilmiştir. Genişliği 185 mm olan bims bloklardan üçlü numune oluşturulduktan sonra derz kalınlıklarıyla birlikte 579 mm'lik bir genişlik elde edilmiştir. Bu nedenle sismik kumaş, güçlendirme uygulaması yapılacak yüzeyin boyutlarına uygun olarak 579 mm genişliğinde 390 mm yüksekliğinde kesilmiştir (Şekil 3.7.). Sismik kumaş yüzeye yapıştırılırken numune kenarlarından taşma olmaması için, boyutlandırma işlemine çok önem verilmiştir. Gerçek boyutlardaki duvarların güçlendirilmesini en doğru şekilde yansıtabilmek için sismik kumaşın numuneyi çervelememesi gerekmektedir. Böylece deneysel çalışma sonuçlarından elde edilen verilerin, gerçek bir yığma yapının güçlendirmesini en iyi şekilde temsil etmesi hedeflenmektedir.



Şekil 3.7. Sismik kumaşın numune yüzeylerine uygun olarak kesilmesi

3.3.2. Güçlendirilmiş numunelerin hazırlanması

Deney I grubu altında yürütülen deneyler için üretilen güçlendirilmiş numuneler iki farklı şekilde oluşturulmuştur. D31G03 kodlu numuneler; sismik kumaşın 2 cm kalınlığındaki cam kürecik esaslı sıva ile üçlü numunelerin tek tarafına uygulanmasıyla hazırlanmışlardır. D32G03 kodlu numuneler ise; sismik kumaşın üçlü numunelerin her iki yüzeyine 1'er cm kalınlığındaki cam kürecik esaslı sıva ile uygulanması sonucu elde edilmişlerdir (Şekil 3.8.).



Şekil 3.8. Sismik kumaşın numunenin her iki yüzeyine uygulanması

Sakarya Üniversitesi'nde Deney II grubu altında yürütülen deneylerde güçlendirme konusunda büyük bir farklılık yapılmış ve sismik kumaş numunelere 2 parça halinde bindirmeli olacak şekilde uygulanmıştır. Bu uygulama ile; gerçek boyutlu yığma yapılar güçlendirilirken sismik kumaşın yetersiz kaldığı durumlarda; kumaşın tek parça ve 2 parça olarak kullanımının ortaya çıkardığı davranış farklılıklarını gözlemlemek hedeflenmiştir. D31G03-Y kodlu numuneler; 2 cm kalınlığındaki cam kürecik esaslı sıva ile 2 parça halindeki sismik kumaşın bindirmeli olacak şekilde numunenin tek tarafına uygulanması sonucu elde edilmişlerdir (Şekil 3.9.).



Şekil 3.9. Sismik kumaşın bindirmeli olarak uygulanması

3.3.3. Numunelerin düzeneklere uygun hale getirilmesi

Son aşamada üçlü test numunelerinin çelik L profillere temas edecek yüzeylerinin çimento harcı vasıtasıyla düzgün bir yüzey haline getirilerek test düzeneğine uygun hale getirilmesi amaçlanmıştır. Bims blokların yapısı itibariyle girintili çıkıntılı bir şekle sahip olması; çelik profillere temas eden yüzeylerinden yük aktarımını engellemektedir. Test esnasında cihazdan gelen yükün çelik profiller yoluyla numuneye düzgün bir şekilde dağıtılması için; numunelerin her iki ucundaki bimslerin boşluklu alt yüzeyleri ve numunelerin ortalarındaki bimslerin boşluklu üst yüzeyleri standart çimento harcı yardımıyla düzeltilmiştir (Şekil 3.10.).



Şekil 3.10. Bims blok numunelerin boşluklu yüzeylerinin düzeltilmesi

3.4. Deney Düzeneğlerinin Oluşturulması

Deney I ve Deney II grupları altında yürütülen deneylerde; kompozit sismik kumaş ile güçlendirilmiş bims blok elemanlarının kesme kuvveti altında mekanik karakteristikleri ve çatlak formlarının belirlenmesi ve elde edilen verilerin güçlendirilmemiş referans numuneler ile karşılaştırmalı olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Deney I ve Deney II grupları için iki farklı deney düzeneği oluşturulmuştur.

3.4.1. Deney I kapsamında kullanılan düzenekler

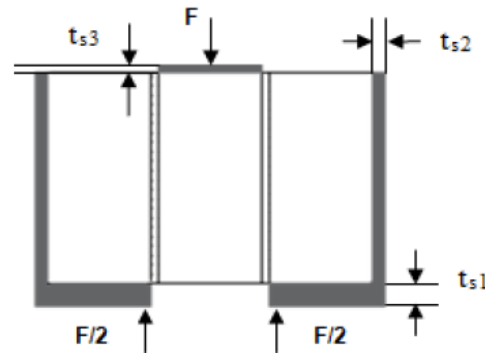
Deney I grubu numuneleri; Düzce Üniversitesi Teknoloji Fakültesi yapı mekaniği laboratuvarında bulunan maksimum kuvvet kapasitesi 100 kN olan basma-çekme test cihazına entegre düşey yük kontrollü bir silindir vasıtasıyla ve yükleme hızı dakikada 1,5 mm olacak şekilde üç noktalı kesme deneylerine tabi tutulmuşlardır. Kullanılan test cihazı Besmak marka olup BMT-E serisine aittir (Şekil 3.11.).



Şekil 3.11. Deney I grubundaki numuneler için kullanılan basma-çekme test cihazı

Deney I grubunda hazırlanan 16 numune için özel olarak 2 adet çelik profil üretildi. Dış kalınlığı $t_{s1}=50$ mm olan 200x220 mm boyutlarındaki bir sac levha ile dış kalınlığı $t_{s2}=8$ mm olan 220x400 mm boyutlarındaki sac levhanın birbirlerine kaynaklanması yoluyla üretilen L şeklindeki profillere ek olarak dış kalınlığı $t_{s3}=20$

mm olan 190x200 mm boyutlarında 1 adet çelik levha oluşturuldu (Şekil 3.12.). Boyutları 390x190x185 mm olan bims bloklardan 3 adet yanyana getirilerek oluşturulan duvar numunelerinin genişliği derz kalınlıklarıyla beraber 579 mm genişliğine sahip olmuştur. Numunenin çelik levhalarla beraber konuşlandırılacağı test cihazının genişliği 610 mm olduğundan çelik levhalardaki köşebent dış kalınlığı $t_{s2}=8$ mm olarak seçilmiştir. İşçilik hatası nedeniyle derz kalınlığının 12 mm'yi aşması ya da bims blokların fabrikasyon hataları sonucu olarak standart ölçülerin dışına çıkılarak üretilmesi gibi faktörler göz önüne alınarak numunenin test cihazına sığmama riskine karşı güvenli tarafta kalınmıştır. Bununla birlikte numune çelik levhalarla beraber test cihazına yerleştirildiğinde yeterli sıkıştırmayı sağlamak amacıyla ahşap elemanlar kullanılmıştır. Test cihazı ile çelik profiller arasında konulan ahşap plakalar sayesinde numuneyi cihaza sabitlemek hedeflenmiştir. Bu sıkıştırmanın amacı eğilme momentinin etkilerini azaltmak ve kayma davranışını gözlemlemektir.



Şekil 3.12. Deney I grubunda kullanılan düzeneğin şematik gösterimi

Yatay deprem etkisini temsil edebilmesi için; üçlü blok numunenin ortasındaki bims bloğa düşey kuvvet uygulanarak derz noktalarından kaymaya zorlanmıştır. Bu amaçla ortadaki bims bloğun üzerine dış kalınlığı $t_{s3}=20$ mm olan 190x200 mm boyutlarındaki metal levha yerleştirilerek yük dağılımının düzgün aktarılması sağlanmıştır.

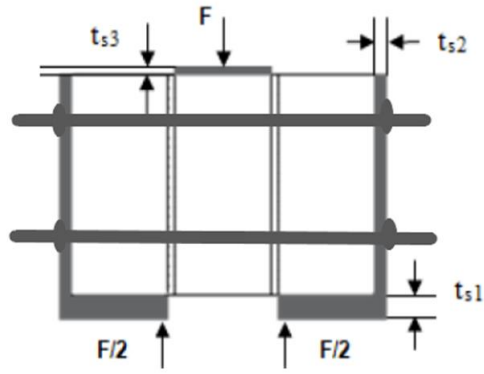
3.4.2. Deney II kapsamında kullanılan düzenekler

Deney II grubu numuneleri; Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi yapı malzemesi laboratuvarında maksimum kuvvet kapasitesi 50 kN olan çekme-basma test cihazına entegre düşey yük kontrollü bir silindir vasıtasıyla ve yükleme hızı dakikada 1,5 mm olacak şekilde üç noktalı kesme deneylerine tabi tutulmuşlardır. Kullanılan test cihazı SHIMADZU marka olup AGS-X serisine aittir (Şekil 3.13.).



Şekil 3.13. Deney II grubundaki numuneler için kullanılan basma-çekme test cihazı

Deney II grubunda hazırlanan 18 numune için özel olarak 2 adet elik profil  retili. Diş kalınlığı $t_{s1}=35$ mm olan 190x360 mm boyutlarındaki bir sac levha ile diş kalınlığı $t_{s2}=20$ mm olan 360x490 mm boyutlarındaki sac levhanın birbirlerine kaynaklanması yoluyla üretilen L şeklindeki profillere ek olarak diş kalınlığı $t_{s3}=15$ mm olan 183x230 mm boyutlarında 1 adet elik levha oluşturuldu. Deney I'deki düzenekten farklı olarak; yanal deplasmanı önlemek amacıyla elik levhalar gijonlarla birbirlerine bağlanmışlardır. Uzunluğu 1000 mm, çapı 14 mm olan 4 adet gijonun; somun ve cıvata yardımıyla levhalara sabitlenerek her iki yandan eşit bir yanal sıkıştırma yapması hedeflenmiştir (Şekil 3.14.).



Şekil 3.14. Deney II grubunda kullanılan düzeneğin şematik gösterimi

Boyutları 390x190x185 mm olan bims bloklardan 3 adet yanyana getirilerek oluşturulan duvar numunelerinin genişliği derz kalınlıklarıyla beraber 579 mm genişliğine sahip olmuştur. Numunenin çelik levhalarla beraber konuşlandırılacağı test cihazının genişliği 460 mm olduğundan ilgili numuneler test cihazına X doğrultusunda konuşlandırılmamıştır. Bunun sonucu olarak cihazın Y doğrultusunda konuşlandırılan numunelerin her iki uçtaki havada kalan kısımları 100x100x1250 mm boyutlarındaki ağaç ayaklar ve teleskopik direkler ile desteklenmiştir. Ağaç ayaklar denge terazisi kullanılarak test cihazına yerleştirilmiş ve deneyler boyunca oynatılmamışlardır. Her bir deney sırasında düzeneğe ağaç ayaklar üzerine yerleştirilmiştir. Ağaç ayakları ise alttan destekleyerek gelen yükü zemine aktarmak amacıyla 800 mm çapındaki 4 adet teleskopik direk kullanılmıştır (Şekil 3.15.).



Şekil 3.15. Deney II grubunda kullanılan düzeneğin cihaza konuşlandırılması

3.5. Deneylerin Gerçekleştirilmesi

3.5.1. Ön deneyler

Teste tabi tutulacak numunelerin üretiminde kullanılmış olan bims blok elemanın ve bims blokları bir araya getiren çimento harcının mekanik özelliklerini belirlemek için ön deneylere ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla ilk olarak numune derzlerinde kullanılan çimento:kum hacimsel oranı 1:4 olan çimento harcı eğilme ve basınç testlerine tabi tutulmuştur. Bu testler için TS EN 196-1’de [56] belirtilen 40x40x160 mm boyutlarında üçlü prizmatik kalıplar kullanılmıştır (Şekil 3.16.).



Şekil 3.16. Eğilme ve basınç testleri için çimento harcı numunelerinin hazırlanması

Çimento harcından hazırlanan üçlü numuneler 27 gün kürde bekletilmiş, 28. gün ise eğilme ve basınç testlerine tabi tutulmuşlardır (Şekil 3.17.).



Şekil 3.17. Harç numunelerinin eğilme ve basınç testlerine tabi tutulması

Harç numune testleri sonucunda elde edilen veriler Tablo 3.4.'te sunulmuştur. 28 günlük ortalama eğilme dayanımı 5,37 MPa, ortalama basınç dayanımı ise 12,46 MPa olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3.4. Derz harcının 28 günlük eğilme ve basınç dayanımları

NUMUNE NO	Eğilme Kırılma Yüğü (N)	Eğilme Dayanımı (MPa)	Basınç Kırılma Yüğü (N)	Basınç Dayanımı (MPa)
1	2295	5,38	20200	12,63
2	2253	5,28	19300	12,06
3	2328	5,45	20300	12,69

Harç testlerine ek olarak 390x190x185 mm boyutlarındaki 2 adet yığma bims blok üzerinde basınç deneyleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.18.). Numuneler üretilirken kullanılan yığma bims blokların üretici firmasının bildirdiği ortalama basınç dayanımı değeri 1,8 MPa olmasına rağmen test edilen 2 adet yığma birimden elde edilen ortalama değerin bildirilen değerin altında kaldığı görülmüştür. Teste tabi tutulan yığma birimlerden ilkinin basınç değeri 1,46 MPa, ikincisinin ise 1,13 MPa olarak hesaplanmıştır. Ortalama basınç değeri hesaplandığında, 1,30 olduğu görülmüştür. Bu değerin bims blok üreten firmaların katalog değerlerinden bu denli düşük olmasının nedenleri araştırılmıştır. Bunun sonucunda da oldukça gevrek olan bims blokların nakliye sırasında hasar alabildikleri bu nedenle de dışarıdan görülmeyen iç kırılmalar olabileceği ortaya çıkmıştır. Ayrıca fabrikasyon hataları; bims blokların basınç değerlerinin kendi aralarında da tutarsız olmalarına neden olmaktadır. Üçlü test numuneler teste tabi tutulduktan sonra, bu tutarsızlığı gösteren değerler gözardı edilmiştir.



Şekil 3.18. Bims blok basınç testi

3.5.2. Deney I

Tablo 3.1.'de belirtildiği üzere Deney I grubu 6 setten oluşmaktadır. İlk 4 sette üçer deney, son 2 sette ikişer deney olmak üzere toplam 16 deneyi kapsamaktadır.

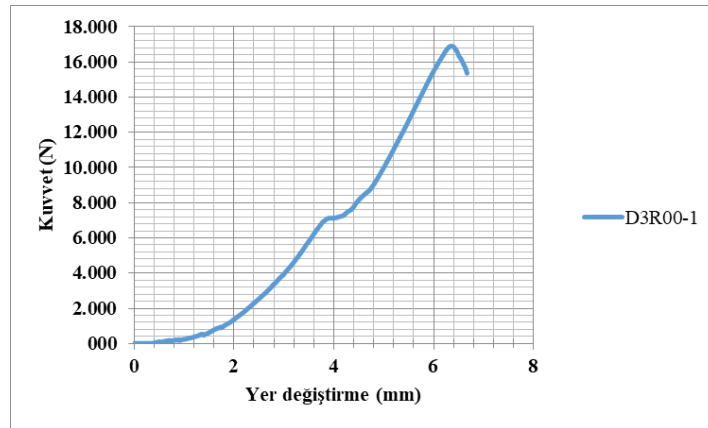
3.5.2.1. D3R00 kodlu numunelerin test edilmesi

Deney I grubunun ilk seti olan D3R00 kodlu numuneler referans numuneleri temsil etmekte olup, numunelere D3R00-1, D3R00-2 ve D3R00-3 şeklinde isimlendirme yapılmıştır. Deneylere başlanmadan önce üçlü numunelerdeki fabrikasyon kaynaklı yüzey bozuklukları törpülenmiş ve sonrasında 2 adet L şeklindeki çelik profilin arasına yerleştirilmiştir. Daha sonra numuneler profillerle beraber test cihazına oturtulmuştur. Numuneyi cihaza sabitlemek için test cihazı ile çelik profiller arasında kalan boşluklara ahşap plakalar konulmuştur. Böylece kayma davranışını gözlemleyebilmek için yeterli sıkıştırmayı sağlamak hedeflenmiştir. Bu sıkıştırmının miktarının her bir test numunesi için aynı değerde olduğu kabulü yapılmıştır. Son olarak üçlü numunenin ortasındaki bimsin üzerine çelik levha konularak düzeneğin hazırlığı tamamlanmıştır. Deneye başlanmadan önce numuneye çok küçük bir ön yükleme yapılarak numunenin ortasındaki bims blok ile üstündeki çelik levha arasındaki boşluk yok edilmiş ve numunenin cihaza tam olarak oturması sağlanmıştır. Sonrasında cihaz tekrar sıfır yükleme konumuna getirilmiş ve deneye başlanmıştır. Yükleme hızı 1,5 mm/dk olan düşey yük kontrollü silindir vasıtasıyla kesme kuvvetine tabi tutulan D3R00-1 kodlu numuneye ait deney öncesi ve sonrası durumları Şekil 3.19.'da sunulmuştur.



Şekil 3.19. D3R00-1 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

Yaklaşık 3 dakika süren deney, numunenin aniden göçme mekanizmasına ulaştıktan sonra ikinci derzinden açılma yaparak kırılmasıyla sonlanmıştır. Bunun sonucu olarak numunede kılcal çatlaklar gözlenmemiştir. Maksimum kesme kuvveti 17 kN mertebelerine ulaştıktan sonra numune taşıma gücü kapasitesini kaybetmiştir. Numune yüzeyinde kılcal çatlaklar gözlenmemiş, deney sonlanmıştır. Yaklaşık 6,5 mm deplasman yapan numunenin deney sonuçları, basma-çekme test cihazına bağlı bir bilgisayarda bulunan XHeader yazılımı tarafından kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi şeklinde oluşturulmuştur (Şekil 3.20.).



Şekil 3.20. D3R00-1 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

D3R00-1 numunesi için üç noktalı kesme deneyi altında elde edilen maksimum kesme kuvveti $F_{max}=16905$ N olarak ölçülmüş ve kayma gerilmesi, $f_v=0,114$ MPa olarak, EN 1052-3'e [57] göre Denklem 3.1'de verildiği gibi hesaplanmıştır.

Burada F_{max} , maksimum kesme kuvveti değerini, A ise bims eleman-harç ara yüzey alanını ifade etmektedir.

$$f_v = \frac{F_{max}}{2A} \quad (3.1)$$

D3R00-2 kodlu numune de benzer şekilde deneye hazırlandıktan sonra teste tabi tutulmuştur. Numunenin deney öncesi ve sonrası durumları Şekil 3.21.'de verilmiştir.



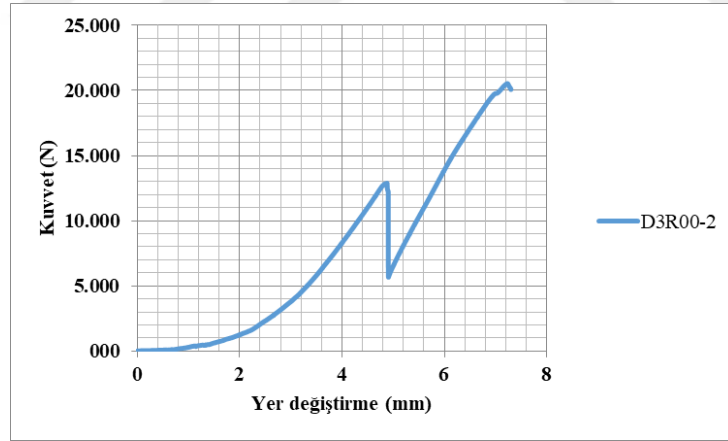
Şekil 3.21. D3R00-2 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

İlk numuneye benzer şekilde ikinci derzinden açılma yaparak kırılan D3R00-2 kodlu numune deney sonrası cihazdan çıkarılırken tamamen parçalandığı gözlenmiştir (Şekil 3.22.). Yaklaşık 4 dakika süren deneyde maksimum kesme kuvveti 20 kN mertebelerine ulaştıktan sonra numune taşıma gücü kapasitesini kaybetmiştir.



Şekil 3.22. D3R00-2 kodlu numunenin deney sonrasındaki görünümü

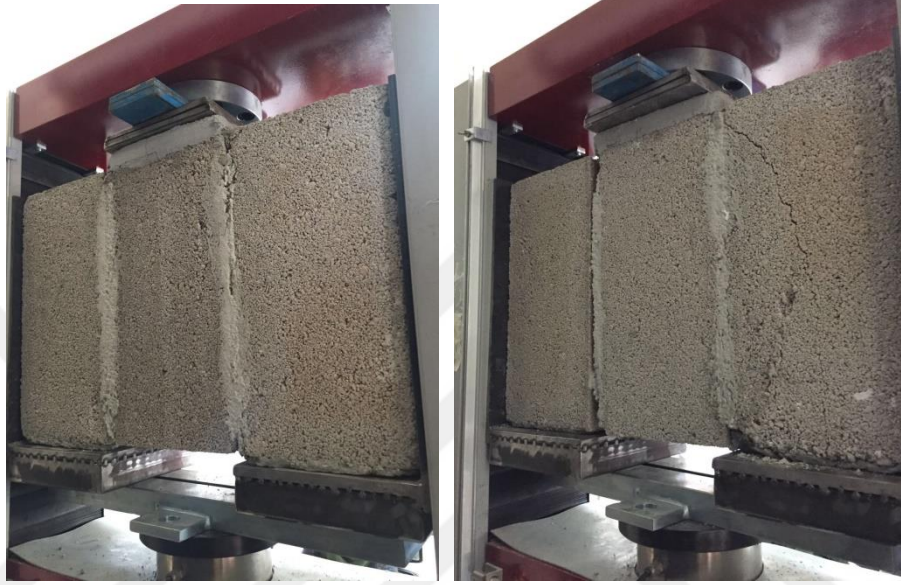
D3R00-2 kodlu numuneye ait kuvvet-yer değiştirme ilişkisi Şekil 3.23.'te gösterilmiştir. Kesme kuvveti maksimum değere ulaşmasına rağmen deney devam etmektedir; bunun nedeni kırıldıktan sonra cihaza sıkışan numunenin düzlem dışında dönmesi ve ortadaki bimsin üst yüzeyinden yük olarak ezilmeye devam etmesidir. Ancak bu bimsin gerçek davranışını temsil etmemektedir.



Şekil 3.23. D3R00-2 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

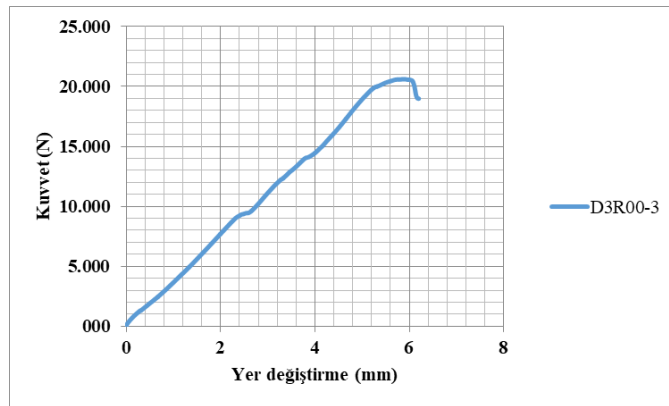
Deney sonucunda maksimum kesme kuvveti $F_{max}=20532$ N olarak okunmuştur. Buna bağlı olarak Denklem 3.1. yardımıyla kayma gerilmesi değeri hesaplanmış ve $f_v=0,139$ MPa olarak bulunmuştur. Numune yaklaşık 7 mm deplasman yaparak kırılmıştır.

D3R00 numune setinin sonuncusu olan D3R00-3 kodlu numune de üç noktalı kesme deneyine tabi tutularak kırılma davranışı gözlenmiştir. Bu numunede kırılma davranışı en net olarak numunenin arka yüzeyinde gözlemlenebildiğinden; fotoğraflama arka yüzeyden yapılmıştır. Numunenin deney öncesi ve deney sonrasındaki durumları Şekil 3.24.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.24. D3R00-3 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

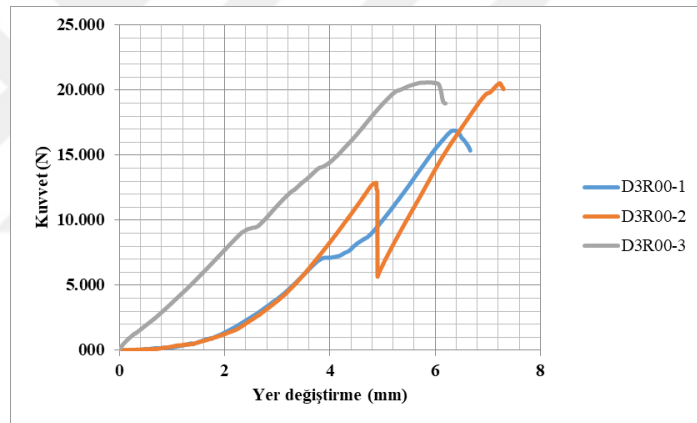
Şekil 3.24.'te de görüldüğü üzere numunenin sol ucundaki bims blok derzden kopma gerçekleştirmiştir. Bununla beraber numune yüzeyinde derin çatlaklar oluşmuştur. Yaklaşık 6 mm deplasman değerine ve maksimum kesme kuvveti $F_{max}=20606$ N değerine ulaştıktan sonra kırılma yaşanmış ancak deney sonlandırılmayarak numunenin ezilmesine izin verilmiştir. Deney 3 dakika sürmüştür. D3R00-3 numunesine ait kuvvet-yer değiştirme grafiği Şekil 3.25.'te verilmiştir.



Şekil 3.25. D3R00-3 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

Deney sonucunda okunan $F_{max}=20606$ N değerine bağlı olarak Denklem 3.1. yardımıyla kayma gerilmesi değeri hesaplanmış ve $f_v=0,139$ MPa olarak bulunmuştur.

Referans numuneleri içeren D3R00 setine ait üç numunenin maksimum kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkileri Şekil 3.26.'da karşılaştırmalı olarak verilmiştir. İkinci ve üçüncü numunenin maksimum kesme kuvveti kapasitesilerinin yakın olduğu görülürken ilk numunenin diğerlerinden daha küçük bir kesme kuvveti taşıdığı saptanmıştır. Bununla birlikte her üç numunede de okunan maksimum orta nokta deplasmanları (u_{mid}) çok yakın değerlerde olup sırasıyla 6,2 mm, 7,2 mm ve 6 mm olarak belirlenmiş ve ortalama değer 6,47 mm şeklinde hesaplanmıştır.



Şekil 3.26. D3R00 setine ait kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinin karşılaştırılması

D3R00 setindeki numunelere ait maksimum kesme kuvveti, kayma gerilmesi ve numunelerin ortasındaki bimslerin maksimum deplasman değerleri Tablo 3.5.'te verilmiştir.

Tablo 3.5. D3R00 setine ait numunelerin mekanik değerleri

Numune Kodu	F_{max} (N)	f_v (MPa)	u_{mid} (mm)
D3R00-1	16905	0,114	6,2
D3R00-2	20532	0,139	7,2
D3R00-3	20606	0,139	6,0

Referans numunelerin için elde edilen ortalama kesme kuvveti değeri 19348 N, ortalama kayma dayanımı değeri ise 0,131 MPa'dır.

3.5.2.2. D3R01 kodlu numunelerin test edilmesi

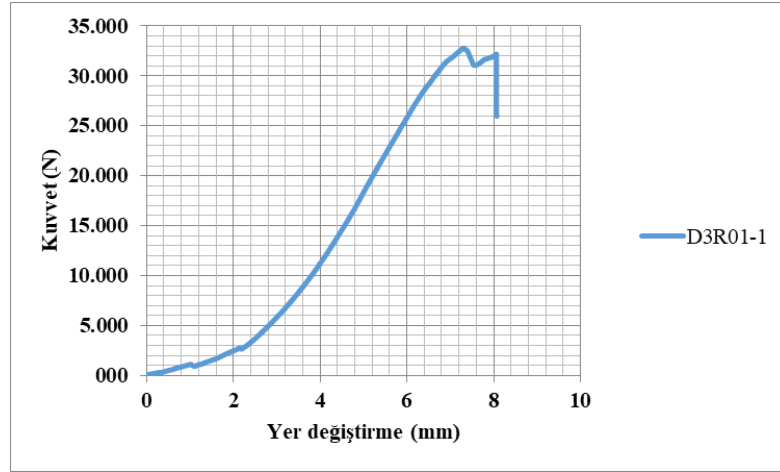
Deney I grubunun ikinci seti olan D3R01 kodlu numuneler kum sıvalı numunelerdir. Numunelerin tek tarafına 2 cm kalınlığındaki standart kum sıva harcı kullanılmış ve güçlendirme uygulanmamıştır. Deney düzeneği referans numunelerde kullanılan düzeneğe ile birebir aynıdır. Ancak burada dikkat edilen husus; numunenin düzeneğe yerleştirilirken sıvalı yüzeyin L profillerin içinde kalmasını sağlamaktır. Burada hedeflenen; numunenin ortasındaki bimsin kayma davranışına engel teşkil edebilecek bir duruma yol açmamaktadır. Bu nedenle kum sıvalı numuneler; sıvalı yüzey düzeneğten dışarı taşmayacak L profillere oturtulmuşlardır. Kum sıvalı numunelere; D3R01-1, D3R01-2 ve D3R01-3 şeklinde isimlendirme yapılmıştır.

D3R01 numune setinin ilki olan D3R01-1 kodlu numuneye ait deney öncesi ve sonrası durumları Şekil 3.27.'de sunulmuştur.



Şekil 3.27. D3R01-1 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

Şekil 3.27.'de görüldüğü üzere deney sonrasında kum sıvalı numunenin alt yüzeyinden başlayan çatlaklar bims-harç ara yüzeyinden yukarı doğru genişlemiştir. Deney yaklaşık 4 dk sürmüştür ve numunenin ortasındaki bimsin derz yüzeyinden aşağıya kayma yaşanmamıştır. D3R01-1 kodlu numuneye ait kuvvet-yer değişirme grafiği Şekil 3.28.'de sunulmuştur.



şekil 3.28. D3R01-1 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

Deney sonucunda maksimumu kesme kuvveti $F_{max}=32771$ N olarak okunmuştur. Buna bağlı olarak Denklem 3.1. yardımıyla kayma gerilmesi değeri hesaplanmış ve $f_v=0,221$ MPa olarak bulunmuştur. Numune yaklaşık 7,5 mm deplasman mertebelerine ulaştıktan sonra kırılmıştır.

D3R01 numune setinin ikincisi olan D3R01-2 kodlu numuneye ait deney öncesi ve sonrası durumları şekil 3.29.'da verilmiştir.



şekil 3.29. D3R01-2 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

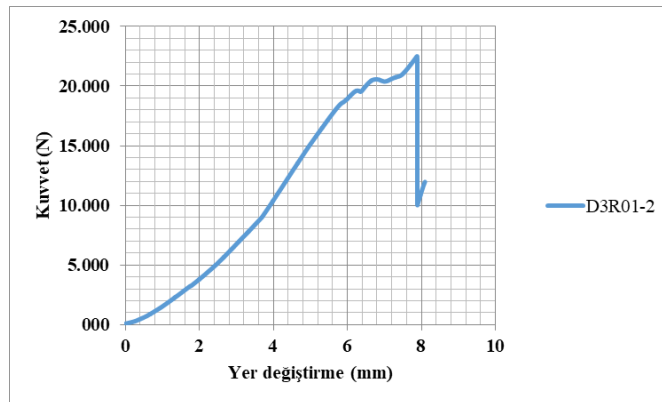
D3R01 setinin ilk numunesine benzer şekilde deney sonrasında kum sıvalı numunenin alt yüzeyinden başlayan çatlaklar bims-harç ara yüzeyinden yukarı doğru

genişlemiştir ve deney yaklaşık 3 dk sürmüştür. Ancak burada farklı olarak numune deneyden sonra düzenekten çıkarılırken kırılma şekli net bir biçimde gözlenebilmiştir (Şekil 3.30.).



Şekil 3.30. D3R01-2 kodlu numunenin deney sonrasındaki durumu

D3R01-2 kodlu numuneye ait kuvvet-deplasman ilişkisi Şekil 3.31.'de gösterilmiştir. Maksimum kesme kuvveti değeri $F_{max}=22497$ N ve orta nokta maksimum deplasmanı 7,9 mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.31. D3R01-2 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

Maksimum kesme kuvveti elde edildikten sonra Denklem 3.1. yardımıyla kayma gerilmesi değeri hesaplanmış ve $f_v=0,152$ MPa olarak bulunmuştur.

Kum sıvalı numunelerin sonucusu olan D3R01-3 kodlu numuneye ait deney öncesi ve deney sonrası durumları Şekil 3.32.'de sunulmuştur.



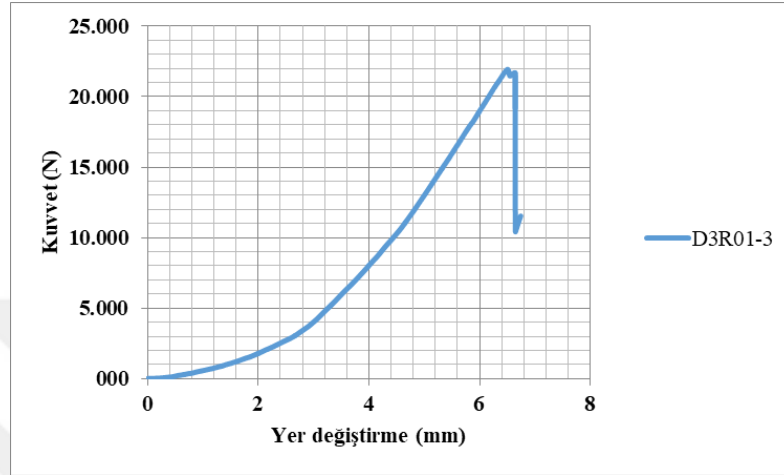
Şekil 3.32. D3R01-3 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

İlk iki numuneye benzer şekilde deney sonrasında kum sıvalı numunenin alt yüzeyinden başlayan çatlaklar bims-harç ara yüzeyinden yukarı doğru genişlemiştir. Numunenin düzenekten çıkarıldıktan sonraki kırılma şeklinin ikinci numunenin kırılma biçimiyle tamamen aynı olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.33.).



Şekil 3.33. D3R01-3 kodlu numunenin deney sonrasındaki durumu

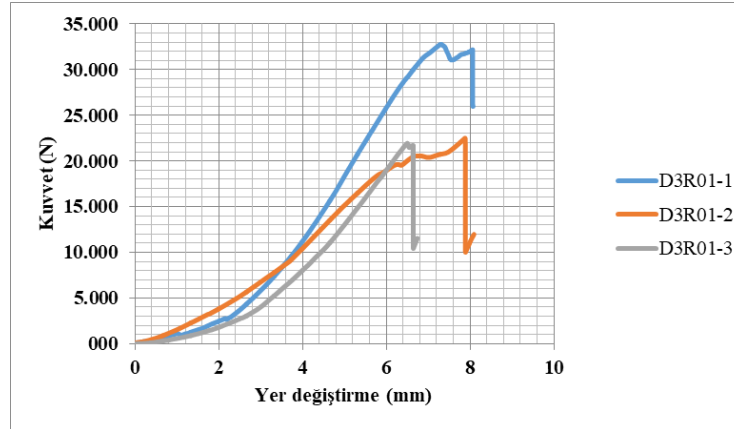
Yaklaşık 3 dk süren deney sonucunda elde edilen D3R01-3 kodlu numuneye ait kuvvet-deplasman ilişkisi Şekil 3.34.'te gösterilmiştir. Maksimum kesme kuvveti değeri $F_{max}=21934$ N ve orta nokta maksimum deplasmanı 6,5 mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.34. D3R01-3 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

Maksimum kesme kuvveti 21934 N olarak okunan numunenin kayma gerilmesi değeri 0,148 MPa olarak hesaplanmıştır.

Kum sıvalı numuneleri içeren D3R01 setine ait üç numunenin maksimum kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkileri Şekil 3.35.'te karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. İkinci ve üçüncü numunenin maksimum kesme kuvveti kapasitesilerinin yakın olduğu görülürken ilk numunenin diğerlerinden daha büyük bir kesme kuvveti taşıdığı saptanmıştır. Bununla birlikte ilk iki numunede okunan maksimum orta nokta deplasmanları (u_{mid}) çok yakın değerlerde olup sırasıyla 7,5 mm, 7,9 mm olarak belirlenmiştir. Ancak üçüncü numunedeki maksimum orta nokta deplasman değeri daha düşük kalıp; 6,5 mm olarak okunmuştur. Ortalama u_{mid} değeri ise 7,3 mm şeklinde hesaplanmıştır.



şekil 3.35. D3R01 setine ait kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinin karşılaştırılması

D3R01 setindeki numunelere ait maksimum kesme kuvveti, kayma gerilmesi ve numunelerin ortasındaki bimslerin maksimum deplasman değerleri Tablo 3.6.'da verilmiştir.

Tablo 3.6. D3R01 setine ait numunelerin mekanik değerleri

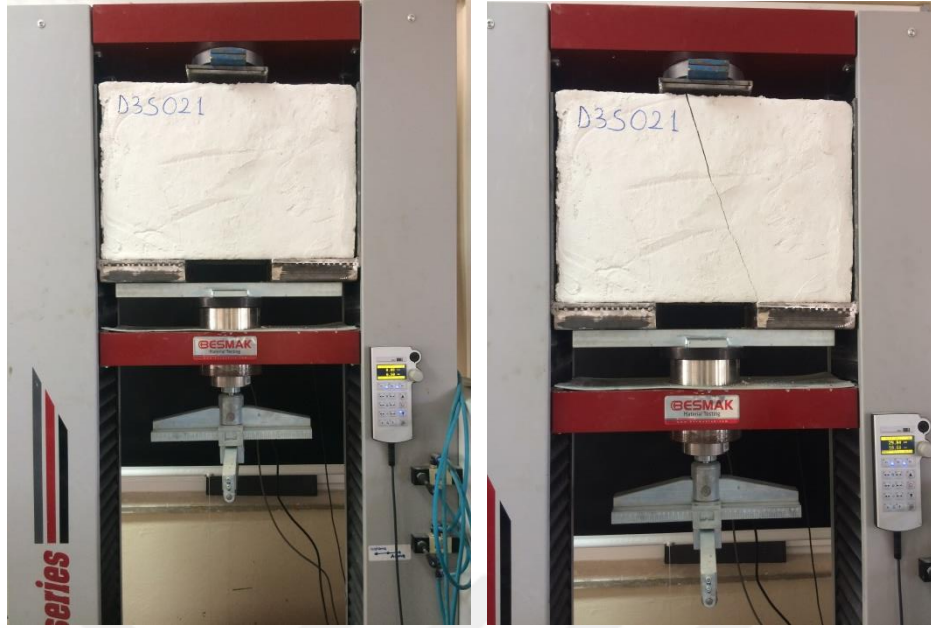
Numune Kodu	F_{max} (N)	f_v (MPa)	u_{mid} (mm)
D3R01-1	32771	0,221	7,5
D3R01-2	22497	0,152	7,9
D3R01-3	21934	0,148	6,5

Kum sıvalı numuneler için elde ortalama kesme kuvveti değeri 25734 N, ortalama kayma dayanımı değeri ise 0,174 MPa'dır.

3.5.2.3. D3S02 kodlu numunelerin test edilmesi

Deney I grubunun bu setinde; beyaz imento ve doğal su kireci esaslı bağlayıcı sıvanın 2 cm kalınlığında tek taraflı olarak uygulanması sonucu elde edilen ul duvar numuneleri, kesme deneylerine tabi tutulmuşlardır. Bu sete ait numuneler D3S02-1, D3S02-2 ve D3S02-3 şeklinde kodlanmışlardır.

D3S02 numune setinde ilk olarak test edilen D3S02-1 kodlu numuneye ait deney öncesi ve sonrası durumları şekil 3.36.'da sunulmuştur.



Şekil 3.36. D3S02-1 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasında durumu

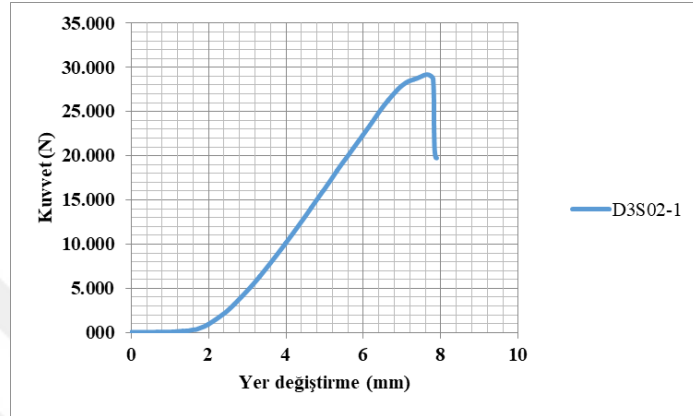
Şekil 3.36.'da görüldüğü üzere deney sonrasında numunenin ortasındaki bimsin alt yüzeyinden başlayan çatlaklar ortadaki bims boyunca yukarı doğru genişlemiştir. Deney yaklaşık 7 dk sürmüştür ve numunenin ortasındaki bimsin derz yüzeyinden aşağıya kayma yaşanmamıştır. Kırılma biçimi numunenin arka yüzeyinden net bir şekilde incelenebilmiştir (Şekil 3.37.).



Şekil 3.37. D3S02-1 kodlu numunenin arka yüzeyinde deney sonrasında durumu

Numune sünek bir davranış göstermiş ve mevcut enerji kapasitesini tüketmiştir. Yüzeydeki çatlaklar genişleyip ilerledikten sonra, maksimum kesme kuvveti F_{max}

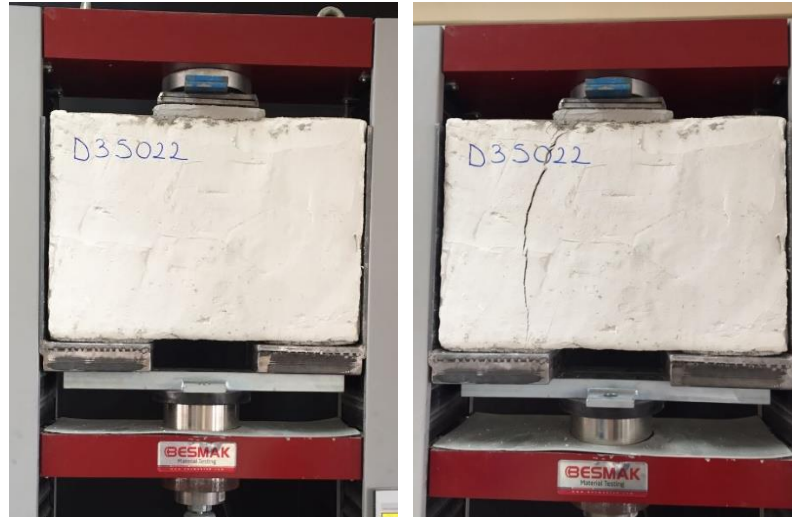
=29188 N'a ulaşmış ve kırılma gerçekleşmiştir. Beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı bağlayıcı sıva numune yüzeyine güçlü bir aderans sağlayarak numunenin ortasındaki bimste derz yüzeyinden aşağıya doğru kayma yaşanmasına engel olmuştur. D3S02-1 kodlu numuneye ait kuvvet-deplasman ilişkisi Şekil 3.38.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.38. D3S02-1 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

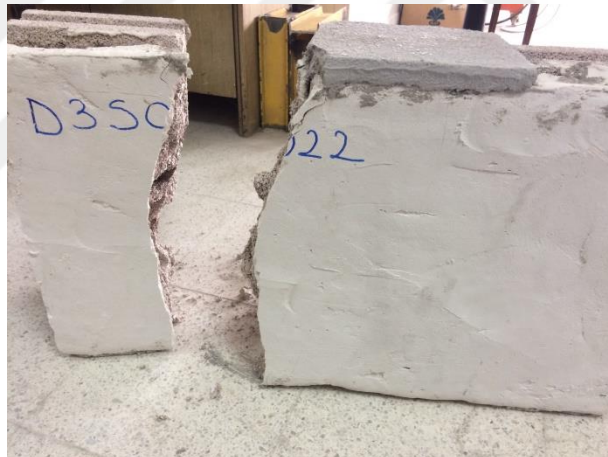
Maksimum kesme kuvveti 29188 N olarak okunan numunenin kayma gerilmesi değeri 0,197 MPa olarak hesaplanmıştır. Numune yaklaşık 8 mm deplasman mertebelerine ulaştıktan sonra kırılmıştır.

D3S02 deney setine ait ikinci numune olan D3S02-2 kodlu numune de aynı şekilde teste tabi tutulmuştur. Numunenin deney öncesi ve sonrası durumları Şekil 3.39.'da gösterilmiştir.



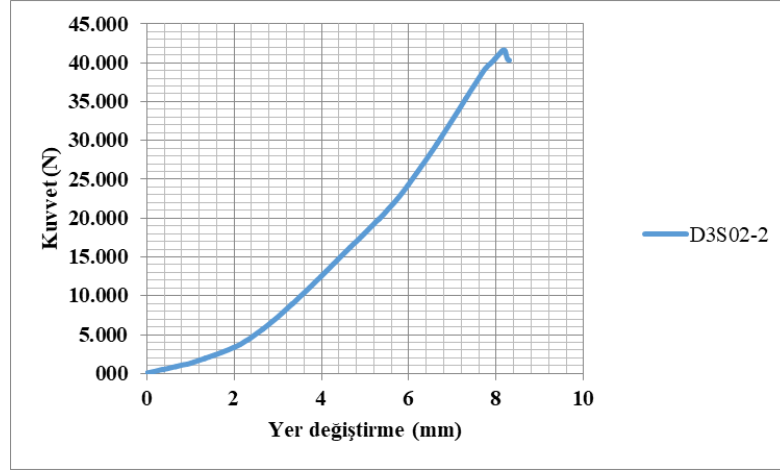
Şekil 3.39. D3S02-2 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

Deney yaklaşık 5 dk sürmüştür. Numune deneyden sonra düzenekten çıkarıldığında kırılma şekli net bir biçimde gözlenebilmiştir (Şekil 3.40.).



Şekil 3.40. D3S02-2 kodlu numunenin deney sonrasındaki durumu

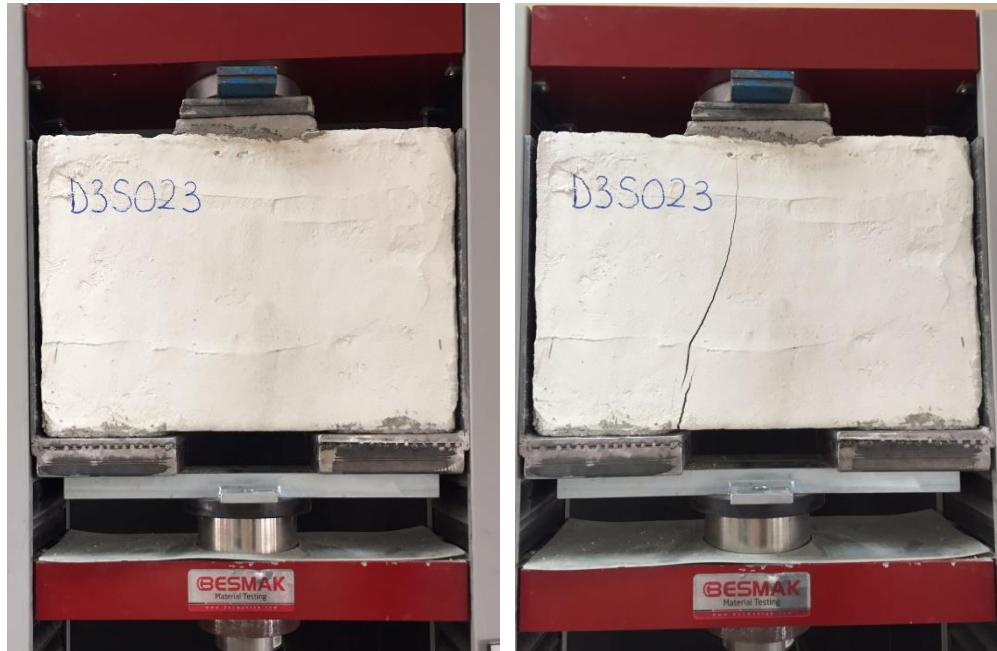
D3S02-2 numunesi bu setin ilk numunesine göre daha fazla yük almış ve maksimum kesme kuvveti değeri $F_{max}=41645$ N mertebelerine ulaşmıştır. Maksimum kesme kuvvetine ulaştıktan sonra; numunenin alt yüzeyinden başlayan çatlaklar bims-harç ara yüzeyinden yukarı doğru genişlemiştir. D3S02-2 kodlu numuneye ait kuvvet-deplasman ilişkisi Şekil 3.41.'de verilmiştir.



Şekil 3.41. D3S02-2 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

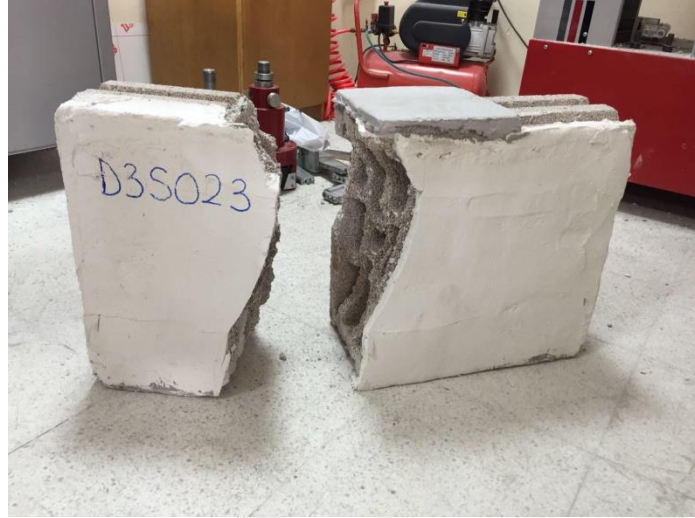
Maksimum kesme kuvveti elde edildikten sonra numunenin kayma gerilmesi değeri 0,281 MPa olarak hesaplanmıştır. Numunenin maksimum deplasman değeri ise 8,2 mm olarak okunmuştur.

Bu sete ait son numune olan D3S02-3 kodlu numunenin deneye öncesi ve deneye tabi tutulduktan sonraki durumu Şekil 3.42.'de sunulmuştur.



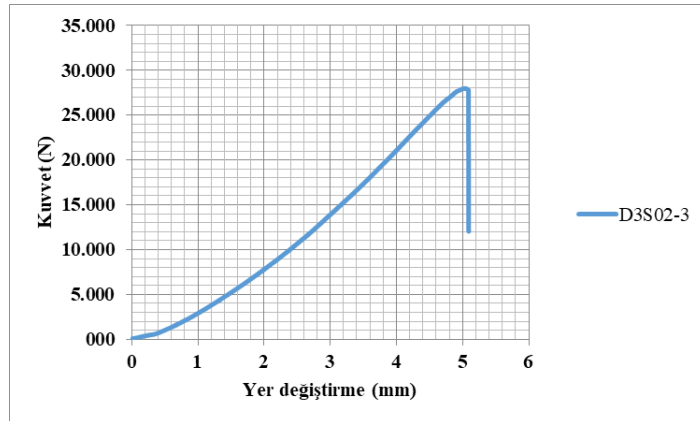
Şekil 3.42. D3S02-3 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

Bu sete ait ikinci numuneyle birebir aynı şekilde kırılan numunenin deney düzeneğinden çıkarıldıktan sonraki durumu Şekil 3.43.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.43. D3S02-3 kodlu numunenin deney sonrasındaki durumu

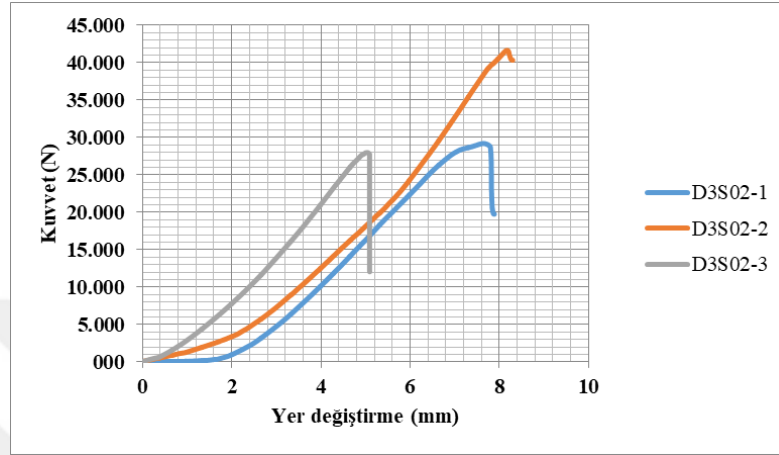
Numunenin kırılma biçimi D3S02-2 kodlu numunenin kırılma biçimiyle aynı olsa da maksimum kesme kuvveti düşük kalarak $F_{max} = 27981$ N mertebelerine ulaşmıştır. Maksimum kesme kuvvetine ulaştıktan sonra; numunenin alt yüzeyinden başlayan çatlaklar bims-harç ara yüzeyinden yukarı doğru genişlemiştir. D3S02-2 kodlu numuneye ait kuvvet-deplasman ilişkisi Şekil 3.44.'te verilmiştir.



Şekil 3.44. D3S02-3 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

Deney yaklaşık 2 dk sürmüştür. Maksimum kesme kuvveti elde edildikten sonra numunenin kayma gerilmesi değeri 0,188 MPa olarak hesaplanmıştır. Numunenin maksimum deplasman değeri ise 5 mm olarak okunmuştur. Bu numunede mekanik değerlerinin oldukça düşük olması; bims elemanların üretim veya nakliye aşamasında içeriden hasar almış olma ihtimali ile açıklanabilir.

Beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı bağlayıcı sıvanın tek taraflı uygulanması sonucu elde edilen D3S02 setine ait numunelerin kuvvet-yer değiştirme eğrileri Şekil 3.45.'te karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.



Şekil 3.45. D3S02 setine ait kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinin karşılaştırılması

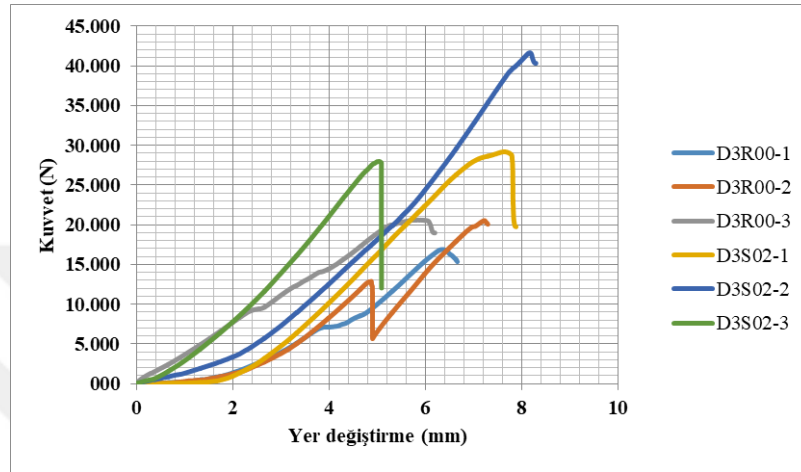
Burada görüldüğü üzere birinci ve üçüncü numunenin maksimum kesme kuvvetleri benzerlik göstermektedir. İkinci numunede okunan maksimum kesme kuvveti değeri ise setteki diğer numunelere göre daha yüksek bir değerdedir. Bunun nedeni, numuneler cihaza yerleştirilirken eşit miktarda sıkıştırıldıkları varsayılmasına rağmen; ikinci numunenin daha fazla sıkıştırılması; dolayısıyla oluşan normal kuvvet etkisinin maksimum kesme kuvveti değerini arttırmış olmasıdır. Bununla birlikte her üç numunede de okunan maksimum orta nokta deplasmanları (u_{mid}) birbirlerinden farklı değerlerde olup sırasıyla 8 mm, 8,2 mm ve 5 mm olarak belirlenmiş ve ortalama değer 7,1 mm şeklinde hesaplanmıştır.

D3S02 setindeki numunelere ait maksimum kesme kuvveti, kayma gerilmesi ve numunelerin ortasındaki bimslerin maksimum deplasman değerleri Tablo 3.7.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.7. D3S02 setine ait numunelerin mekanik değerleri

Numune Kodu	F_{max} (N)	f_v (MPa)	u_{mid} (mm)
D3S02-1	29188	0,197	8
D3S02-2	41645	0,281	8,2
D3S02-3	27981	0,188	5

Beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı bağlayıcı sıvalı numuneler için elde edilen ortalama kesme kuvveti değeri 32938 N, ortalama kayma dayanımı değeri ise 0,222 MPa'dır. Şekil 3.46.'da D3S02 seti, referans numuneler ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



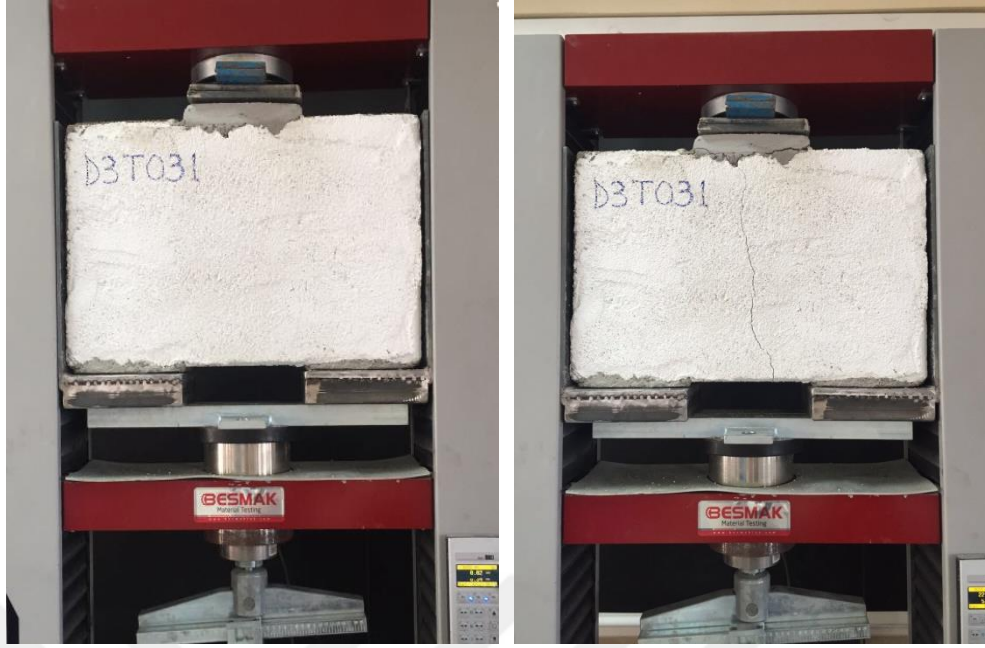
Şekil 3.46. D3R00 ve D3S02 setlerinin karşılaştırılması

D3R00 ve D3S02 setlerinin karşılaştırmalı verileri incelendiğinde; beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı özel bağlayıcı sıvanın, referans numunelerin ortalama kayma dayanımını %70 arttırdığı gözlenmiştir. Bununla birlikte, maksimum deplasmanlarının ortalama değerine %10 katkı yaptığı da görülmüştür.

3.5.2.4. D3T03 kodlu numunelerin test edilmesi

Deneysel çalışmanın bu aşamasında geliştirilmiş cam kürecik esaslı yapıştırıcı sıvanın 2 cm kalınlığında tek taraflı olarak uygulanması sonucu elde edilen üçlü duvar numuneleri, kesme deneylerine tabi tutulmuşlardır. Bu sete ait numuneler D3T03-1, D3T03-2 ve D3T03-3 şeklinde kodlanmışlardır.

D3T03 numune setinde ilk olarak test edilen D3T03-1 kodlu numuneye ait deney öncesi ve sonrası durumları Şekil 3.47.'de sunulmuştur.



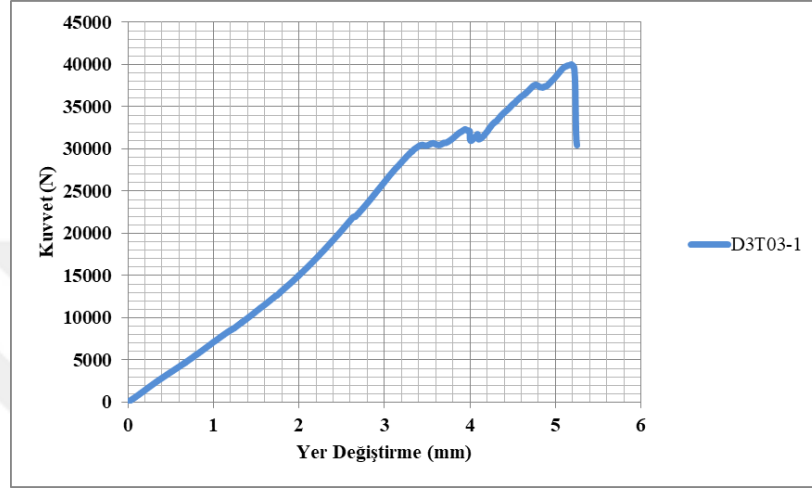
Şekil 3.47. D3T03-1 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

Maksimum kesme kuvveti 40998 N değerine ulaştıktan göçme mekanizmasına ulaşmıştır. Deney yaklaşık 7 dk sürmüştür. Numunenin orta altından başlayan çatlaklar yukarı doğru ilerlemişlerdir. Orta bimsite aşağıya kayma davranışı gözlenmemiştir. Deney sonrası numune düzenden çıkarıldıktan sonra; kırılma şekli net biçimde incelenebilmiştir (Şekil 3.48.).



Şekil 3.48. D3T03-1 kodlu numunenin deney sonrasındaki durumu

Şekil 3.48.'den de görüldüğü üzere bu numunedeki kırılma numunenin tam ortasından başlamış; ancak çatlak yukarı doğru genişledikçe sol derz düzleminden ayrılma yaşanmıştır. Cam kürecik esaslı bağlayıcı sıvanın aderansının yüksek olması, bimslerin derz yüzeyinden gevrek bir davranışla ayrılmasına engel olmuştur. D3T03-1 kodlu numuneye ait kuvvet-deplasman ilişkisi Şekil 3.49.'da verilmiştir.



Şekil 3.49. D3T03-1 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

Grafikten okunan maksimum kesme kuvveti $F_{max} = 40998$ N değerine karşılık gelen kayma gerilmesi değeri $f_v = 0,276$ MPa olarak hesaplanmıştır.

Bu deney setine ait ikinci numune olan D3T03-2 kodlu numune de benzer şekilde test edilmiş ve numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumları Şekil 3.50.'de gösterilmiştir.



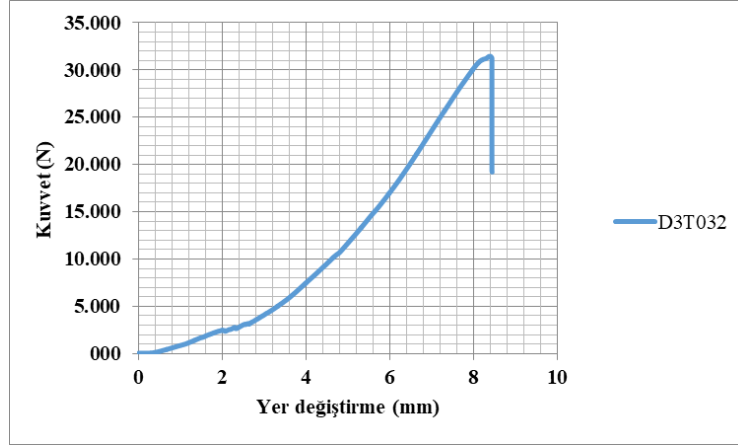
Şekil 3.50. D3T03-2 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

Yaklaşık 5 dk süren deneyde maksimum kesme kuvveti 30000 N mertebelerine ulaşmıştır. İlk numuneden farklı olarak çatlaklar numunenin sağ derz yüzeyinin altından başlayarak ilerlemişlerdir. Deney sonrası numune düzenekten çıkarıldığında ise; derz yüzeyi boyunca tam bir ayrılma gerçekleştiği görülmüştür (Şekil 3.51.).



Şekil 3.51. D3T03-2 kodlu numunenin deney sonrasındaki durumu

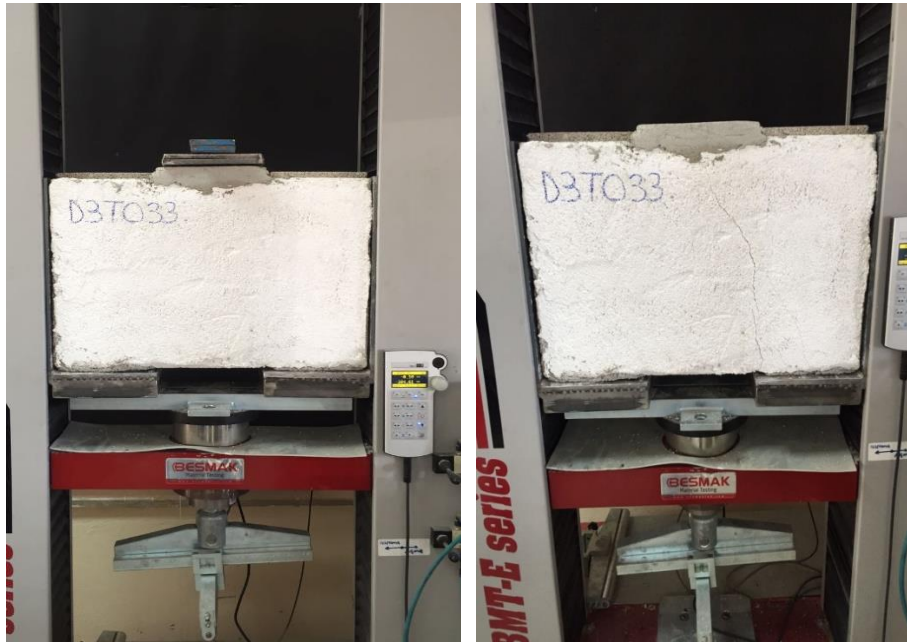
Maksimum deplasman değeri 8,5 mm olarak okunan D3T03-2 kodlu numuneye ait kuvvet-deplasman ilişkisi Şekil 3.52.'de verilmiştir.



Şekil 3.52. D3T03-2 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

D3T03-2 kodlu numunede maksimum kesme kuvveti değerinde ani bir dūřuř meydana gelmiştir. Maksimum kesme kuvveti $F_{max} = 31449$ N değerindeyken numune gōçme mekanizmasına ulaşmıştır. Bu değere karşılık gelen kayma gerilmesi değeri ise $f_v = 0,212$ MPa olarak hesaplanmıştır.

Cam k¼recik esaslı yapıştırıcı ile tek taraflı g¼çlendirmesiz olarak sıvanan numunelerin sonucusu olan D3T03-3 kodlu numune de teste tabi tutularak deney öncesi ve sonrasındaki durumları Şekil 3.53.'te sunulmuştur.



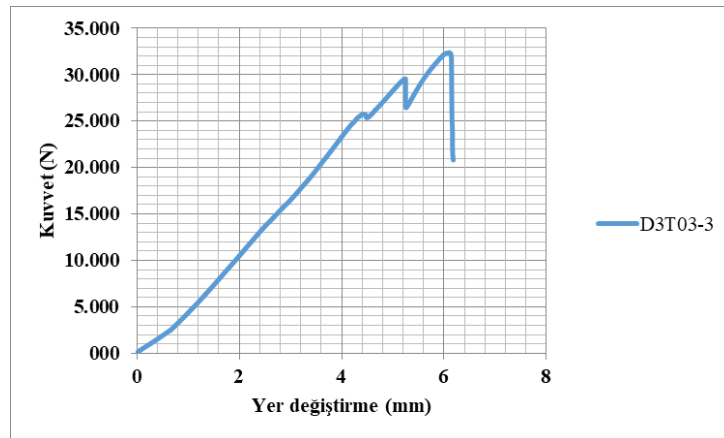
Şekil 3.53. D3T03-3 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

Bu numunede çatlaklar numunenin sağ derz yüzeyinin altından başlamış ancak derz boyunca ilerlememiştir. Deney sonrası numune düzenden çıkarıldığında ise; çatlakların numunenin ortasındaki bimsi içerden parçaladığı görülmüştür (Şekil 3.54.).



Şekil 3.54. D3T03-3 kodlu numunenin deney sonrasındaki durumu

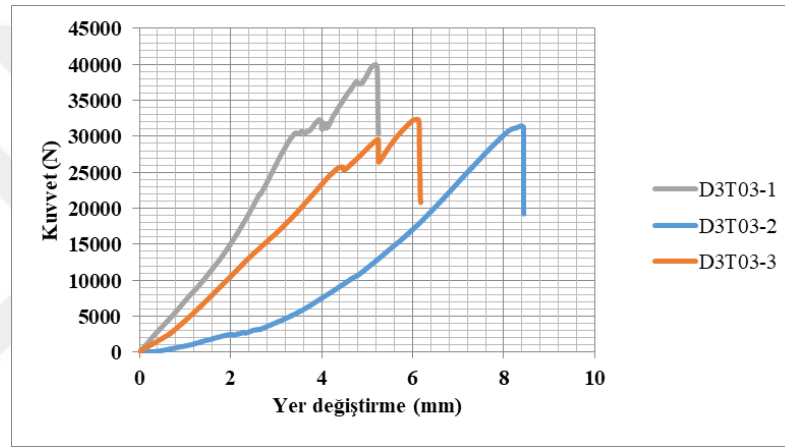
Şekil 3.54.'de görüldüğü üzere deney sonunda numunenin ortasındaki bimsi içerden parçalanmıştır ancak numune yüzeyinde dökülmeler görülmemiştir. Cam kürecik esaslı bağlayıcı sıvanın aderansının yüksek olması; sıva yüzeyinde parçalanmalar olmasını engellemiştir. D3T03-3 kodlu numuneye ait kuvvet-deplasman ilişkisi Şekil 3.55.'te ifade edilmiştir.



Şekil 3.55. D3T03-3 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

Kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisinden görüleceği üzere maksimum kesme kuvvetinde ani bir düşüş yaşanmamış, numune sünek bir davranış göstermiştir. Maksimum kesme kuvveti $F_{max} = 32371$ N değerindeyken numune göçme mekanizmasına ulaşmıştır. Bu değere karşılık gelen kayma gerilmesi değeri ise $f_v = 0,218$ MPa olarak hesaplanmıştır.

Cam kürecik esaslı bağlayıcı sıvanın uygulanması sonucu elde edilen D3T03 setine ait numunelerin kuvvet-yer değiştirme eğrileri Şekil 3.56.'da karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.



Şekil 3.56. D3T03 setine ait kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinin karşılaştırılması

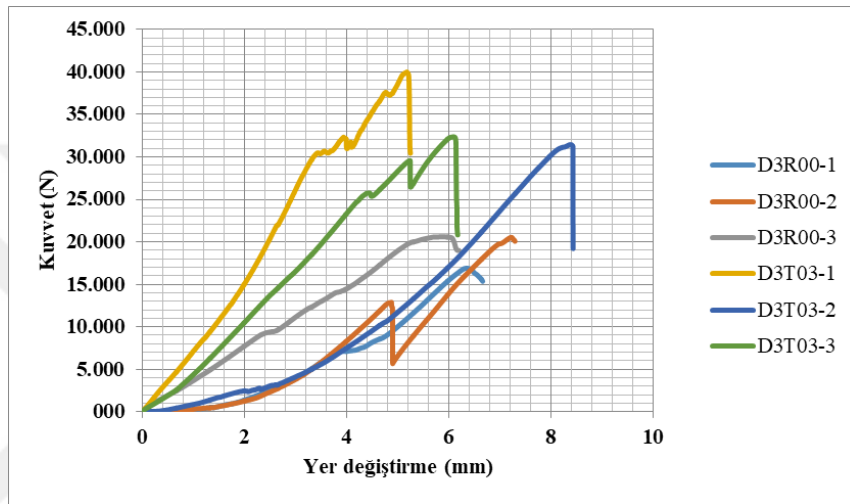
Burada görüldüğü üzere ikinci ve üçüncü numunenin maksimum kesme kuvvetleri benzerlik göstermektedir. İlk numunede okunan maksimum kesme kuvveti değeri ise setteki diğer numunelere göre daha yüksek bir değerdedir. Bununla birlikte her üç numunede de okunan maksimum orta nokta deplasmanları (u_{mid}) birbirlerinden farklı değerlerde olup sırasıyla 5,2 mm, 8,4 mm ve 6,2 mm olarak belirlenmiş ve ortalama değer 6,6 mm Şeklinde hesaplanmıştır. Bu değerlerin birbirlerinden bu derece farklılık göstermesinin temel sebebi; numuneler cihaza yerleştirilirken eşit miktarda sıkıştırıldıkları varsayılmasına rağmen; gerçekte sıkıştırma miktarlarının farklı olmasıdır.

D3T03 setindeki numunelere ait maksimum kesme kuvveti, kayma gerilmesi ve numunelerin ortasındaki bimslerin maksimum deplasman değerleri Tablo 3.8.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.8. D3T03 setine ait numunelerin mekanik değerleri

Numune Kodu	F_{max} (N)	f_v (MPa)	u_{mid} (mm)
D3T03-1	40998	0,276	5,2
D3T03-2	31449	0,212	8,4
D3T03-3	32371	0,218	6,2

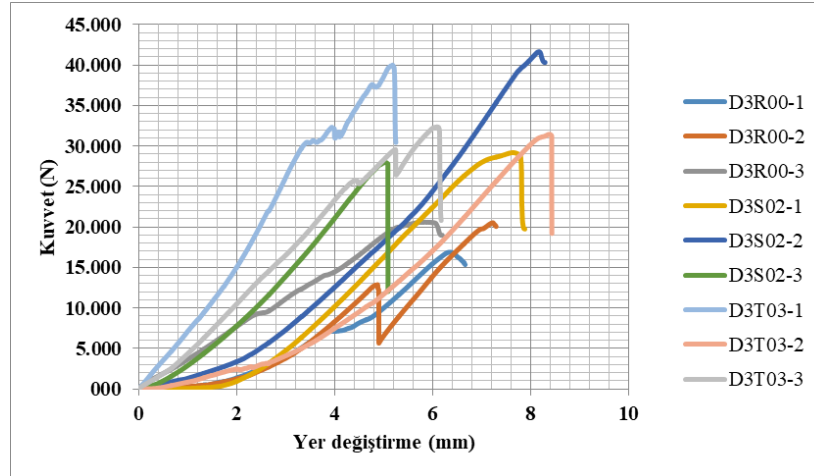
Cam k¼recik esaslı bağlayıcı sıvalı numuneler için elde edilen ortalama kesme kuvveti değeri 34939 N, ortalama kayma dayanımı değeri ise 0,235 MPa'dır. Şekil 3.57.'de D3T03 seti, referans numuneler ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 3.57. D3R00 ve D3T03 setlerinin karşılaştırılması

D3R00 ve D3T03 setlerinin karşılaştırmalı verileri incelendiğinde; cam k¼recik esaslı özel bağlayıcı sıvanın, referans numunelerin ortalama kayma dayanımını %80 arttırdığı gözlenmiştir. Bununla birlikte, maksimum deplasmanlarının ortalama değerine %2 katkı yaptığı da gör¼lm¼řtür.

Deneylerde kullanılan özel bağlayıcı sıvaların durumlarını değerlendirebilmek için, referans numuneler ile beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı bağlayıcı sıvanın ve cam k¼recik esaslı bağlayıcı sıvanın kuvvet-yer değiştirme eğrileri Şekil 3.58.'de karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.



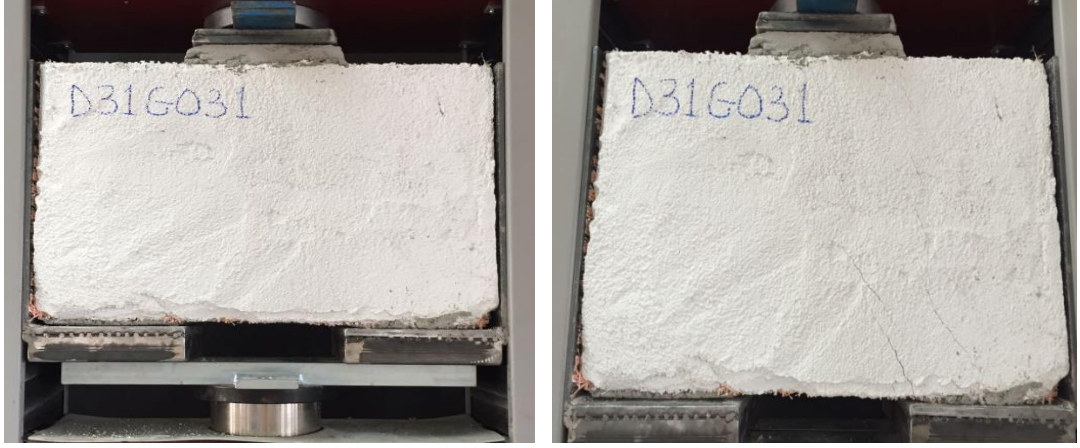
Şekil 3.58. D3R00, D3S02 ve D3T03 setlerinin karşılaştırılması

D3R00, D3S02 ve D3T03 setlerinin karşılaştırmalı verileri incelendiğinde; cam kürecik esaslı özel bağlayıcı sıvanın, beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı özel bağlayıcı sıvaya göre referans numunelerin ortalama dayanımına %10 daha fazla katkıda bulunduğu görülmüştür.

3.5.2.5. D31G03 kodlu numunelerin test edilmesi

DeneySEL çalışmanın bu aşamasında geliştirilmiş cam kürecik esaslı bağlayıcı sıva ile alkali dirençli cam içeren çok eksenli hibrit deprem kumaşı birlikte kullanılarak güçlendirilen numuneler teste tabi tutulmuşlardır. Güçlendirme işlemi tek taraflı olup, sıva kalınlığı 2 cm olarak belirlenmiştir. Bu seti diğerlerinden ayıran 3 numune yerine 2 numunenin test edilmiş olmasıdır. Bunun sebebi mevcut deprem kumaşının tüm deneylere yetecek şekilde optimum miktarlarda kullanılması gerekliliğidir. Bu sete ait numuneler sırasıyla D31G03-1 ve D31G03-2 olarak isimlendirilmiştir.

D31G03 numune setinin ilki olan D31G03-1 kodlu numunenin üç noktalı kesme deneyine tabi tutulmadan önceki ve sonraki durumları Şekil 3.59.'da sunulmuştur.



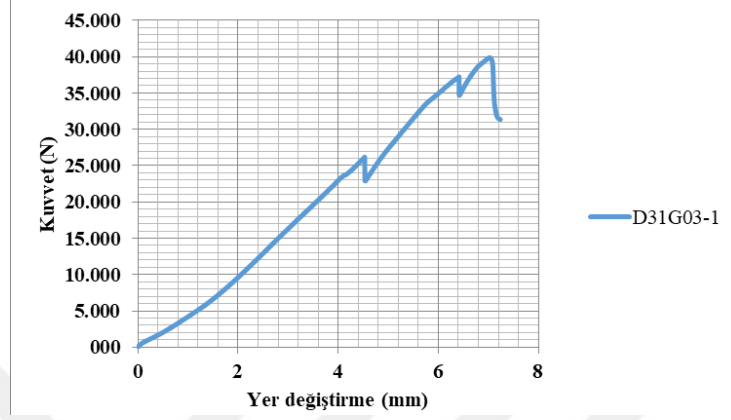
Şekil 3.59. D31G03-1 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

Şekil 3.59.'da görüldüğü üzere, sağ derz yüzeyinin altında oluşan ilk çatlak; yük 25000 N mertebelerindeyken başlamıştır. Yük almaya devam ettikçe numune yüzeyinde kılcal çatlaklar belirmiştir. Maksimum kesme kuvveti değerine ($F_{max}=39871$ N) ulaşıldıktan sonra yükte ani bir düşüş meydana gelmiştir. Genleştirilmiş cam kürecik esaslı bağlayıcı sıva ile sismik tekstil kombinasyonunun oluşturduğu yüksek aderans, numunenin parçalanmadan tek parça halinde kalmasını sağlamıştır. Deprem kumaşı; gelen enerjinin kılcal çatlaklar yoluyla tüketilmesini sağlamış ve gevrek kırılmanın önüne geçmiştir. Güçlendirme uygulamasının tek taraflı yapılmış olmasının bir sonucu olarak numunenin arka yüzeyinde parçalanmalar olmuştur (Şekil 3.60.).



Şekil 3.60. D31G03-1 kodlu numunenin arka yüzeyinin deney sonrasındaki durumu

Genleştirilmiş cam kürecik esaslı bağlayıcı sıva ve deprem kumaşı ile tek taraflı olarak güçlendirilen D31G03-1 kodlu numuneye ait kuvvet-yer değiştirme ilişkisi Şekil 3.61.'de verilmiştir.



Şekil 3.61. D31G03-1 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

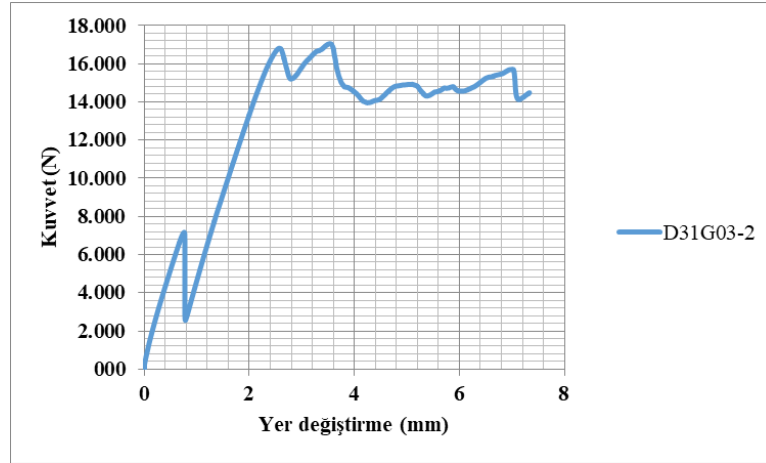
Kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisinden görüleceği üzere maksimum deplasman değeri 7 mm mertebelerine ulaşan duvar numunesi, maksimum kesme kuvveti $F_{max} = 39781$ N değerindeyken göçme mekanizmasına ulaşmıştır. Bu değere karşılık gelen kayma gerilmesi değeri ise $f_v = 0,268$ MPa olarak hesaplanmıştır.

Deney setinin ikinci ve son numunesi olan D31G03-2 kodlu numune de aynı şekilde test edilmiştir. Numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu Şekil 3.62.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.62. D31G03-2 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

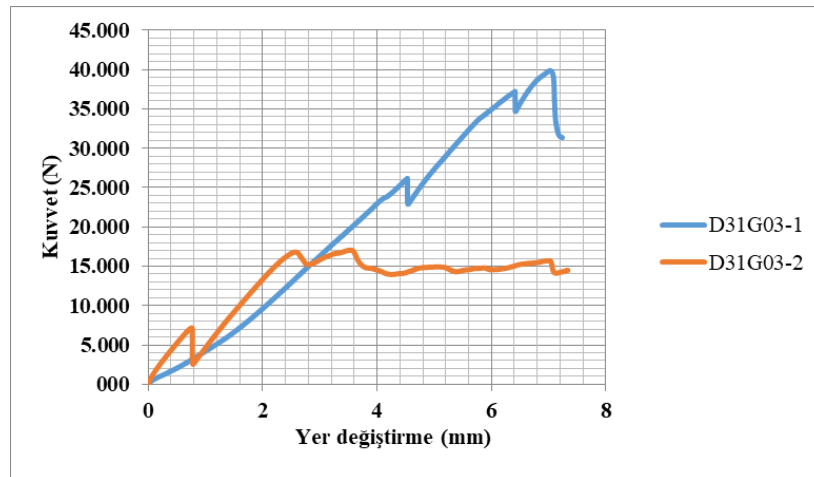
D31G03 deney setinin ilk numunesine benzer şekilde bu numune de yük aldıkça kılcal çatlaklar yoluyla enerjiyi tüketerek sünek bir davranış göstermiştir. Sol derz yüzeyinin altından başlayan çatlaklar yukarı doğru çıktıkça genişleşmişlerdir. Ancak beklenmedik bir şekilde yük 7500 N mertebelerine geldiğinde bir düşüş yaşanmış, sonrasında yük almaya devam eden numune en fazla 17000 N mertebelerine ulaşabilmiştir. Gözle görülür bir kırılma yaşanmamasına rağmen dayanımdaki bu ani düşüş; bims elemanların deney öncesinde nakliye yahut üretim sırasında hasar almış olabileceği ile açıklanabilir. Dışarıdan görülmeyen fakat halihazırda zayıf olan iç kısımlar gelen yükün etkisiyle kırılmış; bu da dayanımı düşürmüştür. Buna rağmen deprem kumaşının varlığı, numunenin tek parça halinde kalmasını sağlamış ve parçalanmayı engellemiştir. D31G03-2 kodlu numuneye ait kuvvet-yer değiştirme ilişkisi Şekil 3.63.'te sunulmuştur.



Şekil 3.63. D31G03-2 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

Kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisinden görüleceği üzere maksimum deplasman değeri 3,6 mm mertebelerine ulaşan duvar numunesi, maksimum kesme kuvveti $F_{max} = 17048$ N değerindeyken göçme mekanizmasına ulaşmıştır. Bu değere karşılık gelen kayma gerilmesi değeri ise $f_v = 0,115$ MPa olarak hesaplanmıştır.

Genleştirilmiş cam kürecik esaslı bağlayıcı sıva ve deprem kumaşı ile tek taraflı olarak güçlendirilen D31G03 setine ait numunelerin kuvvet-yer değiştirme eğrileri Şekil 3.64.'te karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 3.64. D31G03 setine ait kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinin karşılaştırılması

Burada görüldüğü üzere D31G03-2 kodlu numunenin maksimum kesme kuvveti değeri oldukça düşüktür. Bunun nedeni bims elemanların nakliye yahut üretim sırasında hasar aldıktan sonra deney esnasında zaten zayıf olan iç kısımların gelen yükün etkisiyle aniden kırılması ve dayanımı düşürmesidir. Aynı sebeple her iki

numunede de okunan maksimum orta nokta deplasmanları (u_{mid}) birbirlerinden oldukça farklı değerlerde olup sırasıyla 7 mm ve 3,6 mm olarak belirlenmiş ve ortalama değer 5,3 mm şeklinde hesaplanmıştır. D31G03 setindeki numunelere ait maksimum kesme kuvveti, kayma gerilmesi ve numunelerin ortasındaki bimslerin maksimum deplasman değerleri Tablo 3.9.'da ifade edilmiştir.

Tablo 3.9. D31G03 setine ait numunelerin mekanik değerleri

Numune Kodu	F_{max} (N)	f_v (MPa)	u_{mid} (mm)
D31G03-1	39781	0,268	7
D31G03-2	17048	0,115	3,6

Genleştirilmiş cam kürecik esaslı bağlayıcı sıva ve deprem kumaşı ile tek taraflı olarak güçlendirilmiş numuneler için ortalama kesme kuvveti ve ortalama kayma dayanımı değerlerini elde ederken D31G03-2 kodlu numunenin mekanik değerlerini kullanmak yanıltıcı olacağından, yalnızca D31G03-1 kodlu numunelerin mekanik değerleri göz önüne alınacaktır. Bu nedenle tez çalışması kapsamında D31G03 seti ile ilgili kullanılacak veriler, D31G03-1 kodlu numuneye ait olacaktır.

3.5.2.6. D32G03 kodlu numunelerin test edilmesi

Tez çalışmasının bu aşamasında; numunelerin her iki yüzeyine 1'er cm kalınlığında olacak şekilde genleştirilmiş cam kürecik esaslı yapıştırma sıvası kullanılarak yapıştırılan sismik kumaşın mekanik davranışı incelenmiştir. Bu sete ait 2 numune üretilmiş olup; numuneler sırasıyla D32G03-1 ve D32G03-2 şeklinde kodlanmıştır. D32G03-1 kodlu numuneye ait üç noktalı kesme deneyi öncesi ve sonrasındaki durumu Şekil 3.65.'te gösterilmiştir.



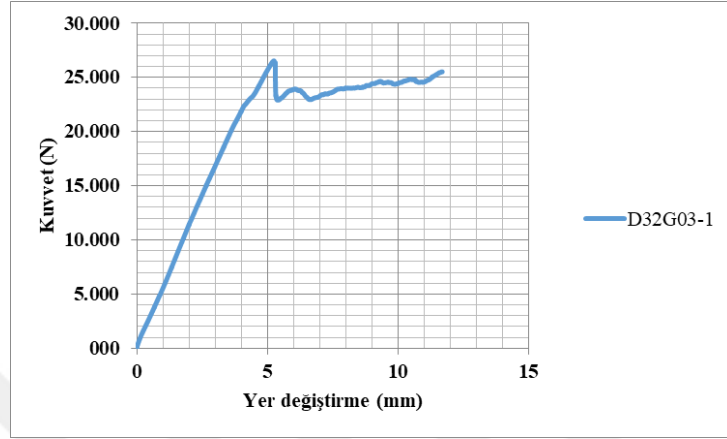
Şekil 3.65. D32G03-1 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

D32G03-1 kodlu numunede gerçekleşen deney yaklaşık 5 dk sürmüş ve numunenin sağ derz yüzeyi altından başlayan çatlaklar yukarıya doğru derz yüzeyi boyunca ilerlemişlerdir. Numunenin her iki yüzeyinin güçlendirilmiş olması, bims elemanların yüzeylerinde parçalanmalar meydana gelmesini engellemiştir. Sismik kumaş numune yüzeylerinde sıyrılmamış ve duvarın yekpare olarak kalmasını sağlamıştır. Bununla beraber deney sonrasında numune düzenekten çıkarılırken bims elemanların içeriden kırıldıkları gözlemlenmiştir (Şekil 3.66.).



Şekil 3.66. D32G03-1 kodlu numunenin deney sonrasındaki durumu

Genleştirilmiş cam kürecik esaslı bağlayıcı sıva ve deprem kumaşı ile çift taraflı olarak güçlendirilen D32G03-1 kodlu numuneye ait kuvvet-yer değiştirme ilişkisi Şekil 3.67.'de verilmiştir.



Şekil 3.67. D32G03-1 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

Numuneye ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisinden görüldüğü gibi maksimum deplasman değeri 5 mm mertebelerine, maksimum kesme kuvveti ise $F_{max} = 26537$ N değerine ulaşmıştır. Bu değere karşılık gelen kayma gerilmesi değeri ise $f_v = 0,179$ MPa olarak hesaplanmıştır.

Bu sete ait ikinci ve son numune olan D32G03-2 kodlu numune de aynı şekilde test edilmiştir. Numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu Şekil 3.68.'de sunulmuştur.



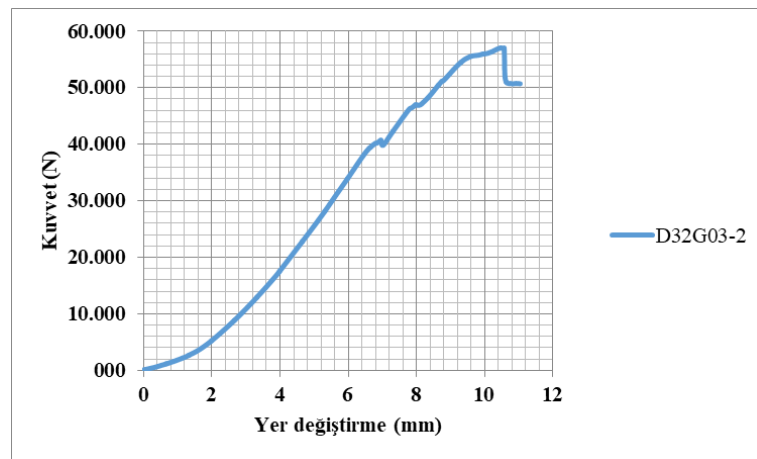
Şekil 3.68. D32G03-2 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

Yaklaşık 5 dk süren deney sonunda, numunede büyük çatlaklar oluşmamıştır. Yük aldıkça numunenin orta bölgelerinde çok küçük kılcal çatlaklar meydana gelmiştir. Genleştirilmiş cam kürecik esaslı yapıştırıcı sıvanın yüksek aderansı sayesinde, duvar yüzeyinde büyük çatlaklar oluşmamıştır. Çift taraflı olarak güçlendirilmiş numune düzenden çıkarıldıktan sonra; sol uçtaki bims elemanın derz yüzeyinden koptuğu görülmüştür. Ancak numunenin her iki yüzeyindeki sismik kumaş sıyrılmamış ve duvarın dağılmasına engel olmuştur (Şekil 3.69.).



Şekil 3.69. D32G03-2 kodlu numunenin deney sonrasındaki durumu

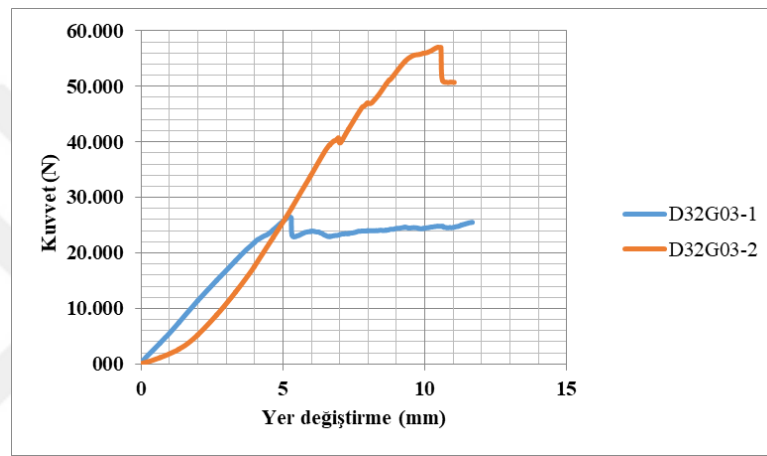
Bu sete ait ikinci ve son numune olan D32G03-2 kodlu numuneye ait kuvvet-yer değiştirme ilişkisi Şekil 3.70.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.70. D32G03-2 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

D32G03-2 kodlu numuneye ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi yardımıyla maksimum deplasman değeri 10,6 mm olarak okunmuştur. Maksimum kesme kuvveti ise $F_{max} = 57048$ N değerine ulaşmıştır. Bu değere karşılık gelen kayma gerilmesi değeri $f_v = 0,385$ MPa olarak hesaplanmıştır.

Genleştirilmiş cam kşrecik esaslı bağlayıcı sıva ve deprem kumaşı ile çift taraflı olarak gşclendirilen D32G03 setine ait numunelerin kuvvet-yer değiştirme eğrileri Şekil 3.71.'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 3.71. D32G03 setine ait kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinin karşılaştırılması

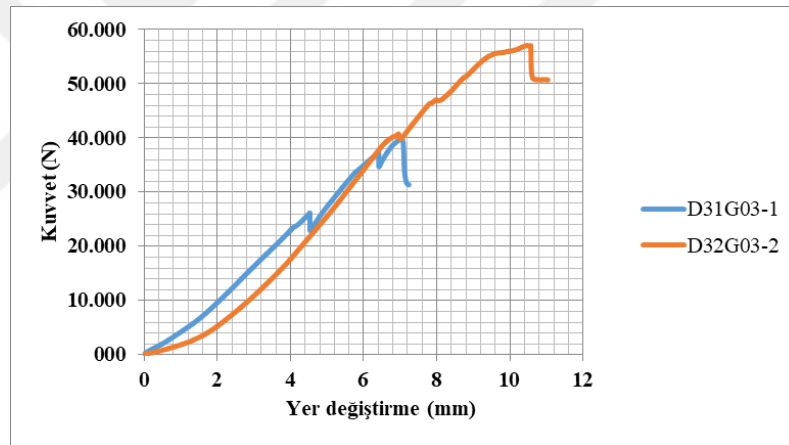
Grafik eğrilerinin de belirttiği gibi D32G03-1 kodlu numunenin maksimum kesme kuvveti değeri oldukça dőüktür. Bunun nedeni bims elemanların nakliye yahut üretim sırasında hasar aldıktan sonra deney esnasında zaten zayıf olan iç kısımların gelen yükün etkisiyle aniden kırılması ve dayanımı dőřürmesidir. Aynı sebeple her iki numunede de okunan maksimum orta nokta deplasmanları (u_{mid}) birbirlerinden oldukça farklı değerlerde olup sırasıyla 5,2 mm ve 10,6 mm olarak belirlenmiş ve ortalama değer 7,9 mm şeklinde hesaplanmıştır. D32G03 setindeki numunelere ait maksimum kesme kuvveti, kayma gerilmesi ve numunelerin ortasındaki bimslerin maksimum deplasman değerleri Tablo 3.10.'da ifade edilmiştir.

Tablo 3.10. D32G03 setine ait numunelerin mekanik değerleri

Numune Kodu	F_{max} (N)	f_v (MPa)	u_{mid} (mm)
D32G03-1	26537	0,179	5,2
D32G03-2	57048	0,385	10,6

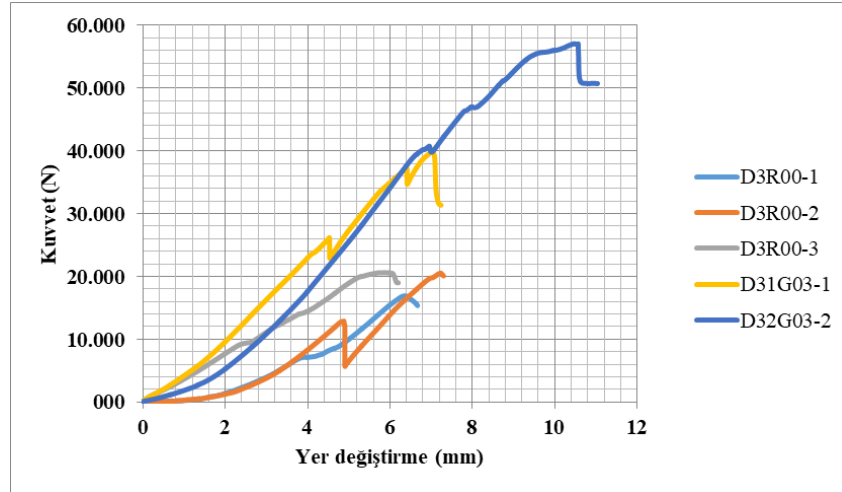
Genleştirilmiş cam kürecik esaslı bağlayıcı sıva ve deprem kumaşı ile çift taraflı olarak güçlendirilmiş numuneler için ortalama kesme kuvveti ve ortalama kayma dayanımı değerlerini elde ederken D32G03-1 kodlu numunenin mekanik değerlerini kullanmak yanıltıcı olacağından, yalnızca D32G03-2 kodlu numunelerin mekanik değerleri göz önüne alınacaktır. Bu nedenle tez çalışması kapsamında D32G03 seti ile ilgili kullanılacak veriler, D32G03-2'ye ait olacaktır.

Sismik kumaş ve cam kürecik esaslı bağlayıcı sıva ile tek taraflı olarak güçlendirilen D31G03-1 kodlu numune ile çift taraflı olarak güçlendirilen D32G03-2 kodlu numunenin kuvvet-yer değiştirme eğrileri Şekil 3.72.'de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Grafikten de görüldüğü üzere sismik kumaşın çift taraflı kullanımı maksimum kuvvet değerini oldukça arttırmıştır.



Şekil 3.72. Tek taraflı ve çift taraflı olarak güçlendirilmiş numunelerin karşılaştırılması

Tek taraflı olarak güçlendirilen D31G03-1 numunesi ve çift taraflı olarak güçlendirilen D32G03-2 numunesi ile referans numunelerin karşılaştırmalı kuvvet-yer değiştirme grafik eğrileri Şekil 3.73.'te sunulmuştur.



Şekil 3.73. Referans numuneler ile güçlendirilmiş numunelerin karşılaştırılması

Referans numunelerle güçlendirilmiş numunelerin verileri karşılaştırıldığında; cam kürecik esaslı bağlayıcı sıva ve sismik kumaş kombinasyonunun tek taraflı olarak uygulanmasının, referans numunelerin ortalama kayma dayanımını %104 arttırdığı, bu kombinasyonun numuneye çift taraflı uygulanmasının ise referans numunelerin kayma dayanımını %193 arttırdığı görülmüştür.

3.5.3. Deney II

Tablo 3.2.'de belirtildiği üzere Deney II grubu 6 setten oluşmaktadır. Her sette üçer deney olmak üzere toplam 18 deneyi kapsamaktadır.

3.5.3.1. D3R00-Y kodlu numunelerin test edilmesi

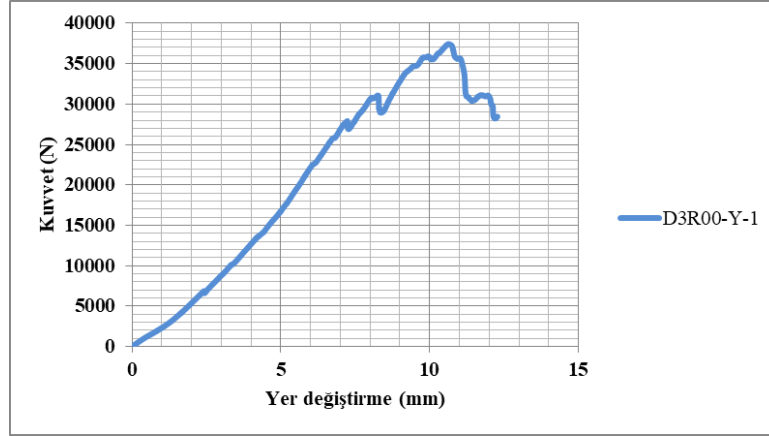
Deney II grubunun referans numunelerini temsil eden D3R00-Y seti numuneleri; D3R00-Y-1, D3R00-Y-2 ve D3R00-Y-3 şeklinde isimlendirilmiştir. Deney II grubunda düzenek değiştirilerek, numunelerin yatay gerilmeye maruz bırakılması sağlanmıştır. Deneylere başlanmadan önce üçlü numunelerdeki fabrikasyon kaynaklı yüzey bozuklukları törpülenmiştir. Sonrasında ise numuneler, 2 adet L şeklindeki çelik profilin arasına yerleştirilmiştir ve 14 mm çapındaki 4 adet gijon vasıtasıyla çelik levhalar birbirlerine bağlanmışlardır. Gijonlar, somun ve civatalar yardımıyla eşit miktarda sıkıştırılmışlardır. Böylece yanal deplasman önlenecektir. Daha sonra numuneler profillerle beraber test cihazına Y doğrultusunda oturtulmuştur. Bunun

sonucu olarak cihazın Y doğrultusunda konuşturılan numunelerin her iki uçtaki havada kalan kısımları 100x100x1250 mm boyutlarındaki ağaç ayaklar ve teleskopik direkler ile desteklenmiştir. Ağaç ayaklar denge terazisi kullanılarak test cihazına yerleştirilmiş ve deneyler boyunca oynatılmamışlardır. Son olarak üçlü numunenin ortasındaki bimsin üzerine çelik levha konularak düzeneğin hazırlığı tamamlanmıştır. Deneye başlanmadan önce numuneye çok küçük bir ön yükleme yapılarak numunenin ortasındaki bims blok ile üstündeki çelik levha arasındaki boşluk yok edilmiş ve numunenin cihaza tam olarak oturması sağlanmıştır. Sonrasında cihaz tekrar sıfır yükleme konumuna getirilmiş ve deneye başlanmıştır. Yükleme hızı 1,5 mm/dk olan düşey yük kontrollü silindir vasıtasıyla kesme kuvvetine maruz bırakılan D3R00-Y-1 kodlu numuneneye ait deney öncesi ve sonrası durumları Şekil 3.74.'te verilmiştir.



Şekil 3.74. D3R00-Y-1 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

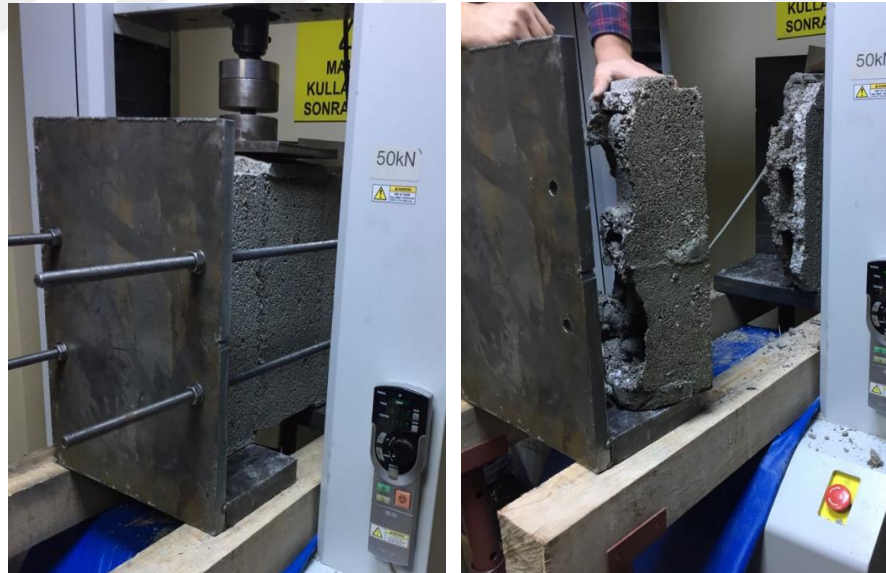
Yaklaşık 8 dakika süren deneyde, sol uçtaki bimsin alt yüzeyinden başlayan kılcal çatlaklar genişleyerek derz yüzeyine ulaşmış ve ortadaki bimsin yüzeyi boyunca ilerlemişlerdir. Maksimum kesme kuvveti 37 kN mertebelerine ulaştıktan sonra numune taşıma gücü kapasitesini kaybetmiştir. Yaklaşık 10,6 mm deplasman yapan numunenin deney sonuçları, basma-çekme test cihazına bağlı bir bilgisayarda bulunan Trapezium yazılımı tarafından kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi şeklinde oluşturulmuştur (Şekil 3.75.).



şekil 3.75. D3R00-Y-1 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

Deney sonucunda maksimum kesme kuvveti $F_{max}=37431$ N olarak okunmuştur. Buna bağlı olarak Denklem 3.1. yardımıyla kayma gerilmesi değeri hesaplanmış ve $f_v=0,253$ MPa olarak bulunmuştur.

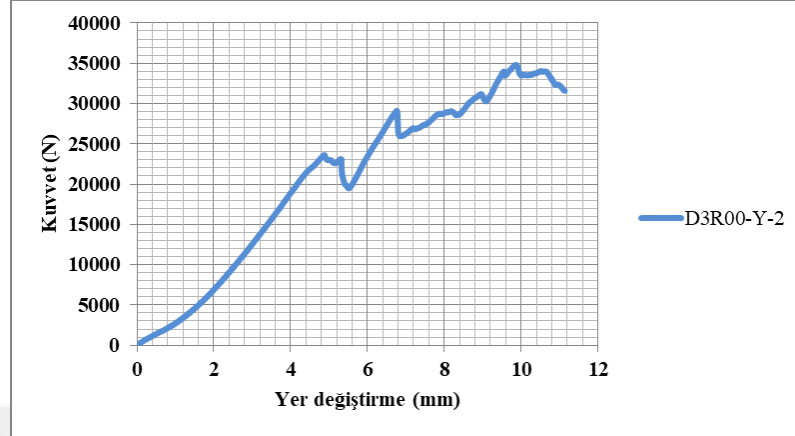
D3R00-Y-2 kodlu numune de benzer şekilde deneye hazırlandıktan sonra teste tabi tutulmuştur. Numunenin deney öncesi ve sonrası durumları şekil 3.76.'da verilmiştir.



şekil 3.76. D3R00-Y-2 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

İlk numuneden farklı şekilde kılcal çatlaklar oluşmadan kırılan D3R00-Y-2 kodlu numunenin deney sonrası cihazdan çıkarılırken tamamen parçalandığı gözlemlenmiştir. Yaklaşık 7 dakika süren deneyde maksimum kesme kuvveti 30 kN mertebelerine ulaştıktan sonra numune taşıma gücü kapasitesini kaybetmiştir.

D3R00-Y-2 kodlu numuneye ait kuvvet-yer değiştirme ilişkisi Şekil 3.77.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.77. D3R00-Y-2 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

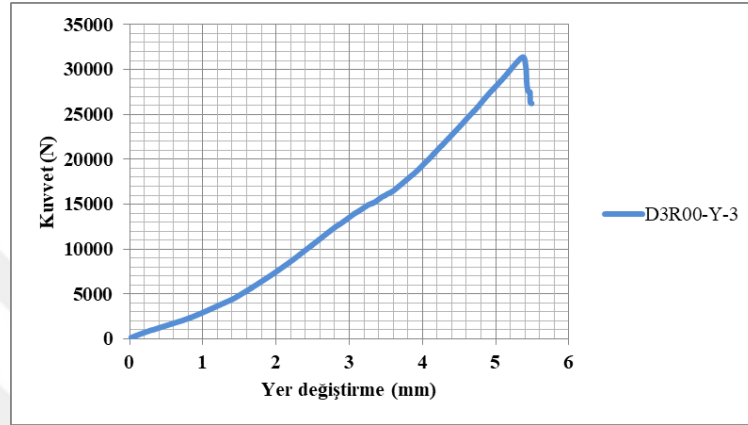
Deney sonucunda maksimum kesme kuvveti $F_{max}=34803$ N olarak belirlenen numunenin maksimum kesme kuvvetine bağlı olarak kayma gerilmesi değeri hesaplandığında $f_v=0,235$ MPa olduğu görülmüştür. Numunenin maksimum deplasman değeri 9,8 mm olarak okunmuştur.

D3R00-Y setinin son numunesi olan D3R00-Y-3 kodlu numune de aynı Şekilde test edilmiştir. Numunenin deney öncesi ve sonrası durumları Şekil 3.78.'de sunulmuştur.



Şekil 3.78. D3R00-Y-3 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

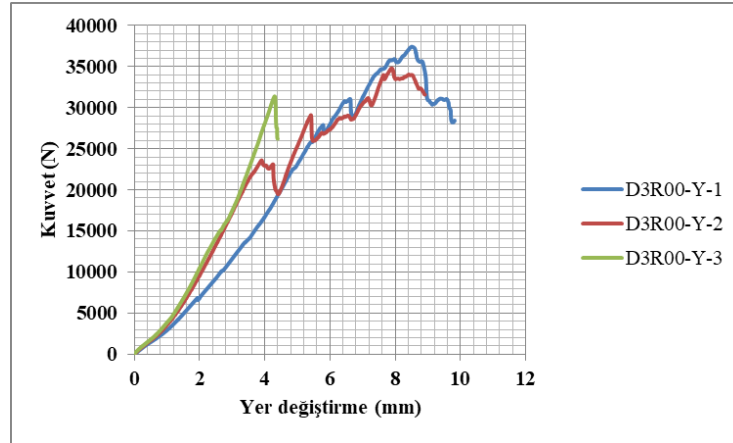
Yaklaşık 6 dakika süren deneyde, sağ uçtaki bimsin alt yüzeyinden başlayan kılcal çatlaklar genişleyerek derz yüzeyine ulaşmış ve ortadaki bimsin yüzeyi boyunca ilerlemişlerdir. Maksimum kesme kuvveti 30 kN mertebelerine ulaştıktan sonra ani bir kırılma yaşayarak taşıma gücü kapasitesini kaybetmiştir. D3R00-Y-3 kodlu numuneye ait kuvvet-yer değiştirme ilişkisi Şekil 3.79.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.79. D3R00-Y-3 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

Deney sonucunda maksimum kesme kuvveti $F_{max}=31384$ N olarak okunmuştur. Buna bağlı olarak kayma gerilmesi değeri hesaplandığında $f_v=0,211$ MPa olduğu görülmüştür. Numunenin maksimum deplasman değerinin ise 5,4 mm olduğu saptanmıştır.

Deney II grubunun referans numunelerini içeren D3R00-Y setine ait üç numunenin maksimum kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkileri Şekil 3.80.'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Birinci ve ikinci numunenin maksimum kesme kuvveti kapasitesi değerlerinin çok yakın olduğu görülürken son numunenin diğerlerinden daha büyük bir kesme kuvveti taşıdığı saptanmıştır. Bununla birlikte her üç numunede de okunan maksimum orta nokta deplasmanları (u_{mid}) sırasıyla 10,6 mm, 9,8 mm ve 5,4 mm olarak belirlenmiş ve ortalama değer 8,6 mm şeklinde hesaplanmıştır.



Şekil 3.80. D3R00-Y setine ait kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinin karşılaştırılması

D3R00-Y setindeki numunelere ait maksimum kesme kuvveti, kayma gerilmesi ve numunelerin ortasındaki bimslerin maksimum deplasman değerleri Tablo 3.11.'de verilmiştir.

Tablo 3.11. D3R00-Y setine ait numunelerin mekanik değerleri

Numune Kodu	F_{\max} (N)	f_v (MPa)	u_{mid} (mm)
D3R00-Y-1	37431	0,253	10,6
D3R00-Y-2	34803	0,235	9,8
D3R00-Y-3	31384	0,211	5,4

Deney II grubunun referans numuneleri için elde edilen ortalama kesme kuvveti değeri 34539 N, ortalama kayma dayanımı değeri ise 0,233 MPa'dır.

3.5.3.2. D3R01-Y kodlu numunelerin test edilmesi

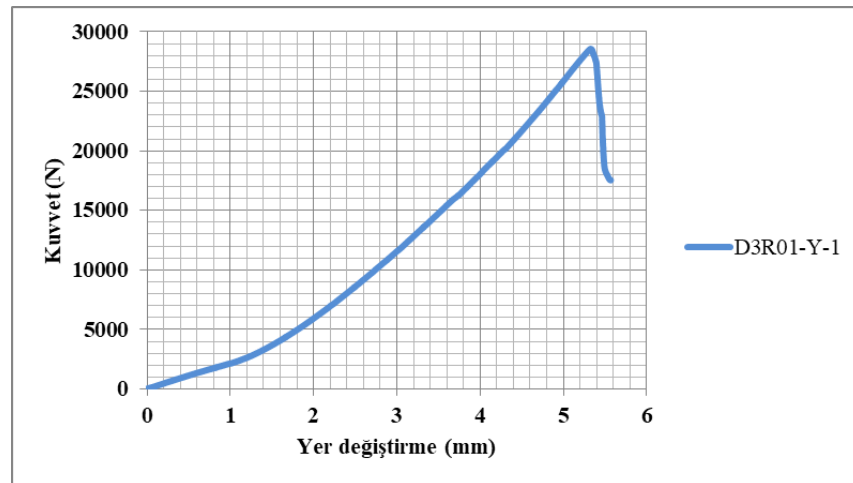
Deney II grubunun ikinci seti olan D3R01-Y kodlu numuneler kum sıvalı numunelerdir. Numunelerin tek tarafına 2 cm kalınlığındaki standart kum sıva harcı kullanılmış ve güçlendirme uygulanmamıştır. Deney düzeneği referans numunelerde kullanılan düzeneğe birebir aynıdır. Kum sıvalı numunelere; D3R01-Y-1, D3R01-Y-2 ve D3R01-Y-3 şeklinde isimlendirme yapılmıştır.

D3R01-Y numune setinin ilki olan D3R01-Y-1 kodlu numuneye ait deney öncesi ve sonrası durumları Şekil 3.81.'de sunulmuştur.



Şekil 3.81. D3R01-Y-1 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

Şekil 3.80.'de görüldüğü üzere deney sonunda kum sıvalı numuneyi tüm yüzeyi boyunca kesen derin çatlaklar oluşmuştur. Deney yaklaşık 4 dk sürmüş ve maksimum kuvvet 28 kN mertebelerine ulaştığında numune gevrek bir davranış sergileyerek aniden kırılmıştır. D3R01-Y-1 kodlu numuneye ait kuvvet-yer değiştirme grafiği Şekil 3.82.'de ifade edilmiştir.



Şekil 3.82. D3R01-Y-1 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

Deney sonucunda maksimumu kesme kuvveti $F_{max}=28564$ N olarak okunmuştur. Buna bağlı olarak Denklem 3.1. yardımıyla kayma gerilmesi değeri hesaplanmış ve $f_v=0,193$ MPa olarak bulunmuştur. Numune yaklaşık 5,4 mm deplasman mertebelerine ulaştıktan sonra kırılmıştır. Bu setin ilk numunesine göre mekanik

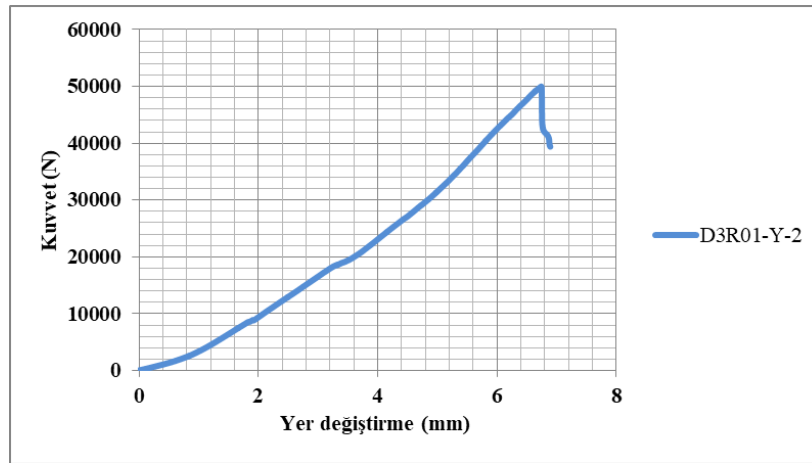
değerlerin oldukça düşük olması; bims elemanların üretim veya nakliye aşamasında içeriden hasar almış olma ihtimali ile açıklanabilir.

D3R01-Y numune setinin ikincisi olan D3R01-Y-2 kodlu numuneye ait deney öncesi ve sonrası durumları Şekil 3.83.'te verilmiştir.



Şekil 3.83. D3R01-Y-2 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

Deney boyunca kum sıvalı numunenin orta bimsinde alt yüzeyden başlayan çatlaklar bims-harç ara yüzeyinden yukarı doğru genişlemiştir ve deney yaklaşık 5 dk sürmüştür. D3R01-Y-2 kodlu numuneye ait kuvvet-deplasman ilişkisi Şekil 3.84.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.84. D3R01-Y-2 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

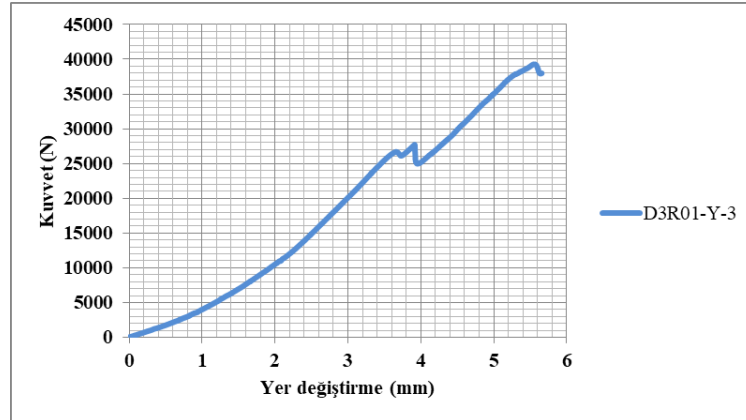
Maksimum kesme kuvveti değeri $F_{max}=49976$ N ve orta nokta maksimum deplasmanı 6,8 mm olarak ölçülmüştür. Maksimum kesme kuvveti elde edilen numunenin kayma gerilmesi değeri hesaplanmış ve $f_v=0,337$ MPa olarak bulunmuştur.

Deney II grubuna ait kum sıvalı numunelerin sonucusu olan D3R01-Y-3 kodlu numuneye ait deney öncesi ve deney sonrası durumları Şekil 3.85.'te sunulmuştur.



Şekil 3.85. D3R01-Y-3 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasında durumu

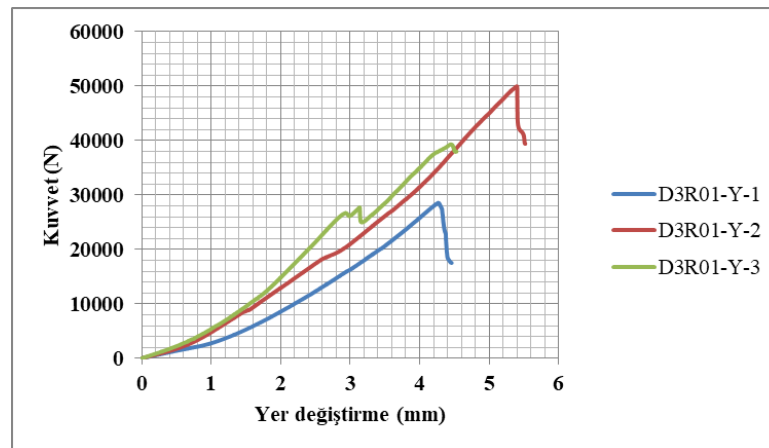
Kum sıvalı numunenin sol ucundaki bims-harç ara yüzeyinin altından başlayan çatlaklar derz yüzeyi boyunca yukarı doğru genişlemiştir. Numune sünek bir davranış sergilemiş ve 27 kN mertebelerine ulaştığında ilk kırılmayı gerçekleştirmiştir. Yüzeydeki çatlaklar genişleyip ilerledikten sonra maksimum kesme kuvveti $F_{max} = 39285$ N'a ulaşmış mevcut enerji kapasitesini tüketmiştir. D3R01-Y-3 kodlu numuneye ait kuvvet-deplasman ilişkisi Şekil 3.86.'da verilmiştir.



Şekil 3.86. D3R01-Y-3 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

Maksimum kesme kuvveti elde edildikten sonra Denklem 3.1. yardımıyla kayma gerilmesi değeri hesaplanmış ve 0,265 MPa olduğu gürülmüştür.

Deney II grubundaki um sıvalı numuneleri içeren D3R01 setine ait üç numunenin maksimum kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkileri Şekil 3.87.'de karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Her 3 numunenin de maksimum kesme kuvveti kapasitelerinin birbirlerinden oldukęa farklılık gsterdiği saptanmıştır. Bununla birlikte numunelerin maksimum orta nokta deplasman değeri (u_{mid}) sırasıyla 5,4 mm, 6,8 mm ve 5,5 mm olarak belirlenmiş ve ortalama değeri 5,9 mm şeklinde hesaplanmıştır.



Şekil 3.87. D3R01-Y setine ait kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinin karşılaştırılması

D3R01-Y setindeki numunelere ait maksimum kesme kuvveti, kayma gerilmesi ve numunelerin ortasındaki bimslerin maksimum deplasman değeri Tablo 3.12.'de verilmiştir.

Tablo 3.12. D3R01-Y setine ait numunelerin mekanik değerleri

Numune Kodu	F_{max} (N)	f_v (MPa)	u_{mid} (mm)
D3R01-Y-1	28564	0,193	5,4
D3R01-Y-2	49976	0,337	6,8
D3R01-Y-3	39285	0,265	5,5

Kum sıvalı numuneler için elde ortalama kesme kuvveti değeri 39275 N, ortalama kayma dayanımı değeri ise 0,265 MPa'dır.

3.5.3.3. D3S03-Y kodlu numunelerin test edilmesi

Deney II grubunun bu setinde; beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı bağlayıcı sıvanın 2 cm kalınlığında tek taraflı olarak uygulanması sonucu elde edilen üçlü duvar numuneleri, kesme deneylerine tabi tutulmuşlardır. Bu sete ait numuneler D3S03-Y-1, D3S03-Y-2 ve D3S03-Y-3 şeklinde kodlanmışlardır.

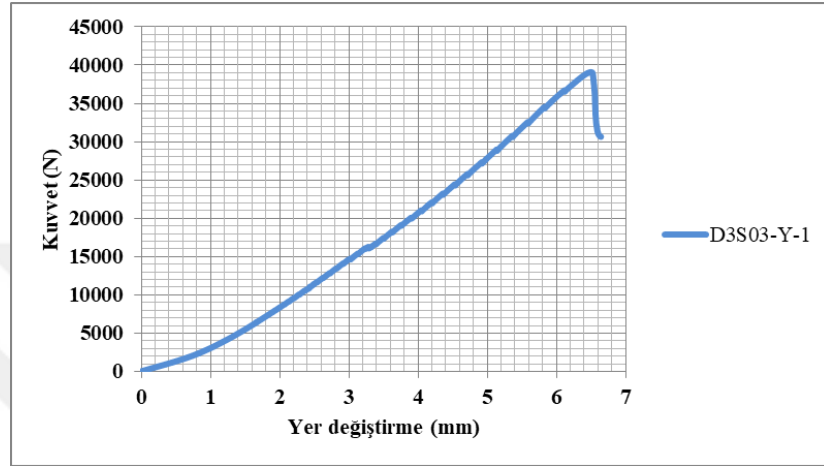
D3S03-Y numune setinde ilk olarak test edilen D3S03-Y-1 kodlu numuneye ait deney öncesi ve sonrası durumları Şekil 3.88.'de sunulmuştur.



Şekil 3.88. D3S03-Y-1 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

Şekil 3.88.'de görüldüğü üzere deney sonrasında numunenin sağ derz yüzeyinin altından başlayan çatlaklar yukarı doğru çıkarak ortadaki bims yüzeyi boyunca genişlemişlerdir. Deney yaklaşık 6 dk sürmüştür. Yüzeydeki çatlaklar genişleyip ilerleyerek numunenin sünek bir davranış sergilemesini sağlamıştır. Maksimum

kesme kuvveti 48 kN mertebelerine ulaşmış ve mevcut enerji kapasitesini tüketmiştir. Beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı bağlayıcı sıva numune yüzeyine güçlü bir aderans sağlayarak numunenin ortasındaki bimste derz yüzeyinden aşağıya doğru kayma yaşanmasına engel olmuştur. D3S03-Y-1 kodlu numuneye ait kuvvet-deplasman ilişkisi Şekil 3.89.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.89. D3S03-Y-1 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

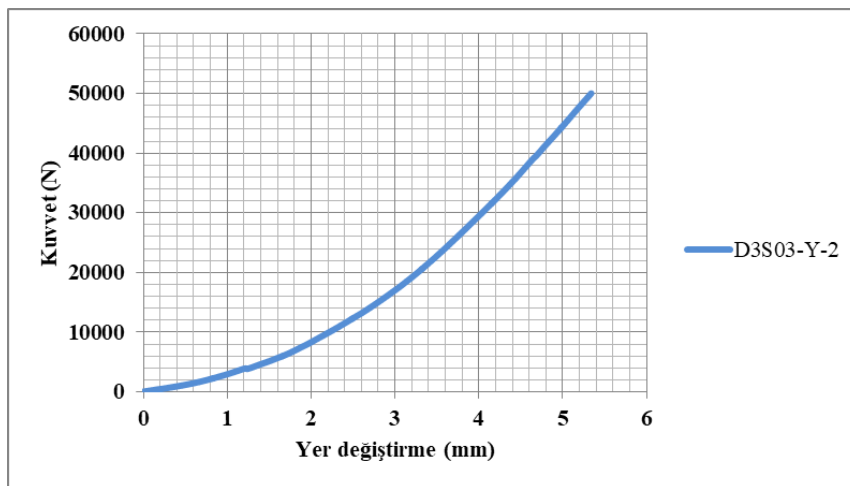
Maksimum kesme kuvveti $F_{max} = 39090$ N olarak okunan numunenin kayma gerilmesi değeri 0,264 MPa olarak hesaplanmıştır. Numune yaklaşık 6,5 mm deplasman mertebelerine ulaştıktan sonra kırılmıştır.

D3S03-Y deney setine ait ikinci numune olan D3S03-Y-2 kodlu numune de aynı şekilde teste tabi tutulmuştur. Numunenin deney öncesi ve sonrası durumları Şekil 3.90.'da ifade edilmiştir.



Şekil 3.90. D3S03-Y-2 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

D3S03-Y-2 numunesi bu setin ilk numunesine göre daha fazla yük almış ve maksimum kesme kuvveti değeri 50 kN mertebelerine ulaşmıştır. Numune yük almaya devam etmesine rağmen, deney cihazının maksimum yük taşıma kapasitesi 50 kN olduğundan, deney sonlandırılmıştır. Bu değere ulaşana kadar numunede hiçbir çatlak gözlenmemiştir. Deney sonunda ise numunenin alt yüzeyinde mikro çatlaklar görülmüştür. D3S03-Y-2 kodlu numuneye ait kuvvet-deplasman ilişkisi Şekil 3.91.'de verilmiştir.



Şekil 3.91. D3S03-Y-2 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

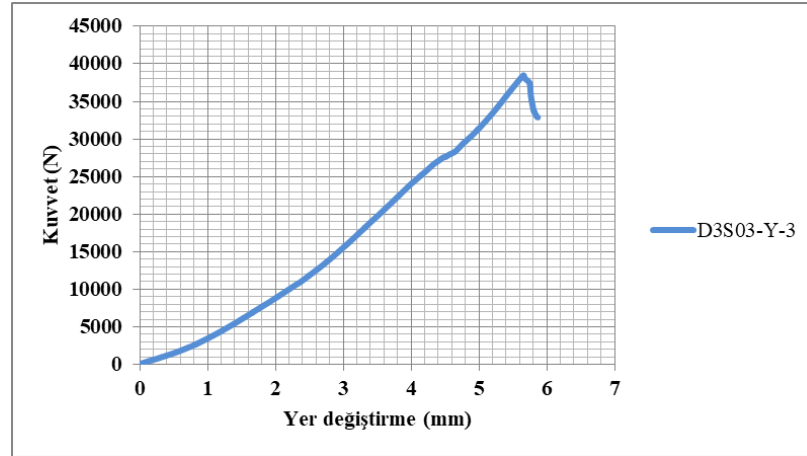
Maksimum kesme kuvveti elde edildikten sonra numunenin kayma gerilmesi değeri 0,337 MPa olarak hesaplanmıştır. Numunenin maksimum deplasman değeri ise 5,5 mm olarak okunmuştur.

Bu sete ait son numune olan D3S03-Y-3 kodlu numunenin deneye öncesi ve deneye tabi tutulduktan sonraki durumu Şekil 3.92.'de sunulmuştur.



Şekil 3.92. D3S03-Y-3 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

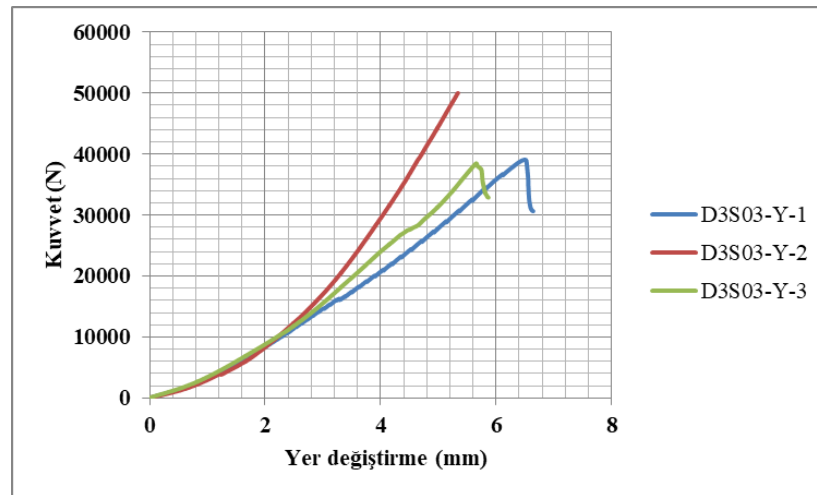
D3S03-Y-3 numunesinde bu setin ikinci numunesine benzer şekilde deney sonunda numunenin ön yüzeyinde büyük çatlaklar oluşmamıştır. Şekil 3.91.'de görüldüğü üzere sol uçtaki bimsin arka yüzeyinde çatlaklar gözlemlenmiştir. Maksimum kesme kuvveti değeri 39 kN mertebelerindeyken kırılma yaşanmasına rağmen numune yük almaya devam etmiştir; ancak deney cihazının maksimum yük taşıma kapasitesi 50 kN olduğundan, deney sonlandırılmıştır. D3S03-Y-3 kodlu numuneye ait kuvvet-deplasman ilişkisi Şekil 3.93.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.93. D3S03-Y-3 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

Deney yaklaşık 5 dk sürmüştür. Maksimum kesme kuvveti elde edildikten sonra numunenin kayma gerilmesi değeri 0,260 MPa olarak hesaplanmıştır. Numunenin maksimum deplasman değeri ise 5,6 mm olarak okunmuştur.

Beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı bağlayıcı sıvanın tek taraflı uygulanması sonucu elde edilen D3S03-Y setine ait numunelerin kuvvet-yer değiştirme eğrileri Şekil 3.94.'te karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.



Şekil 3.94. D3S03-Y setine ait kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinin karşılaştırılması

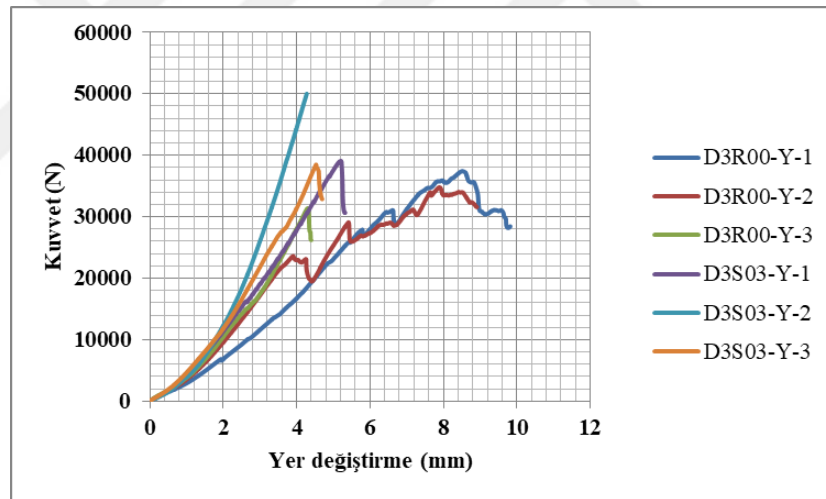
Burada görüldüğü üzere her üç numunenin de ulaştığı maksimum kesme kuvvetleri benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte maksimum orta nokta deplasmanları (u_{mid}) birbirlerinden farklı değerlerde olup sırasıyla 6,5 mm, 5,5 mm ve 5,6 mm olarak belirlenmiş ve ortalama değer 5,87 mm şeklinde hesaplanmıştır.

D3S03-Y setindeki numunelere ait maksimum kesme kuvveti, kayma gerilmesi ve numunelerin ortasındaki bimslerin maksimum deplasman değerleri Tablo 3.13.'te gösterilmiştir.

Tablo 3.13. D3S03-Y setine ait numunelerin mekanik değerleri

Numune Kodu	F_{max} (N)	f_v (MPa)	u_{mid} (mm)
D3S03-Y-1	39090	0,264	6,5
D3S03-Y-2	50000	0,337	5,5
D3S03-Y-3	38487	0,260	5,6

Beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı bağlayıcı sıvalı numuneler için elde edilen ortalama kesme kuvveti değeri 42526 N, ortalama kayma dayanımı değeri ise 0,287 MPa'dır. Şekil 3.95.'te D3S03-Y seti, referans numuneler ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 3.95. D3R00-Y ve D3S03-Y setlerinin karşılaştırılması

D3R00-Y ve D3S03-Y setlerinin karşılaştırmalı verileri incelendiğinde; beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı özel bağlayıcı sıvanın, referans numunelerin ortalama kayma dayanımını %23 arttırdığı gözlenmiştir.

3.5.3.4. D3T03-Y kodlu numunelerin test edilmesi

Deneysel çalışmanın bu aşamasında geliştirilmiş cam kürecik esaslı yapıştırıcı sıvanın 2 cm kalınlığında tek taraflı olarak uygulanması sonucu elde edilen üçlü

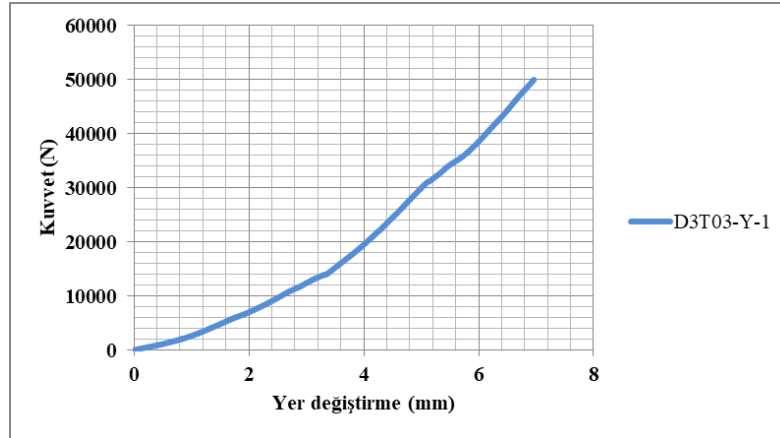
duvar numuneleri, kesme deneylerine tabi tutulmuşlardır. Bu sete ait numuneler D3T03-Y-1, D3T03-Y-2 ve D3T03-Y-3 şeklinde kodlanmışlardır.

D3T03-Y numune setinde ilk olarak test edilen D3T03-Y-1 kodlu numuneye ait deney öncesi ve sonrası durumları Şekil 3.96.'da sunulmuştur.



Şekil 3.96. D3T03-Y-1 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

Maksimum kesme kuvveti değeri 50 kN mertebelerine ulaşmıştır. Numune yük almaya devam etmesine rağmen, deney cihazının maksimum yük taşıma kapasitesi 50 kN olduğundan, deney sonlandırılmıştır. Deney yaklaşık 5 dk sürmüştür. Çatlaklar numunenin sağ derz yüzeyinin altından başlamış ve ortadaki bims yüzeyi boyunca genişleyerek ilerlemiştir. Deney sonrası numune düzenekten çıkarıldıktan sonra; kırılma şekli net biçimde incelenebilmiştir. D3T03-Y-1 kodlu numuneye ait kuvvet-deplasman ilişkisi Şekil 3.97.'de ifade edilmiştir.



Şekil 3.97. D3T03-Y-1 numunesine ait kesme kuvveti-yer değistirme ilişkisi

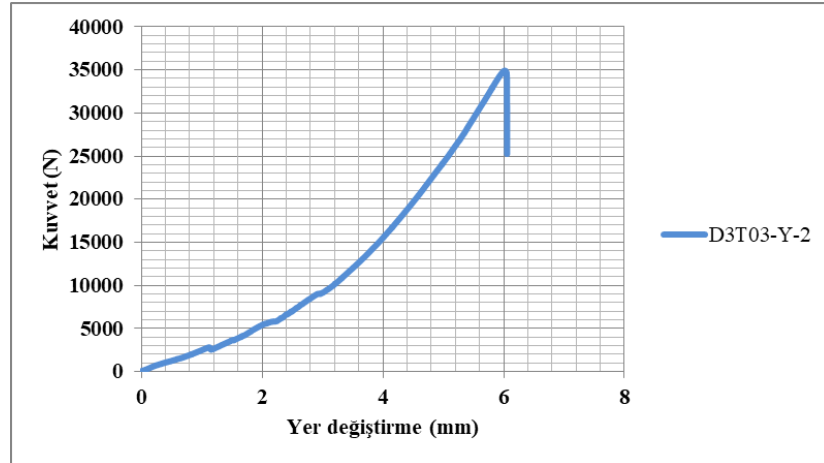
Grafikten okunan maksimum kesme kuvveti $F_{max} = 50000$ N değerine karşılık gelen kayma gerilmesi değeri $f_v = 0,337$ MPa olarak hesaplanmıştır. Numunenin maksimum deplasman değeri ise 7 mm olarak okunmuştur.

Bu deney setine ait ikinci numune olan D3T03-Y-2 kodlu numune de benzer şekilde test edilmiş ve numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumları Şekil 3.98.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.98. D3T03-Y-2 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

Yaklaşık 5 dk süren deneyde maksimum kesme kuvveti 34 kN mertebelerine ulaşmıştır. İlk numuneden farklı olarak kırılma olayı, numuneye paralel olan iç düzlemde gerçekleşmiştir. Maksimum deplasman değeri 6 mm olarak okunan D3T03-Y-2 kodlu numuneye ait kuvvet-deplasman ilişkisi Şekil 3.99'da verilmiştir.



Şekil 3.99. D3T03-Y-2 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

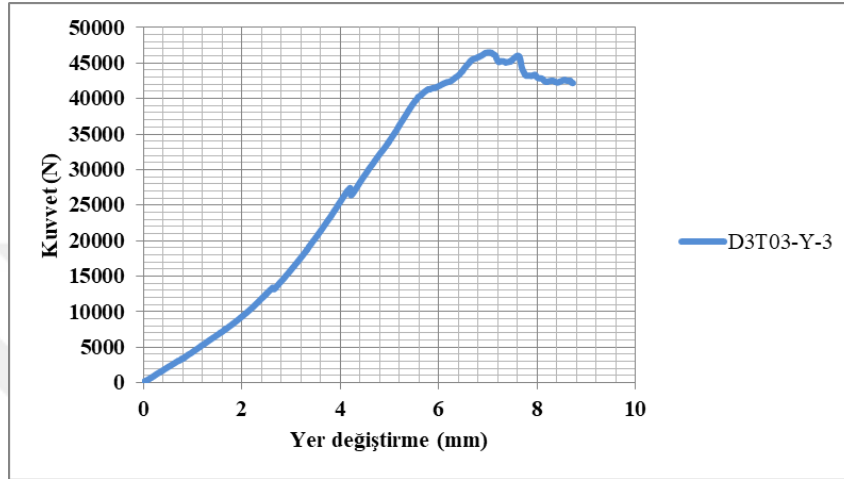
D3T03-Y-2 kodlu numunede maksimum kesme kuvveti değerinde ani bir dūřuř meydana gelmiştir. Maksimum kesme kuvveti $F_{max} = 34914$ N değerindeyken numune gōçme mekanizmasına ulaşmıştır. Bu değere karşılık gelen kayma gerilmesi değeri ise $f_v = 0,236$ MPa olarak hesaplanmıştır.

Cam kőrecik esaslı yapıştırıcı ile tek taraflı gőçlendirmesiz olarak sıvanan numunelerin sonuncusu olan D3T03-Y-3 kodlu numune de teste tabi tutularak deney öncesi ve sonrasındaki durumları Şekil 3.100.'de sunulmuştur.



Şekil 3.100. D3T03-Y-3 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

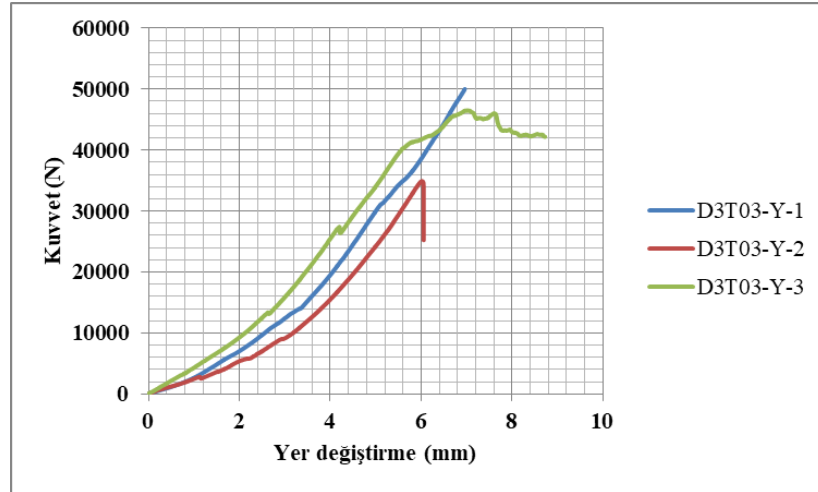
Bu numunede çatlaklar numunenin sol derz yüzeyinin altından başlamış ve yukarı doğru genişleyerek ilerlemiştir. Numune yüzeyinde dökülmeler görülmemiştir. Cam kürecik esaslı bağlayıcı sıvanın aderansının yüksek olması; sıvada dökülmeler yaşanmamasının temel sebebidir. D3T03-Y-3 kodlu numuneye ait kuvvet-deplasman ilişkisi Şekil 3.101.'de ifade edilmiştir.



Şekil 3.101. D3T03-Y-3 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

Kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisinden görüleceği üzere maksimum kesme kuvvetinde ani bir düşüş yaşanmamış, numune sünek bir davranış göstermiştir. Maksimum kesme kuvveti $F_{max} = 46501$ N değerindeyken numune göçme mekanizmasına ulaşmıştır. Bu değere karşılık gelen kayma gerilmesi değeri ise $f_v = 0,314$ MPa olarak hesaplanmıştır.

Cam kürecik esaslı bağlayıcı sıvanın uygulanması sonucu elde edilen D3T03-Y setine ait numunelerin kuvvet-yer değiştirme eğrileri Şekil 3.102.'de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.102. D3T03-Y setine ait kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinin karşılaştırılması

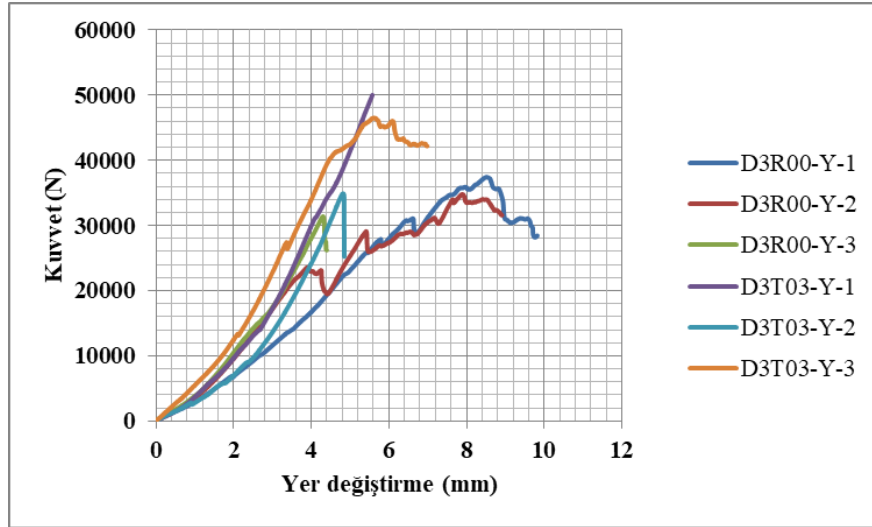
Burada görüldüğü üzere birinci ve üçüncü numunenin maksimum kesme kuvvetleri benzerlik göstermektedir. İkinci numunede okunan maksimum kesme kuvveti değeri ise setteki diğer numunelere göre daha düşük bir değerdedir. Bunun temel sebebi; numuneler cihaza yerleştirilirken eşit miktarda sıkıştırıldıkları varsayılmasına rağmen; gerçekte sıkıştırma miktarlarının farklı olmasıdır. Bununla birlikte her üç numunede de okunan maksimum orta nokta deplasmanları (u_{mid}) birbirlerinden farklı değerlerde olup sırasıyla 7 mm, 6 mm ve 7 mm olarak belirlenmiş ve ortalama değer 6,7 mm şeklinde hesaplanmıştır.

D3T03-Y setindeki numunelere ait maksimum kesme kuvveti, kayma gerilmesi ve numunelerin ortasındaki bimslerin maksimum deplasman değerleri Tablo 3.14.'te verilmiştir.

Tablo 3.14. D3T03-Y setine ait numunelerin mekanik değerleri

Numune Kodu	F_{max} (N)	f_v (MPa)	u_{mid} (mm)
D3T03-Y-1	50000	0,337	7
D3T03-Y-2	34914	0,236	6
D3T03-Y-3	46501	0,314	7

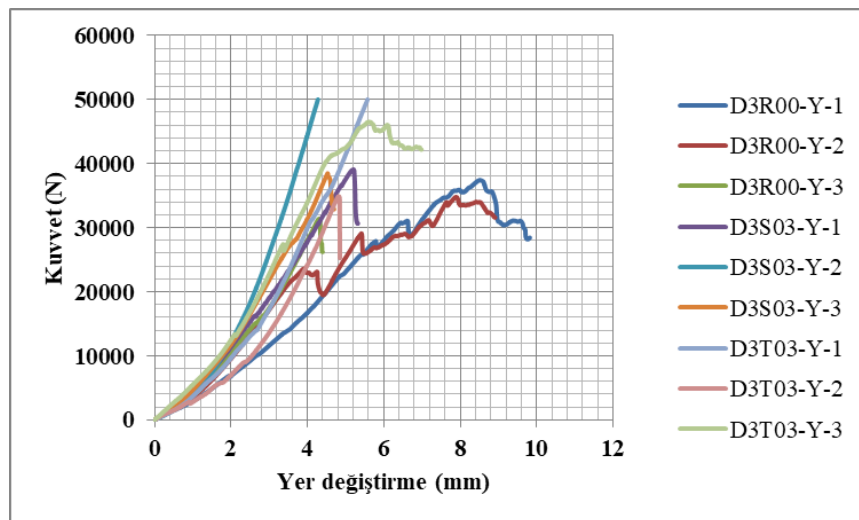
Cam kürecik esaslı bağlayıcı sıvalı numuneler için elde edilen ortalama kesme kuvveti değeri 43805 N, ortalama kayma dayanımı değeri ise 0,296 MPa'dır. Şekil 3.103.'te D3T03-Y seti, referans numuneler ile karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.



Şekil 3.103. D3R00-Y ve D3T03-Y setlerinin karşılaştırılması

D3R00-Y ve D3T03-Y setlerinin karşılaştırmalı verileri incelendiğinde; cam kürecik esaslı özel bağlayıcı sıvanın, referans numunelerin ortalama kayma dayanımını %27 arttırdığı gözlenmiştir.

Deneyleerde kullanılan özel bağlayıcı sıvaların durumlarını değerlendirebilmek için, referans numuneler ile beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı bağlayıcı sıvanın ve cam kürecik esaslı bağlayıcı sıvanın kuvvet-yer değiştirme eğrileri Şekil 3.104.'te karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.



Şekil 3.104. D3R00-Y, D3S03-Y ve D3T03-Y setlerinin karşılaştırılması

D3R00-Y, D3S03-Y ve D3T03-Y setlerinin karşılaştırmalı verileri incelendiğinde; cam kürecik esaslı özel bağlayıcı sıvanın, beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı

özel bağlayıcı sıvaya göre referans numunelerin ortalama dayanımına %4 daha fazla katkıda bulunduğu görülmüştür.

3.5.3.5. D31G03-Y kodlu numunelerin test edilmesi

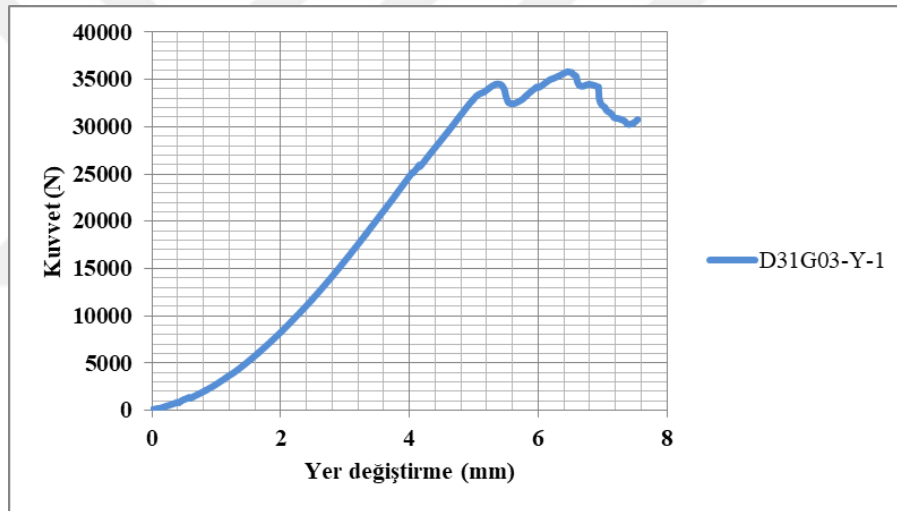
Deneysel çalışmanın bu aşamasında geliştirilmiş cam kürecik esaslı bağlayıcı sıva ile alkali dirençli cam içeren çok eksenli hibrit deprem kumaşı birlikte kullanılarak güçlendirilen numuneler teste tabi tutulmuşlardır. Güçlendirme işlemi tek taraflı olup, sıva kalınlığı 2 cm olarak belirlenmiştir. Deney II grubuna ait güçlendirme içeren tek set D31G03-Y kodlu numunelerdir. Bu seti güçlendirmenin mevcut olduğu diğer deney setlerinden ayıran özelliği, deprem kumaşının bindirmeli olarak iki parça halinde kullanılmış olmasıdır. Bu sete ait numuneler sırasıyla D31G03-Y-1, D31G03-Y-2 ve D31G03-Y-3 olarak isimlendirilmiştir.

D31G03-Y numune setinin ilki olan D31G03-Y-1 kodlu numunenin üç noktalı kesme deneyine tabi tutulmadan önceki ve sonraki durumları Şekil 3.105.'te ifade edilmiştir.



Şekil 3.105. D31G03-Y-1 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

Deney yaklaşık 5 dakika sürmüştür. Numune yüzeyindeki ilk kılcal çatlaklar, yük 34000 N mertebelerindeyken başlamıştır ve yük artmaya devam ettikçe bu çatlaklar genişleşmişlerdir. Maksimum kesme kuvveti $F_{max}=35829$ N değerine geldiğinde, numune göçme mekanizmasına ulaşmıştır. Genleştirilmiş cam kürecik esaslı bağlayıcı sıva ile sismik tekstil kombinasyonunun oluşturduğu yüksek aderans, numunenin parçalanmadan tek parça halinde kalmasını sağlamıştır. Deprem kumaşı; gelen enerjinin kılcal çatlaklar yoluyla tüketilmesini sağlamış ve gevrek kırılmanın önüne geçmiştir. Genleştirilmiş cam kürecik esaslı bağlayıcı sıva ve deprem kumaşı ile tek taraflı olarak güçlendirilen D31G03-Y-1 kodlu numuneye ait kuvvet-yer değiştirme ilişkisi Şekil 3.106.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.106. D31G03-Y-1 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

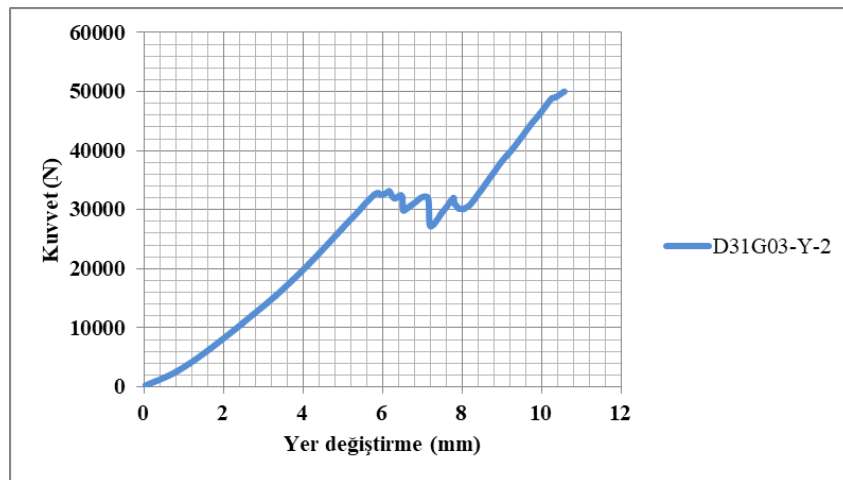
Kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisinden görüleceği üzere maksimum deplasman değeri 6,5 mm mertebelerine ulaşmıştır. Numunenin maksimum kesme kuvveti değerine karşılık gelen kayma gerilmesi değeri ise $f_v=0,242$ MPa olarak hesaplanmıştır.

Deney setinin ikinci numunesi olan D31G03-Y-2 kodlu numune de aynı şekilde test edilmiştir. Numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu Şekil 3.107.'de verilmiştir.



Şekil 3.107. D31G03-Y-2 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

D31G03-Y deney setinin ilk numunesine benzer şekilde bu numune de yük aldıkça kılcal çatlaklar yoluyla enerjiyi tüketerek sünek bir davranış sergilemiştir. Sağ derz yüzeyinin altından başlayan çatlaklar yukarı doğru çıktıkça genişleşmişlerdir. Kesme kuvveti değeri 30 kN mertebelerindeyken bir düşüş yaşanmış, sonrasında numune yük almaya devam etmiştir. Ancak deney cihazının taşıyabileceği maksimum kapasite 50 kN olduğundan; yük 50 kN'a ulaştığında deney sonlandırılmıştır. Bununla birlikte deprem kumaşının varlığı, numunenin deney sonunda tek parça halinde kalmasını sağlamıştır. D31G03-Y-2 kodlu numuneye ait kuvvet-yer değiştirme ilişkisi Şekil 3.108.'de sunulmuştur.



Şekil 3.108. D31G03-Y-2 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

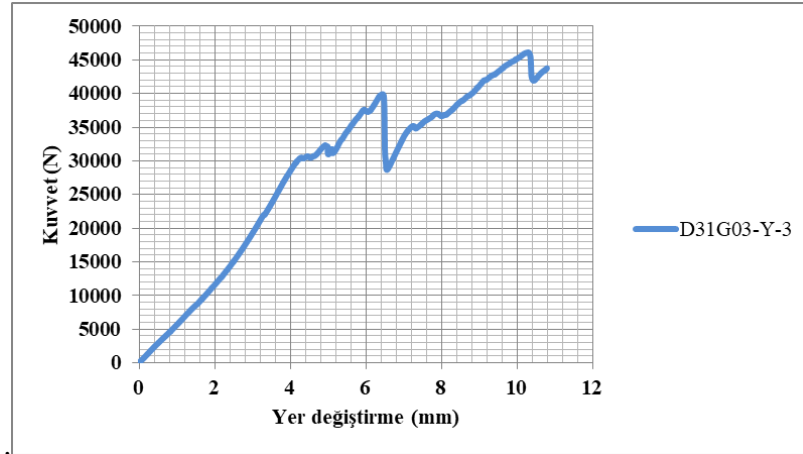
Kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisinden görüleceği üzere maksimum deplasman değeri 10,5 mm mertebelerine ulaşan duvar numunesinin, maksimum kesme kuvveti $F_{max} = 50000$ N olarak okunmuştur. Bu değere karşılık gelen kayma gerilmesi değeri ise $f_v = 0,337$ MPa olarak hesaplanmıştır.

Bu deney setinin son numunesi olan D31G03-Y-3 kodlu numune de benzer şekilde test edilmiştir. Numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu şekil 3.109.'da ifade edilmiştir.



şekil 3.109. D31G03-Y-3 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

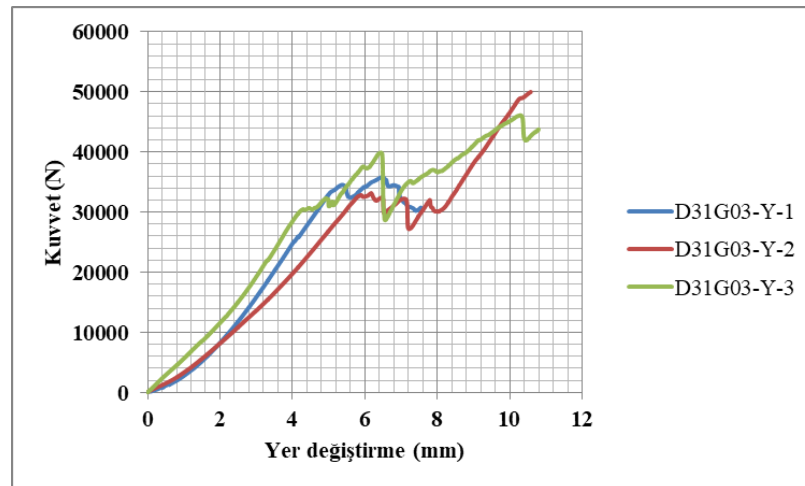
Bu setin ikinci numunesine benzer olarak deney sonrasında numune yüzeyinde yalnızca kılcal çatlaklar gözlemlenmiştir. Numunede parçalanmalar yaşanmamış, tek parça halinde kalmıştır. D31G03-Y-3 kodlu numuneye ait kuvvet-yer değiştirme ilişkisi şekil 3.110.'da gösterilmiştir



Şekil 3.110. D31G03-Y-3 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

Kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisinden görüleceği üzere maksimum deplasman değeri 10,4 mm mertebelerine ulaşan duvar numunesinin, maksimum kesme kuvveti $F_{max} = 46114$ N olarak okunmuştur. Bu değere karşılık gelen kayma gerilmesi değeri ise $f_v = 0,311$ MPa olarak hesaplanmıştır.

Genleştirilmiş cam kürecik esaslı bağlayıcı sıva ve deprem kumaşı ile tek taraflı olarak güçlendirilen D31G03-Y setine ait numunelerin kuvvet-yer değiştirme eğrileri Şekil 3.111.'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 3.111. D31G03-Y setine ait kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinin karşılaştırılması

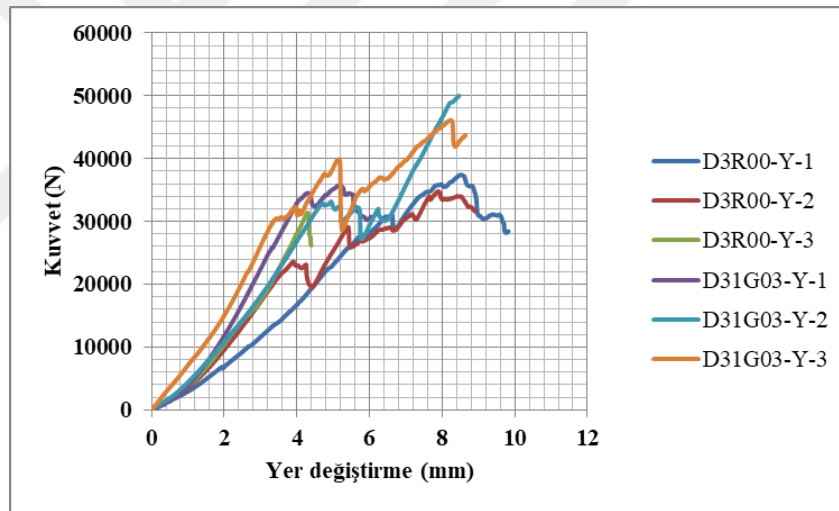
Burada görüldüğü üzere her üç numunenin de grafik eğrileri benzerlik göstermektedir. Maksimum orta nokta deplasman (u_{mid}) değerleri sırasıyla 6,5 mm, 10,5 mm ve 10,4 mm olarak okunmuş ve ortalama değer 9,1 mm şeklinde

hesaplanmıştır. D31G03-Y setindeki numunelere ait maksimum kesme kuvveti, kayma gerilmesi ve numunelerin ortasındaki bimslerin maksimum deplasman değerleri Tablo 3.15.'de ifade edilmiştir.

Tablo 3.15. D31G03-Y setine ait numunelerin mekanik değerleri

Numune Kodu	F_{max} (N)	f_v (MPa)	u_{mid} (mm)
D31G03-Y-1	35829	0,242	6,5
D31G03-Y-2	50000	0,337	10,5
D31G03-Y-3	46114	0,311	10,4

Cam kürecik esaslı bağlayıcı sıva vasıtasıyla sismik kumaş ile güçlendirilmiş numuneler için elde edilen ortalama kesme kuvveti değeri 43981 N, ortalama kayma dayanımı değeri ise 0,297 MPa'dır. Şekil 3.112.'de D31G03-Y seti, referans numuneler ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



Şekil 3.112. D3R00-Y ve D31G03-Y setlerinin karşılaştırılması

Referans numunelerle tek taraflı güçlendirilmiş numunelerin verileri karşılaştırıldığında; cam kürecik esaslı bağlayıcı sıva ve sismik kumaş kombinasyonunun tek taraflı olarak uygulanmasının, referans numunelerin ortalama kayma dayanımını %28 arttırdığı görülmüştür. Bu değer, Deney I'deki sonuçlara oranla oldukça düşük olmasının nedeni; Deney II grubundaki güçlendirilmiş numunelerde sismik kumaşın parçalı halde kullanılmış olmasıdır.

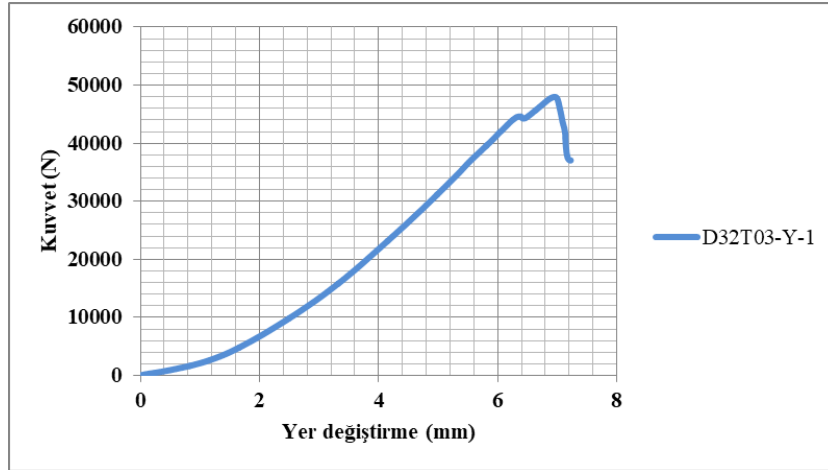
3.5.3.6. D32T03-Y kodlu numunelerin test edilmesi

Bu deney setinde geliştirilmiş cam kürecik esaslı yapıştırma sıvasının numune yüzeyine çift taraflı olarak uygulanmasının mekanik davranışa etkisi incelenmiştir. Sıva kalınlığı her iki yüzeyde de 1 cm olacak şekilde üretilmiş numuneler sırasıyla D32T03-Y-1, D32T03-Y-2 ve D32T03-Y-3 olarak isimlendirilmiştir. Bu seriye ait ilk numunenin yükleme öncesi ve sonrası durumu Şekil 3.113.'te sunulmuştur.



Şekil 3.113. D32T03-Y-1 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

D32T03-Y-1 nolu numune üzerinde gerçekleştirilen deney yaklaşık 7 dakika sürmüştür ve maksimum kesme kuvveti 47 kN mertebelerine ulaşmıştır. Deney sonunda numunenin sağ derz yüzeyi boyunca derin çatlaklar meydana gelmiş ancak sıvada kopmalar yaşanmamıştır. D32T03-Y-1 kodlu numuneye ait kuvvet-yer değiştirme ilişkisi Şekil 3.114.'te gösterilmiştir.



şekil 3.114. D32T03-Y-1 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

Kesme kuvvet-deplasman ilişkisinden numunenin taşıyabildiği maksimum kesme kuvveti, $F_{max}=47981$ N ve deplasman değeri 7 mm olarak okunmuştur. Bu değere karşılık gelen kayma gerilmesi değeri ise $f_v=0,324$ MPa olarak hesaplanmıştır.

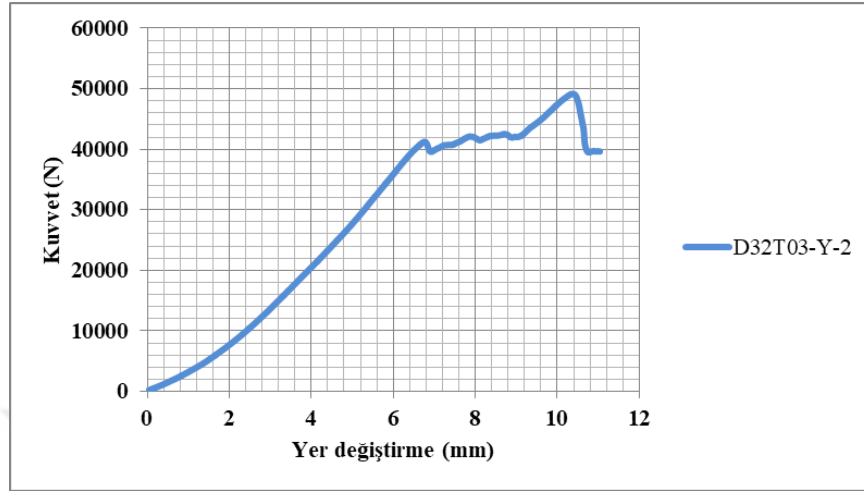
Bu deney setinin ikinci numunesi olan D32T03-Y-2 kodlu numune de benzer şekilde test edilmiştir. Numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu şekil 3.115.'te ifade edilmiştir.



şekil 3.115. D32T03-Y-2 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

Yaklaşık 8 dakika süren deneyde maksimum kesme kuvveti 49 kN mertebelerine ulaşmıştır. Deney sırasında numunenin sol bims-harç ara yüzeyi altından başlayan

çatlaklar yukarı çıktıkça genişlemişlerdir. D32T03-Y-2 kodlu numuneye ait kuvvet-yer değiştirme ilişkisi Şekil 3.116.'da verilmiştir.



Şekil 3.116. D32T03-Y-2 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

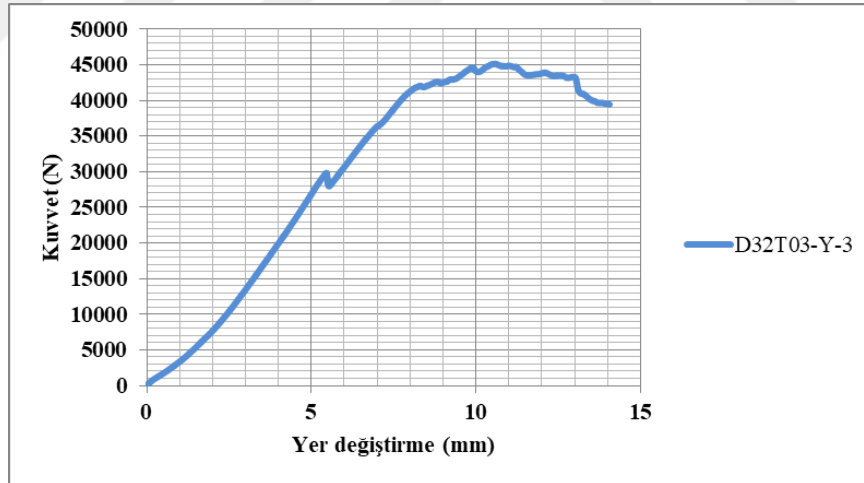
Kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisinden görüleceği üzere maksimum deplasman değeri 10,4 mm mertebelerine ulaşan duvar numunesinin, maksimum kesme kuvveti $F_{max} = 49151$ N olarak okunmuştur. Bu değere karşılık gelen kayma gerilmesi değeri ise $f_v = 0,332$ MPa olarak hesaplanmıştır.

Bu deney setinin son numunesi olan D32T03-Y-3 kodlu numune de benzer şekilde test edilmiştir. Numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu Şekil 3.117.'de sunulmuştur.



Şekil 3.117. D32T03-Y-3 kodlu numunenin deney öncesi ve sonrasındaki durumu

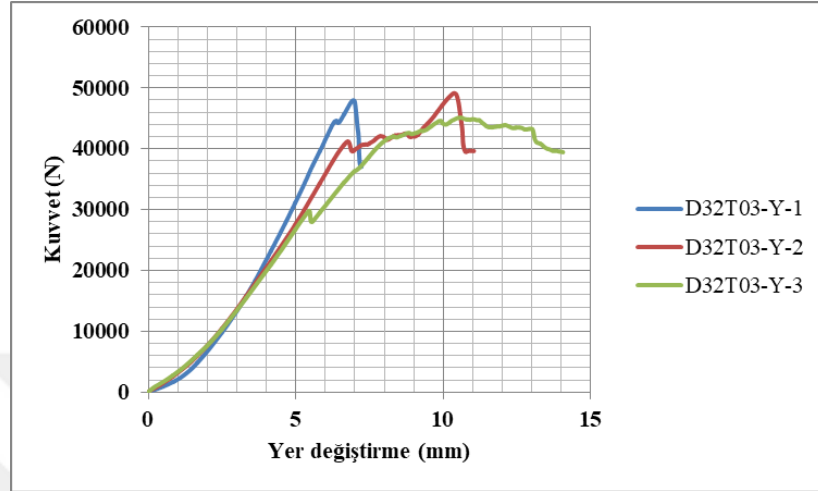
D32T03-Y-3 nolu numunenin teste tabi tutulması yaklaşık 9 dakika sürmüştür ve maksimum kesme kuvveti 45 kN mertebelerine ulaşmıştır. Numunenin sol derz yüzeyinin altından başlayan çatlaklar yukarı çıktıkça genişlemiştir. D32T03-Y-3 kodlu numuneye ait kuvvet-yer değiştirme ilişkisi Şekil 3.118.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.118. D32T03-Y-3 numunesine ait kesme kuvveti-yer değiştirme ilişkisi

Maksimum kesme kuvveti $F_{max} = 45101$ N olarak okunan numunenin maksimum deplasman değeri ise 10,6 mm mertebelerine ulaşmıştır. Bu değere karşılık gelen kayma gerilmesi değeri ise $f_v = 0,304$ MPa olarak hesaplanmıştır.

Genleştirilmiş cam kürecik esaslı bağlayıcı sıvanın iki taraflı uygulanması sonucu elde edilen D32T03-Y setine ait numunelerin kuvvet-yer değiştirme eğrileri Şekil 3.119.'da karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



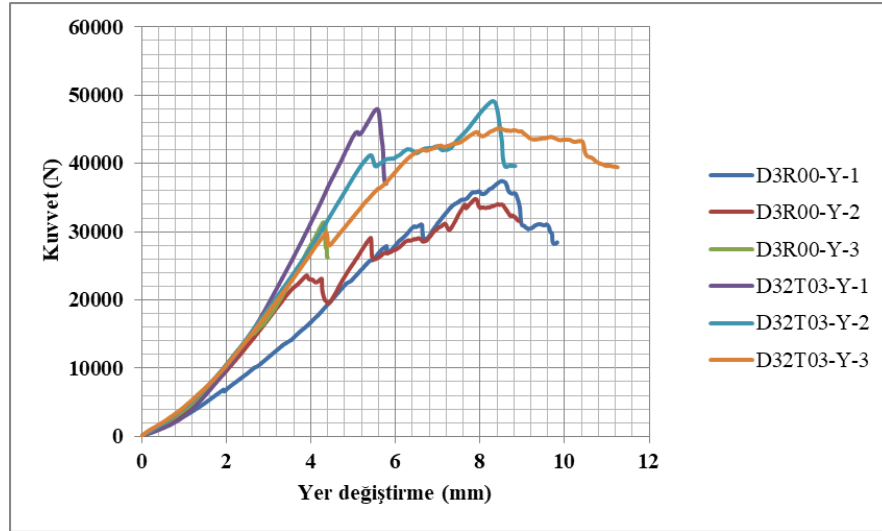
Şekil 3.119. D32T03-Y setine ait kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinin karşılaştırılması

Karşılaştırmalı grafik eğrilerinden de görüldüğü üzere her üç numunenin de maksimum kesme kuvveti değerleri benzerlik göstermektedir. Maksimum orta nokta deplasman (u_{mid}) değerleri ise sırasıyla 7 mm, 10,4 mm ve 10,6 mm olarak okunmuş ve ortalama değer 9,33 mm şeklinde hesaplanmıştır. D32T03-Y setindeki numunelere ait maksimum kesme kuvveti, kayma gerilmesi ve numunelerin ortasındaki bimslerin maksimum deplasman değerleri Tablo 3.16.'da ifade edilmiştir.

Tablo 3.16. D32T03-Y setine ait numunelerin mekanik değerleri

Numune Kodu	F_{max} (N)	f_v (MPa)	u_{mid} (mm)
D32T03-Y-1	47981	0,324	7
D32T03-Y-2	49151	0,332	10,4
D32T03-Y-3	45101	0,304	10,6

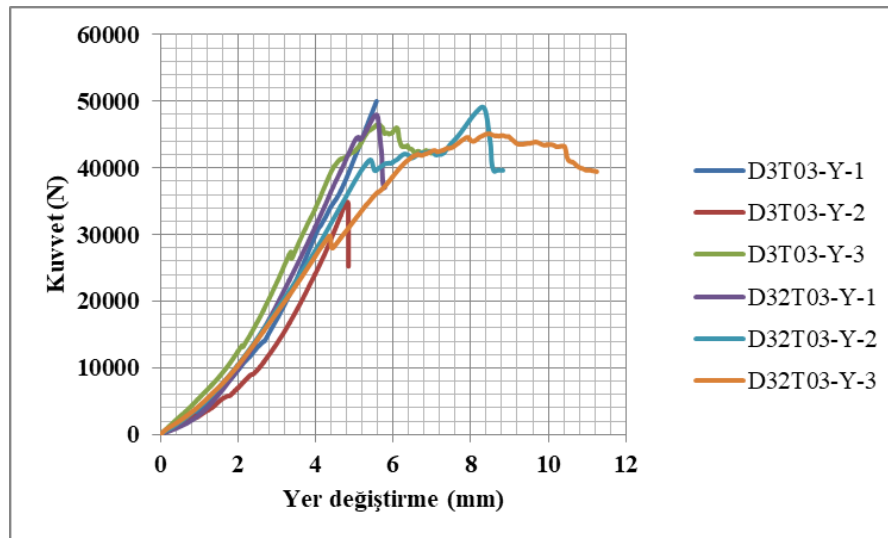
Her iki yüzeyine cam kürecik esaslı bağlayıcı sıva uygulanan numuneler için elde edilen ortalama kesme kuvveti değeri 47411 N, ortalama kayma dayanımı değeri ise 0,320 MPa'dır. Şekil 3.120.'de D32T03-Y seti, referans numuneler ile karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.



Şekil 3.120. D3R00-Y ve D32T03-Y setlerinin karşılaştırılması

D3R00-Y ve D32T03-Y setlerinin verileri karşılaştırıldığında; cam kürecik esaslı özel bağlayıcı sıvanın numunelere çift taraflı olarak uygulanmasının, referans numunelerin ortalama kayma dayanımını %37 arttırdığı görülmüştür.

Genleştirilmiş cam kürecik esaslı bağlayıcı sıvanın tek taraflı uygulanması sonucu elde edilen D3T03-Y setine ait numuneler ile genleştirilmiş cam kürecik esaslı bağlayıcı sıvanın çift taraflı uygulanması sonucu elde edilen D32T03-Y setine ait numunelerin kuvvet-yer değiştirme eğrileri Şekil 3.121.'de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.121. D3T03-Y ve D32T03-Y setlerinin karşılaştırılması

D3T03-Y ve D32T03-Y setlerinin verileri karşılaştırıldığında; cam kürecik esaslı özel bağlayıcı sıvanın numunelere çift taraflı olarak uygulanmasının, tek taraflı uygulanmasına göre ortalama kayma dayanımını %8 arttırdığı gözlenmiştir.

Her bir deney seti için elde edilen kayma gerilmelerinin ortalama değerleri Denklem 3.2 ile hesaplanmış ve sonuçlar %20 azaltılarak karakteristik kayma dayanımları belirlenmiştir (Denklem 3.3).

$$f_{vm} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{vn}}{n} \quad (3.2)$$

$$f_{vk} = 0,8f_{vm} \quad (3.3)$$

Deneylere tabi tutulan tüm numunelerin mekanik değerleri Tablo 3.17.'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Önceden de belirtildiği üzere, D31G03-2 ve D32G03-1 numunelerinin mekanik verileri kendi setlerindeki diğer numunelerden oldukça düşük olduğu için göz ardı edilmiş ve kayma dayanımları karşılaştırmalara dahil edilmemiştir. Bahsi geçen verilerin bu denli düşük olmasının nedeni, oldukça gevrek olan bims blokların nakliye sırasında hasar almaları bu nedenle de dışarıdan görülmeyen iç kırılmalara sahip olmalarıdır. Üçlü test numuneler teste tabi tutulduktan sonra, bu tutarsızlığı gösteren değerler gözardı edilmiştir.

Tablo 3.17. Tüm numunelerin mekanik değerlerinin karşılaştırılması

Numune Kodu	F_{max} (N)	f_v (MPa)	u_{mid} (mm)	f_{vm} (MPa)	f_{vk} (MPa)
D3R00-1	16905	0,114	6,2		
D3R00-2	20532	0,139	7,2	0,131	0,105
D3R00-3	20606	0,139	6,0		
D3R01-1	32771	0,221	7,5		
D3R01-2	22497	0,152	7,9	0,174	0,139
D3R01-3	21934	0,148	6,5		
D3S02-1	29188	0,197	8,0		
D3S02-2	41645	0,281	8,2	0,222	0,178
D3S02-3	27981	0,188	5,0		
D3T03-1	40998	0,276	5,2		
D3T03-2	31449	0,212	8,4	0,235	0,188
D3T03-3	32371	0,218	6,2		
D31G03-1	39781	0,268	7,0	0,268	0,214
D31G03-2	17048	0,115	3,6	HATALI	
D32G03-1	26537	0,179	5,2	HATALI	
D32G03-2	57048	0,385	10,6	0,385	0,308
D3R00-Y-1	37431	0,253	10,6		
D3R00-Y-2	34803	0,235	9,8	0,233	0,186
D3R00-Y-3	31384	0,211	5,4		
D3R01-Y-1	28564	0,193	5,4		
D3R01-Y-2	49976	0,337	6,8	0,265	0,212
D3R01-Y-3	39285	0,265	5,5		
D3S03-Y-1	39090	0,264	6,5		
D3S03-Y-2	50000	0,337	5,5	0,287	0,230
D3S03-Y-3	38487	0,260	5,6		
D3T03-Y-1	50000	0,337	7,0		
D3T03-Y-2	34914	0,236	6,0	0,296	0,237
D3T03-Y-3	46501	0,314	7,0		
D31G03-Y-1	35829	0,242	6,5		
D31G03-Y-2	50000	0,337	10,5	0,297	0,238
D31G03-Y-3	46114	0,311	10,4		
D32T03-Y-1	47981	0,324	7,0		
D32T03-Y-2	49151	0,332	10,4	0,320	0,256
D32T03-Y-3	45101	0,304	10,6		

Tablo 3.17.'den görüldüğü üzere, özel yapıştırıcı sıvaların uygulanması ve deprem kumaşı ile güçlendirme işlemi kayma dayanımı değerlerini belirgin bir şekilde arttırmıştır. Referans numuneler ve kum sıvalı numunelerin mekanik değerlerinin diğer numunelere göre düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca Deney II grubu testlerinde deney düzeneğinin değiştirilerek numunelerin yanal sıkıştırmaya maruz bırakılmaları; kayma dayanımı değerlerini oldukça arttırmıştır. Bunlara ek olarak; Deney II grubundaki güçlendirme işleminde deprem kumaşı bindirmeli olarak uygulanmış ve sismik tekstilin iki parça halinde kullanıldığında tek parça olduğu durumdaki kadar iyi çalışmadığı gözlemlenmiştir. Deneysel çalışmanın karşılaştırmalı sonuçları Bölüm 4.'te tartışılmıştır.

BÖLÜM 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu deneysel çalışmada yığma üçlü bims numunelerin üç noktalı kesme deneyleri ile kayma dayanımlarının belirlenmesi amacıyla; 34 adet numune üretilmiştir. Bu numunelerin 18 tanesinde kullanılan düzenek farklılaştırılmış ve bu yolla yanıl sıkıştırmanın etkisi incelenmiştir. Biri yerli üretim biri de Almanya menşeli olan iki tip özel yapıştırma sıvasının yığma numunelerdeki dayanıma etkileri araştırılmıştır. Buna ek olarak; alkali dirençli cam ve polipropilen esaslı, hibrit ve çok eksenli sismik tekstil malzemesi ile tek taraflı ya da çift taraflı olarak güçlendirilmiş yığma bims blok elemanlardan oluşturulan üçlü numunelerin kayma dayanımları araştırılmıştır. Son deney setinde sismik kumaş bindirmeli olarak iki parça halinde kullanılmış; böylece kumaşın iki parça halinde kullanımının dayanıma etkilerini belirlemek hedeflenmiştir. Deneysel çalışmanın sonuçları doğrultusunda yapılan çıkarımlar aşağıda sıralanmıştır:

1. Bims blok elemanların oldukça gevrek malzemeler olduğu gözlemlenmiş; fabrikasyon hataları ya da nakliye sırasında yapılan dikkatsizlikler sonucu ani kırılmalarla karşılaşmıştır. Basınç dayanımları firmaların katalog değerlerinde 1,5 MPa olarak belirtilmesine rağmen; yapılan bims basınç testleri sonucunda ortalama basınç dayanımlarının 1,3 MPa olduğu görülmüştür. Bims blok elemanların basınç dayanımı bakımından kendi içlerinde tutarsızlıklara sahip oldukları görülmüştür.
2. Özel bağlayıcı sıvaların üçlü bims blok numunelerin yüzeylerine tek veya çift taraflı olarak uygulanması, referans numunelerin kayma dayanımlarını 1,3 ila 1,8 kat aralığında arttırmıştır.
3. Çimento/kum oranı 1:4 olan kum sıvanın numune yüzeylerine tek taraflı olarak uygulanması, referans numunelerin ortalama kayma dayanımlarını 1,3

kat artmıştır. Bu sonuç; kum sıvanın dayanıma olan katkısının göz ardı edilemeyecek derecede önemli olduğunu göstermiştir.

4. Beyaz çimento ve doğal su kireci esaslı bağlayıcı sıvanın 2 cm kalınlığında tek taraflı olarak uygulanması sonucu elde edilen üçlü duvar numunelerinin ortalama kayma dayanımı, referans numunelerin ortalama kayma dayanımına göre yaklaşık 2 kat artmıştır.
5. Benzer şekilde; geliştirilmiş cam kürecik esaslı yapıştırıcı sıvanın 2 cm kalınlığında tek taraflı olarak uygulanması sonucu elde edilen duvar numunelerinin ortalama kayma dayanımı, referans numunelerin ortalama kayma dayanımına göre yaklaşık 2 kat artmıştır.
6. Almanya menşeli özel yapıştırma sıvası olan beyaz çimento ve doğal su kireç esaslı sıva ile yerli üretim olan geliştirilmiş cam kürecik esaslı yapıştırma sıvasının hemen hemen aynı performansı gösterdikleri deneyler sonucunda tespit edilmiştir. Ancak geliştirilmiş cam kürecik esaslı özel sıvanın bağlayıcı görev görmeye beraber su, ısı ve sese karşı güçlü izolasyon sağlaması özelliğiyle bir adım öne geçmektedir. Sismik tekstil malzemelerle kombinasyon halinde çalışabilen ve yerli üretimimiz olan bu sıva; yapıların depreme dayanıklılığını artırırken, yalıtım görevini de görmektedir.
7. Deney II grubu içerisinde geliştirilmiş cam kürecik esaslı yapıştırıcı sıvanın hem tek taraflı 2 cm kalınlığında, hem çift taraflı 1'er cm kalınlığında uygulanması sonucu oluşturulan üçlü bims blok numuneler karşılaştırılmış ve ortalama kayma dayanımı değerleri arasında kayda değer bir fark olmadığı ortaya çıkmıştır. Tek taraflı 2 cm kalınlığındaki uygulama ile çift taraflı 1'er cm kalınlığındaki uygulamaların benzer performans gösterdikleri anlaşılmıştır.
8. Sismik kumaş ve cam kürecik esaslı bağlayıcı sıva ile çift taraflı olarak güçlendirilen üçlü bims blok numunelerin ortalama kayma dayanımı, tek taraflı olarak güçlendirilen duvar numunelerinin ortalama kayma dayanımlarına göre 1,5 kat artmıştır.
9. Deney II kapsamında kullanılan düzenek değiştirilerek, numuneler yanal sıkıştırmaya maruz bırakılmış ve yatay gerilmenin kayma dayanımlarına olan katkısı incelenmiştir. Bu incelemenin sonucunda Deney II grubundaki

numunelerin ortalama kayma dayanımlarında, Deney I grubundaki numunelerin ortalama kayma dayanımlarına oranla 1,3~1,7 kat artış yaşandığı görülmüştür. Artış oranlarının aynı olmamasının nedeni; yanal sıkıştırma uygulamasının elle yapılması, bunun sonucunda da sıkıştırma miktarlarının farklılık göstermesidir.

10. Deney II grubundaki güçlendirme işleminde deprem kumaşı iki parça halinde bindirmeli olarak uygulanmış ve kumaşın parçalı kullanımının dayanıma etkilerini incelemek hedeflenmiştir. Tek taraflı güçlendirmeyi temsil eden D31G03 serisindeki ortalama kayma dayanımı 0,268 MPa iken, yanal sıkıştırma etkisi altındaki tek taraflı güçlendirmeyi temsil eden D31G03-Y serisinin ortalama kayma dayanımı 0,297 MPa değerinde kalarak, yanal sıkıştırmaya rağmen yalnızca 1,1 kat artış göstermiştir. Bu sonuç ile; sismik tekstilin iki parça halinde kullanıldığında tek parça olduğu durumdaki kadar iyi çalışmadığını ispatlamıştır.

Deneysel çalışmalar kapsamında hazırlanmış toplam 34 adet üçlü bims blok numunenin kayma dayanımları belirlenmiş ve elde edilen sonuçların ışığında, mevcut yığma yapıların deprem davranışlarının iyileştirilebileceği ortaya çıkmıştır. Özellikle de yerli üretim bağlayıcı sıvaların da dahil olduğu çeşitli güçlendirme malzemelerinin önemi bir kez daha vurgulanmıştır.

KAYNAKÇA

- [1] Alkaya D., Sultandağı depremi ışığında toprak yapılar ve iyileştirme önerileri. YDGA2005 - Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 108-123, 17 Şubat 2005.
- [2] www.blokbims.com., Erişim Tarihi: 25.08.2018.
- [3] Derneği, Bims Sanayicileri. Bims (Pomza) Alt Sektör Raporu. 2006.
- [4] Istegun, B., Celebi, E., Triplet shear tests on retrofitted brickwork masonry walls. International Journal of Civil and Environmental Engineering, Vol.11, 2017.
- [5] <https://deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi>., Erişim Tarihi: 25.08.2018.
- [6] www.tumblr.com/scopjeeearthquake., Erişim Tarihi: 26.08.2018.
- [7] <https://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-37182809>., Erişim Tarihi: 26.08.2018.
- [8] <http://www.milliyet.com.tr/kos-adasi-ndaki-caminin-minaresi-yikildi-aydin-yerelfotogaleri-24155477/>., Erişim Tarihi: 26.08.2018.
- [9] Koç, V., Depreme maruz kalmış yığma ve kırsal yapı davranışlarının incelenerek yığma yapı yapımında dikkat edilmesi gereken kuralların derlenmesi. 2016.
- [10] <https://www.sanatduvari.com/gediz-depremi-28-mart-1970/>., Erişim Tarihi: 26.08.2018.
- [11] İTÜ Yapı ABD Deprem Uygulama-Araştırma Merkezi, Mart 1992 Erzincan Depremi hakkında Rapor I. 11-16, 1992.

- [12] ODTÜ İnş. Müh. Böl. Deprem Araştırma Merkezi, 1 Ekim 1995 Dinar Depremi Mühendislik Raporu. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, Ankara, 1- 12, 1995.
- [13] Ersubaşı, F., Yığma yapıların deprem davranışının sarsma masasında dinamik olarak incelenmesi ve farklı güçlendirme seçeneklerinin değerlendirilmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2008.
- [14] Alkaya D., Sultandağı Depremi Işığında Toprak Yapılar ve İyileştirme Önerileri. YDGA2005-Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 108-123, 2005.
- [15] Gülkan, P., Özcebe, G., Sucuoğlu, H., Bakır, S., Çetin, Ö., Tankut, T., ... & Aydoğan, V., 3 Şubat 2002 Sultandağı Ve Çay Depremleri Mühendislik Raporu. Ortadoğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Deprem Araştırma Merkezi, Ankara, 2002.
- [16] Döndüren, M. S., Kollu, M. S., Son 15 sene içinde Türkiye’de meydana gelen depremlerde yığma binalarda meydana gelen hasarlar ve nedenleri. Selçuk-Teknik Dergisi, 17(2), 59-70, 2018.
- [17] Karaşin A., Karaesmen E., 1 Mayıs Bingöl Depreminde Meydana Gelen Yığma Yapı Hasarları. YDGA2005 - Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 90-107, 2005.
- [18] Sevmiş M., 25 Ocak 2005 Hakkari Depremi Ön Raporu. Teknik Güç Dergisi, 3, 2005.
- [19] Şengül, M. A., Poyraz, S. A., Özvan, A., Tapan, M., Kalafat, D., 25 Ocak 2005 Hakkari-Sütlüce Depremi Fay Mekanizması Çözümleri ve Yer-Yapı İlişkisi Özellikleri. İstanbul Yerbilimleri Dergisi, 23(1), 9-18, 2010.
- [20] Tokgöz H., Can Ö., Dıştan Perde Duvarla Güçlendirmede Perde-Hatıl Birleşim Yerlerinde Kullanılan Blon Sayısının Araştırılması. Gazi Üniversitesi, Müh. Mim. Fak., Der., Cilt 26, No.3, 649-656, 2011.

- [21] Coşkun, C., Silindirik yığma yapıların numerik modellemesi ve lif takviyeli polimer ile takviye edilmesi. İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yapı Mühendisliği Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2005.
- [22] Özsaraç, S., Yığma yapılarda taşıyıcı tuğla duvarların GFRP ile güçlendirilmesinin deneysel olarak incelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2009.
- [23] Çöğürçü M. T., Yığma yapıların yatay derz güçlendirme yöntemiyle güçlendirilmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 2007.
- [24] As E. F., Tarihi tuğlalar ile örülen duvarların güçlendirilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2007.
- [25] Yılmaz E., Boşluklu tuğla ile örülmüş yığma duvarların LP kompozitler ile güçlendirilmesi ve davranışta boyut etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2010.
- [26] Kanit R., Döndüren M. S., Bağlayıcı özelliği artırılan harçla oluşturulan yığma duvarların mekaniksel davranışları. Selçuk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Teknik-Online Dergi, 7(1), 2008.
- [27] Taghdi M., Bruneau M., Saatcioglu M., Seismic retrofitting of low-rise masonry and concrete walls using steel strips. Journal of Structural Engineering, 1017, 2000.
- [28] Dusi A., Manzoni E., Mezzi M., Stavens G., Seismic retrofit of masonry buildings with polymer grid. Proceedings of the 9th Pacific Conference on Earthquake Engineering Building an Earthquake-Resilient Society, Auckland, New Zeland, 14-16 April 2011.

- [29] Wallner, C., Erdbebugerechtes versträrken von mauerwerk durch faserverbundwerkstoffe experimentelle und numerische untersuchungen. Ph. D. Dissertation, Karlsruhe Institute of Technology, Germany, 2008.
- [30] Oliveira, D. V. C., Experimental and numerical analysis of blocky masonry structures under cyclic loading. Ph. D. Dissertation, University of Minho, Portugal, 2003.
- [31] Lourenço P. B., Barros J. O. and Oliveira J. T., Shear Testing of Stack Bonded Masonry. *Construction and Building Materials*, 18, p.125-132, 2004.
- [32] Lourenço, P.B., Computational strategies for masonry structures. Ph.D Thesis, Civil Engineering and Geosciences, Delft University, Eindhoven, Netherland, 1996.
- [33] ElGawady, M.A., Lestuzzi, P. and Badoux, M., Static Cyclic Response Masonry Walls Retrofitted with Fiber Reinforced Polymers. *Journal of Composites for Construction*, vol. 11, no. 1, p: 50-61, January/February 2007.
- [34] Arslan, M. E., Deprem kumaşıyla güçlendirilen çevrimsel yük etkisindeki dolgu duvarlı betonarme çerçevelerin davranışlarının deneysel ve teorik olarak incelenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2013.
- [35] Ehsani, M. R., Saadatmanesh, H., Velazquez-Dimas, J. I., Behaviour of retrofitted URM walls under simulated earthquake loading. *Journal of Construction*, 3(3): 134-142, 1999.
- [36] Münich, J. C., Hybride multidirektionaltextilien zur erdbebenverstärkerung von mauerwerk; experimente und numerische untersuchungen mittels eines erweiterten makromodells. Ph. D. Dissertation, Karlsruhe Institute of Technology, Germany, 2010.
- [37] Rizzo, S., Triplet shear tests on pumice blocks BLG19 with and without the seismic retrofitting system Röfix SismaCalce. Final Report, Department Reinforced Concrete, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany, 2015.

- [38] Prota, A., Marcarì, A., Fabbrocina, G., Manfredi G. and Aldea, C., Experimental In-Plane Behavior of Tuff Masonry Strengthened with Cementitious Matrix-Grid Composites. *Journal of Composites for Construction*, 10:3, pp. 223-233, 2006.
- [39] TS2510, Kargir duvarlar hesap ve yapım kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1977.
- [40] Kaya, E., Yığma yapıların çelik ve betonarme takviyesi uygulanabilirliği ve yapım hataları. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2003.
- [41] Tetik, T., Tarihi yığma yapıların deprem performansı ve güçlendirme teknikleri. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2015.
- [42] TS 2513, Doğal yapı taşları mekanik özellikleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1977.
- [43] Jafarov, O., Lifli polimerle güçlendirilmiş yığma duvarların modellenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2012.
- [44] Gündüz, L., Sarıışık, A., Tozaçan, B., Davraz, M., Uğur, İ., Çankıran, O., Pomza Teknolojisi. Cilt 1, 285, 1998.
- [45] Çiçek, Y. E., Pişmiş toprak tuğla, bimsbeton, gazbeton ve perlitli yapı malzemelerinin fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2002.
- [46] DBYBHY, Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007.
- [47] Arun, G., Yığma kagir yapı davranışı. Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, 2005.
- [48] www.istanbulkulturturizm.gov.tr, Erişim Tarihi: 12.10.2018.

- [49] Bayülke, N., Depremde Hasar Gören Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi. TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası, İzmir, 1995.
- [50] Öztaş, V., Yığma yapıların güçlendirilmesi ve bir yığma yapı örneğinde güçlendirme analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2009.
- [51] www.neozemin.com., Erişim Tarihi: 17.10.2018.
- [52] Celep Z., Post-Earthquake rehabilitation of moderate damaged masonry structures, repair and strengthening of existing buildings. Second Japan - Turkey 103 Workshop on Earthquake Engineering, 61-72, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 1988.
- [53] Çamlıbel N., Yapıların taşıma gücünün iyileştirilmesi. 1. Baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2000.
- [54] Öncü, G., Mevcut betonarme ve yığma binaların depreme karşı onarım ve güçlendirme yöntemleri ve İzmir'deki bazı uygulama örneklerinin irdelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011.
- [55] Milani, G., Fedele, R., Lourenço, P. B., Basilio, I., Experimental and numerical FE analyses of curved masonry prisms and arches reinforced with FRP materials. In: 9th International conference on structural analysis of monuments and historical constructions, SAHC 2014, Mexico City, Mexico, p. 1-12, 2014.
- [56] EN, TS., 196-1 Çimento Deney Metotları-Bölüm 1: Dayanım. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.
- [57] EN, TS., 1052-3 Methods of tests for masonry-part 4: determination of initial shear strength. Turkish Standard Institute, Ankara, 2004.

ÖZGEÇMİŞ

Ayşenur SUBAŞI, 29 Ağustos 1989'da Birmingham/İngiltere'de doğdu. 6 yaşında Türkiye'ye döndükten sonra ilk okulu Sabihahanım İlköğretim Okulu'nda, orta okulu Dr. Nuri Bayar İlköğretim Okulu'nda, liseyi ise Özel Işık Fen Lisesi'nde tamamladı. Yüksek öğrenimine 2011 yılında Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne girerek başladı. 2015 Haziranda bu bölümden mezun oldu. Aynı yıl Sakarya Üniversitesi Yapı Mühendisliği master programına başladı. Bu süreç zarfında özel bir yapı denetim firmasında 2 yıl boyunca çalıştı. 2018 Mayıs ayında İSHAD 2018'de bildirisini sundu. 2019 yılı Mayıs ayı itibariyle Sakarya Üniversitesi Yapı Mühendisliği programında yürüttüğü tez çalışmasını tamamladı.