TRM İle Güçlendirilmiş Döşemelerin Statik ve Dinamik Yükler Etkisi Altındaki Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi

Güljin ASLAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ekim 2022

Experimental Investigation of the Behavior of TRM Reinforced Slabs Under the Effect of Static and Dynamic Loads

Güljin ASLAN

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Civil Engineering

October 2022

TRM İle Güçlendirilmiş Döşemelerin Statik ve Dinamik Yükler Etkisi Altındaki Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi

Güljin ASLAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Mekanik Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hakan EROL

Bu Tez Çalışması ESOGÜ BAP Tarafından "2022-2290"No'lu Proje Çerçevesinde Desteklenmiştir.

Ekim 2022

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Dr. Öğr. Üyesi Hakan EROL danışmanlığında hazırlamış olduğum "TRM İle Güçlendirilmiş Döşemelerin Statik ve Dinamik Yükler Etkisi Altındaki Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi " başlıklı YÜKSEK LİSANS tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 10/10/2022

Güljin ASLAN

İmza

ÖZET

Dünyada ve ülkemizde yapıların büyük çoğunluğunu betonarme yapılar oluşturmaktadır. Bu durum beraberinde çeşitli sebeplerden dolayı hasar gören yapılarda ekonomik ve etkin güçlendirme ihtiyacını meydana getirmektedir. Yapılan araştırma ve çalışmalarda kolon ve kirişlerle ilgili güçlendirme çalışmalarının, döşemelerin güçlendirme çalışmalarına nazaran daha fazladır. Bu çalışma kapsamında tekstil ile takviye edilmiş sıva katmanı (TRM) ile güçlendirilmiş döşemelerin statik ve dinamik yükler etkisi altındaki davranışı deneysel olarak incelenecektir.

Güçlendirme malzemelerinde yüksek mukavemet, yüksek çekme dayanımı ve ekonomik güçlendirme yöntemi araştırılacaktır. Yapılacak deneysel çalışma iki adımda yürütülecektir. İlk adım numunelerin dinamik yük etkisi altındaki davranışı irdelenecektir. TRM ile güçlendirilmiş numuneler darbe yükü etkisi ile sabit enerji altında incelenecektir. Deneysel çalışmanın ikinci kısmında numunelerin statik yük etkisi altındaki davranışları incelenecektir. Statik yük döşeme merkezinde çelik plaka üzerine tekil yük olarak uygulanacaktır. TRM malzemesinin yerleşim şekli ve şeritlerin genişliği değişken parametreler arasındadır. Her deney setinde numunelerde oluşan hasarlar kayıt altına alınacaktır. İncelenecek parametreler döşemelerde oluşacak ilk çatlaklar, statik yükleme ile göçme anına kadar meydana gelen deplasman değerleri, çatlak dağılımları, döşemelerin taşıyabileceği maximum yük incelenecektir. Dinamik yükleme deneyinde deplasman, ivme dinamik yük eş zamanlı olarak kayıt altına alınacaktır. Güçlendirme desenine göre hem statik hem dinamik deney setlerinde en etkili güçlendirme deseni belirlenecektir. Hangi güçlendirme yönteminin uygulanması en ideal en efektif durumunu ortaya koyacak sonuçlar irdelenecektir. Etkin bir güçlendirme tekniği geliştirilecektir.

Anahtar kelimeler: Betonarme döşeme, çarpma yükü, karbon tekstil, bazalt tekstil, statik yük, dinamik etki.

SUMMARY

A majority of structures in the World and our country are reinforced concrete structures. This situation is due to various reasons the need for economical and effective reinforcement in structures are created. In the researches and studies, the reinforcement studies related to columns and beams are more than the reinforcement works of the concrete slabs. In the experimental program, the behavior of slabs reinforced with textile reinforced grout layer (TRM) under the slabs of static and dynamic loads will be experimentally examined. High strength, high tensile strength, and economical strengthening methods will be investigated in reinforcement materials. The experimental study will be examined in two steps. The first step will be to examine the behavior of the specimens under the effect of static load. The static load will be applied as a single load on the steel plate at the slab center. The configuration of the TRM material and the width of the layers are among the flexile parameters. In the second part of the experimental program, TRM reinforced specimens will be examined under constant energy with an impact load effect. The damage to the specimens in each test set will be recorded. The parameters to be examined will be the first cracks that will occur in the slabs, the displacement values that occur until the static loading and collapse, the crack distributions, the maximum load that the slabs can carry. In the Dynamic loading test, the displacement, acceleration, and dynamic load will be recorded at the same time. According to the reinforcement design, the most effective reinforcement design will be determined in both static and dynamic experiment sets. The results that will reveal the most ideal and most effective situationof which strengthening method to be applied will be examined. An efficient reinforcement technique will be developed.

Key words: Reinforced concrete slab, impact load, carbon textile, static effect, dynamic effect.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET ..... **vi**

SUMMARY ..... **vii**

TEŞEKKÜR ..... **viii**

İÇİNDEKİLER ..... **ix**

ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xii**

ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xviii**

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xix**

1.GİRİŞ VE AMAÇ **1**

2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI **3**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **25**

3.1. Dinamik Deneylerde Materiyal 25

3.1.1. Ağırlık düşürücü deney düzeneği 25

3.1.2. Kauçuk ve plaka 27

3.1.3. Ölçüm cihazları 27

3.1.3.1. İvmeölçerler 27

3.1.3.2. Kuvvet algılayıcısı 30

3.1.3.3. Potansiyometrik konum algılayıcısı 32

3.1.4. Veri toplama cihazları 35

3.1.5. Ölçüm aletlerinde bağlantıyı sağlayan kablolar 39

3.1.6. Deneylerde Kullanılan Malzemelerin Özellikleri 40

İÇİNDEKİLER(devam)

Sayfa

3.1.6.1. Donatı çeliği 41

3.1.6.2. Beton 41

3.1.6.3. Bazalt tekstil file 43

3.1.6.4. Çimento esaslı yapısal tamir harcı 44

3.1.7. Kullanılan Malzemelerin Deneye Hazırlanması 46

3.2. Statik Deneylerde Materiyal 50

3.2.1. Yükleme çerçevesi deney düzeneği 50

3.2.2. Hidrolik yükleme kontrol ünitesi 51

3.2.3. Ölçüm cihazları 52

3.2.3.1. Potansiyometrik konum algılayıcısı 52

3.2.4. Veri toplama cihazları 53

3.3. Dinamik Deneylerde Yöntem 54

3.4. Statik Deneylerde Yöntem 57

4. BULGULAR VE TARTIŞMA 61

4.1. Dinamik Deneylerde Bulgular 61

4.1.1. Referans numunesi 61

4.1.2. B50sOr numunesi 64

4.1.3. B100sOr numunesi 67

4.1.4. B50sDi numunesi 70

4.1.5. B100sDi numunesi 73

İÇİNDEKİLER(devam)

Sayfa

4.1.6. B50dOr numunesi 76
4.1.7. B100dOr numunesi 79
4.1.8. B50dDi numunesi 82
4.1.9. B100dDi numunesi 85
4.2. Dinamik Deneylerde Tartışma 88
4.3. Statik Deneylerde Bulgular 91
4.3.1.Referans numunesi 91
4.3.2.B50sOr numunesi 92
4.3.3.B100sOr numunesi 94
4.3.4.B100sDi numunesi 95
4.3.5.B100dOr numunesi 97
4.3.6.B50dOr numunesi 98
4.3.7.B100dDi numunesi 100
4.3.8.B50dDi numunesi 101
4.3.9.B50sDi numunesi 102
4.4. Statik Deneylerde Tartışma 104
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 107
5.1. Dinamik Deneylerde Sonuç ve Öneriler 107
5.2. Statik Deneylerde Sonuç Ve Öneriler 110
KAYNAKLAR DİZİNİ 117

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil **Sayfa**

3.1.Ağırlık düşürücü deney düzeneği 25
3.2.Çekiç 26
3.3.Pnömatik Valf 26
3.4.Çekiç Başı Boyutları 26
3.5.Çelik plaka ve kauçuk levhalar 27
3.6.ICP tipi 352b70 model ivme ölçer 28
3.7.PCB Group ürünü ICP kuvars darbe kuvveti algılayıcısı 200C50 modeli 30
3.8.Serbest duruş montaj biçimi 31
3.9.Potansiyometrik konum algılayıcı devresi 32
3.10.LPS model potansiyometrik konum algılayıcısı 32
3.11.Potansiyometrik konum algılayıcılarının temas yüzeylerine cam monte 33
3.12.Sensör besleme kutusu 33
3.13.Potansiyomtrik cetvellerin yerleşimi 34
3.14.NI 9234 veri elde etme cihazı 35
3.15.NI9201 bağlantı çeşitleri ve vidalı terminal tipi veri algılayıcı 36
3.16.NI 9235 veri elde etme cihaz 37
3.17.c-DAQ-9174 veri toplayıcı ana gövdesi 38
3.18. 003A10 model koaksiyel kablo 40
3.19. Deney elemanlarının özellikleri 40
3.20. Hasır donatı yerleştirilmiş döşeme kalıbı 41
3.21. Beton dökümünün gerçekleşmesi 42
3.22.Beton dökümü yapılan numuneler 42

ŞEKİLLER DİZİNİ(devam)

Şekil **Sayfa**

3.23. Beton basınç dayanımları alınan numuneler 43
3.24. Ticm firmasına ait CR370 model karbon tekstil 43
3.25. Tamires R8 çimento esaslı yapısal tamir harcı harcı 44
3.26. Ortogonal Tek Doğrultulu ve Ortogonal Çift Doğrultulu (50 mm) 46
3.27. Ortogonal Tek Doğrultulu ve Ortogonal Çift Doğrultulu (100 mm) 47
3.28. Diyagonal Tek Doğrultulu ve Diyagonal Çift Doğrultulu (50 mm) 48
3.29. Diyagonal Tek Doğrultulu ve Diyagonal Çift Doğrultulu (100 mm) 48
3.30. Bazalt fiber file uygulanacak yerlerin döşeme üzerinde belirlenmesi 49
3.31. Bazalt tekstil kullanılan döşemelerde ortogonal ve diyagonal yerleşim 49
3.32. Tamires R8 yapısal tamir harcı 50
3.33. Yükleme çerçevesi deney düzeneği 51
3.34. Yükleme çerçevesi deney düzeneği 51
3.35. Hidrolik yükleme kontrol ünitesi 52
3.36. Deney numunesinin üst kısmına yerleştirilmiş potansiyometrik cetveller 52
3.37. Deney numunesinin alt kısmına yerleştirilmiş potansiyometrik cetveller 53
3.38. TESTBOOX veri toplama aygıtı 54
3.39. Deney elemanının merkezine sabitlenmiş neopren kauçuk ve çelik plak 56
3.40. Deney elemanının üstten görünümü 56
3.41. Statik deneyler için hazırlanan numuneler 58
3.42. Referans numunenin deney düzeneğine sabitlenmesi 58
3.43. Deney elemanının deney düzeneğine sabitlenmesi 59
3.44. Potansiyometrik cetvellerin numuneye yerleşimi 58
3.45. Deney numunesinin deneye hazırlanmış hali 60

ŞEKİLLER DİZİNİ(devam)

Şekil **Sayfa**

4.1. Referans numunesine ilişkin dinamik yük-zaman diyagramı.....62
4.2. Referans numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı.....62
4.3. Referans numunesine ilişkin deplasman 2-zaman ve deplasman 3-zaman 62
4.4. Referans numunesine ilişkin deplasman 4-zaman ve deplasman 5-zaman 63
4.5. Referans numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı ve sağ ivme zaman 63
4.6. B50sOr numunesine ilişkin dinamik yük-zaman diyagramı 64
4.7. B50sOr numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı 65
4.8. B50sOr numunesine ilişkin deplasman 2-zaman ve deplasman 3-zaman.....65
4.9. B50sOr numunesine ilişkin deplasman 4-zaman ve deplasman 5-zaman.....65
4.10. B50sOr numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı ve sağ ivme zaman 66
4.11. B50sOr ve Referans döşemesinde meydana gelen hasarlar 66
4.12. B100sOr numunesine ilişkin dinamik yük-zaman diyagramı 67
4.13. B100sOr numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı 68
4.14. B50sOr numunesine ilişkin deplasman 2-zaman ve deplasman 3-zaman.....68
4.15. B50sOr numunesine ilişkin deplasman 4-zaman ve deplasman 5-zaman.....68
4.16. B100sOr numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı ve sağ ivme zaman 68
4.17. B100sOr ve Referans döşemesinde meydana gelen hasarlar 69
4.18. B50sDi numunesine ilişkin dinamik yük-zaman diyagramı 70
4.19. B50sDi numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı 71
4.20. B50sDi numunesine ilişkin deplasman 2-zaman ve deplasman 3-zaman.....71
4.21. B50sDi numunesine ilişkin deplasman 4-zaman ve deplasman 5-zaman.....71
4.22. B50sDi numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı ve sağ ivme zaman 72
4.23. B50sDi ve Referans döşemesinde meydana gelen hasarlar.....72
4.24. B100sDi numunesine ilişkin dinamik yük-zaman diyagramı 73

ŞEKİLLER DİZİNİ(devam)

Şekil **Sayfa**

4.25. B100sDi numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı 74
4.26. B100sDi numunesine ilişkin deplasman 2-zaman ve deplasman 3-zaman 74
4.27. B100sDi numunesine ilişkin deplasman 4-zaman ve deplasman 5-zaman 74
4.28. B100sDi numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı ve sağ ivme zaman 75
4.29. B100sDi ve Referans döşemesinde meydana gelen hasarlar..... 75
4.30. B50dOr numunesine ilişkin dinamik yük-zaman diyagramı..... 76
4.31. B50dOr numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı..... 77
4.32. B50dOr numunesine ilişkin deplasman 2-zaman ve deplasman 3-zaman 77
4.33. B50dOr numunesine ilişkin deplasman 4-zaman ve deplasman 5-zaman 77
4.34. B50dOr numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı ve sağ ivme zaman..... 78
4.35. B50dOr ve Referans döşemesinde meydana gelen hasarlar..... 78
4.36. B100dOr numunesine ilişkin dinamik yük-zaman diyagramı..... 79
4.37. B100dOr numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı..... 80
4.38. B100dOr numunesine ilişkin deplasman 2-zaman ve deplasman 3-zaman 80
4.39. B100dOr numunesine ilişkin deplasman 4-zaman ve deplasman 5-zaman 80
4.40. B50dOr numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı ve sağ ivme zaman..... 81
4.41. B100dOr ve Referans döşemesinde meydana gelen hasarlar..... 81
4.42. B50dDi numunesine ilişkin dinamik yük-zaman diyagramı 82
4.43. B50dDi numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı 83
4.44. B50dDi numunesine ilişkin deplasman 2-zaman ve deplasman 3-zaman..... 83
4.45. B50dDi numunesine ilişkin deplasman 4-zaman ve deplasman 5-zaman..... 83
4.46. B50dDi numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı ve sağ ivme zaman..... 84
4.47. B50dDi ve Referans döşemesinde meydana gelen hasarlar 84
4.48. B100dDi numunesine ilişkin dinamik yük-zaman diyagramı 85

ŞEKİLLER DİZİNİ(devam)

Şekil **Sayfa**

4.49. B100dDi numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı 86
4.50. B100dDi numunesine ilişkin deplasman 2-zaman ve deplasman 3-zaman.....86
4.51. B100dDi numunesine ilişkin deplasman 4-zaman ve deplasman 5-zaman.....86
4.52. B100dDi numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı ve sağ ivme zaman.....87
4.53. B100dDi ve Referans döşemesinde meydana gelen hasarlar 87
4.54. Tüm deney elemanlarında gözlenen maksimum sol ivme değerleri 89
4.55. Tüm deney elemanlarında gözlenen maksimum sağ ivme değerleri.....90
4.56. Tüm deney elemanlarında gözlenen deplasman değerleri.....90
4.57. Referans Numunenin ön yüzeyinde meydana gelen çatlaklar.....92
4.58. B50sOr Numunesinin deneye hazır hazırlanmış hali 93
4.59. Referans Numunenin ve B50sOr numunesi 93
4.60. B100sOr Numunesinin deneye hazır hazırlanmış hali 94
4.61. Referans Numunenin ve B100sOr numunesi 95
4.62. B100sDi Numunesinin deneye hazır hazırlanmış hali 96
4.63. Referans Numunenin ve B100sDi numunesi 96
4.64. B100dOr Numunesinin deneye hazır hazırlanmış hali.....97
4.65. Referans Numunenin ve B100dOr numunesi.....98
4.66. B50dOr Numunesinin deneye hazır hazırlanmış hali.....99
4.67. Referans Numunenin ve B50dOr numunesi.....99

ŞEKİLLER DİZİNİ(devam)

Şekil **Sayfa**

4.68. B100dDi Numunesinin deneye hazır hazırlanmış hali 100

4.69. Referans Numunesi ve B100dDi numunesi 101

4.70. B50dDi numunesinin deneye hazır hazırlanmış hali 102

4.71. Referans Numunesi ve B50dDi numunesi 102

4.72. B50sDİ Numunesinin deneye hazır hazırlanmış hali 103

4.73. Referans Numunesi ve B50sDİ numunesi 104

4.74. Tüm deney elemanlarında gözlenen maksimum yük değerleri 105

4.75. Tüm deney elemanlarında gözlenen maksimum deplasman 1 değerleri 105

4.76. Tüm deney elemanlarında gözlenen maksimum kalıcı deplasman değerleri 106

5.1. Tüm numunelerde görülen çatlaklar 108

5.2. Tüm numunelerde görülen çatlaklar 111

5.3. Referans numune ve deney elemanlarının yük- deplasman 1 grafiği 112

5.4. Referans numune ve 100 mm genişliğinde güçlendirme uygulanmış 113

5.5. Referans numune ve güçlendirilmiş tüm numuneleri 113

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

3.1. Deney kapsamında kullanılan 352B70 model ivmeölçere ait teknik bilgiler 29

3.2. Kuvars yapıdaki darbe kuvveti algılayıcısına ait teknik bilgiler 31

3.3.Potansiyometrik konum algılayıcısına ait teknik özellikler 33

3.4. NI 9234 veri elde etme cihazının teknik özellikleri 35

3.5. NI 9201 veri elde etme cihazının teknik özellikleri 37

3.6. NI 9235 veri elde etme cihazının teknik özellikleri 38

3.7. c-DAQ-9174 veri birleştirme ana gövdesinin teknik özellikleri 39

3.8. 003A10 türü koaksiyel kablo bilgileri 40

3.9. CR370 model bazalt tekstilin teknik özellikleri 44

3.10. Tamires R8 çimento esaslı yapısal tamir harcı hakkında teknik özellikler 45

3.11. TESTBOX1001 veri toplama aygıtı teknik özellikleri 53

4.1. Deneysel çalışmada elde edilen sonuçlar 88

4.2. Deneysel çalışmada elde edilen sonuçlar 104

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler Açıklama

TRM	Tekstil takviyeli harç
AC	Alternatif akım
cm	Santimetre
dB	Desibel
DC	Doğru akım
g	Yerçekimi ivmesi
Hz	Hertz
J	Joule
Kg	kilogram
kN	Kilonewton
kNm	Kilonewtonmetre
m	Metre
mA	Miliamper
mm	Milimetre
Mpa	Megapascal
N	Newton
s	Saniye
h_f	Döşeme kalınlığı
c_c	Net beton örtüsü
φ	Donatı çapı
F_{ctd}	Tasarım çekme dayanımı

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Dünyada ve ülkemizde yapıların büyük çoğunluğunu betonarme yapılar oluşturmaktadır. Agrega ve kimyasal bağlayıcı bir maddenin su ilave edilerek homojen olarak birleştirilmesiyle meydana gelen beton önce plastik bir kıvam alıp zamanla priz alarak sertleşir. Beton; dayanıklılığı, yangına karşı direnci, ekonomik oluşu ve üretim kolaylığı açısından inşaat yapı taşı haline gelmiştir. Beton tek başına kullanıldığında çekme ve darbelere karşı dayanıksız bir malzeme olmuştur, bu durumu ortadan kaldırmak için agrega su ve kum ilave edilerek donatılarla güçlendirilip betonarme yapılar oluşturulmuştur. Günümüzde birçok yapı; barajlar, köprüler, binalar betonarme malzemeler ile inşa edilmektedir.

Statik yük; yapının kullanım süresi boyunca sürekli olarak etkiyecek yüktür. Yapının kendi ağırlığı(kolon, kiriş, döşeme, perde, temel),çatı, duvarlar, sıva, kaplama malzemeleri, dolgu malzemeleri vb. statik yük olarak tanımlanır. Dinamik yük; yapının kullanım ömrü boyunca bazen bulunup bazen bulunmayan dinamik yük olarak tanımlanır. Eşyalar, depolama malzemeleri, makinalar, yağmur, kar yükü vb. dinamik yük olarak tanımlanır. Darbe yükü; darbeyi meydana getiren nesnenin fiziksel özellikleri ve etki süresine göre değişkenlik göstereceği için etkisi ve büyüklüğü net olarak belli olmayan bir yüktür. Bu çalışmada deney elemanları darbe yükü etkisi altında incelenmiştir.

Yapıların değişen ihtiyaçlara uyarlanması, yük taşıma kapasitelerinin arttırılması, var olan yapıların uzun ömürlü olması giderek artan bir ihtiyaç haline gelmiştir. Bu durum çeşitli sebeplerden dolayı hasar gören yapılarda beton elemanların yük taşıma kapasitesinde artış ihtiyacı, yeniden yapılanmalar, değişen standartlara göre ekonomik ve etkin güçlendirme ihtiyacını meydana getirmektedir. Yapılan araştırma ve çalışmalarda kolon ve kirişlerle ilgili güçlendirme çalışmalarının, döşemelerin güçlendirme çalışmalarına nazaran daha fazladır.

Bu çalışma kapsamında tekstil ile takviye edilmiş sıva katmanı (TRM) ile güçlendirilmiş döşemelerin statik ve dinamik yükler etkisi altındaki davranışı deneysel olarak incelenmiştir. Güçlendirme malzemelerinde yüksek mukavemet, yüksek çekme dayanımı ve ekonomik güçlendirme yöntemi araştırılmıştır. Yapılacak deneysel çalışma iki adımda yürütülmüştür. İlk adım numunelerin dinamik yük etkisi altındaki davranışı irdelenmiştir. TRM ile güçlendirilmiş numuneler darbe yükü etkisi ile sabit enerji altında incelenmiştir. Deneysel çalışmanın ikinci kısmında statik yük döşeme merkezinde çelik plaka üzerine tekil yük olarak uygulanmıştır. TRM malzemesinin yerleşim şekli ve şeritlerin genişliği değişken parametreler arasındadır. Her deney setinde numunelerde oluşan hasarlar kayıt altına alınmıştır. İncelenecek parametreler döşemelerde oluşacak ilk çatlaklar, statik yükleme ile göçme anına kadar meydana gelen deplasman değerleri, çatlak dağılımları ve döşemelerin taşıyabileceği maximum yük incelenmiştir.

2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Lampros N.Koutas vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada çift yönlü betonarme (RC) plakaların eğilme kapasitesini tekstil takviyeli harcın (TRM) uygulanması ile deneysel olarak incelenmiştir. Bu amaçla altı betonarme plak inşa edilmiş ve dört noktaya dağıtılan monotonik yükleme altında test edilmiştir. Deneylerde; en 1800 mm, boy 1800 mm, kalınlık 100 mm boyutlarında numuneler kullanılmıştır. Bir numune güçlendirilmeden test edilmiştir. Numune C1, bir kat karbon tekstil malzeme ile güçlendirilmiştir. Numune C2, iki kat karbon tekstil malzemesi ile güçlendirilmiştir. Numune C1-part, iki şerit halinde karbon tekstil ile güçlendirilmiştir. Çapraz konfigürasyon (her iki yön için bir tane). Her şerit etkili aralığın yarısına eşit bir genişliktedir. Lif miktarı C1 de kullanılan lif miktarı ile eşit olarak kullanılmıştır. Bununla birlikte kullanılan malzemenin toplam ağırlığı da eşittir. Numune C3, üç kat cam elyaf ile güçlendirilmiştir. Tekstil malzeme döşeme tam gerilme yüzeyi üzerine uygulanmıştır. Son Numune, C3 - cr numunesi üç katmanla güçlendirilmiştir. Tüm numuneler monotonik eğilme yüklemesine tabii tutulmuştur. Yük yer değiştirme oranı 1mm/dakika olan 500 KN kapasiteli servohidrolik hareket mekanizması kullanılmıştır. Test numunesi 4 çelik kirişin üzerine yerleştirilmiştir. Daha düzgün bir yük dağılımı elde etmek için yükü 4 noktaya eşit olarak dağıtan çelik kirişler kullanılmıştır. Yer değiştirmeleri önlemek için çapraz konfigürasyonda numunenin alt kısmına LVDT' ye ek olarak beş potansiyometre kurulmuştur. Tüm veriler bir veri toplama sistemi kullanılarak kaydedilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda; TRM katmanlarının uygulanması, çift yönlü betonarme plakaların eğilme kapasitesini önemli ölçüde artırmıştır. TRM katmanlarının sayısının artırılması, kırılma öncesi (başlangıç) rijitliğinde, çatlama yükünde, çatlama sonrası rijitlikte ve nihai yük kapasitesinde artışlarla sonuçlanmıştır. Döşemenin tüm yüzünü tek bir tekstil tabakası ile kaplamak, çapraz konfigürasyonda yarı genişlikte iki şerit uygulamaya göre eğilme kapasitesini arttırmada daha etkili olmuştur[1].

Benjamín Torres vd. (2021) yaptığı çalışmada düzlem içi döngüsel yüklemeye tabi tutulan tekstil takviyeli harç (TRM) malzemesi ile güçlendirilmiş üç yığma duvarın yapılan testler sonundaki sonuçları incelemişler. Duvarlar, kil tuğlalar kullanılarak kireç harcı ile kaplanmış. Bir numune güçlendirilmeden test edilmiştir. Daha sonra düzlem içi döngüsel

yükleme ile test edilmiş, döngüsel yükleme numune hasar alana kadar devam etmiştir, ardından 200 mm üst üste dikey yerleştirilen TRM tabakası ile güçlendirilmiştir. Daha sonra kırılma gerçekleşene kadar ikinci bir test uygulanmıştır. İkinci numune aynı tekniklerle TRM ile güçlendirilerek test edilmiş böylece üçüncü bir test yapılmıştır. Yer değiştirmeleri ve çatlak kontrollerini izlemek bir alıcı sistem kullanılmıştır. Bu amaçla yapılan laboratuvar testleri, düzlem içi döngüsel yüklemeye maruz tutulan yığma duvarlarına üç test uygulanmıştır. Numuneler katı seramik, tuğla ve kireç harcı ile inşa edilmiştir. Bu numunelerden biri hasar görene kadar test edilmiş ve daha sonra çatlak enjeksiyonu ile onarılmış ardından cam elyafı –TRM ile güçlendirilmiştir. Üçüncü test sağlam hasarsız cam elyafı - TRM ile güçlendirilmiş duvara (Hasar Görmemiş Güçlendirilmiş Duvar, NRW) uygulanmıştır. Güçlendirme; dayanım ve süneklik kazanımı, rijitlik ve dayanım bozulması, enerji iletme kapasitesi ve çatlama modelleri açısından değerlendirilmiştir. TRM döngüsel düzlem içi yükler altında yığma duvarlarının yer değiştirme kapasitesini geliştirmiştir. TRM doğru şekilde yerleştirilmiş ve deney sırasında ağ ayrılması gözlenmemiştir. TRM güçlendirmesi, enerji dağılımı ve süneklik davranışını geliştirmiş, bu durum çatlak büyümesini geciktirmedeki etkinliğini kanıtlayabilmiştir. Sonuç olarak ciddi şekilde hasar görmüş yığma duvarlarının davranışının güçlendiği görülmüştür[2].

Catherine Papanicolaou vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada çift yönlü betonarme döşemelerin tekstil takviyeli harç (TRM) ile güçlendirilmesi deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışma süresince kullanılan tekstil malzemeler, ortogonal çift yönlü elyaf liflerde yapılmış kumaş ağlar kullanılmıştır. Numuneler 2×2 m ölçülerinde, köşelerden mafsal ile mesnetlenmiştir. Tekstil takviyeli harç (TRM) kaplamalarıyla güçlendirilmiş üç RC döşeme ve bir kontrol numunesi kırılmaya karşı test edilmiştir. Bir numune tek kat karbon lifli tekstil malzemesi ile diğer numune iki kat karbon tekstil malzeme ile diğer numune üç kat cam lifli tekstil (karbon fiber malzeme ile aynı özelliklere sahip) malzeme ile güçlendirilmiştir. Tüm numuneler kırılmıştır. Güçlendirilmiş döşemelerin yük taşıma kapasitesi, bir (karbon), iki(karbon) ve üç (cam) tekstil tabakalı döşemeler için güçlendirilmemiş numuneye göre sırasıyla % 26, % 53 ve % 20 artmış göstermiştir. Bu çalışmanın bulgularına dayanarak TRM kaplamalarının çift yönlü

betonarme döşemelerin güçlendirilmesi için çok umut verici bir çözüm olduğu sonucuna ulaşılmıştır[3].

Giovanni Loreto vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada kumaşla güçlendirilmiş çimento esaslı-matris kompozitlerle güçlendirilmiş betonarme döşeme tipi elemanların performansı incelenmiştir. Döşeme tipi numuneler iki ayrı grup halinde dökülmüştür. Numuneler 28 günden fazla süreyle kürlenmeye bırakılmış ve ardından FRCM kurulumu yapılmıştır. 1524 mm net açıklığı olan numuneler üzerinde üç noktalı bir eğilme testi gerçekleştirilmiştir. Test, maksimum 250 kN kapasiteli bir hidrolik aktüatör kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Uygulanan yük, hem aktüerdeki dahili kuvvet dönüştürücüsü hem de mesnetlerde birine yerleştirilmiş bir yük hücresi kullanılarak kaydedilmiştir. Üç adet Doğrusal Değişken Diferansiyel Dönüştürücü (LVDT) Transformatör kullanılmıştır. Betonarme döşeme yüzeyine bağlanmış altı gerinim ölçer kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Deneysel veriler, Lab VIEW yazılımını çalıştıran National Instruments veri toplama sistemi kullanılarak toplanmıştır. Laboratuvar sonuçları, mevcut betonarme döşeme elemanlarının güçlendirilmesi için FRCM ' nin teknik uygulanabilirliğini göstermektedir. Nihai kapasite açısından, düşük dayanımlı betona sahip döşeme tipi elemanlar için dayanım artışı %141 ve %205 olarak bulunmuştur. FRCM' nin etkileri, kumaş miktarı ile orantılı olarak dayanımda bir artışa ve aynı zamanda süneklikte buna karşılık gelen bir azalmaya neden olmuştur[4].

Dionysios A. Bournas vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada sismik açıdan yetersiz RC kolonların tekstil takviyeli harç (TRM) ile güçlendirilmesi incelenmiştir. Sürekli uzunlamasına takviyeli 7 kolon ve zemin seviyesinde boylamasına donatıların bindirmeli eklemeli 6 kolondan oluşan aynı boyutlara sahip toplam 13 betonarme kolon numunesi inşa edilmiş ve döngüsel yanal yük altında test edilmiştir. Sismik hareketi simüle etmek için, kolonlar, her bir yönde 5 mm yer değiştirme genliği ile kademeli olarak artan ardışık döngülerden oluşan yanal döngüsel yüklemeye tabi tutulmuştur. Yanal yük, yatay olarak konumlandırılmış bir 250 kN MTS aktüatör kullanılarak uygulanmış ve eksenel yük, bir mafsal aracılığıyla test çerçevesinin güçlü zeminine bağlanan iki dikey çubuğa karşı hareket eden, otomatik basınç kendi kendini ayarlayan bir dizi dört hidrolik silindir

tarafından uygulanmıştır. Kontrol aygıtları yerleştirilmesi ayrıca, sürekli uzunlamasına takviye ile her bir kolon için toplam 8 gerinim ölçer (strain gage) ve kolon boyuna donatısı bindirmeli ekleri için toplam 12 gerinim ölçer içermektedir. Sürekli donatılı kolonlar için, burkulma başlangıcında boyuna donatı gerilmesini tahmin etmek için her bir takviye çubuğuna iki gerinim ölçer monte edilmiştir. Eşit rijitlik ve dayanıklılık FRP kaplamaları ile karşılaştırmalar, TRM ' nin FRP' ye karşı etkinliğinin değerlendirilmesine olanak tanımıştır. Kolonlarda on test döngüsel tek eksenli eğilme, TRM kaplamalarının, donatı burkulmasını geciktirerek veya yetersiz bindirmeli eklemelere sahip kolonlarda ayrılma aderans eksikliğini önleyerek, zayıf detaylara sahip eski tip RC kolonların döngüsel deformasyon kapasitesini artırmanın bir yolu olarak oldukça etkili olduğunu göstermiştir[5].

Hai Yan Zhang vd. (2019) tekstil takviyeli jeopolimer harç ile kuvvetlendirilmiş beton kirişlerin mekanik davranışı incelenmiştir. Bu çalışma, tekstil takviyeli jeopolimer harçlı (TRGM) sekiz güçlendirilmiş kiriş, tekstil ve epoksi reçineli bir tane güçlendirilmiş kiriş ve bir güçlendirilmemiş kiriş olmak üzere on RC kiriş üzerinde statik yük testlerinin sonuçlarını sunmaktadır. Deneysel program, monotonik yüklemeye maruz kalan betonarme kirişlerin kesme dayanımı malzemesi olarak ankraj ölçülerine sahip olan veya olmayan üç taraflı (U-şekilli) TRGM kaplamalarının etkinliğini incelemeyi amaçlamıştır. Enine kesiti 150 mm×300 mm ve uzunluğu 2000 mm olan toplam on kiriş simetrik dört noktada mesnetlenmiş olarak inşa edilmiştir. Tüm kirişler aynı betondan imal edilmiştir. On betonarme kirişten biri kontrol numunesi olarak güçlendirilmeden test edilmiştir. Kirişlerin geri kalanı kesme açıklığında güçlendirilmiştir. Güçlendirilmiş dokuz kirişte sadece bir kiriş bağlayıcı malzeme olarak epoksi reçine kullanılarak tekstil ile güçlendirilmiş, diğer kirişler jeopolimer harç bağlama tekstili ile güçlendirilmiştir. Bir katman ve iki kat TRGM kaplama ile güçlendirilmiş kirişlerin kesme kapasitesi, güçlendirilmemiş kirişe kıyasla sırasıyla % 47,1 ve % 105,9 artmıştır[6].

Frank Schladitz vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada tekstil takviyeli beton ile güçlendirilmiş betonarme döşemelerin eğilme yük kapasitesi incelenmiştir. Deneysel araştırma, açıklık genişliği 1,60 m ve döşeme kalınlıkları 0,10 m olan TRC ile

güçlendirilmiş betonarme döşemelerde uygulanmıştır. Aynı zamanda güçlendirilmiş bileşenlerin maksimum eğilme yük kapasitesini tahmin etmek için hesaplama modelleri geliştirilmiştir. Deneysel araştırma için 7.00 m/1.00 m/0.23 m (l/w/h) boyutlarında beş adet betonarme döşeme hazırlanmıştır. Bir adet numune güçlendirilmemiştir. Dört güçlendirilmiş betonarme döşeme, uygulanan katman sayısı ve TRC kaplamanın kalınlığı bakımından farklı olmuştur. TRC takviyesi, ince taneli bir beton matrise yerleştirilmiş tekstil takviyesinden oluşmuştur. Tekstil takviyesi olarak SGL Carbon SE firmasından 3300 tex inceliğe sahip karbon liflerden (SIGRAFIL C30 T050 EPY) yapılmış polimer kaplı bir kumaş kullanılmıştır. Kumaşın ağır çekme iplikleri, uzunlamasına yönde 10,8 mm ve yanal yönde 18 mm'lik bir boşlukla hizalanmıştır. Test numunesinin yük taşıma kapasitesi, dört nokta eğilme testinde doğrulanmıştır. Döşemenin ortasında, yük girişi, bir çapraz çubuk ile 1,5 m aralıklarla iki yüke dağıtılan tek bir yük ile gerçekleştirilmiştir. TRC ile güçlendirilmiş betonarme döşemelerin, donatısız referans döşemelere kıyasla, yük taşıma kapasitesinde artış gözlenmiştir. Yük taşıma kapasitesi, katman sayısıyla artmıştır. Tekstil donatının dört kat güçlendirilmesi ile betonarme döşemenin taşıma kapasitesi, güçlendirilmemiş numuneye göre 3,5 kat artış göstermiştir. Ayrıca FEM hesaplama sonuçları da deneysel olarak belirlenen değerlerle iyi bir uyum olduğunu göstermiştir[7].

Husain Abbas vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada CFRP ve TRM ile betonarme döşemelerin güçlendirilmesinin delme kesme dayanımı üzerindeki etkisi incelenmiştir. İki beton sınıfında (39,9 ve 63,2 MPa) ve iki güçlendirme malzemesi (CFRP ve TRM) kullanılarak on iki betonarme döşeme test edilmiştir. Numuneler iki zıt kenardan güçlendirilmiştir. İki beton sınıfında altı döşeme hazırlanmıştır. Her gruptan iki betonarme döşeme kontrol numunesi olarak alınırken, kalan dört döşeme iki farklı dış güçlendirme yöntemi kullanılarak güçlendirilmiştir. Deneysel yük – yer değiştirme değişimleri, güçlendirilmiş döşemelerde iki tepe noktası ve kontrol döşemelerinde bir tepe noktası ardından yatay bir seyir izlemiştir. Güçlendirilmiş döşemeler birinci pik yükte (%9-18) nominal artış göstermesine rağmen, ikinci pik yükte ve enerji emiliminde önemli bir artış olmuştur (CFRP için ~ %66 güçlendirilmiş döşemeler ve TRM ile güçlendirilmiş döşemeler için %22 - 56). Güçlendirilmiş döşemelerin zımbalama kesme dayanımını (birinci ve ikinci tepe noktaları) tahmin etmek için bir analitik model de geliştirilmiştir. Model, deneysel modelle oldukça iyi bir uyum içindedir[8].

Zheng - Ang Sui vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada yangından zarar görmüş prefabrike boşluklu betonarme döşemelerin güçlendirilmesi ve güçlendirilmesi için karbon fiber takviyeli polimer (CFRP) ve tekstil takviyeli harç (TRM) güçlendirme teknikleri önerilmiştir. Gerçek bir çok katlı yığma binadan toplam altı döşeme, TRM ve CFRP ile güçlendirilmiş betonarme (RC) içi boş plakların eğilme performansını araştırmak için test edilmiştir. Bir adet güçlendirilmemiş döşeme ve bir adet TRM ile güçlendirilmiş döşeme, yangına maruz kalmadan kontrol numuneleri olarak kullanılmıştır. Kalan dört döşeme 1 saat boyunca ISO - 834 standart ateşine maruz bırakılmış ve ardından üç tanesi CFRP veya TRM ile güçlendirilmiştir. Bu içi boş döşemeler gerçek bir çok katlı yığma binadan alındı ve 1993 yılında 120 mm kalınlık × 500 mm genişlik × 3900 mm uzunluk ile aynı boyutlarda üretilmiştir. 70 mm çapında ve 25 mm aralıklarla oluşturulmuş 5 delik, her bir betonarme beton plak için enine kesitte tasarlanırken, döşeme üstünden 30 mm ve altından 20 mm uzaklıkta konumlandırılmıştır. Her bir döşemede, nominal çapı 4 mm olan 11 boyuna ön gerilmeli çelik donatı bulunurken, enine donatı olarak 200 mm aralıklarla aynı donatılar kullanılmıştır. TRM güçlendirme tekniğinde, çelik donatılarda olduğu gibi, yükü taşımak için güçlendirme tabakasında fiber kumaş ağ kullanılmıştır. Yangın testleri, Tongji Üniversitesi'nin (Şanghay,Çin) Yangına Dayanıklılık Yatay Test Fırınında gerçekleştirilmiştir. Test fırını, bir yangın odası, kontrol sistemi ve veri toplama sisteminden oluşmuştur. Yangın odasının boyutları 4,5 m uzunluğunda, 3,0 m genişliğinde ve 2,2 m derinliğindeydi. Kontrol sistemi, belirli bir eğriyi izleyerek fırın sıcaklığını ve basıncını otomatik olarak kontrol edebilir ve veri toplama sistemi, numunelerin sıcaklık ve yer değiştirme verilerini otomatik olarak toplayabilecek şekilde olmuştur. Ortam sıcaklığında dört noktalı eğilme testleri ile göçme modları, yük ve deformasyon tepkisi kaydedilmiştir. Hem CFRP hem de TRM güçlendirme yöntemleri, yangından zarar görmüş içi boş döşemelerin çatlama yükünü ve tepe yükünü ve ayrıca erken aşamadaki rijitliği önemli ölçüde artırabildiği görülmüştür. Yangından zarar görmüş prefabrike boşluklu beton döşemelerin güçlendirilmesi ve güçlendirilmesi için karbon fiber takviyeli polimer (CFRP) ve tekstil takviyeli harç (TRM) güçlendirme teknikleri önerilmiştir[9].

Ngoc Hieu Dinh vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada, U sarılı tekstil takviyeli harç (TRM) kaplama ile güçlendirilmiş betonarme (RC) kirişlerin ankraj detaylarını içeren

ve içermeyen sismik performansı araştırılmıştır. On adet betonarme tek eğrilik RC kiriş üretilmiş ve döngüsel yükleme altında test edilmiştir. Ana test parametreleri, uzunlamasına takviye oranını, TRM kompozitinde benimsenen tekstil takviye oranını ve U-sarılmış TRM kaplamasına uygulanan ankraj detaylarını bulundurmuştur. Deneysel sonuçlar, NSM ankraj detayının, çevrimsel yükleme koşulları altında TRM kaplamasının beton altlıklardan ayrılmasını önlemede faydalı olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, sabitlenmiş kaplamalarla güçlendirilen numuneler, sabitlenmemiş test numunesine kıyasla yük taşıma ve deformasyon kapasitesi, rijitlik_değişimi ve enerji dağıtma kapasitesi açısından bir gelişme göstermiştir. Ek olarak, U - sargılı betonarme kirişlerle güçlendirilmiş betonarme kirişlerin esnek olmayan deformasyon kapasitesini tahmin etmek için analitik bir model önerilmiştir. Eğilme akmasından sonra beton basınç bölgesinin kırılma mekanizmasına dayanan TRM kaplaması ve tahmini, deneysel sonuçlarla makul bir uyum göstermiştir[10].

Mahdi Vahidpour vd. (2022) tarafından yapılan deneysel çalışmada, 3D–cam elyafı ile güçlendirilmiş betonarme (RC) kiriş numunelerinin elyaf - takviyeli polimerler (FRP) döşemelerle karşılaştırıldığında yapısal performansını araştırmışlardır. Bu amaçla altı adet RC kiriş üretilmiş, güçlendirilmiş ve dört noktalı bir eğilme makinesi altında test edilmiştir. Kirişlerden biri kontrol kirişi (REF) görevi görürken, diğerleri karbon FRP (RCFRP), cam FRP (RGFRP), 3D-cam elyaf ve epoksi reçine (R3DTR), 3D - cam elyafı ve epoksi reçine ile güçlendirilmiştir. Tüm numuneler eş boyutlarda 300 mm genişlik, 300 mm yükseklik ve 2500 mm uzunluğunda üretilmiştir. Tüm kirişler, eğilme kusurlu kirişleri simüle etmek için uzunlamasına takviye oranı (ρs = %0,43) ile tasarlanmıştır. Dâhili çelik takviyeler, üç adet 12 mm'lik çekme donatıları, iki adet 10 mm'lik sıkıştırma donatıları ve 100 mm mesafedeki 10 mm'lik etriyelerden oluşmuştur. Kirişlerden ikisi, yani RCFRP ve RGFRP, numunelerin altında sırasıyla bir uzunlamasına CFRP ve GFRP tabakası ile güçlendirilmiştir. FRP plaklar 300 mm genişliğinde ve 2500 mm uzunluğuna sahip olmuştur. Ayrıca bu numunelerin uç ankrajı, 200 mm uzunluğundaki kirişin etrafına FRP' nin dıştan sarılmasıyla da güçlendirilmiştir. Diğer numune, yani R3DTR epoksi reçine kullanılarak kirişin alt yüzeyine yapıştırılan boyuna 3D - cam elyaf ile güçlendirilmiştir. Bu numune, diğer numunelerden daha düşük eğilme kapasitesine sahip olmuş ve sonuç olarak daha yüksek kırılma riski taşımıştır. R3DTR numunesinde kesme kırılmasını önlemek için, eğilme bölgesinin dışına kirişin etrafına uzatılmış GFRP sargısı (800 mm)

eklenmiştir. Güçlendirme adımları; Yüzey tel fırça ile temizlenmiş ve ardından toz, yağ ve kalıntıları temizlemek için suyla yıkanmıştır; Toplam reçine miktarının %40'ını kalıp yüzeyine rulo ile dağıtılmıştır; 3D- cam elyafın beton bir yüzeye yerleştirilmiştir; Reçine, yüzeyde tamamen emilene kadar ve gerekli kalınlık elde edilene kadar nazikçe ve sert bir şekilde yuvarlanmıştır. Betonun basınç dayanımını belirlemek için 150×150×150 (mm) boyutlarında beş adet kübik beton numunesi test edilmiştir (BS8500-2, 2014). Numunelerin 28 günlük basınç dayanımı 33 MPa olarak ölçülmüştür. Çelik takviyelerin mekanik özellikleri, elastisite modülü 191 GPa, akma gerilimi 379 MPa ve nihai dayanım 550 MPa olmuştur. Her bir donatı türünden numuneler tek eksenli çekme testine tabi tutulmuştur. Kirişlerin güçlendirilmesi için karbon FRP, cam FRP, 3D-cam elyaf, beton onarımları ve epoksi reçine kullanılmıştır. Numunelerin net açıklığı 2000 mm ve yükleme noktaları arasındaki mesafe 600 mm olmuştur. Açıklık ortasındaki kusurları bağımsız olarak ölçmek için eğilme bölgesine üç çoklu doğrusal değişken yer değiştirme dönüştürücüleri (LVDT) kurulmuştur. Yük, toplam 1000 kN kapasiteli bir hidrolik kriko kullanılarak monoton olarak uygulanmıştır. Numunelerin beton ezilmesinden dolayı göçmeyi önlemek için yükleme noktalarının altına iki adet taşıyıcı plaka yerleştirilmiştir. Numunelerde göçme olana kadar yük uygulanmıştır. Çeşitli kirişler arasında hasar modu, çatlak gelişimi, eğilme kapasite, süneklik, kaplama konfigürasyonlarının etkinliği incelenmiştir. Bu çalışmanın ana bulguları şu şekilde özetlenebilir: 3D–cam elyafın reçine ile etkinliği, eğilme kapasitesi açısından FRP sistemlerinden daha fazla olmuştur. Kontrol numunesine kıyasla R3DTR ve RGFRP numuneleri, sırasıyla %19 ve %8,4 ile en yüksek ve en düşük eğilme kapasite artışına sahip olmuştur. Ayrıca, 3D – cam elyafın U - sargısı, nihai yükte dikkate değer bir artışa sahip olmuştur (REF numunesiyle karşılaştırıldığında %30'a kadar), bu durum güçlendirmenin etkinliğini göstermiştir. Numunelerin beton yüzeyine plak eklenerek güçlendirilmesi, sünekliğin azalmasına neden olmuştur. 3D - cam elyafın kullanılan numunelerdeki süneklik azalma miktarı FRP ile güçlendirilen numunelere göre daha az olmuştur. Ek olarak, 3D - cam elyafın U - sargısı, herhangi bir sarma olmaksızın 3D - cam elyafın ile güçlendirilmiş numunelere kıyasla sünekliği (%27'ye kadar) azaltmıştır. 3D - cam elyaf ile birleştirildiğinde reçine ve beton tamir performansı arasındaki karşılaştırma, reçine ve 3D - cam elyaf kombinasyonunun eğilme kapasitesinde ve süneklikte daha etkili performans gösterdiğini göstermiştir. Ek olarak, bu çalışmada gözlemlenen hasar durumu, ACI.440.2R-17'de bulunan hasar durumu ile iyi bir uyum içinde olmuştur. Ayrıca, Abaqus yazılımı kullanılarak FRP ile güçlendirilmiş

numunelerin artık kapasitesini tahmin etmek için sonlu eleman (FE) modelleri önerilmiştir[11].

Tino Kuhn ve Manfred Curbach (2015) tarafından yapılan çalışmada, betonarme döşemelerin darbe yüklerine maruz kalan davranışı incelenmiştir. Bu çalışma, farklı yükleme koşullarındaki malzeme davranışına, kaya düşmesi veya orta gerinim hızlarında araç çarpması gibi darbe yüklerinin neden olduğu küresel yapısal davranış üzerindeki etkilerine odaklanılmıştır. Deney düzeneği 11 metreye kadar düşü yüksekliğine ve 2,5 tona kadar düşü kütlesine sahiptir. Yaklaşık olarak 2 × 2 metre geometrik boyutlara sahip örnek yapıları test etmek için yaklaşık 200 kJ' lik bir serbest düşüş enerjisi kullanılabilir. Değişen çarpma yükü ile birlikte 15 m/s'ye kadar orta düzeyde darbe hızı, sadece sıkıştırma nedeniyle göçme meydana gelene kadar olan deneyler için kullanışlı olan geniş bir dinamik yük aralığını kapsamaktadır. Bir referans durumu ile başlayarak, birkaç parametre değiştirilmiştir. Referans değerleri: Beton kalitesi C40, numune geometrisi 1,5 × 1,5 × 0,3 m, güçlendirme Tipi BST500, D10 mm olmuştur. Çarpma yükü düşme yüksekliği 2 m, 800 kg ağırlık bırakılmış**,** darbe uzunluğu 750 mm darbe çapı 100 mm'dir. Kuvvetlerin farklı sensör tipleri ile aynı anda ölçüldüğü çarpma kuvvetleri ve uç ivmesi için standart veri kayıtları bulunmuştur. Temel davranışı, yer değiştirmesi, ivme ölçümü ve yay basıncı dağılımı ile kaydedilebilmiştir. Temele gelen örnek reaksiyon kuvvetleri, aynı konumdaki düşük statik değişikliklerin yanı sıra hızlı dinamik değişiklikleri gözlemlemek için üç tip sensörle dört noktada ölçüm yapılmıştır. Sonuç olarak, hasar analizi ve parametre bağımlılıkları incelenmiştir. Düşme yüksekliği ve düşme kütlesi, ikame düşme hızı ve enerjisi, beton dayanımının etkisi ve donatı seviyesi projenin etkin parametrelerini oluşturmaktadır. Çarpma tertibatı boyutu ve şekilleri gibi ek parametreler, çevresel etken değerlendirilmiştir. Çok sayıda plak ve parametre kombinasyonu nedeniyle, sonraki kıyaslama testleri ve tahmin modellerinin kalibrasyonu için tutarlı bir veri tabanı oluşturmuştur[12].

Yue Wang vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada darbe yükü altındaki betonarme döşemenin dinamik tepkisi üzerine deney ve simülasyon çalışması yapılmıştır. Bu deneysel çalışmada, ardışık iki darbe ile betonarme döşemelerin dinamik tepkisini araştırmak için

bir dizi düşürme darbe testi gerçekleştirilmiştir. Darbe kuvvetinin zaman geçmişi ve döşeme yüzeyinin kırılma karakteristiği kaydedilmiştir. Ayrıca, döşeme kalınlığı, donatı oranı, çarpma konumu ve düşme çekici yüksekliği dâhil olmak üzere dört etki faktörü tartışılmıştır. Çalışmaya dâhil edilen dört değişkenin (mavi ile işaretlenmiş) döşeme kalınlığı (A grubu), donatı oranı (B grubu), çarpma noktası konumu (C grubu) ve ilk yüksekliği olduğu Şekil 1'de tüm test durumları gösterilmektedir. Her grup üç çarpma konumu ve çekiç (D grubu) belirlenmiştir. Deneydeki RC plak boyutu 800 mm × 800 mm olarak imal edilmiştir. A grubunda A-1, A - 2 ve A-3 kalınlıkları sırasıyla 80 mm, 100 mm ve 120 mm olarak üretilmiştir. Grup B'de, üç durumda %0,22, %0,32 ve %0,4 olan donatı çapı ayarlanarak donatı oranı değiştirilmiştir. C grubu için, bu üç durumda kullanılan döşemeler A-2 ile aynı kalınlık ve donatı oranına sahip olmuştur ve bu üç çarpma yeri türü "tek donatı" ve "donatı ağındaki beton" ifade etmiştir. E grupları D, D-1, D-2 ve D-3 sırasıyla 1,5 m, 2m ve 2,5 m 'lik düşme yüksekliğini temsil etmiş ve betonarme döşeme boyutu ve donatı B-1 ile aynı olmuştur. Beton dayanımı C25, karışım oranı ise çimento: kum: taş: su 1.0 :1,7 : 3,15: 0,544 olarak belirlenmiştir. Tüm numuneler, dökümden sonra aynı koşullarda 28 gün boyunca kürlenmiştir. Tek eksenli basma testi için üç beton test küpü (150 mm x 150 mm x 150 mm) hazırlanmış ve ortalama basınç dayanımı 26.46 MPa olarak ölçülmüştür. Akma dayanımları sırasıyla 353,43 MPa ve 359,58 MPa, nihai çekme dayanımları ise 525,37 MPa ve 541,07 MPa olan RC plaklarda 6 mm ve 8 mm çapında HPB300 çelik donatılar kullanılmıştır. Her numunede iki katmanlı tekstil file kullanılmıştır. Darbe yükünü uygulamak için sinyal dönüştürücü düşürme çekici kullanılmıştır. Alım cihazı, sinyal dönüştürücü tarafından dönüştürülen düşürme çekici sinyalini almak için kullanılmış ve bilgisayara iletilmiştir. Düşürme çekici üzerindeki kuvvet dönüştürücü sinyal dönüştürücüye, sinyal dönüştürücünün diğer ucu toplama cihazına bağlanmış ve toplama cihazı bir izleme sistemi oluşturmak için bilgisayara bağlanmıştır. Düşürme çekici bir ip ile tasarım yüksekliğine kaldırılmış ve serbestçe düşmüştür ve RC döşemesine çarpmıştır. Daha sonra çekiç sıfırlanmış, ilk darbenin oluşturduğu darbe kuvvetinin zaman tanım eğrisi ve numunenin hasar durumu kaydedilmiş ve ikinci darbe için yukarıdaki işlemler tekrarlanmıştır. Tüm etki sürecinde, çekicinin enerjisi ve kütle kaybı göz ardı edilmiş, böylece yerçekimi potansiyel enerjisi tamamen kinetik enerjiye dönüştürülmüş ve RC döşemeye ulaşan çekicin darbe hızı $v_0 = \sqrt{2gh}$ olmuştur. Bu deneysel çalışma 1,5 m, 2 m ve 2,5 m olan üç ilk çekiç yüksekliği içerdiğinden, sırasıyla 5.42 m / s, 6.26 m/s ve 7 m / s 'lik üç çeşit etki hızı ile

uygulanmıştır. Bu makale, Darbe Yükleme uyarınca RC döşemenin dinamik tepkisinin deneysel ve sayısal, simülasyon çalışmasını araştırmıştır. Döşeme kalınlığı, takviye oranı, darbe noktası konumu ve çekiç yüksekliği gibi dört faktörün etkileri, darbe yükleme altındaki RC döşemesinin dinamik tepkisi üzerine etkileri incelenmiştir ve iki farklı zaman içinde etki yükü altında dinamik yanıtın farklılıkları karşılaştırılmıştır. Ek olarak, iki darbe yükünün altındaki darbe kuvveti, yüzey hasarı durumu karşılaştırılmıştır. Ana sonuçlar aşağıdaki gibidir: (1)RC döşemenin kalınlığı arttıkça, darbe kuvveti artmış ve sınırlı kuvvetin maksimum değeri ve dikey stres artmıştır. Kalınlık 120 mm iken, döşeme yüzeyinin hasarı en küçük değerde meydana gelmiş ve döşemenin tepe yükü sapması en küçük değerde oluşmuştur. (2)RC döşemesinin güçlendirme oranı% 0,22 ~0,40 aralığındayken, darbe kuvveti ve sınırlandırılmış kuvvet daha az etkilenmiştir. (3) İkinci etkiden sonra, beton yüzeydeki çatlaklar genişlemeye devam etmiş ve yeni çatlakların oluşumu meydana gelmiştir[13].

Hee - Seung Kim vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada tekstil takviyeli harç (TRM) kompozit örneklerinin gerilme davranışlarını araştırmak için çekme testleri yapılmıştır. TRM örnekleri, takviye olarak bir katman karbon file ve kaplama olarak alüminyum çimento bazlı harçtan oluşmuştur. Bu çalışmada, tekstil takviyeli harç (TRM), tekstil takviyesi ve harcın iki temel elemanı kullanılarak üretilmiştir. Tekstil takviyesi T700S karbon fiber ipliklerinden yapılmıştır. Her karbon fiber iplik ortalama kalınlığı 0.21 mm ve 7 μm lif çapları olan 24K liflerden oluşmuştur. Ek olarak, üretici tarafından belirlenen değerler, gerilme dayanımı 4900 MPa, elastik modül 230.000 MPa ve karbon liflerin nihai gerilmesi 0.015 olmuştur. Bu tür tekstil takviyesinin yazarlar tarafından laboratuvarda üretildiğine dikkat edilmelidir. Genel olarak, uzunlamasına yöndeki her tekstil takviyesi için dört karbon lif ipliği kullanılmış ve uzunlamasına ve yatay yönlerdeki karbon lif birbirine yapıştırılmıştır. Ayrıca, uzunlamasına ipliklerin üç karbon lif tabakasından oluştuğu ve test örneklerinin yapımı sırasında düz tutulduğu da belirtilmiştir. Bu nedenle, uzunlamasına ipliklerin toplam kalınlığı yaklaşık 0,63 mm ve karbon fiber lif sayısı 72,000 olmuştur. Yatay iplikler iki katman karbon liften yapılmış ve örgülü şekilde imal edilmiştir. Sonuç olarak, yatay lif teorik bir kalınlığa 0,42 mm ve 42,000 karbon lif oluşmuştur. Tekstil takviye ağı 20 mm'lik bir aralık, merkezden merkeze dengelenmiş olarak yapılmıştır. İplikler arasındaki boş alan yaklaşık 13,2 mm olmuştur. Bu çalışmada,

kalıp olarak alümina çimento bazlı bir harç kullanılmıştır. Bu çalışmada, ACI 549.4R -13 (2013) ve AC434'e (2011) göre TRM numunelerine doğrudan bir çekme testi gerçekleştirilmiştir. TRM testi numunesinin geometrik detayları dikdörtgen kesit 80 x 30 mm (genişlik ×kalınlık) olan prizmatik bir şekle sahip olmuştur. TRM testi numunesinin toplam uzunluğu, geçiş bölgeleri ve numune uzunluğunun ölçülebildiği merkezi alan da dâhil olmak üzere 450 mm olmuştur. Test örneğinin iki ucu 125 mm, geçiş bölgesi 10 mm ve merkezi alan 180 mm uzunluğunda olmuştur. Test örneğinin iki ucunda, kama kavraması malzemeleri olarak cam elyaf takviyeli polimer (GFRP) plakaları kullanılmıştır. Test örneğinin iki ucunun uzunluğunun belirlenmesi Donnini ve Corinaldesi (2017) ve Arboleda'nın çalışmalarına dayanmıştır (2016). Amaç, test örneği arasındaki kaymadan kaçınmak ve test makinesinin kavrama ve numunenin iki ucu arasındaki hasarları önlemektir. Geçiş bölgesindeki baskının, sıkıştırma basıncı ile etkilendiği kaydedilmiştir. Bazı durumlarda çatlak, geçiş bölgesinde meydana gelmiştir. Bu nedenle, bu çalışmada, sürükleyici alanlardaki GFRP plakaları, bu tür çatlakları önlemek için geçiş bölgelerine uzatılmıştır. Ayrıca, tüm test örneklerinin aynı geometrik özelliklere ve sıkıştırma kavrama yöntemine sahip olduğu da belirtilmiştir. Ek olarak, gösterildiği gibi, her test örneği için harç matrisine sadece bir takviye kumaş tabakası gömülmüştür. Bu çalışmada beş farklı ankraj yöntemi geliştirilmiş ve denenmiştir. Çekme testleri, 1000 kN yükleme kapasitesine sahip evrensel bir test makinesi (UTM) kullanılarak yapılmıştır. Testten önce, TRM testi örneklerinin sürükleyici alanları birkaç çelik plaka ile kenetlenmiş ve daha sonra altı cıvata kullanılarak sabitlenmiştir. Bu altı cıvatanın sabitleme kuvvetinin neden olduğu sıkıştırma kuvveti, test örneklerine uygulanan sürükleyici basınç olarak kabul edilmiştir. Bu çalışmada, numune yüzeyine uygulanan sıkıştırma kuvveti yaklaşık 126 kN olmuş, 12,6 MPa 'lık bir sıkıştırma gerilimi ile sonuçlanmıştır. TIS sıkıştırma gerilmesi, matrisin (39,56 MPa) basınç dayanımından çok daha düşük olmuş, bu nedenle harç ezilmesinden kaçınılabilmiştir. Ek olarak, GFRP ve çelik plakalar arasındaki kayma da önletilebilmiştir. Test örneğinin ve çelik plakaların hizalanması, yükleme sırasında ortaya çıkabilecek eğilme momentinden kaçınmak için çok önemliydi. Test örnekleri daha sonra serbestçe dönebilen çelik bir çubuktan bir test makinesi ile bağlanmıştır. Testler 0,5 mm/dakika test hızı ile yer değiştirme kontrolü içinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, test örneklerinin gerilme değerlerini ölçmek için, test örneklerinin dikey yönü boyunca merkezi alan (180 mm) içine iki doğrusal değişken yer değiştirme transformatörü (LVDT) kurulmuştur. Ek olarak, başka bir LVDT, kısmi rijitliğin azalmasına bağlı olarak numunenin dönüşünü

ölçmek için test örneğinin yatay yönüne merkezi olarak yerleştirilmiştir. Karbon fiber - tekstil takviye ve alüminyum çimento bazlı harçtan yapılmış TRM örneklerinin gerilme davranışlarını araştırmak için çekme testleri yapılmıştır. TRM örneklerinin mekanik özelliklerini geliştirmek için yayılma, sekme, inşaat demiri, LCOAT ve SL_COAT- dâhil olmak üzere sürükleyici alanlarda beş farklı ankraj yöntemi önerilmiştir. Birincil bulgular aşağıdaki gibidir: Test örneklerinin çoğu hasar durumu, harçta çatlak meydana geldikten sonra kısmi lifler parçalanmıştır. Bununla birlikte, inşaat demiri örneği harç matrisi içindeki lif de kayma meydana gelmiştir. Test sonuçlarından, gelişmiş ankraj yöntemleri kullanan çoğu TRM örneğinin sünek davranış sergilediği bulunmuştur. Ayrıca, gelişmiş ankraj yöntemlerinin kullanımı, kompozit örneklerin çatlama dayanımı ve tepe noktasına göre taşıma gücü sırasıyla % 66,1 ve % 97,9'a kadar artırabilir olduğu görülmüştür[14].

Eman H. Hamza ve Mutaz K. Madlum (2021) tarafından yapılan çalışmada FRP donatılarla ve karbon tabaka ile güçlendirilmiş döşemelerin dinamik davranışı incelenmiştir. Bu deneysel çalışmada 5 adet GFRP çubukla güçlendirilmiş 1550 x 1550 x 150 mm boyutlarına sahip beş adet betonarme döşeme, darbe yükünün davranışını değerlendirmek için hazırlanmış ve test edilmiştir. Bir adet betonarme döşeme kontrol numunesi olarak kullanılmıştır. Dört adet betonarme döşeme karbon fiber tekstil ile güçlendirilmiştir. Numunelerde farklı güçlendirme konfigürasyonları uygulanmıştır. Karbon tekstil file bir numunede 500×500 mm boyutlarında numunenin her iki köşesine eşit mesafede yerleştirilmiştir. İkinci numunede karbon tekstil file 1000×1000 mm boyutlarında numunenin her iki köşesine eşit mesafede yerleştirilmiştir. Üçüncü numunede karbon tekstil file boyutları 500 × 1550 mm olmak üzere çapraz olarak iki adet yerleştirilmiştir. Dördüncü numunede iki adet yan yana olmak üzere 1000×1000 mm boyutlarında karbon tekstil file yerleştirilmiştir. Bu deneysel çalışma için özel olarak tasarlanmış düşük kütleli, düşük hızlı darbe düzeneği aynı yükleme ve mesnetleme koşulları altında tüm numuneler incelenmiştir. Deney elemanları ortada darbeye maruz kalan ve reaksiyon kuvvetlerinin ölçümünü azaltmak için dört köşeden de desteklenmiştir. Deney elemanları çarpma yükü etkisiyle oluşabilecek herhangi bir hareket önlemek amacıyla dört adet 16 mm'lik cıvata ile dört köşeden deney numunesinin bulunduğu döşemenin altındaki desteğe sabitlenmiştir. Her bir numuneye 5 metre yükseklikten 150 kg'lık iki darbe yükü uygulanarak teorik olarak 9,9 m/s darbe hızı elde edilmiştir. Döşeme

üstüne montelenen iki ivmeölçer, deney numunelerinin enine ivme davranışını değerlendirmek için kullanılmıştır. Her bir deney numunesinde, çekme donatısının eksenel gerilmesini ve konumu ölçmek için boyuna donatının alt tarafına takılı dört tip gerinim ölçer kullanılmıştır. National Instruments Dynamic Signal Acquisition/Analysis (DSA)sisteminin bir parçası olan NI PXI - 4472 ses ve titreşim modülü, darbe testi sonuçlarını ölçmek için kullanılan dinamik sinyal toplama uygulamaları için özel olarak geliştirilmiştir. Tüm deney numuneleri uygulamalar kullanılarak test edilmiştir. Deney sonuçlarından, çarpma noktasının alt yüzeyini kaplayan CFRP plaklarla güçlendirilmiş döşemelerde, CFRP plakların dökülmeyi önlediği ve bir katmandan iki katmana artan katman sayısının maksimum %12'ye varan bir deplasman azalmasına yol açtığı görülmüştür. İlk darbedeki sehim karşılaştırıldığında, güçlendirilen numune gözlemlenen en düşük maksimum sehim, kontrol döşemesine göre % 82 daha düşük olduğu görülmüştür. Bu geliştirme, numunenin ilk rijitliğinde CFRP plağın yüksek dayanımına bağlı olmuştur. Döşemenin alt kısmındaki CFRP plak tabakasının bir katmandan iki katmana yükseltilmesi, ivmenin ikinci darbede (366g) - (396g) yüzde (7,5) oranında artmasına neden olmuştur. Genel olarak, tamamen alt CFRP katmanlarına sahip döşemeler, diğer konfigürasyonlardan daha iyi performans sağlamıştır[15].

Dionysios A. Bournas vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada FRP ve TRM kaplamaların betona bağlanmasında FRP ankrajlarının çekme kapasitesi incelenmiştir. Deneysel program, beton elemanların EB (Dış Tahvil) FRP veya TRM kaplamalarla birleştirilmesinde FRP sivri uç ankrajların çekme kapasitesini incelemeyi ve farklı ankraj şemalarının etkinliğini karşılaştırmayı amaçlamıştır. Kolon ve temel bloğu arasındaki ara yüzü kesen donatı içermeyen toplam sekiz kolon ve temel RC elemanı FRP ankrajlarla bağlanmıştır. Numuneler, kolon parçasına uygulanan doğrudan tek eksenli gerilim altında test edilmiştir. Kolon elemanı 200×200 mm'lik kesit boyutlarına sahip olmuştur. Temel blokları yoğun bir şekilde güçlendirilmiş ve 400 ×400 mm'lik bir enine kesit boyutlarındadır. Kolonlar, FRP ankrajlar ve kompozit malzeme plaklarından oluşan bir sistem aracılığıyla temel bloklarına bağlanmıştır. Kolonlar,60 mm merkezlerde 12 mm çapında dört adet deforme çubuk ve 8 mm çapında deforme etriye ile boylamasına döşenmiş ve 135 derecelik kancalarla kapatılmıştır. Numune F2_1Ω9, F2_2Ω6 gibi aynı lif kesit alanına sahip olarak ancak her kenarda iki yerine bir ankrajla kullanılarak

güçlendirilmiştir. F4_1Ω12, F2_1Ω9 gibi güçlendirilmiştir. 9,25 mm yerine 12,7 mm nominal çapta ve her kenarda iki karbon fiber plak yerine dört ankraj ile uygulanmıştır. F4_2Ω9, F2_1Ω9 gibi güçlendirilmiştir. Her kenarda bir yerine iki ankraj ile güçlendirilmiştir. Kolonun iki karşıt tarafının her birinde iki epoksi emdirilmiş karbon fiber tekstil yerine karşılık gelen dört adet ankraj kullanılmıştır. Numune T4_2Ω6_R, kolonun iki karşıt tarafının her birinde dört adet 200 mm genişliğinde epoksi emdirilmiş tekstil karbon fiber tekstil ile güçlendirilmiştir. Karbon tekstil numunenin yüksekliği (600 mm) boyunca uzatılmış ve her bir kenarda nominal çapı 6,25 mm olan iki karbon fiber çivili ankraj ile taban bloğuna sabitlenmiştir. T4_2Ω6_M, T4_2Ω6_R gibi güçlendirilmiştir. Ancak tekstili ve çivili ankrajları bağlamak için epoksi reçinesi yerine harç kullanılmıştır. T7_2Ω9_RJ, T4_2Ω6_R gibi ancak her kenarda dört yerine yedi tekstil karbon fiber ile güçlendirilirken, tekstili bağlamak için kullanılan ankrajların kesit alanı, 6,25 mm nominal çap yerine iki adet 9,25 mm ankraj kullanılarak iki katına çıkarılmıştır. Son olarak T7_2Ω9_MJ, T7_2Ω9_MJ olarak güçlendirilmiş, ancak tekstil kaplamaları ve çivili ankrajları bağlamak için epoksi reçinesi yerine harç kullanılmıştır. Özetle, numunelerin gösterimi SX_NUD_B'dir; burada S, EB takviyesinin tipini tanımlar (FRP için F ve tekstil için T). X, kolon kenarı başına EB karbon fiber tekstil sayısını belirtmiştir. N, kolon kenarı için kullanılan FRP sivri uç ankrajların sayısını belirtmiştir. FRP ankraj nominal çapını D ve B, karbon tekstil elyafını ve sivri uç ankrajları bağlamak için kullanılan bağlayıcı birimi belirtmiştir(reçine bazlı için R ve harç bazlı tekstiller için M). Kolon numunelerinin karşılıklı iki yüzünde beton yüzey temizlenip pürüzlendirilerek hazırlanmıştır. Daha sonra 600 mm uzunluğa ve 200 mm genişliğinde bir dizi tek yönlü karbon fiber tekstil(iki veya dört)veya çift yönlü tekstil karbon fiber plak (dört veya yedi) birleştirilmiştir. Tek yönlü tabakalar liflerle dikey konfigürasyonda yerleştirilmiş ve kolon tabanında kadar yerleştirilmiştir. FRP ankrajları, epoksi ile emprenye edilerek başlangıçta kuru karbon fiber demetlerinden oluşturulmuştur oysa ankrajın çubuk tipi ankraj dübel bileşeni, epoksinin kürlenmesi için güçlendirme uygulamasından 1 gün önce epoksi emdirilmiştir. Sivri dübellerin taban blokları içindeki ankrajları, uçları 200 mm uzunluğunda ve 18 mm çapında deliklere geçirilerek yapılmıştır. Tüm durumlarda 200 mm'lik bir bağ uzunluğu kullanılmıştır. Bunun, ankraj çekme kırılmasını önlemek yeterli olduğu belirlenmiştir. Delikler, derinliklerinin yarısına kadar epoksi ile doldurulmuş, her bir ankrajın ankraj dübel bileşeni deliklere sokulmuştur. Bu sırada çıkıntı yapan lifler CFRP plak üzerinde bırakılmıştır. Genel olarak, bu ankraj yöntemi, doğrudan kompozit plaktan çekme

kuvvetlerini beton tabana aktarmak için seçilmiştir. Numunelerin doğrudan çekme tepkisi 250 kN MTS gerilim-basınç test makinesi kullanılarak,3 mm/dk hızında monoton olarak yer değiştirme uygulanarak elde edilmiştir. Yükler, yük hücresi kullanılarak ölçülmüş ve yer değiştirmeler, çapraz başlı MTS dâhili dönüştürücüden ve iki karşıt uç üzerine monte edilmiş harici doğrusal değişken diferansiyel dönüştürücüler kullanılarak elde edilmiştir. Bu çalışmada yazarlar, bir dizi parametreyi inceleyerek FRP ve TRM tekstillerin beton yüzeylere bağlanmasında karbon fiber çivili ankrajların etkinliğini araştırmışlardır. Bu parametreler, ankrajların ağırlığını ve sayısını, plak-ankraj sistemini bağlamak için kullanılan bağlayıcı demir ve harici sınırlamanın varlığını içermektedir. Deneysel sonuçların dikkatli bir şekilde yorumlanması, aşağıdaki gibi oldukça nitel bir şekilde özetlenen daha spesifik sonuçlara yol açar: Karbon fiber çivili ankrajlar, FRP ve TRM tekstillerin beton yüzeylerden tabakalara ayrılmayı önlemede etkili bir ankraj sistemi içerdiği görülmüştür. Betona düzgün bir şekilde ankraj uygulandığında ve EB FRP tekstillere bağlandıklarında, sivri uçlu ankrajlar çekme kopması nedeniyle başarısız olmuştur. Sivri uçlu ankraj miktarının iki katına çıkarılması, ankrajların - FRP çekme kapasitesinin %70 oranında artmasına neden olmuştur, ancak aynı ankrajlar TRM kaplamalarında betona bağlamak için kullanıldığında karşılık gelen artış yalnızca % 50 olmuştur. FRP ankrajlarının kırılması, çekme kopmasından kaynaklansa bile, bu kırılma gerilmesi, genel olarak, malzeme testinden elde edilen tek eksenli nihai gerilmeden daha az olmuştur. FRP sistemleri ile güçlendirilen numuneler için, ankrajların ortalama efektif şekil değiştirmesi 0,0067 iken, tekstil esaslı takviye ile güçlendirilen numuneler için etkin şekil değiştirme, reçine ve harç emdirilmiş tekstiller için sırasıyla 0,0033 ve 0,0027'ye önemli ölçüde düşmüştür[16].

Jongho Park vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada ön gerilmeli tekstil takviyeli harç ile güçlendirilmiş betonarme kirişin eğilme davranışının deneysel çalışması uygulanmıştır. Bir RC kiriş ve sekiz TRM ile güçlendirilmiş kiriş numunesi üretilmiştir. Her numune 1500 mm uzunluğa ve 120 mm genişliktedir. Bu çalışmada iki tip tekstil kullanılmıştır: AR-glass ve karbon tekstiller. AR- cam tekstili, % 16,5 zirkon içerdiğinden, çimento malzemelerinin alkalilikteki dayanıklılığını iyileştirmiştir [36,37] ve karbon tekstiller sırasıyla 8 mm × 8 mm ve 10 mm × 10 mm aralıklara sahiptir. RC kiriş numunesi, kesitsel hasarın meydana gelebileceği öngörülerek, 5 mm'lik bir alt kaplama ile

imal edilmiştir. Çekme donatısı 9,53 mm, etriye donatısı için 6,35 mm çapında donatı çeliği kullanılmıştır. Etriyeler, 80 ve 100 mm aralıklarla yerleştirilmiştir. Çekme dayanımı 400 MPa ve elastisite modülü 200 GPA olan çelik donatılar kullanılmıştır. Numunenin açıklığı 1300 mm olarak belirlenmiştir. 2000 kN'lik evrensel bir test makinesi kullanılarak 0.1 mm/s'lik yer değiştirme kontrolüne sahip dört noktalı bir yükleme testi yapılmıştır. Merkeze bir lineer değişken diferansiyel transformatör (LVDT), üç beton gerinim ölçer ve iki çelik gerinim ölçer yerleştirilmiştir. TRM güçlendirme kısmı 300 mm uzunluğunda bir adet ince çelik plak ve 50 mm uzunluğunda ve 5 mm kapasiteli iki adet Pi şeklinde yer değiştirme transdüserinden oluşan genişletilmiş bir yer değiştirme mastarı RC kirişin hemen üstüne bağlanmıştır. Genişletilmiş yer değiştirme göstergesi, TRM deformasyonunu ölçmede kullanılmıştır. Deney sonuçları; (1) TRM güçlendirme kirişlerinin kırılma modları, TRM parçasının ayrılması ve tekstilin kopması olarak sınıflandırılabilir. Bu çalışmada AR-cam ve karbon tekstilleri içeren öngerilmeli olmayan TRM ile güçlendirilmiş kiriş numunelerinde tekstil kopması meydana gelmiştir. Bununla birlikte, ön gerilmenin uygulandığı karşılaştırma grubunda tekstil kopması meydana gelmemiş ve ilk önce bağ kopması meydana gelmiştir. Bu nedenle, TRM parçasının bağlarının açılması ön gerilimin eklenmesiyle indüklendiğinden tekstiller yüksek bir performans sergilemiştir. Ek olarak, TRM güçlendirmesi, çatlakların düzgün dağılımı için avantajlara sahip olmuştur. (2) Öngerilmeli AR - cam - TRM ile güçlendirilmiş numune (ARLo1P), öngerilmeli olmayan numuneden (ARLo1) % 8,3 daha yüksek bir akma yüküne sahip olmuştur. Karbon – TRM ile güçlendirilmiş kiriş numuneleri, düşük tekstil takviye oranında (CaLo1 ve CaLo1P) herhangi bir öngerilme etkisi göstermemiş, ancak tekstil takviye oranı yeterli olduğunda (CaLo2 ve CaLo2P) ,öngerilmeli TRM ile güçlendirilmiş kiriş numunesi daha yüksek verim yükü %5,5 sergilemiştir. Bu nedenle, tekstil ön gerilimi, eğilme performansını etkili bir şekilde geliştirmiş, ancak AR-cam tekstilinin güçlendirme verimliliği, karbon tekstilinkinden daha yüksek olmuştur. (3) AR- cam - TRM ile güçlendirilmiş kiriş numuneleri için, öngerilmeli numuneler, yük arttıkça nispeten daha yüksek bir eğilme rijitliği sergilemiştir. Öngerilmeli karbon-TRM ile güçlendirilmiş kiriş numunesinde, eğilme rijitliğindeki azalma, öngerilmeli olmayan numunelere göre daha küçük olmuştur. Böylece, ön gerilim uygulandığında AR- cam tekstilinin eğilme rijitliği artmış ve karbon tekstilin kullanımı yapıların stabilitesini arttırmıştır[17].

Baturay Batarlar vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada tekrarlanan darbe yükleri altında betonarme (RC) döşemeler için güçlendirme katmanları olarak kullanılan karbon tekstil takviyesinin performansını sunmuştur. Aynı boyutlara ve geleneksel çelik donatı oranlarına sahip, ikisi güçlendirilmemiş ve üçü güçlendirilmiş beş betonarme döşeme numunesi, Technische Universität Dresden'deki (TU Dresden) Otto-Mohr - Laboratory'de üretilmiş ve test edilmiştir. Tüm numuneler 1,5 m × 1,5 m × 0,20 m boyutlarında ve çelik donatı için 25 mm beton kaplama sağlanmıştır. Boyuna ve enine doğrultuda 8 mm çapında (Ø8) ve 100 mm aralıklı çelik donatı çubukları yerleştirilmiştir. Ek tekstil takviyesine sahip numuneler daha sonra 2 cm kalınlığında ince taneli beton tabakaya gömülü karbon tekstillerle güçlendirilmiştir. Tekstil takviyelerinin güçlendirilmiş betonarme döşemenin darbe dayanımı üzerindeki etkinliğini ortaya çıkarmak amacıyla döşeme numunelerinin güçlendirme katmanları için üç farklı tipte karbon tekstil takviyesi kullanılmıştır. TRC' ye güçlendirme tabakalarının uygulanabilmesi için betonarme döşeme yüzeyinin yeterli pürüzlülüğe sahip olması gerekir. Bunu yapabilmek için, beton döşeme yüzeyinin kumlanması yerine döşemenin tabanında brüt agrega beton kullanılmıştır. Bu nedenle üç kalıbın alt yüzeyi, betonun döşeme tabanındaki priz süresini azaltmak için betonarme döşemenin betonu dökülmeden önce bir geciktirici kâğıt ile kaplanmıştır. Beş numunenin tümü, yerel bir şirketten sipariş edilen aynı beton kullanılarak aynı anda dökülmüştür. Beton dökümünden 24 saat sonra üç numune yukarı kaldırılarak geciktirici kâğıtlar alt yüzeylerinden sıyrılmıştır ve numunelerin alt yüzeyindeki priz almamış beton basınçlı su nozulu ile yıkanmıştır. Beton dökümünden 7 gün sonra, üç betonarme döşemeye güçlendirme tabakası uygulanmıştır. Toplam kalınlığı 20 mm olan güçlendirme tabakası, maksimum agrega boyutu 1 mm olan ince taneli beton kullanılmış ve laboratuvarlardan sağlanmıştır. Boyuna ve enine doğrultuda yaklaşık olarak aynı malzeme özelliklerine sahip olan Tip 1 tekstil, iki eşit ince taneli beton tabakası arasına tek bir tekstil takviye tabakası olarak gömülmüştür. Tip 2 ve 3'ün tekstil ürünleri için, tekstilin iki katmanı, üç eşit ince taneli beton katmanı arasına gömülmüştür. Tekstil Tip 2 ve 3'ün boyuna ve enine doğrultudaki farklı geometrik özellikleri nedeniyle, iki tekstil katmanı her iki yönde de aynı takviye alanını sağlamak için 90'lık bir açıyla yerleştirilmiştir. Güçlendirme tabakası uygulaması aşağıdaki şekilde yapılmıştır. Numunenin alt yüzeyi 24 saat nemlendirilmiştir. Numunenin alt yüzeyine ince taneli beton sıvanmış ve taze ince taneli beton kalıbı üzerine karbon tekstil donatı filesi yerleştirilmiştir. Daha sonra bir sonraki ince taneli beton tabakası, son tekstil ve beton tabaka sayısına ulaşılıncaya kadar sıvanmış ve tüm

güçlendirme tabakası elde edilmiştir. Deneylerde kullanılan malzeme özelliklerini belirlemek için 28. günde beton numuneleri alınmış ve test edilmiştir. Darbe testleri, TU Dresden Beton Yapılar Enstitüsü'nün düşme kulesi tesisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu test düzeneği, ağırlıkların veya hızlandırılmış ağırlıkların serbest düşüşü yoluyla test numunelerinde kullanılabilir. Bu deneysel çalışmada hızlandırılmış ağırlıklar kullanılmıştır. Tüm numuneler, 21,6 kg kütleli 100 mm çapında ve 380 mm uzunluğunda aynı hızlandırılmış silindirik çelik vurucu kullanılarak sert darbelere maruz bırakılmıştır. Vurucu mıknatıslar tarafından tutulmuş ve test düzeneğinin tanklarında depolanan kontrol edilebilir hava basıncı yardımıyla test düzeneğinin tepesinden hava basıncı ile serbest bırakılmıştır. Mesnet koşulları, çelik çerçeveye bağlı numunenin içinden geçen bir çelik çubuk vasıtasıyla dört köşede sabit bir mesnet olacak şekilde tasarlanmıştır. Her mesnet noktasında reaksiyon kuvvetleri 10 MN kapasiteli yük hücreleri tarafından kaydedilmiştir. Yer değiştirme ölçümü, numunenin alt yüzeyinin orta noktasında bulunan temassız bir lazer sensör kullanılarak kaydedilmiştir. Deneysel araştırmanın temel amacı, karbon tekstil takviyesi ile güçlendirilmiş betonarme döşemelerin ardışık sert darbe yükleri altında ilk darbede toplam delinme olmaksızın, genel davranışını ortaya çıkarmaktır. Bu amaçla, test düzeneğinin alt sınırından başlayarak, hasar seviyelerini gözlemlemek için güçlendirilmemiş iki numune, farklı temas hızlarıyla birbirini izleyen iki darbe altında test edilmiştir. Daha sonra, bu testlerin deneyimleri doğrultusunda, diğer tüm testler için referans hız olarak S1T0 döşemesinin çarpma hızı seçilmiş ve güçlendirilmiş üç numune, döşeme S1T0 ile aynı vurucu hızı ile test edilmiştir. Güçlendirilen numuneler için darbe yükünün uygulanma hızı belirlenmiştir. Farklı TRC katmanlarının etkinliğini ortaya çıkarmak ve kırılma oluşmadan her döşeme için toplam darbe dayanım kapasitelerini yakalamak için darbe yükü uygulaması, toplam göçme oluşana kadar tekrarlanmıştır. Her bir döşeme için belirli dayandığı darbe sayısı kaydedilmiştir. Güçlendirilmemiş numuneler farklı vurucu hızları altında test edilmiş olsa da, ilk darbeler için reaksiyon kuvveti zaman geçmişleri oldukça benzer olduğu görülmüştür. Numunelerin karbon tekstil takviyeleri ile güçlendirilmesinin, kırılma meydana gelene kadar olan darbe sayısı göz önüne alındığında, darbe kapasitesini arttırmada çok etkili olduğu gözlemlenmiştir. Karbon tekstil takviyelerinin katkısı, özellikle daha sonraki darbe testi aşamaları için, karbon tekstil takviye oranlarındaki artışla artmaktadır[18].

Jongho Park vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada tekstil emprenye edilmeden çeşitli güçlendirme yöntemlerine göre tekstil takviyeli harcın (TRM) güçlendirme verimi ve eğilme davranışlarını karşılaştırmak için on numune test edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan tekstil, 8x8 mm aralıklarla %16,5 zirkon içeren alkali dirençli (AR)cam elyaflardan üretilmiştir. Çekme dayanımı 1789 MPa, elastisite modülü 68 GPa olarak ölçülmüştür. 35 MPa kadar belirtilen beton dayanımına sahip hazır beton kullanılmıştır. 100 mm çapında ve 200 mm yüksekliğinde üç silindirik numune kullanılarak betonun ortalama basınç dayanımı 42.19 MPa olarak ölçülmüştür. TRM bölümünün matrisi için, tekstil ve beton alt tabaka ile etkili bir şekilde yapışması için polimer harç kullanılmıştır. Dokuz adet TRM ile güçlendirilmiş betonarme kiriş, TRM numuneleri olarak ve bir ade t betonarme kiriş, kontrol numunesi olarak üretilmiştir. TRM numuneleri, RC ve TRM' den oluşmuştur. Toplam uzunluk 1500 mm, genişlik 120 mm ve yükseklik 150 mm olup, 135 mm RC yüksekliği ve 15 mm TRM yüksekliğinden oluşmaktadır. Kontrol numunesi, TRM güçlendirme tabakası olmadan 135 mm yüksekliğe sahip olmuştur. RC, 9,53 mm çapında iki D10 donatı ile güçlendirilmiştir. Mesnet bölümünde eğilme kırılmasını önlemek için 80 mm ve100 mm aralıklar ile 6.35 mm çapında D6 kesme etriyeler yerleştirilmiştir. 3000 kN UTM ile 4 noktalı yükleme yöntemi yer değiştirme kontrolü altında 0,1 mm/s hızında kullanılmıştır. Numunenin açıklığı 1300 mm ve yükleme noktası orta açıklıkta 400 mm ölçülerinde olmuştur. Sapmayı ölçmek için orta açıklığa bir doğrusal değişken diferansiyel transformatör (LVDT) kurulmuştur. Açıklığın ortasına dört beton gerinim ölçer ve iki çelik gerinim ölçer yerleştirilmiştir. Bu çalışma, tekstil ile güçlendirilmiş harç (TRM) ile emprenye edilmemiş tekstil ile güçlendirilmiş betonarme (RC) kirişlerin güçlendirme etkinliğini ve eğilme davranışını araştırmıştır. Bu amaçla RC kirişi olan kontrol numunesi, dokuz TRM numunesi ile karşılaştırılmıştır. Kontrol numunesine kıyasla TRM numunesinin eğilme bölgesinde birden fazla çatlak vardı. Ancak tekstil laminasyonu kullanılması durumunda, tekstilin toplam kesit alanına göre tekstil ve harç ile bağlanma alanının oranı azalmış, mekanik uç ankraj (T2AP, T2A) uygulanması durumunda ise ilk çatlama meydana gelmiştir. Sonuçlar, tekstil takviye oranı ve tekstil laminasyonu (katmanlı yapı) arttıkça ve tekstilin ağ boyutu azaldıkça ve mekanik uç ankraj uygulandıkça, TRM' nin çatlakların düzgün dağılımı için faydalı olduğunu ve güçlendirme verimliliğini ve yük taşıma kapasitesini arttırdığını göstermiştir. Bununla birlikte, yapısal güvenlik ve servis kolaylığı göz önüne alındığında, güçlendirme etkisi akma yüküne kadar açıkça gösterilmiştir[19].

Aleksandr L. Medvedskiy vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada, Darbe Yükü Altında Silindirik Takviyeli Karbon Fiber Kabuğun Davranışı incelenmiştir. Bu makale, FEM temelinde yazılım sistemleri (LS-DYNA, Siemens Femap) kullanarak katmanlar arasında dahili kusurları olan katmanlı yapıların modellenmesinin genel ilkelerini açıklamaktadır. Yüksek modüllü karbon fiberden yapılmış ve şok yükü etkisi altında silindirik dairesel takviyeli bir kabuk için hesaplamaların sonuçları sunulmaktadır. Eliptik kusurları olan ve olmayan kabuğun davranışı analiz edilmiştir. Ara katman kusurlarının güçlendirilmiş bir kabuğun davranışını incelemek için aşağıdaki adımlar uygulanmıştır: ayrı bir sonlu elemanlar seti ile bir bileşik paketin her bir tek tabakasının modellenmesi; kusurların bulunduğu bölgeler hariç, eleman katmanlarının tutkal teması ile bağlanması, bu bölgelerde tek taraflı temas kabul edilmiştir; uygun malzeme özelliklerinin, döşeme yönünün, yük ve sınır koşullarının modele uygulanması; hesaplamanın yapılması ve gerekli sonuçların elde edilmiş (LS-DYNA yazılım paketinde). Bu çalışmada, L = 800 mm uzunluğunda ve R = 200 mm yarıçapında PCM 'den yapılmış güçlendirilmiş silindirik bir kabuk kullanılmıştır. Kabuk (kaplama, kirişler ve çerçeveler), Hexcel tarafından üretilen önceden doyurulmuş edilmiş Hex PlyM21/34/UD194/IMA'ya(IMA karbon bant bazlı yüksek dayanımlı fiber HexTow IMA-12K ve modifiye epoksi bağlayıcı M21) dayalı otoklav teknolojisi kullanılarak karbon fiberden yapılmıştır. Tek tabakanın kalınlığının h = 0.184 mm olduğu varsayılır. Döşeme kabuğu aşağıdaki şemaya sahiptir: [+45°/-45°/90°/0°/+45°/-45°/-45°/+45°/0°/90°/-45°/+45 °] (toplam 12 tek katman, toplam paket kalınlığı 2.208 mm).Tel, T şeklinde bir kesite (11x14 mm) sahiptir, çerçevelerin kesiti bir kanaldır (20x6 mm). 1-2, 2-3, vb. ila 1 -12 (biri altında) katmanlar arasında, eksenleri 80 ve 45 mm olan eliptik kusurlar olduğu varsayılmaktadır. Sınır koşulları olarak, kabuğun uçlarında bir mesnet kullanılmıştır[2],[3]. Sorun, LS DYNA yazılım paketinde FEM kullanılarak çözülmüştür[20].

Selçuk Emre Görkem ve Metin Hüsem (2013) tarafından yapılan çalışmada akma çizgisi teorisine göre yüksek dayanımlı betonarme döşemelerin yük kapasitesi incelenmiştir. Beş adet deney numunesi hazırlanmıştır. B4 numaralı deney numunesi 900× 900×40 mm geometrik ölçülerde, serbest açıklık 660×660 mm ve donatı θ8/100 kullanılarak imal edilmiştir. B4-V numaralı deney numunesi 900×900 ×40 mm geometrik

ölçülere sahip, serbest açıklık 660 ×660 mm ve donatı θ8/50 kullanılarak imal edilmiştir. B4–XV numaralı deney numunesi 900×900 × 40 mm geometrik ölçülerde sahip, serbest açıklık 660 ×660 mm ve donatı θ8/150 kullanılarak imal edilmiştir. BD4 numaralı deney numunesi 900× 1300 × 40 mm geometrik ölçülere sahip, serbest açıklık 660 ×1060 mm ve donatı θ8/100 kullanılarak imal edilmiştir. BB4 numaralı deney numunesi 1300× 1300 × 40 mm geometrik ölçülere sahip, serbest açıklık 1060×1060 mm ve donatı θ8/100 ile imal edilmiştir. Test plakaları üç farklı boyutta üç farklı donatı ile dökülmüş ve dört kenarından basit mesnetlerle desteklenmiştir. Açıklığın ortasında konsantre bir yük uygulanmıştır. Test düzeneği U140 (h=140 mm) çelik kirişler kullanılarak yapılmıştır. Çökme mekanizmasının daha iyi gözlemlenmesi için, 100×100×20 mm çelik plağa doğru iten bir yükleme pistonu ile aşağıdan yukarıya yükleme uygulanmıştır. Bu çalışmada, yüksek dayanımlı betondan yapılmış betonarme döşemelerin analizi için akma çizgisi yöntemi kullanılmıştır. Akma çizgisi teorisine dayalı momentler ile deneysel momentler arasındaki fark %1 ile %3 arasında değişmiştir. Deney ve analiz sonuçları, yüksek dayanımlı betonarme döşemelerin analizinde akma çizgisi analizinin rahatlıkla kullanılabileceğini ortaya koymuştur[21].

3. DİNAMİK DENEYLERDE MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Laboratuvarda hazır beton firmasından temin edilen beton kullanılarak üretilen döşeme numuneleri uygun kür koşullarında bekletildikten sonra güçlendirme işlemlerine geçilmiştir. Bazalt tesktil fileler ile güçlendirilen numuneler deneye hazır hale geldikten sonra ağırlık düşürücü deney düzeneği kullanılarak deneye tabii tulutmuştur.

3.1.1. Ağırlık düşürücü deney düzeneği

Ağırlık düşürücü deney düzeneğinin çalışma prensibi; yalıtılmış bir sistemin sahip olduğu toplam enerjinin korunmasına dayanır. Deney düzeneği belirli bir yüksekliğe sahip çarpma yükü potansiyel enerjisinin, çarpma anındaki kinetik enerjiye dönüştürerek deney numunesine iletir. Deney numunesine iletilen enerji, çarpma yükünün düşme sırasında kaybettiği enerjiye eşittir. Deney düzeneği farklı yükseklik, kütle ve eleman boyutları kullanılmasına olanak verir. Deneysel çalışmada kullanılan deney düzeneği Şekil 3.1 de gösterilmiştir.



Şekil 3.1.Ağırlık düşürücü deney düzeneği

Ağırlık düşürücü deney düzeneğinde, numunelere düşey kütle aracılığıyla enerji aktarımını sağlayan düşey vurucu; çekiç olarak adlandırılmaktadır. (Şekil 3.2)



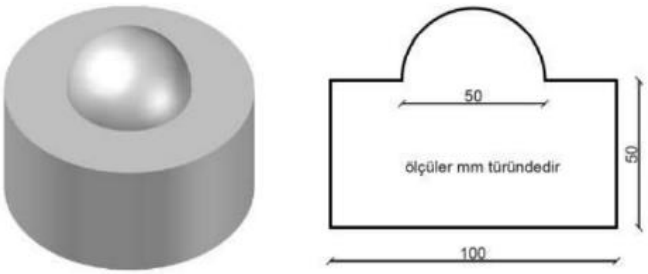
Şekil 3.2. Çekiç

Çekicin ağırlığı 84 kg olup, farklı deneylerde kullanılabilmesi amacıyla ağırlık eklenebilecek şekilde imal edilmiştir. 16 adet 9,4 kg olan ağırlık diskleri ilave edilebilmektedir. Bu ilave disklerin çarpma esnasında hareketini önlemek amacıyla vidalama sistemi yerleştirilmiştir. Çekicin belirlenen yüksekliğe sabitlenme ve serbest bırakılma hareketlerini sağlamak amacıyla hava basıncı ile pnömatik valf kullanılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Pnömatik Valf

Çekicin geometrik özellikleri şekil 3.4 de sunulmuştur.



Şekil 3.4. Çekiç Başı Boyutları

3.1.2. Kauçuk ve Plaka

Kauçuk, çeşitli bitkilerin öz suyundan imal edilen, bir kuvvet uygulandığında sünek bir davranış gösteren, uygulanan kuvvet kaldırıldığında da neredeyse tamamen eski haline dönebilen, esnek polimerlerdir.

Deneyler esnasında numunelere düşey yük aktaran çekiç ile numuneler arasına, çarpma anında deney numunelerini delme etkisinden korumak, noktasal yükün absorbe edilip, üniform dağılımını sağlamak amacıyla neopren kauçuk ve çelik plaka kullanılmıştır. Şekil 3.5 de görüldüğü gibi çelik plaka ve kauçuk levhaların aktarılan yük nedeniyle kaymasını önlemek amacıyla sabitlenmiştir.



Şekil 3.5 Çelik plaka ve kauçuk levhalar

3.1.3. Ölçüm cihazları

Dinamik deneylerde küçük kütleli ivmeölçerler, yükölçer, deplasman ölçerler kullanılmıştır. Tüm ölçüm cihazları National Instruments firmasının üretmiş olduğu NI 9234, NI 9201 modülleri kullanılarak cDAQ-9174 veri toplama ünitesine bağlanmıştır. Böylece tüm veriler eş zamanlı olarak bilgisayar ortamına aktarılabilmiştir.

3.1.3.1. İvmeölçerler

Hızın zamana bağlı değişimine ivme denir. Vektörel bir büyüklük olan ivme F= m×a uygulanan kuvvetin kütleye oranı ile ivme değer büyüklüğüne ulaşılabilmektedir.

İvmeölçerler, bir kütlenin sahip olduğu ivmeyi ölçme, ölçülen nesnenin dikey düzlemden sapma açısının belirlenmesini sağlayan statik yerçekimi ivmesini ölçmede ve şok, hareket, darbe veya titreşim, yani düşük genlikli ve frekanslı (100 Hz altı) osilasyonların neden olduğu dinamik ivmeyi ölçmede kullanılır (Anonim,2020). Ölçme sınıflarına göre çeşitli ivmeölçerler bulunmaktadır. Bu deneysel çalışma kapsamında piezoelektrik ivmeölçerler kullanılmıştır. Piezoelektrik ivme ölçerler numune yüzeyinde meydana gelen ivmeyi ölçmek amacıyla mekanik titreşimlerin kullanıldığı bir cihazdır. Piezoelektrik ivmeölçerler, ivmeölçere mekanik kuvvet uygulandığında çalışır. Bu kuvvet doğrudan negatif ve pozitif iyonların iç hizasını değiştiren ve zıt yüzeyde bir yük birikmesine neden olan piezoelektrik malzemeye, genellikle kristallere doğrudan uygulanır. Bu yük, strese veya titreşime maruz kaldığında piezoelektrik malzeme veya ivmeölçer tarafından üretilen voltaj olarak hesaplanır (Anonim, 2022). Çevresel şartlara dayanıklı olmaları sebebiyle tercih edilirler. Bu deneysel çalışmada iki adet piezoelektrik ivmeölçer kullanılmıştır. PCB Group firmasına ait ICP tipi 352B70 model (Şekil 3.6)



Şekil 3.6 ICP tipi 352b70 model ivmeölçer

Bu ICP tipi ivmeölçerler kablo özelliklerine bağlı olmaksızın voltaj değerinin stabil olmasını sağlar. Çarpma yükünün meydana getireceği yüksek frekansları elde etmek için ivmeölçerlerin deney elemanlarına montajı vida ile yapılmıştır. İvmeölçerlerden elde edilecek verilerde en doğru sonuca ulaşmak için deney elemanı yüzeyinin pürüzsüz, temiz ve düz olması sağlanmıştır. İvmeölçerlerin deney elemanlarına montajı için deney elemanlarının yüzeyine uygun çapta delikler açılarak çelik dübeller sabitlenmiştir. Sabitlenen çelik dübellerin içine metrik vidalar takılmıştır Pirinç elementinden üretilmiş maksimum iletkenlik seviyesine sahip aparatlar kullanılarak ivmeölçerler deney numunelerine sabitlenmiştir. İvmeölçerlerin teknik özellikleri Çizelge 3.1 de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deney kapsamında kullanılan 352B70 model ivmeölçere ait teknik bilgiler

ÖZELLİK	DEĞER
Çıkış Öngerilim Voltajı	8-14 VDC
Boşaltım Zamanı	0,5-1,5 s
Hazır Hale Gelme Zamanı	<5 s
Elektrik İzolasyonu	> 100000000
Ebat (Yükseklik)	22,9 mm
Ebat (Altıgen Gövde)	9,525 mm
Ağırlık	4,3 gr
Algılama Elemanı	Seramik
Algılama Geometrisi	Kayma
Koruyucu Malzeme	Titanyum
Sızdırmazlık	Hava sızdırmaz
Elektrik Bağlantısı	M5 x 0,8 koaksiyal
Hassasiyet (± %25)	0,1 mV/(m/s2)
Ölçüm Aralığı	± 49000 m/s2 pk
Frekans Aralığı (± %5)	0,7-9000 Hz
Frekans Aralığı (-3 dB)	0,4-20000 Hz
Rezonans Frekansı	≥ 55 kHz
Çıkış Empedansı	≤ 200
Çıkış Öngerilim Voltajı	8-14 VDC
Boşaltım Zamanı	0,5-1,5 s
Hazır Hale Gelme Zamanı	<5 s
Ağırlık	4,3 gr
Algılama Elemanı	Seramik
Koruyucu Malzeme	Titanyum
Sızdırmazlık	Hava sızdırmaz
Elektrik Bağlantısı	M5 x 0,8 koaksiyal jak

3.1.3.2. Kuvvet algılayıcısı

Kuvvet algılayıcı, bir nesneye uygulanan kuvveti elastik bir elemanın birim şekil değişimine çevirir. Kuvvet algılayıcıları test edilecek ortamın özelliklerine göre seçilir. Kuvars kuvvet algılayıcıları; darbe yükü, çekme gerilmeleri, basınç ve etki - tepki kuvvetlerini ölçebilen sağlam elemanlardır. Bu elemanlar yüksek rijitliğe sahip olup bu sayede dayanıklı ve uzun ömürlüdürler. Kuvars kuvvet algılayıcıları piezoelektrik özelliğe sahiptir. Kuvvete maruz kaldığında, uygulanan kuvvetle orantılı olarak pozitif veya negatif elektrik yükleri meydana gelir. Bu sinyalin veri toplayıcıya aktarımı için piezoelektrik kuvvet ölçme cihazları kullanılır. Piezoelektrik kuvvet ölçme cihazları, piezoelektrik kuvvet sensörü ve yükleme sinyalini bir voltaj sinyaline dönüştüren yükleme amplifikatörü olmak üzere iki ana bileşenden oluşur. Mikro-elektronik devreler, sinyal okuma cihazlarıyla bağlantılı olup alçak empedanslı voltaj sinyali üretirler. Besleme montajı değeri 19 - 30 VCF arasında değişiklik gösterir. 2 mA sabit akım kaynağı ile beslenirler. Ortam şartları ve kablo uzunluklarının yeterli olduğu durumlarda verim maksimum olur. Çizelge 3.2 ‘de yük hücresinin teknik özellikleri verilmiştir.

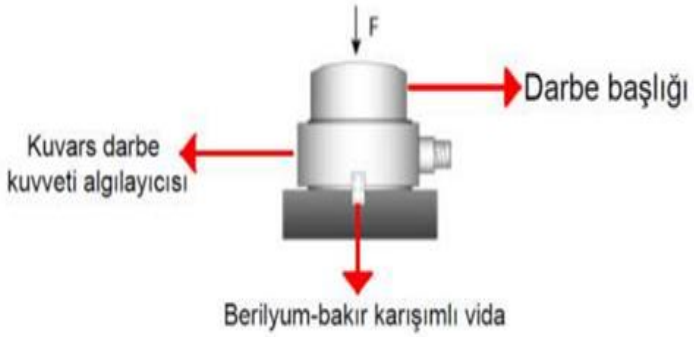
Deneysel çalışma kapsamında PCB Group ürünü ICP kuvars darbe kuvveti algılayıcısı 200C50 modelinin kullanılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 PCB Group ürünü ICP kuvars darbe kuvveti algılayıcısı 200C50 modeli

Bu deneysel çalışma kapsamında kuvars yapıdaki kuvvet algılayıcıları vasıtasıyla sağlıklı veriler elde etmek amacıyla montaj aşamasına büyük önem verilmiştir. Üretici firmanın önerisiyle kuvvet algılayıcısı için bakır - berilyum alaşımı bir vida yardımıyla düzenlenen serbest duruş montaj şekli uygulanmıştır. (Şekil 3.8) Bu vida aracılığıyla darbe

başlığı kuvars darbe yükü algılayıcına monte edilmiştir. Çarpma yükü ölçümüne çekiç üzerinden ulaşılmıştır.



Şekil 3.8 Serbest duruş montaj biçimi

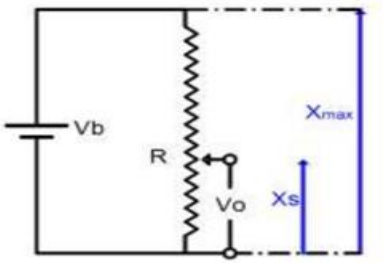
Çizelge 3.2. Kuvars yapıdaki darbe kuvveti algılayıcısına ait teknik bilgiler

ÖZELLİK	DEĞER
Hassasiyet (± %15)	22,48 mV/kN
Ölçüm Aralığı (Basınç Kuvveti)	222,4 kN
Maksimum Statik Kuvvet(Basınç)	333,6 kN
Genişbant Hassasiyeti (1-10000 Hz)	4,45 N-rms
Düşük Frekans Tepkisi (- %5)	0,0003 Hz
Üst Frekans Limiti	30 kHz
Düzensizlik	≤ %1 FS
Çalışma Sıcaklığı	-54 ve +121 ºC değerleri arasında
Sıcaklık Hassasiyet Katsayısı	≤ %0,27 %/ºC
Uyarma Voltajı	20-30 VDC

3.1.3.3. Potansiyometrik konum algılayıcısı

Bu çalışmada çarpma yükü etkisiyle meydana gelen deplasman değerleri potansiyometrik konum algılayıcısı kullanılarak elde edilmiştir.

Teknik özellikleri Çizelge 3.3'de verilen potansiyometrik konum algılayıcısı, dıştan yayı ve sürgüsü bulunan, hareketli bir kontağa sahiptir. Bu hareketli kontak, deney elemanlarında çarpma yükü etkisiyle meydana gelen basınç değişimiyle direnç elemanı üzerinde hareket eder. Potansiyometre direncinin değişmesine neden olan bu durum bir köprü devresinde gerilim veya akım değişimi elektriksel bir değere dönüşür. Buradan hareketle mekanik yer değiştirme ile orantılı elektriksel işaret elde edilir. Büyük gerilimi daha küçük bir gerilime dönüştüren voltaj bölücü gerilimi ile dirence sabit voltaj uygulanır. Hareketli kontak ile değişen direnç değeri arasında doğrusal orantı bulunmaktadır. Şekil 3.9 da potansiyometrik konum algılayıcısı devresi sunulmuştur.



Şekil 3.9. Potansiyometrik konum algılayıcı devresi

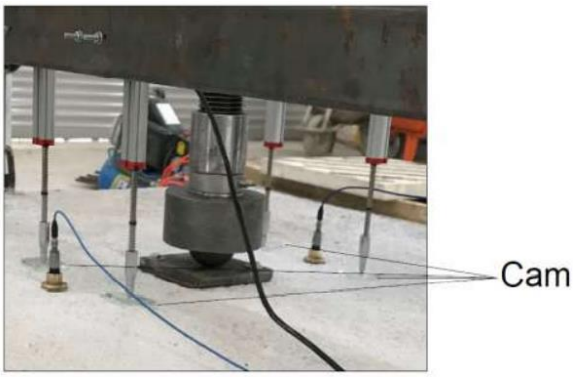
X_s sürgü konumunu, x_{max} en yüksek ölçü boyunu ifade etmektedir. Ölçüm voltajı V_0, besleme voltajı V_b olmak üzere aralarında $V_0 = V_b \times (x_s / x_{max})$ bağlantısı vardır.

Bu deneysel çalışma kapsamında Opkon firmasına ait LPS model yaylı potansiyometrik konum algılayıcısı kullanılmıştır (Şekil 3.10).



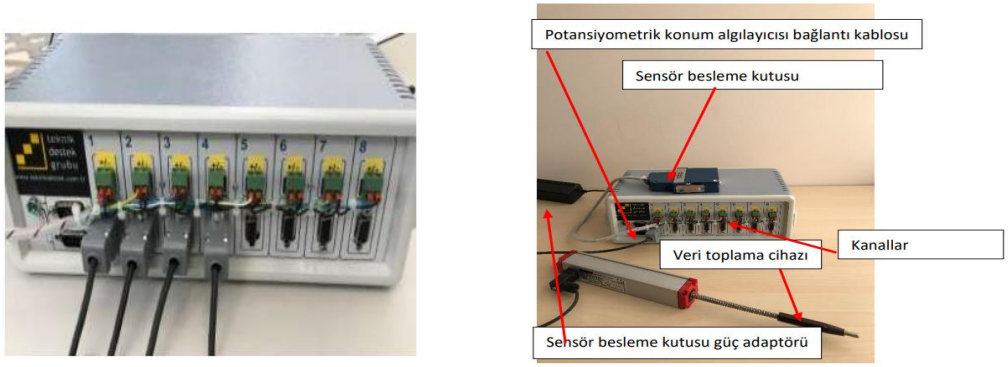
Şekil 3.10 LPS model potansiyometrik konum algılayıcısı

Deney numunelerine montajı sırasında, numune yüzeyine düz bir şekilde temas etmesi için, potansiyometrik konum algılayıcısı ile betonarme yüzey arasına cam eklenmiştir. (Şekil 3.11) Cam deney numunesine silikon yardımıyla sabitlenmiştir.



Şekil 3.11. Potansiyometrik konum algılayıcılarının temas yüzeylerine cam monte edilmesi

Deplasman ölçümleri, sekiz kanallı sensör besleme kutusu aracılığıyla veri toplama cihazına iletilmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Sensör besleme kutusu

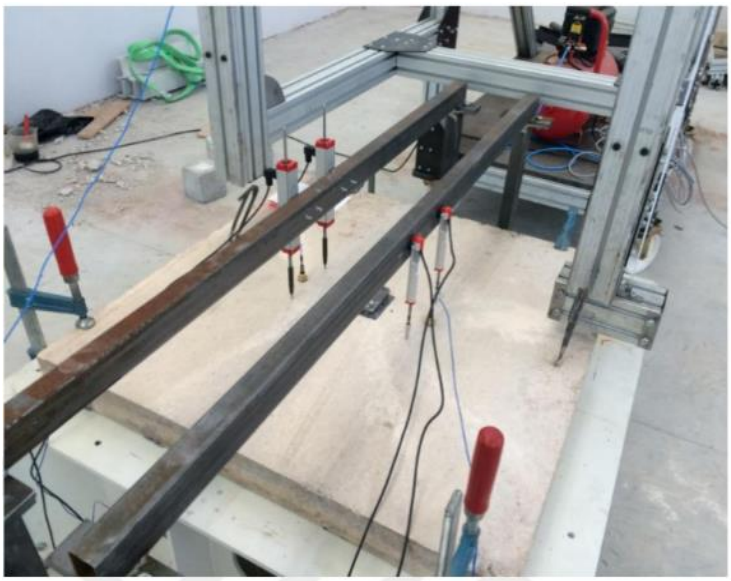
Çizelge 3.3. Potansiyometrik konum algılayıcısına ait teknik özellikler

ÖZELLİK	DEĞER
Ölçme boyu	10-100 mm
Linearite	± %0,2 (75-130mm), ± %0,5 (<75mm)
Tekrarlanabilirlik	<0,01mm
Direnç	10-50 mm : 2kOhm, 75-100 mm:5 kOhm
Direnç toleransı	± %20

Çizelge 3.3. Potansiyometrik konum algılayıcısına ait teknik özellikler(devam)

Yük direnci	100 kOhm min.
Tavsiye edilen kontak akımı	<1 µA
Maksimum besleme voltajı	28 VDC maks.
Elektriksel bağlantı	Kablo veya Konnektör çıkışlı
Hız	< 5 m/s
Mekanik ömür	100 milyon hareket
Gövde ölçüleri	ϕ 18 mm
Gövde malzemesi	Eloksallı alüminyum
Mil malzemesi	Paslanmaz çelik
Mil çapı	Φ5 mm

Deneysel çalışmada 4 adet doğrusal potansiyometrik cetvel kullanılarak farklı noktalardan deplasman verileri toplanması hedeflenmiştir. Doğrusal potansiyometrik cetveller, ağırlık düşürücü deney düzeneğine bağlantısı olmayan, düşü esnasındaki titreşimden etkilenmemesi için, zemine sabitlenmiş deney numunelerinin üzerinden geçen profillere monte edilmiştir(Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Potansiyomtrik cetvellerin yerleşimi

3.1.4. Veri toplama cihazları

Veri toplama cihazlarının temel amacı yapılan çalışmalarda ölçüm aletlerinden veri elde etmek, gerçek zamanlı ve kayıt sonrası görselleştirilmesini ve analizini sağlamak amacıyla bilgisayar ortamına aktarabilen cihazlardır. Bu cihazların seçiminde ölçüm cihazlarının türü dinamik ve statik yükleme durumları göz önüne alınmıştır. Bu deneysel çalışmada darbe yükü sonucunda kuvars kuvvet algılayıcısı ve ivmeölçerlerden elde edilen veriler National Instruments firmasının NI 9234 model veri elde etme cihazı aracılığı ile bilgisayar ortamına aktarılmıştır (Şekil 3.14). Teknik özellikleri çizelge 3.4'de verilen NI 9234,yüksek oranda doğru sonuçlara sahip dört kanallı dinamik sinyal yakalayıcısıdır. Bu deneyde kullanılan algılayıcılar IEPE tipidir. İvmeölçerler ve kuvars kuvvet algılayıcı cihazları, NI 9234 veri elde etme cihazına koaksiyel kablo aracılığı ile bağlanarak veri aktarımını sağlamıştır.



Şekil 3.14 NI 9234 veri elde etme cihazı

Çizelge 3.4. NI 9234 veri elde etme cihazının teknik özellikleri

ÖZELLİKLER	DEĞERLER
Kanal sayısı	4 adet analog giriş
Çözünürlük	24-Bit
Dinamik aralık	102 dB
Minimum data oranı	1,652 kS/s
Maksimum data oranı	51,2 kS/s
Frekans	13,1072 Mhz
Giriş akımı	AC/DC (yazılımla seçilebilir)
Hassasiyet	±50 ppm maksimum

Çizelge 3.4. NI 9234 veri elde etme cihazının teknik özellikleri(devam)

Minimum AC voltajı	± 5 V
Maksimum AC voltajı	±5,2 V
Giriş voltaj aralığı	± 5 V
IEPE uygun voltaj	19 V maksimum
IEPE minimum uyarma akımı	2,0 mA
Hassasiyet (25 ºC, kalibre edilmiş)	± %0,05 (kazanç), ± %0,06 (ofset)
Gürültü 51,2, 25,6, 2,048 kS/s	50, 40, 25 µVrms
Bağlantı (Veri toplama ana gövdesi ile)	CompactDAQ, CompactRIO
Bağlantı	Tek modüllü USB taşıyıcı
Çalışma sıcaklığı	-40 ºC ile +70 ºC arası
Saklama sıcaklığı	-40 ºC ile +85 ºC arası

Bu deneysel çalışma kapsamında, National Instruments firmasına ait NI 9201 model veri elde etme cihazı deney elemanlarında meydana gelen deplasman değerlerini ölçen potansiyometrik konum algılayıcısı aracılığıyla elde edilen verilerin bilgisayar ortamına aktarılabilmesi için kullanılmıştır. Çizelge 3.5 de teknik özellikleri gösterilmiştir. Sensör besleme üniteleri, potansiyometrik konum algılayıcısının gerekli beslenme voltajını karşılamıştır. Bu sensör besleme üniteleri ölçüm sinyallerini veri toplama aygıtına iletmiştir. Şekil 3.15 de gösterilen NI 9201 model veri elde etme cihazının DSUB, yaylı termal ve vidalı termal olmak üzere farklı tip bağlantı çeşitleri mevcuttur. Bu deneysel çalışma kapsamında kullanılan NI 9201 model veri elde etme cihazı vidalı termal tipi bağlantısı bulunmaktadır.



Şekil 3.15 NI9201 bağlantı çeşitleri ve vidalı terminal tipi veri algılayıcı

Çizelge 3.5. NI 9201 veri elde etme cihazının teknik özellikleri

ÖZELLİKLER	DEĞERLER
Kanal sayısı	8 kanallı
Çözünürlük	12-Bit
Maksimum data oranı tek kanal	475 (R serisi ana gövde)-800 (diğer) kS/s
Maksimum data oranı (tarama)	475 (R serisi ana gövde)-500 (diğer) kS/s
Minimum ölçüm voltajı	± 10,3 V
Maksimum ölçüm voltajı	± 10,8 V
Giriş voltaj aralığı	± 10 V
Giriş bant genişliği	690 kHz minimum
Giriş rezistansı	5 pF
Giriş gürültüsü	0,7 LSBrms (RMS), 5 LSB (pikten pike)
Hassasiyet (25 ºC, kalibre edilmiş)	± %0,04 (kazanç), ± %0,07 (ofset)
Bağlantı (Veri toplama ana gövdesi ile)	CompactDAQ, CompactRIO
Çalışma sıcaklığı	-40 ºC ile +70 ºC arası

National Instruments firmasına ait NI 9235 model veri elde etme cihazı aracılığıyla bilgisayar verilerine dönüştürülmüştür (Şekil 3.16). NI9235 model veri elde etme cihazı daha yoğun kanallı bir sistemde daha fazla sonuç elde edilmesini sağlar. Teknik özellikleri Çizelge 3.6 da sunulmuştur.



Şekil 3.16. NI 9235 veri elde etme cihaz

Çizelge 3.6. NI 9235 veri elde etme cihazının teknik özellikleri

ÖZELLİK	DEĞER
Kanal sayısı	8 kanallı
Çözünürlük	24-Bit
Çeyrek-köprü tamamlama	120 Ω
Maksimum veri oranı	10 kS/s/ch
Minimum veri oranı	794 S/s
Direnç	50 kΩ
Maksimum çıkış akımı	80 mA
Uyarı tipi	Sabit gerilim
Uyarı değeri	2,0 V ±%1
Aktif modda güç tüketimi	735 mW maksimum
Durgun modda güç tüketimi	25 µW maksimum
Ağırlık	153 gr
Çalışma sıcaklığı	-40 ºC ile +70 ºC arası
Saklama sıcaklığı	-40 ºC ile +85 ºC arası

Bu çalışmada kullanılan tüm veri elde etme cihazları National Instruments firmasının üretmiş olduğu dört kanallı cDAQ-9174 model kompakt veri toplayıcı ana gövdesine bağlanmıştır (Şekil 3.17). Veri toplama gövdesine bağlanan NI 9201, NI 9234 ve NI 9235 veri toplayıcı aygıtlarının eşzamanlı olarak çalışmasını sağlar ve toplanan ölçüm değerlerini USB aracılıyla bilgisayar ortamına iletir. Veri birleştirme ana gövdesi cDAQ-9174 modelinin teknik özellikleri Çizelge 3.7'de sunulmuştur.



Şekil 3.17. c-DAQ-9174 veri toplayıcı ana gövdesi

Çizelge 3.7. c-DAQ-9174 veri birleştirme ana gövdesinin teknik özellikleri

ÖZELLİK	DEĞER
Veri toplama modülü kanal sayısı	4 kanallı
Çözünürlük	32-Bit
Sayaç/Zamanlayıcı	4
Giriş voltaj aralığı	9 V-30 V
Zamanlama hassasiyeti	50 ppm
Zamanlama çözünürlüğü	12,5 ns
Eş zamanlı görev sayısı	7
Giriş FIFO veri yapısı boyutu	127 (her adet kanal için)
Bilgisayar bağlantı tipi	USB 2.0
Ağırlık (vidalı)	574 gr
Çalışma sıcaklığı	-20 ºC ile +55 ºC arası
Saklama sıcaklığı	-40 ºC ile +85 ºC arası

Veri toplayıcı cihazlardan bilgisayar ortamına aktarılan tüm veriler LabVİEW SignalExpress yazılımı aracılığıyla ihtiyaç duyulan veri türünde kayıt altına alınmıştır. Bu yazılım aracılığıyla ölçüm aletlerinin kalibrasyon işlemleri yapılabilmektedir.

3.1.5. Ölçüm aletlerinde bağlantıyı sağlayan kablolar

Bu deneysel çalışma kapsamında; doğrusal potansiyometrik konum algılayıcısı, kuvars kuvvet algılayıcısı ve strain gauge dirençleri koaksiyel kablolar aracılığıyla veri toplama aygıtlarına bağlanmıştır. Koaksiyel kabloların kullanılma nedeni elektriksel gürültü ve darbelere karşı daha fazla dayanıklı olmasıdır. Bu durumda ölçüm aletlerinden elde edilen veriler sağlıklı bir şekilde veri toplayıcısına iletilir. Bu deneysel çalışmada teknik özellikleri Çizelge 3.8 de verilen PCB Group firmasına ait 003A10 model kablolar kullanılmıştır (Şekil 3.18).



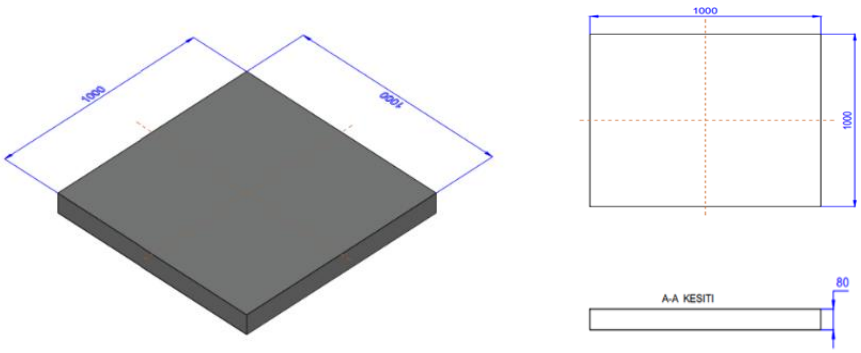
Şekil 3.18 003A10 model koaksiyel kablo

Çizelge 3.8. 003A10 türü koaksiyel kablo bilgileri

ÖZELLİK	DEĞER
Kablo tipi	Koaksiyonel-Düşük gürültülü
Ebat(çap)	2 mm
Ebat(uzunluk)	6 m
Kablo empedansı	50 Ω
Çalışma ve saklama sıcaklığı	-196 ºC ile +260 ºC arasında

3.1.6. Deneylerde Kullanılan Malzemelerin Özellikleri

Bu deneysel çalışma kapsamında; betonarme betonu, çelik hasır, bazalt tekstil file ve yapısal tamir harcı kullanılmıştır. Kullanılan bu temel malzemelere ait özellikler bu kısımda incelenmiştir. Bu deneysel çalışmada TTESK İle güçlendirilmiş döşemelerin statik ve dinamik yükler etkisi altındaki davranışının deneysel olarak incelenmiştir. Bu çalışmada 1000×1000×80 mm boyutlarında 18 adet numune hazırlanmıştır. Bu numunelerden iki adet güçlendirilmeden test edilmiştir.16 adet numune TTESK malzemesi ile güçlendirilmiştir. Deney elemanlarının özellikler Şekil 3.19 de sunulmuştur.



Şekil 3.19 Deney elemanlarının özellikleri

3.1.6.1. Donatı çeliği

Bu deneysel çalışmada, deney elemanları, Q188/188 6 mm çaplı 150*150 mm açıklığında hasır çelik kullanılarak üretilmiştir. Donatı çeliğine yapılan testler sonucunda 576 MPa akma dayanımı ve 630 MPa çekme dayanımı değerine sahip olduğu görülmüştür. Hasır çelik deney elemanlarının alt kısmına 10 cm pas payı bırakılarak, korozyonun meydana gelmesini önlemek amacıyla yerleştirilmiştir.(Şekil 3.20)



Şekil 3.20. Hasır donatı yerleştirilmiş döşeme kalıbı

3.1.6.2. Beton

Deney elemanlarının hazırlanmasında; ahşap kalıplar hazırlanıp, hasır çelik yerleştirildikten sonra beton dökümü C25/30 hazır beton ile yapılmıştır.

Beton dökümüne hazırlık aşamasında; ahşap kalıplar temizlenmiştir. Deney elemanlarının zarar görmemesi amacıyla kalıplar yağlanmıştır. Kalıplar temizlenip yağlandıktan sonra beton dökümüne hazır hale getirilmiştir. Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı 25 MPa olacak şekilde Selka Hazır Beton A.Ş. tarafından döküm alanına transferi sağlanmıştır (Şekil 3.21).



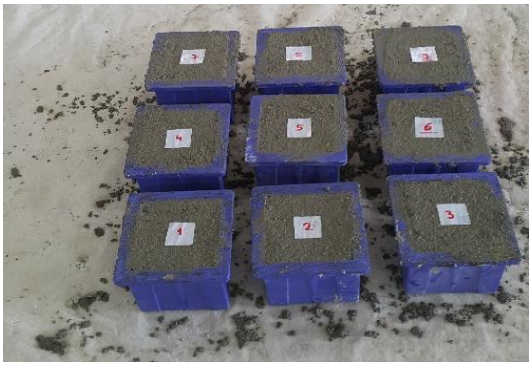
Şekil 3.21. Beton dökümünün gerçekleşmesi

Deneysel çalışmada kullanılan her betonarme döşemenin beton özelliklerinin aynı olması amacıyla tüm numunelerin beton dökümü tek seferde yapılmaktadır(Şekil 3.22).



Şekil 3.22 Beton dökümü yapılan numuneler

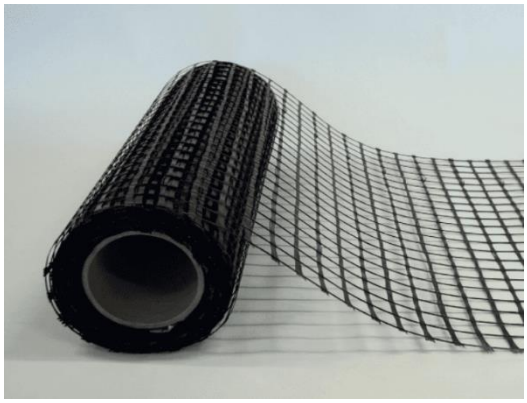
Betonarme döşemelerin basınç dayanımını kontrol etmek için 150 x 150 x 150 mm boyutlarında, döküm aşamasının; başlangıcında, ortasında ve sonunda üçer adet olmak üzere toplam 9 adet numune alınmıştır. Numuneler 7 ve 28 günlük dayanımlarının kontrol edilmesi için kür havuzuna konulmuştur. Beton dayanımları alınan numuneler Şekil 3.23 de sunulmuştur.



Şekil 3.23 Beton basınç dayanımları alınan numuneler

3.1.6.3. Bazalt tekstil file

Bu deneysel çalışma kapsamında bazalt tekstil için ticm firmasının CR370 modelinin kullanılmıştır (Şekil 3.24).



Şekil 3.24.Ticm firmasına ait CR370 model bazalt tekstil

Yüksek dayanıklılık ve hafif olma özellikleri nedeniyle tercih edilmektedir. Teknik özellikleri Çizelge 3.9'da sunulmuştur.

Çizelge 3.9. CR370 model bazalt tekstilin teknik özellikleri

ÖZELLİKLER	DEĞERLER
Genişliği	200 cm
Mesh Çekme Dayanımı	85 kN/metre(0^0)(90^0)
Kaplamalı m^2 Ağırlık	350 gr
Mesh Aralığı(mm)	25x25
Fiber Tipi	Bazalt
Fiber Elastisite Modülü	85 Gpa
Özgül Ağırlık	2,7gr/cm^3
Özellikleri	Özel olarak geliştirilmiş kaplaması sayesinde yüzeye çok iyi tutunur. Yüksek mekanik mukavemet ve elastisite modülüne sahiptir. Çatlakların oluşumunu ve yayılmasını minimuma indirir. Uygulaması kolaydır. Düşük ısı iletkenlik katsayısına sahiptir.

3.1.6.4. Çimento esaslı yapısal tamir harcı

Bu deneysel çalışma kapsamında döşemeler üzerine çeşitli konfigürasyonlarda uygulanacak olan bazalt tekstil filenin deney elemanları üzerine sabitlenmesi amacıyla Allmax Yapı Kimyasalları A.Ş. tarafından üretilen, Tamires R8 çimento esaslı yapısal tamir harcı kullanılmıştır(Şekil 3.25).



Şekil 3.25. Tamires R8 çimento esaslı yapısal tamir harcı harcı

Tamires R8 çimento esaslı yapısal tamir harcı harcı hakkında teknik özellikler Çizelge 3.10'da sunulmuştur.

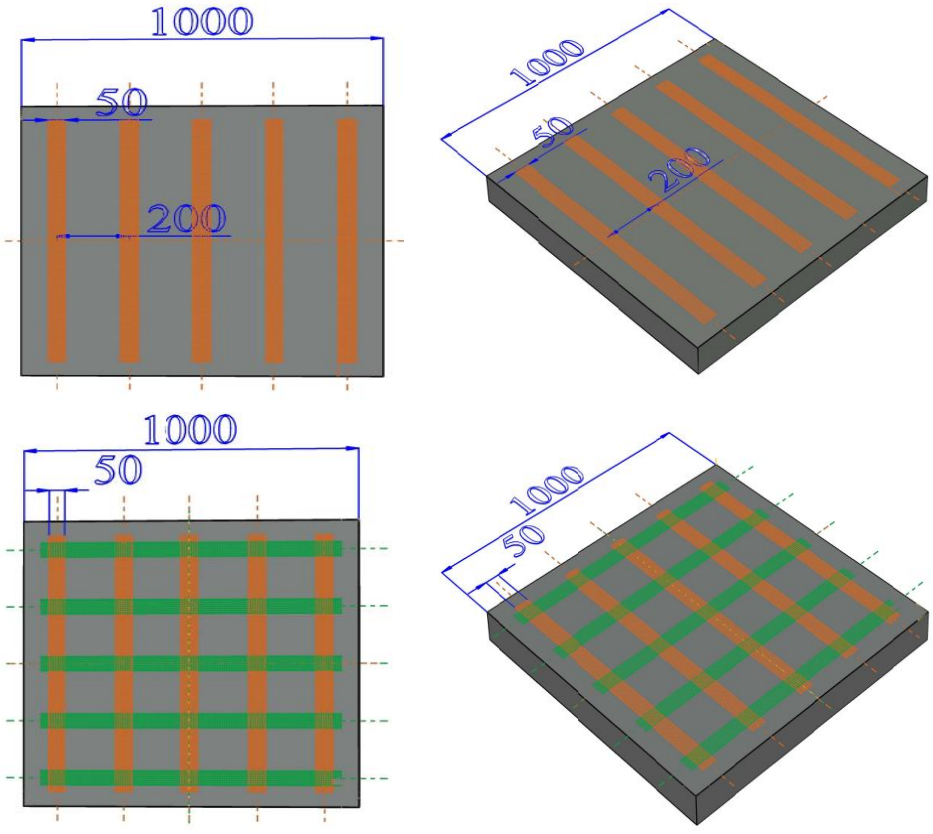
Çizelge 3.10. Tamires R8 çimento esaslı yapısal tamir harcı hakkında teknik özellikler

Ürün tanımı	Çimento esaslı, tek bileşenli, polimer ve fiber takviyeli, tiksotropik yapısal tamir harcıdır.
Kullanım Alanları	Taşıyıcı Kolon, Kiriş ve Perde Onarımları Döşeme ve Plak Onarımları Pas Payı Eksiklerinin Onarımı Liman, İskele ve Su Yapıları Onarımları Korozyon Onarımları
Özellikleri ve Avantajları	Yüksek Aderans Yüksek Basınç Dayanımı Tiksotropik Özellik Klor ve Sülfat Ataklarına Dayanım Yağlara Karşı Dayanım
Betona Yapışma Dayanımı TS EN 1542 (N/mm²) (28 Gün)	> 2
Elastisite Modülü Eğilme Dayanımı TS EN 13412 (GPa) (28 Gün)	> 20
Kapiler Su Emme TS EN 13057 (kg/m²h0,5)	≤ 0,5
Uygulama Kalınlığı (mm)	10-40
Tam Kürlenme Süresi (+20ºC)	28 Gün
Depolama ve Raf Ömrü	Açılmamış orjinal ambalajında, serin ve kuru ortamda, dondan korunarak depolanmalıdır. Kısa süreli depolamalarda, en fazla 3 palet üst üste konulmalı ve ilk giren ilk çıkar sistemiyle sevkiyat yapılmalıdır. Uzun süreli depolamalarda ise, paletler üst üste konulmamalıdır. Uygun depolama koşullarında üretim tarihinden itibaren 12 aydır. Açılmış ambalajlar uygun depolama koşullarında saklanarak bir hafta içinde kullanılmalıdır.
Eğilme Dayanımı	> 7 (N/mm²) (28 Gün)

3.1.7. Kullanılan Malzemelerin Deneye Hazırlanması

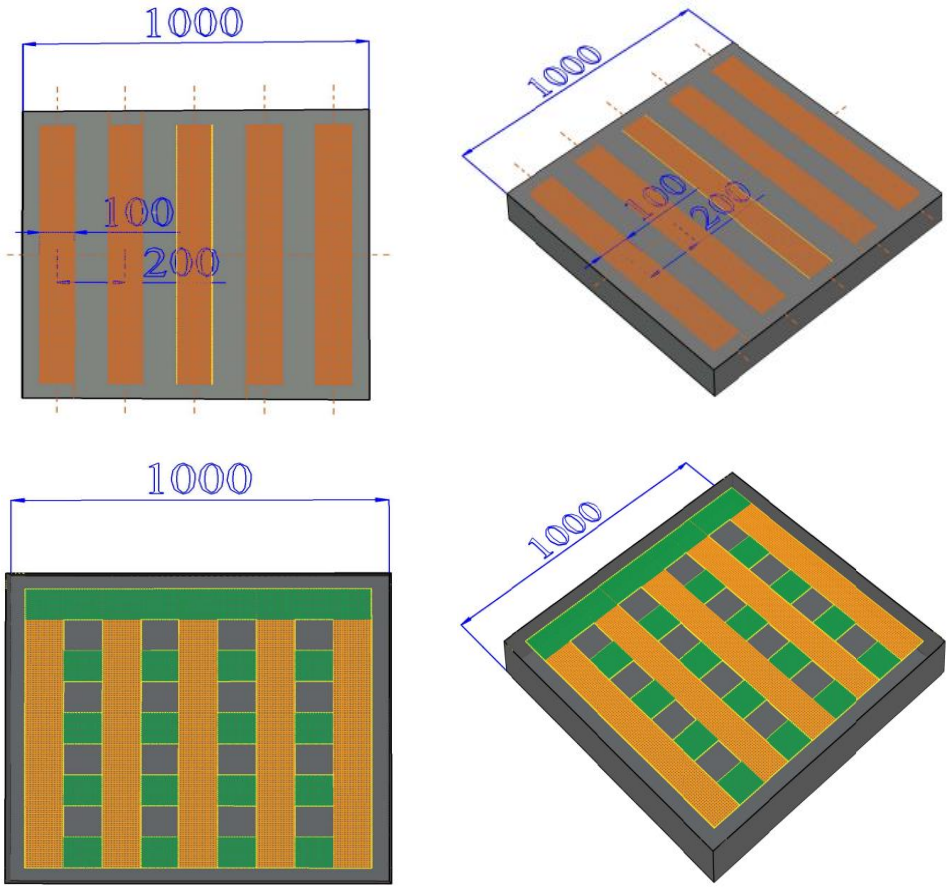
Bu deneysel çalışma kapsamında, bazalt ve tekstil ile takviye edilmiş sıva katmanı (TTESK) ile güçlendirilmiş betonarme döşemelerin statik ve dinamik yükler altındaki davranışının incelenmiştir. Bu amaçla 1000×1000×80 mm boyutlarında 18 adet betonarme döşeme üretilmiştir. Bu numunelerin iki tanesi güçlendirilmeden test edilmiştir. Bütün döşemelerde Q188/188 6 mm çaplı 150×150 mm açıklığında hasır çelik kullanılmıştır. Üretimi yapılan tüm betonarme döşemelerde beton sınıfı, donatı çeliği ve boyutları sabit tutulmuştur.

Kullanılan güçlendirme malzemesi, uygulama yönü ve uygulama genişliği değişken parametreler olarak belirlenmiştir. Deneylerde betonarme döşemelere 50 mm ve 100 mm uzunluğa sahip olan bazalt tekstil fiber file 4 farklı konfigürasyonda uygulanmıştır. Bu uygulama doğrultusunda, döşemelerin alt yüzeyine; ortogonal tek doğrultulu, ortogonal çift yönlü, diyagonal tek doğrultulu ve diyagonal çift yönlü olmak üzere TTESK uygulanması tasarlanmıştır. Şekil 3.26 bazalt tekstil genişliği 50 mm olan, Şekil 3.28'de ise bazalt tekstil genişliği 100 mm olan tasarımlar sunulmuştur.



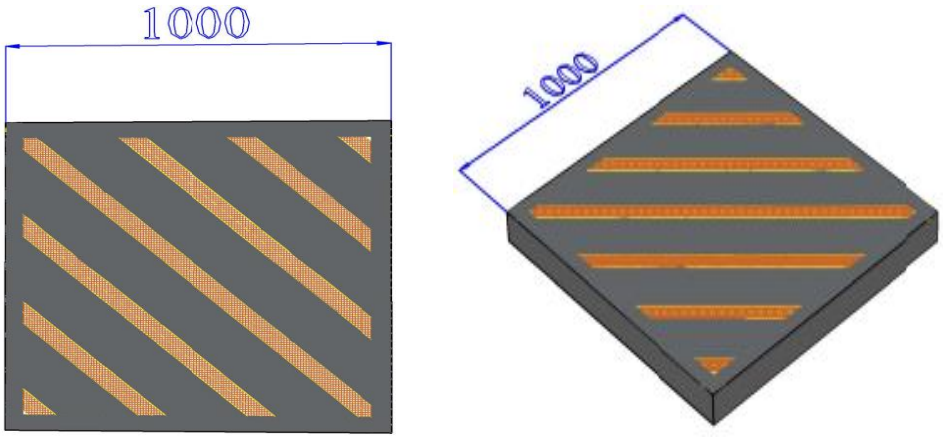
Şekil 3.26 Ortogonal Tek Doğrultulu ve Ortogonal Çift Doğrultulu (50 mm)

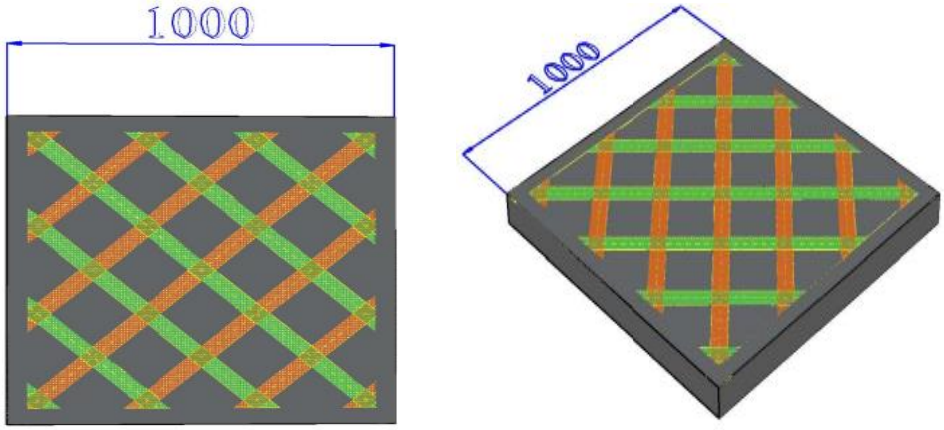
Aşağıda verilen şekil 3.27 de bazalt tekstil genişliği 100 mm olan tasarımlar sunulmuştur.



Şekil 3.27 Ortogonal Tek Doğrultulu ve Ortogonal Çift Doğrultulu (100 mm)

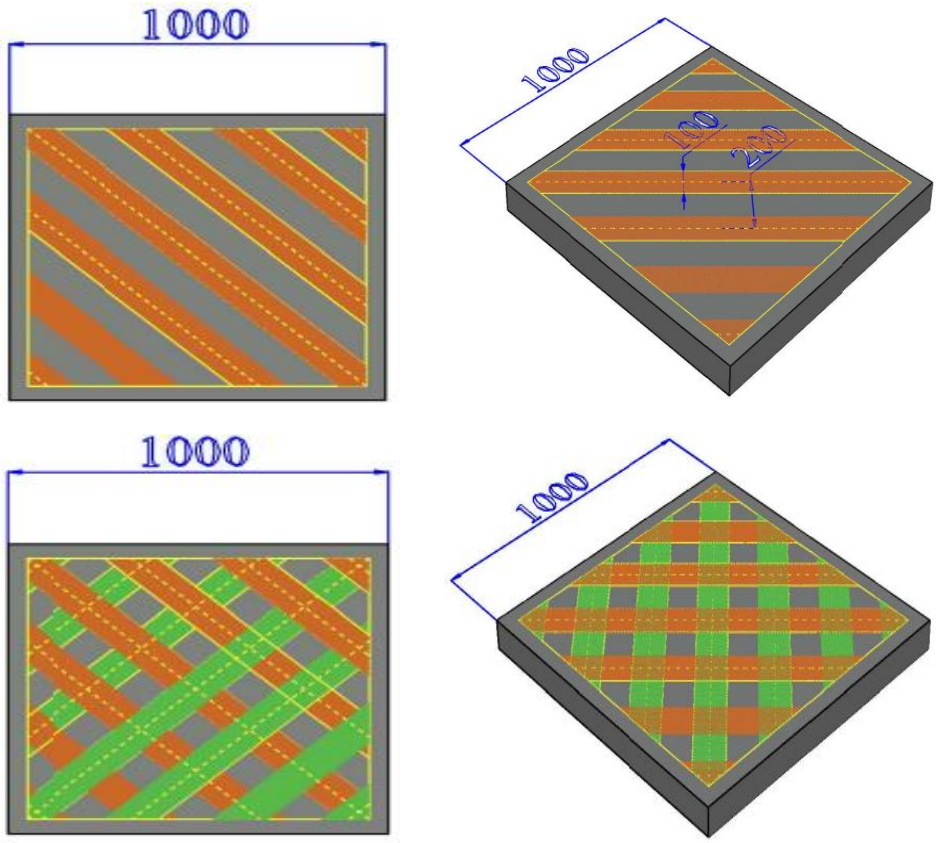
Aşağıda verilen şekil 3.28 de bazalt tekstil genişliği 50 mm ve diyogonal olan tasarımlar sunulmuştur.





Şekil 3.28. Diyagonal Tek Doğrultulu ve Diyagonal Çift Doğrultulu (50 mm)

Aşağıda verilen şekil 3.29 da bazalt tekstil genişliği 100 mm ve diyogonal olan tasarımlar sunulmuştur.



Şekil 3.29 Diyagonal Tek Doğrultulu ve Diyagonal Çift Doğrultulu (100 mm)

Bazalt tekstil fiber file uygulaması yapılacak olan döşemeler, vinç yardımı ile ters çevrilerek ahşap takozlar üstüne oturtulmuştur. Döşemelerin alt yüzeyleri bazalt tekstil fiber file montajına uygun pozisyona getirilmiştir.

Bazalt tekstil file montajı yapılacak olan kısımlar döşeme üzerinde kalem ile çizilmek üzere belirlenmiştir. Daha sonra aderans yüzeyini arttırmak ve üniform bir özellik sağlanmak amacıyla belirtilen kısımlar, kırıcı delici yardımıyla pürüzlendirilmiştir (Şekil 3.30).



Şekil 3.30. Bazalt fiber file uygulanacak yerlerin döşeme üzerinde belirlenmesi

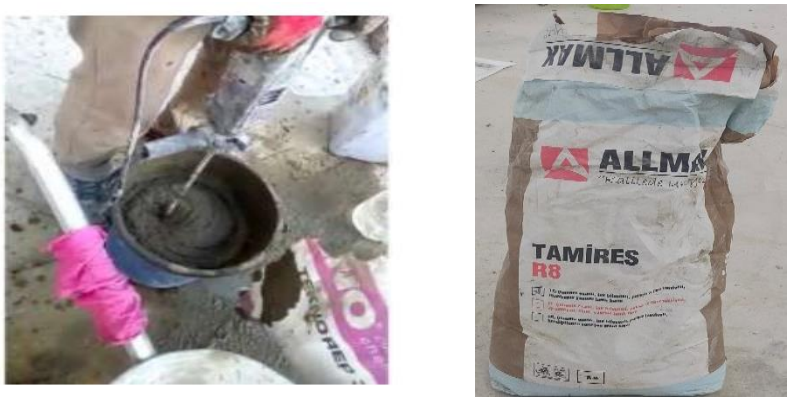
Bu deneysel çalışma için üretilen betonarme döşeme 18 adettir. Bu döşemelerden 2 tanesi referans numune olarak kullanılmıştır. Deneysel çalışma kapsamında değişken parametreler, bazalt tekstil güçlendirme malzemesinin genişliği ve konfigürasyonu olmuştur.

Farklı konfigürasyon ve boyutların etkilerini karşılaştırabilmek için 50 mm genişliğinde bazalt tekstil file kullanılarak ortogonal ve diyagonal 8 adet betonarme döşeme ve 100 mm genişliğinde bazalt tekstil file kullanılarak ortogonal ve diyagonal 8 adet betonarme döşeme kullanılmıştır. Aşağıda verilen Şekil 3.31 50 mm bazalt tekstil file kullanılan döşemelerde ortogonal ve diyagonal yerleşimi sunulmuştur.



Şekil 3.31. Bazalt tekstil file uygulaması

Betonarme döşemeler pürüzlendirildikten sonra bazalt tekstillerin montajı aşamasına geçilmiştir. Bazalt tekstil file 50 mm ve 100 mm olarak tasarlanan boyutlarda endüstriyel makasla kesilmiştir. Betonarme döşeme pürüzlendirilip, bazalt tekstil file yerleştirildikten sonra Tamires R8 yapısal tamir harcı teknik kılavuzdaki belirtilen miktarda su ile birleştirilerek matkap ucuna yerleştirilen aparatla beraber malzeme homojen olana kadar karıştırılmıştır. Tamir harcı betonarme döşeme üzerine bazalt tekstil filenin yerleşeceği yüzeye yaklaşık 2 mm kalınlığında sıvanmıştır. Daha sonra el kuvveti ile bazalt tekstil file harca gömülüp 2 mm kalınlığında bir kat daha tamir harcı uygulanmıştır. (Şekil 3.32).



Şekil 3.32 Tamires R8 yapısal tamir harcı

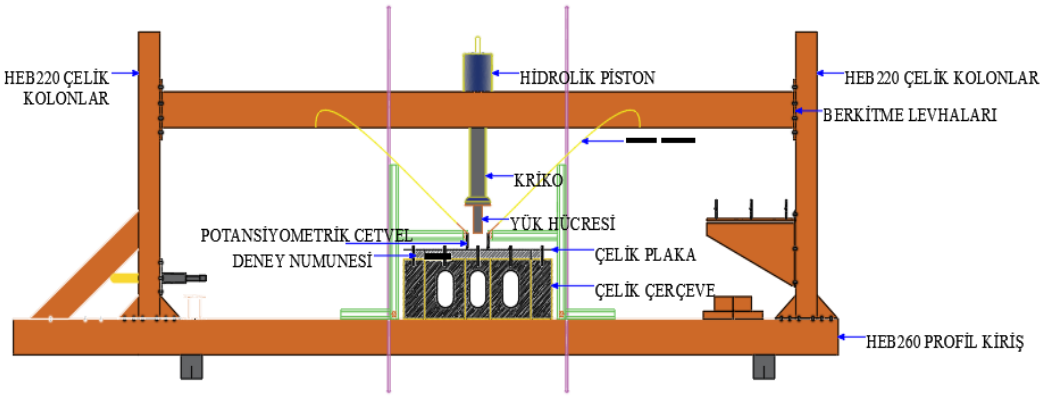
3.2. Statik Deneylerde Materiyal

Bu deneysel çalışma kapsamında tekstil ile takviye edilmiş sıva katmanı (TRM) ile güçlendirilmiş döşemelerin statik ve dinamik yükler etkisi altındaki davranışı deneysel olarak incelenmiştir. Güçlendirilmiş döşemelerde statik yük etkisini incelemek için yükleme çerçevesi, yük aktarma çekici, hidrolik yük kontrol ünitesi, potansiyometrik cetveller ve veri toplama cihazları kullanılmıştır.

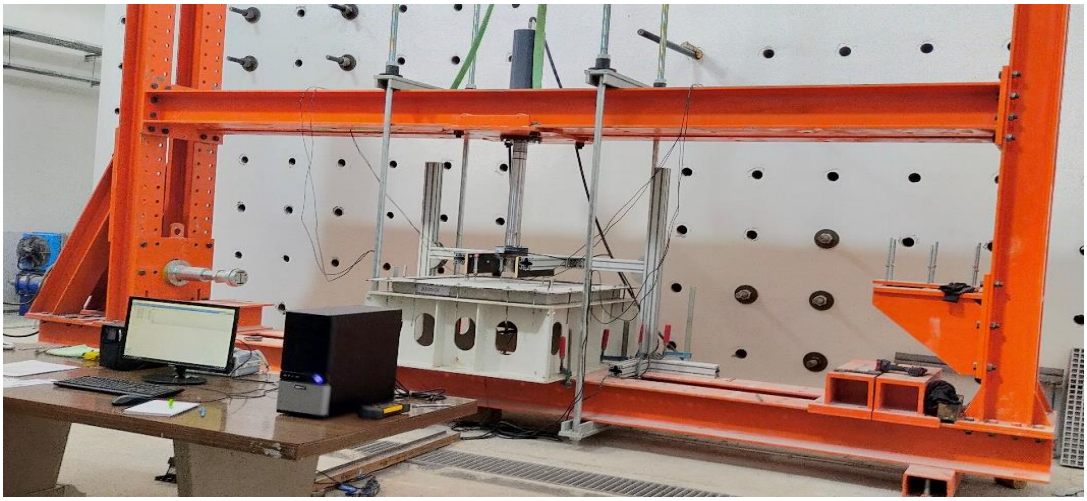
3.2.1.Yükleme çerçevesi deney düzeneği

Statik yüklemenin incelenmesi için tasarlanan deney düzeneği, HEB220 çelik profil kolonlar ve HEB 260 profil kirişlerle oluşturulmuştur. Yük hücresi, 600 kN kapasiteli hidrolik piston, kriko, gövde alt ve üst başlık, döşemelerin konulduğu çelik çerçeveden ve

berkitme levhalarından oluşmaktadır. Deney düzeneği ölçüleri 3000 mm uzunluğa ve 500 mm yüksekliğe sahiptir. St37 malzeme ile imal edilmiştir. Şekil 3.33 ve Şekil 3.34'de yükleme çerçevesi deney düzeneği gösterilmiştir.



Şekil 3.33. Yükleme çerçevesi deney düzeneği



Şekil 3.34. Yükleme çerçevesi deney düzeneği

3.2.2. Hidrolik yükleme kontrol ünitesi

Hidrolik kontrol ünitesi ile deney elemanlarında aktarılan yük, yük aktarma çekici aracılığla deney elemanlarına etki etmektedir. Hidrolik yükleme kontrol ünitesi,kapalı devre hidrolik pompası vasıtasıyla kullanıcı kontrollü yük uygulaması sağlamaktadır. Bu deneysel çalışmada Yüksel Kaya Makina firmasına ait bilgisayar kontrollü hidrolik yükleme ünitesi kullanılmıştır. Kontrol ünitesi yardımı ile yükleme hızı N/cm2 /sn olarak belirlenebilmektedir. Kontrol paneli yardımıyla numuneye etki eden yük, anlık olarak gözlemlenebilmektedir. Ünite üzerinde bilgiler kgf biriminde görülmekte ve RS 232 ara

birimi ile bilgisayara aktarılmaktadır (Anonim, 2020). Şekil 3.35 de hidrolik yükleme kontrol ünitesi gösterilmiştir.

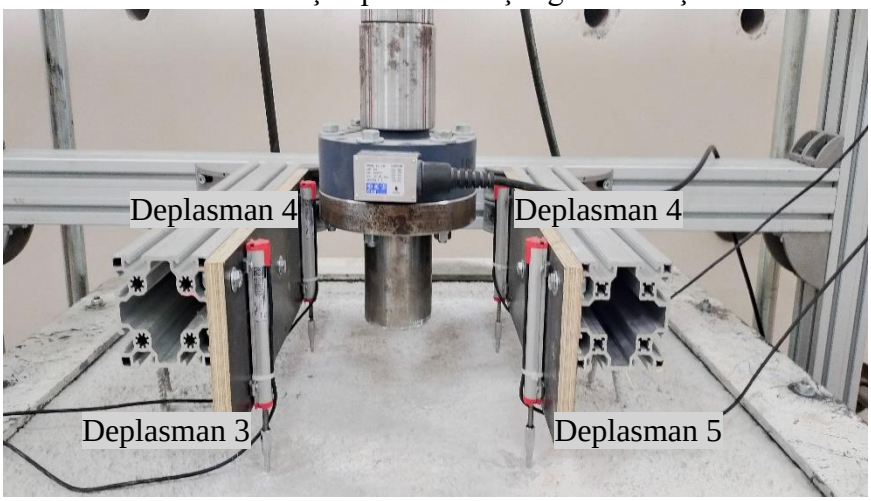


Şekil 3.35. Hidrolik yükleme kontrol ünitesi

3.2.3. Ölçüm cihazları

3.2.3.1. Potansiyometrik konum algılayıcısı

Bu deneysel çalışmada betonarme numunelerde meydana gelen deplasmanları ölçmek için 5 adet deplasman ölçer kullanılmıştır. Opkon firmasının ürettiği SLPS tipi 5 adet lineer potansiyometre kullanılmıştır. Deney elemanlarının üst kısmında meydana gelen deplasmanları ölçmek için 4 adet, altı kısmında meydana gelen deplasmanları ölçmek için bir adet deplasman ölçer kullanılmıştır. Şekil 3.36 ve Şekil 3.37 de Deney elemanları üzerinde konumlandırılmış deplasman ölçer gösterilmiştir.



Şekil 3.36. Deney numunesinin üst kısmına yerleştirilmiş potansiyometrik cetveller



Şekil 3.37. Deney numunesinin alt kısmına yerleştirilmiş potansiyometrik cetveller

3.2.4. Veri toplama cihazları

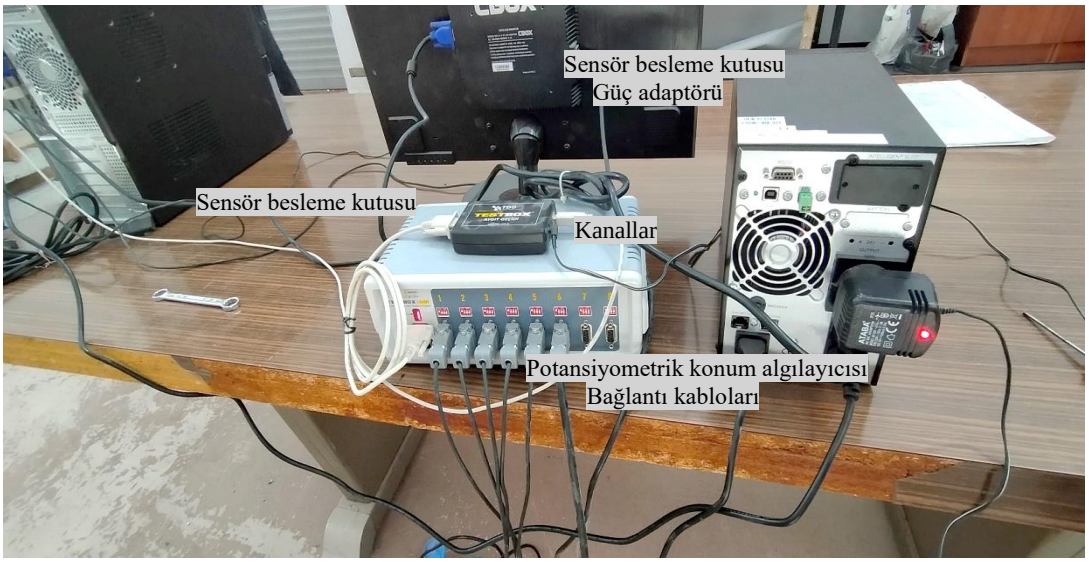
Deplasman ölçerlerde meydana gelen verileri dijital veriye dönüştürerek bilgisayar ortamına aktarılmasını sağlayan, Teknik Destek Grubu firmasına ait TESTBOX1001 veri toplama cihazı kullanılmıştır. Bu verilerin kontrol edilebilmesi için aynı firma tarafından üretilen EASYTEST BASIC veri toplama yazılımı kullanılmıştır. Sisteme cihaz tanıtıldıktan sonra veri toplama sistemine bağlanacak sensörler kalibre edilmiştir. Burada her sekme bir cihazı temsil etmiştir. Sekmelerin üzerinde yazan her numara bir cihazı temsil etmiştir. Böylece ölçüm aygıtlarında meydana gelen sinyaller zamana bağlı anlık olarak gözlemlenebilmiştir. TESTBOOX veri toplama aygıtının teknik özellikleri Çizelge 3.11'de sunulmuş, Şekil 3.38 de TESTBOOX veri toplama aygıtı gösterilmiştir.

Çizelge 3.11. TESTBOX1001 veri toplama aygıtı teknik özellikleri (Anonim, 2020)

ÖZELLİK	DEĞERLER
Ölçüm Çözünürlüğü	16 bit/±10V ölçüm bölgesi/65536 adım/ 0,000305V hassasiyet

Çizelge 3.11. TESTBOX1001 veri toplama aygıtı teknik özellikleri (devam)

Kanal Sayısı	Tek cihazda 8 kanal. Tek USB portundan 64 kanala kadar genişleyebilir.
Sinyal İşleme	Her kanal tümleşik bağımsız sinyal işleme altyapısına sahiptir.
Veri Toplama Hızı	8 örnek/saniye/kanal-kanal sayısından bağımsızdır.
Ölçüm Aralığı	10mV seviyesinden ±10V seviyesine kadar
Kanal Kazançları	1/150/247/396/494/643/740/890 Her kanal için bağımsız ayarlanabilir.
İkaz Gerilimi	5V/10Vseçilebilir ikaz gerilimi Her kanal için ayrı ayarlanabilir.
Konnektör Yapısı	DSUB9
KutuTipi Ve Boyutu	(288x103x160 mm) Metal kutu
Çalışma Sıcaklığı	-20°C ~ +50 °C



Şekil 3.38. TESTBOOX veri toplama aygıtı

3.3. Dinamik Deneylerde Yöntem

Bazalt tekstil file ile güçlendirilmiş betonarme döşemelerin dinamik ve statik yükler etkisi altındaki davranışı ve tepkileri; bazalt tekstil filenin şerit genişliği, konfigürasyonu değişken parametreler olarak belirlenerek deneysel olarak incelenmiştir.

Betonarme döşemelerin diğer özellikler belirtilen değişken parametreler haricinde sabit tutulmuştur.

Bu deneysel çalışma kapsamında beton silindir basınç dayanımı 25 MPa'dır. Tüm betonarme döşemelerde Q188/188 6 mm çaplı 150×150 mm açıklığında hasır çelik kullanılmıştır. Düşü yüksekliği 1,50 m ve çarpma yükünü taşıyan çekicin ağırlığı 84 kg olarak belirlenmiştir. Çekicin betonarme döşeme yüzeyine ulaşıncaya kadar uğradığı sürtünme kuvveti ihmal edilmiştir. Üretilen tüm betonarme döşemeler 1,236 kj enerjiye maruz bırakılmıştır.

Bu deneysel çalışmada bazalt tekstil file şerit genişliği 50 mm ve 100 mm olmak üzere ortogonal ve diyagonal dört tür şerit yerleşim şekilleri değişken olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında 18 adet betonarme döşeme deney elemanı olarak kullanılmıştır. Deney elemanlarının isimlendirilesi ve değişken parametreler Çizelge 3.12'de sunulmuştur.

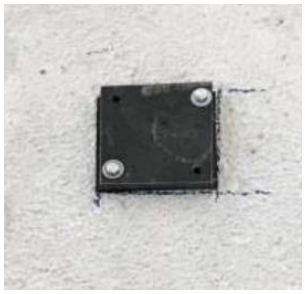
Çizelge 3.12. Deney elemanlarının isimlendirilmesi için kullanılan semboller

Sembol	Özellik
B	Bazalt
50	50 mm şerit genişliği
100	100 mm şerit genişliği
Or	Ortogonal
Di	Diyagonal
s	Single direction (Tek yön)
d	Double direction (Çift yön)

Betonarme döşemeyi güçlendirmek için bazalt tekstil file döşemeye yerleştirildikten sonra tamir harcının nihai dayanımını kazanması için 10 gün beklenilmiştir.

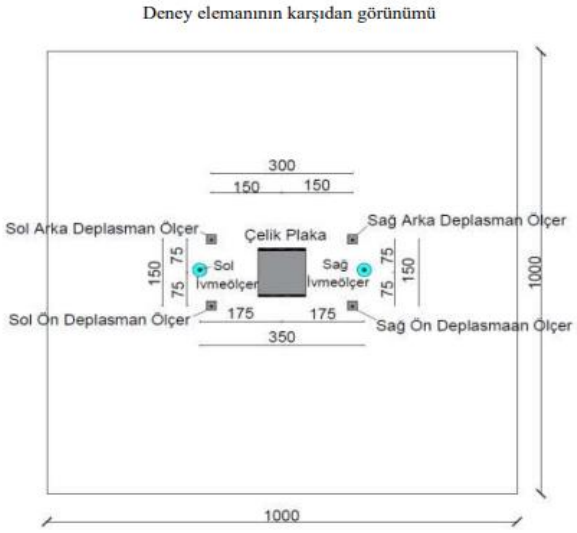
Deney elemanları vinç yardımıyla IPE 500 profile sahip çelik bir platform üzerine çarpma yükü uygulanması amacıyla yerleştirilmiştir. Darbe yükünün büyüklüğü, kuvars darbe yükü algılayıcısının çekice monte edilmesiyle ölçülmüştür. Delme etkisinin meydana gelmesini engellemek amacıyla çarpma yükünü sağlayacak çekiç ile betonarme döşeme arasına çelik plak, çelik plak ile döşeme arasına da neopren tipi kauçuk malzeme

yerleştirilmiştir. Bu malzeme çarpma yükünün betonarme döşeme üzerine üniform bir şekilde dağılmasını sağlayacaktır. Çarpma yüklemesi deney elemanlarının merkezine uygulanacağından neopren kauçuk ve çelik plağın montajı da çekicin düşürüleceği doğrultuda deney elemanının merkezine çelik dübeller yardımıyla vidalanarak sabitlenmiştir (Şekil 3.39).



Şekil 3.39. Deney elemanının merkezine sabitlenmiş neopren kauçuk ve çelik plak

Bu deneysel çalışma kapsamında çarpma yükü etkisiyle deney elemanlarında meydana gelen ivmelerin zaman – tanım değişimleri ivmeölçer ile belirlenmiştir. Şekil 3.40 da gösterildiği gibi ivmeölçerler, betonarme döşeme merkezinin sağ ve sol tarafında 175 mm uzaklıkta bulunan merkeze eşit uzaklıktaki iki noktaya pirinç aparatı kullanılarak yerleştirilmişlerdir. Çarpma yükü etkisiyle deney elemanlarında meydana gelen deplasmanlar potansiyometrik konum algılayıcıları aracılığıyla belirlenmiştir. Potansiyometrik konum algılayıcıları deney elemanının merkez noktasından sağ ve sol yönünde 150 mm mesafede 75 mm aşağı ve 75 mm yukarı yönde olmak üzere dört noktaya yerleştirilmiştir.



Şekil 3.40. Deney elemanının üstten görünümü

Deneye hazır hale getirilen betonarme döşemenin mesnet üzerine yerleştirilmesinden sonra gerekli sabitleme ve montaj işlemlerinin ardından çarpma yükü etkisi altında meydana gelen ölçümlerin transferini sağlamak için modern ölçüm teknikleri kullanılmıştır. Bu doğrultuda ivmeölçerler de kuvars darbe yükü algılayıcısı NI 9234 veri elde etme cihazına bağlanmıştır. Potansiyometrik konum algılayıcılar sensör besleme kutusuna, sensör besleme kutusu ise NI 9201 veri toplama cihazının vidalı terminal bölümüne bağlanmıştır. Kullanılan tüm veri toplama cihazları, NI cDAQ - 9174 veri toplama ana gövdesine, veri toplama ana gövdesi de USB 2.0 bağlantısı ile bilgisayara bağlanmıştır. Bu deneysel çalışmada ölçüm cihazlarının kalibrasyon işlemi LabVIEW SignalExpress yazılım programı aracılığıyla gerçekleştirilmiş ve veriler kaydedilmiştir.

Betonarme döşemelerin deneysel çalışmaya uygun hale getirilmesi Şekil 3.57 de sunulmuştur. Bu deneysel çalıma kapsamında on sekiz adet deneysel eleman çarpma yükü-zaman, sol ivme-zaman, sağ ivme-zaman, sol arka deplasman-zaman, sağ arka deplasman-zaman, sol ön deplasman - zaman, sağ ön deplasman - zaman, birim deformasyon-zaman ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerden elde edilen verilerin değerlendirilmesi DIAdem yazılım 75 programı ile incelenmiştir. Deneysel çalışma kapsamında çalışma sonunda çarpma yükü etkisi altında betonarme döşemelerde meydana gelen hasarlar incelenmiştir.

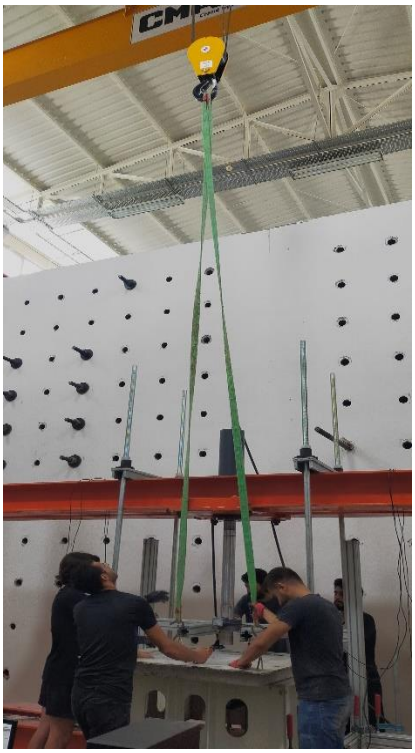
3.4. Statik Deneylerde Yöntem

Bu deneysel çalışma kapsamında; betonarme betonu, çelik hasır, bazalt tekstil file ve yapısal tamir harcı kullanılmıştır. Kullanılan bu temel malzemelere ait özellikler dinamik deneylerde materiyal ve yöntem bölümünde incelenmiştir. Donatı çeliği,beton,bazalt tekstil file,çimento esası tamir harcı,kullanılan malzemelerin deneye hazırlanması ve yöntem dinamik deneylerde kullanılanlar ile aynı özellikleri göstermektedir. Statik deneyler için hazırlanan numuneler Şekil 3.41 de gösterilmiştir.



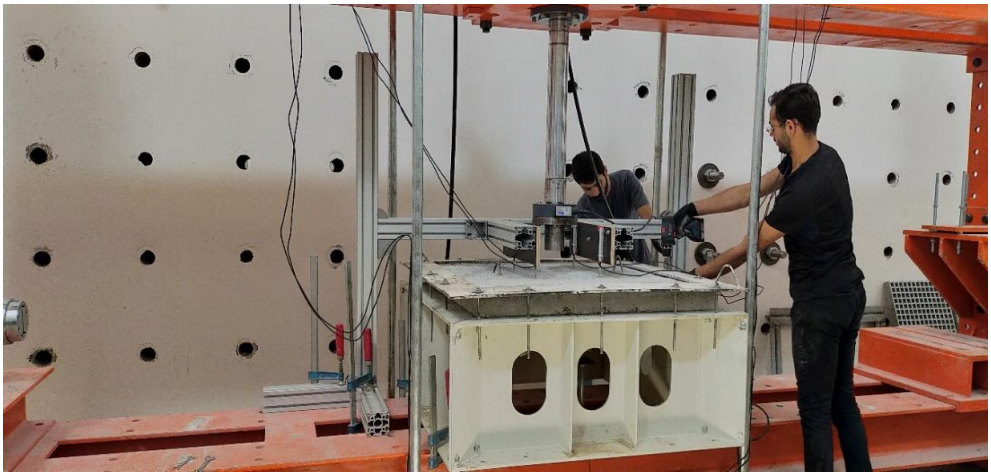
Şekil 3.41. Statik deneyler için hazırlanan numuneler

Deney numuneleri vinç yardımıyla deney düzeneğine taşınmıştır. Referans numunesinin deney düzeneğine taşınması Şekil 3.42 de gösterilmiştir.



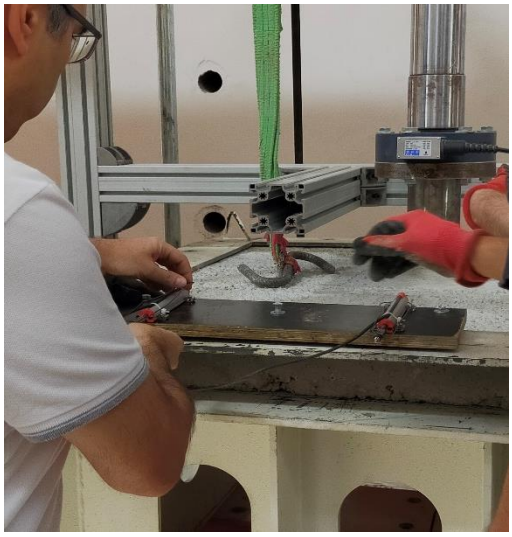
Şekil 3.42. Referans numunenin deney düzeneğine sabitlenmesi

Deney numunesi düzeneğe yerleştirildikten sonra çelik plaka ve çelik çerçeve bağlantı vidaları matkap ile sabitlenmiştir. Bu aşamada deney numunesi deney düzeneğine sabitlenmiştir. Aşağıda Şekil 3.43 de deney elemanının deney düzeneğine sabitlenmiş hali sunulmuştur.



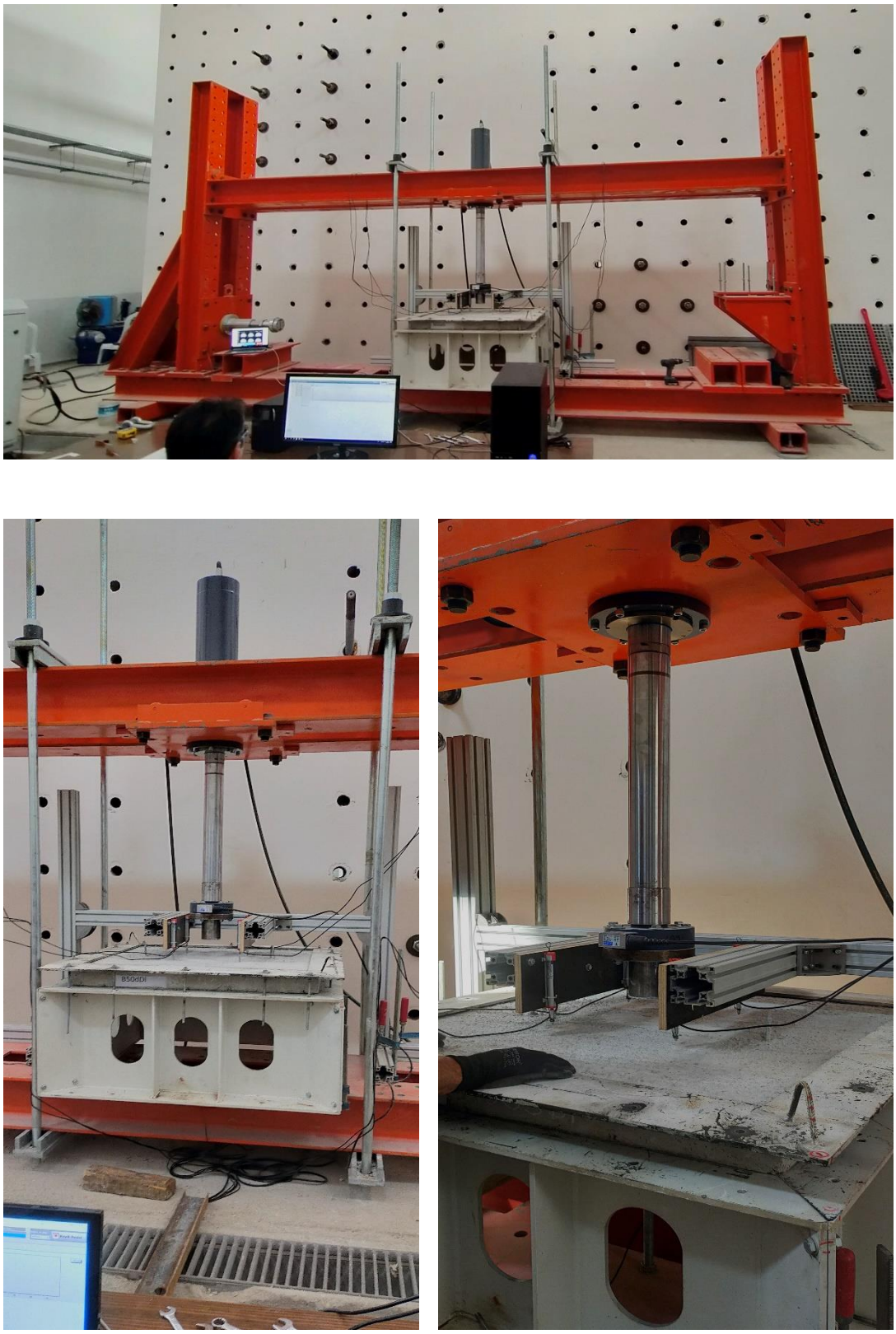
Şekil 3.43. Deney elemanının deney düzeneğine sabitlenmesi

Deney elemanı sabitlendikten sonra deplasmanları ölçmek amacıyla potansiyometrik cetveller yerleştirilmiştir.4 adet potansiyometrik cetvel numunenin üstüne ve 1 adet potansiyometrik cetvel numunenin altına yerleştirilmiştir. Şekil 3.44 da potansiyometrik cetvellerin numuneye yerleşimi gösterilmiştir.



Şekil 3.44. Potansiyometrik cetvellerin numuneye yerleşimi

Deney elemanı deney düzeneğine yerleştirilmiştir. Verilerin bilgisayara aktarılmasını sağlayan bağlantı kabloları kontrol edilmiş, bilgisayara aktarıma hazır hale getirilmiştir. Deney elemanının deneye hazırlanmış hali Şekil 3.45 da sunulmuştur.



Şekil 3.45. Deney numunesinin deneye hazırlanmış hali

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Dinamik Deneylerde Bulgular

Deneysel çalışmanın bu kısmında bazalt tekstil file ve çimento esaslı yapısal tamir harcı ile güçlendirilmiş deney elemanlarının dinamik yük etkisi altındaki davranışlarının gözlemlenmesi hedeflenmiştir. Bu sebeple farklı ölçüm teknikleri kullanılarak elde edilen ivme-zaman, deplasman-zaman, gerilme-zaman ölçümleri ve meydana gelen çatlak dağılımları tüm deney elemanları için incelenmiştir.

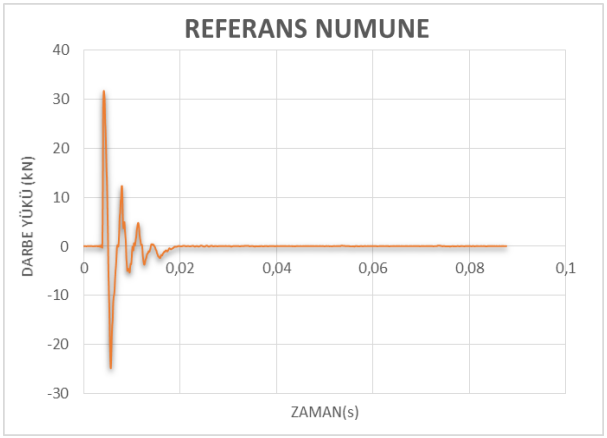
4.1.1. Referans numunesi

Dinamik yük etkisi altında güçlendirilmiş betonarme döşemeler ve güçlendirme uygulanmamış betonarme döşemelerin özelliklerinin kıyaslanabilmesi amacıyla referans betonarme döşemesi üretilmiştir. Bu nedenle herhangi bir güçlendirme uygulanmamıştır. Referans deney elemanı, düşü yüksekliği 1,50 m ve çarpma yükünü taşıyan çekicin ağırlığı 84 kg olarak uygulanmıştır. Üretilen tüm betonarme döşemeler 1,236 kj enerjiye maruz bırakılmıştır.

Uygulanan dinamik yükleme sonucunda referans numunesinde meydana gelen çarpma yükü 31,57 kN olarak ölçülmüştür. Bu dinamik yükleme sonucunda sol ivmeölçerde azami 218,63 g, asgari -171,96 g ivme değeri ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 216,88 g, asgari -96,09 g' dir. Çarpma yükü neticesinde Referans numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 2,93 mm, daimi deplasman ise 1,6 mm olarak ölçülmüştür.

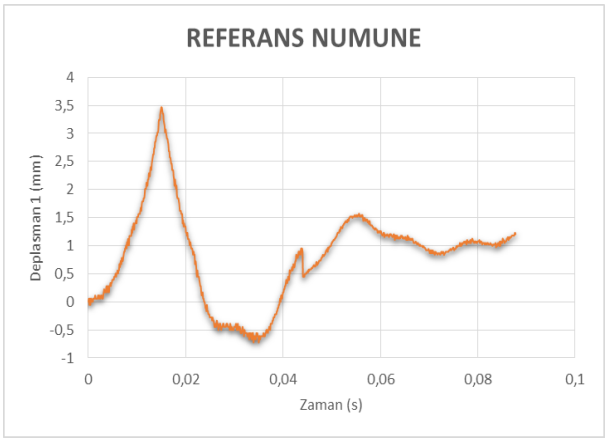
Referans deney elemanına çarpma yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşemenin alt kısmında derin hasarların oluştuğu gözlemlenmiştir.

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ dinamik yük sonucu referans numunesine etki eden çarpma yükü değerinin zaman-tanım alanında oluşan değişimleri Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



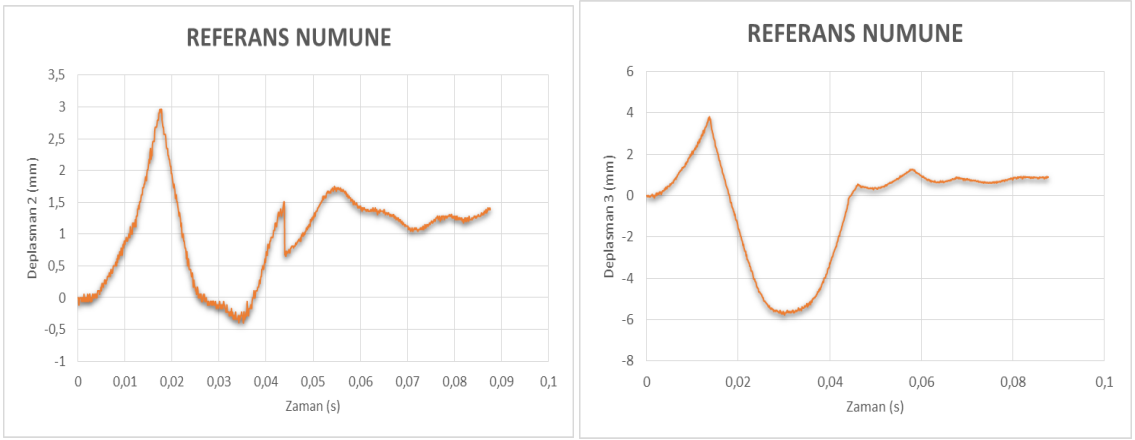
Şekil 4.1. Referans numunesine ilişkin dinamik yük-zaman diyagramı

Referans numunesinin zaman tanım alanında deplasman değerleri Şekil 4.2'de sunulmuştur.

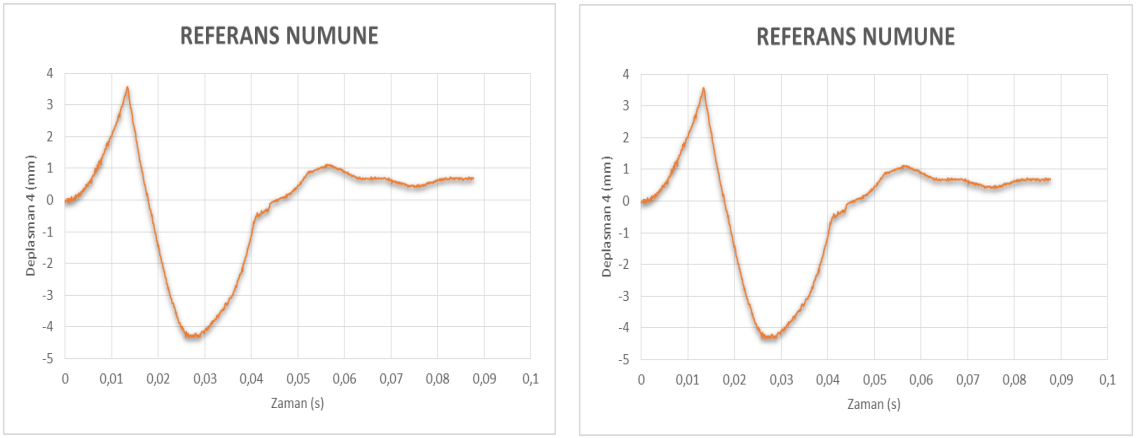


Şekil 4.2. Referans numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

Referans numunesinin orta kısmında meydana gelen 2, 3 ve 4 nolu deplasman verilerinin zaman tanım alanındaki değişimleri Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 sunulmuştur.

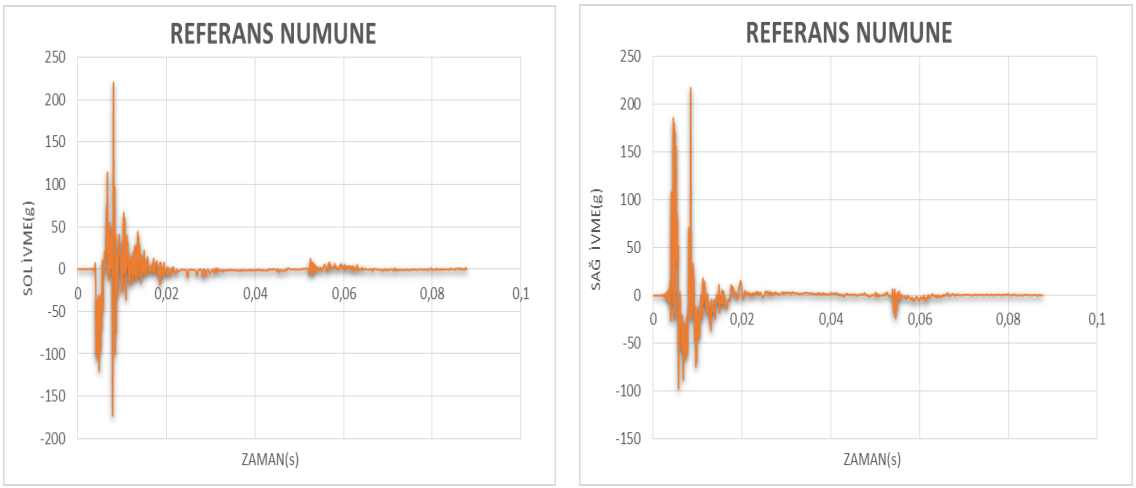


Şekil 4.3. Referans numunesine ilişkin deplasman 2-zaman ve deplasman 3-zaman diyagramı



Şekil 4.4. Referans numunesine ilişkin deplasman 4-zaman ve deplasman 5-zaman diyagramı

Deney elemanına etki ettirilen 1,236 kJ dinamik yükleme neticesinde sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki değişimleri Şekil 4.5 de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Referans numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı ve sağ ivme zaman diyagramı

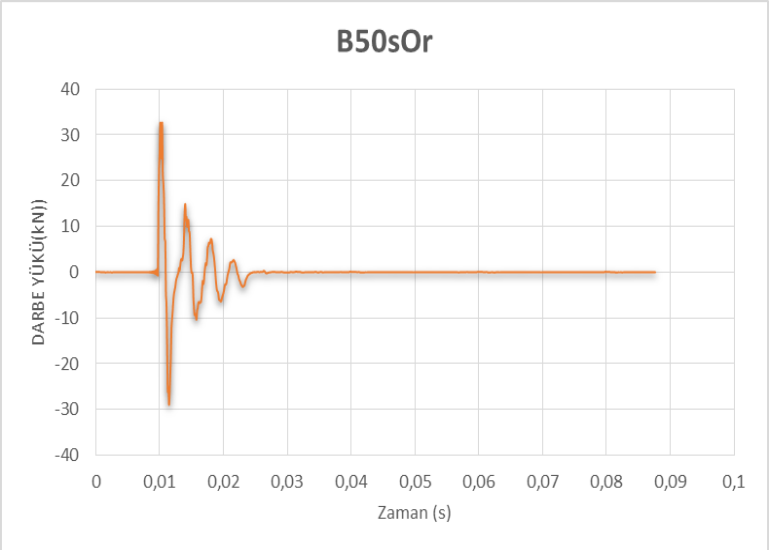
4.1.2. B50sOr numunesi

B50sOr numunesi genişliği 50 mm bazalt tekstil file ile ortogonal düzende tek yönlü güçlendirilen deney elemanıdır.

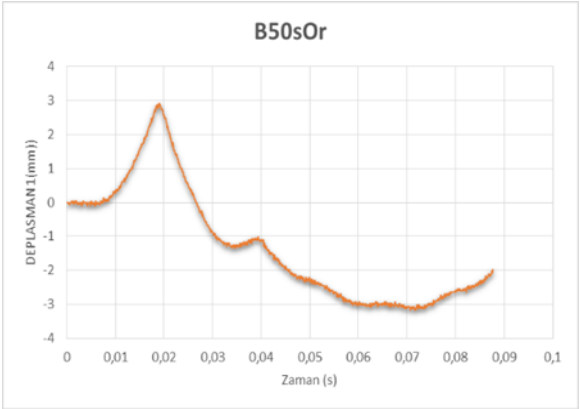
Uygulanan dinamik yükleme sonucunda B50sOr numunesinde meydana gelen çarpma yükü 32,69 kN olarak ölçülmüştür. Bu dinamik yükleme sonucunda sol ivmeölçerde, azami 348,24 g, asgari -217,61 g ivme değeri ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 344,31 g, asgari -146,60 g' dir. Çarpma yükü neticesinde B50sOr numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 2,92 mm, daimi deplasman ise 1,60 mm olarak ölçülmüştür.

B50sOr numunesine çarpma yüklemesi uygulanması sonucunda betonarme döşemede yapılan gözlemlerde, döşeme alt kısmında hasarların meydana geldiği fakat çatlak sayılarının azaldığı görülmüştür.

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ dinamik yük sonucunda B50sOr numunesine etki eden çarpma yükü değerinin zaman-tanım alanında oluşan değişimleri Şekil 4.6'de gösterilmiştir.

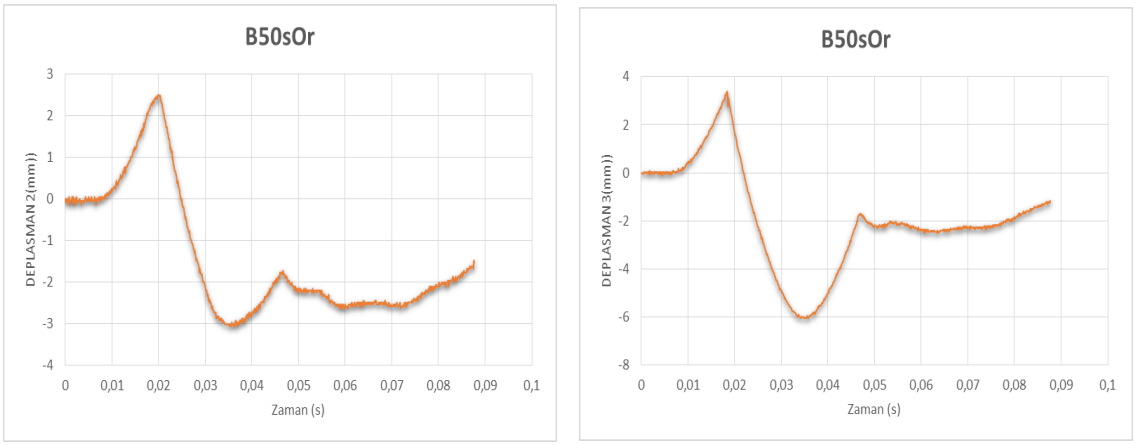


Şekil 4.6. B50sOr numunesine ilişkin dinamik yük-zaman diyagramı

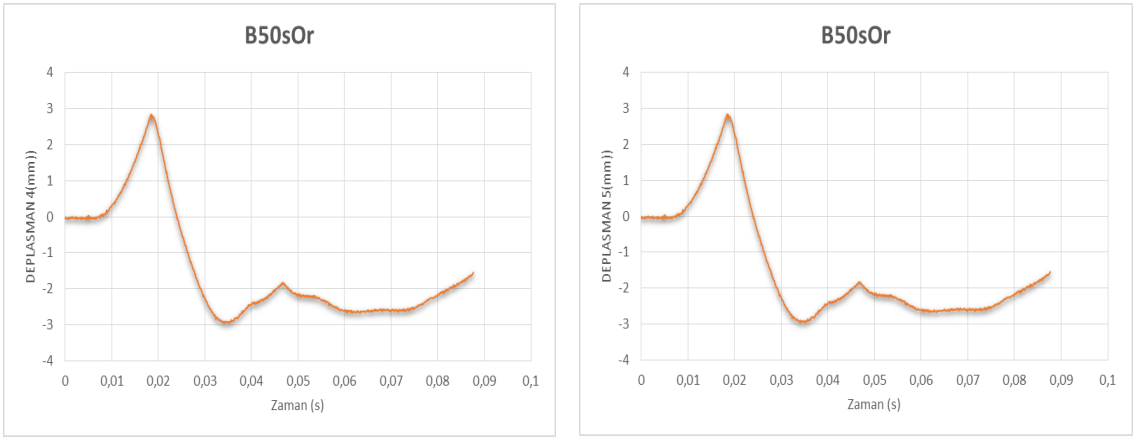


Şekil 4.7. B50sOr numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

B50sOr numunesinin orta kısmında meydana gelen 2, 3 ve 4 nolu deplasman verilerinin zaman tanım alanındaki değişimleri Şekil 4.7 ve Şekil 4.8 sunulmuştur.

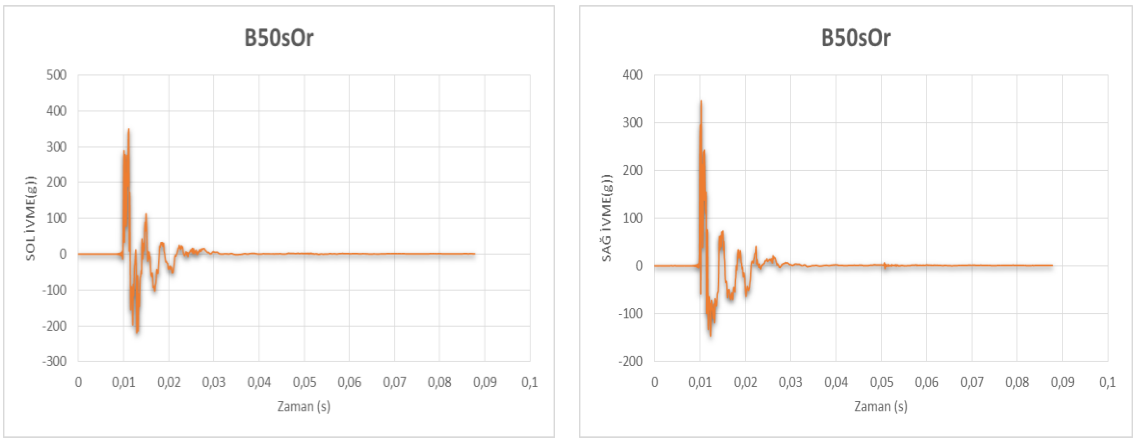


Şekil 4.8. B50sOr numunesine ilişkin deplasman 2-zaman ve deplasman 3-zaman diyagramı



Şekil 4.9. B50sOr numunesine ilişkin deplasman 4-zaman ve deplasman 5-zaman diyagramı

Deney elemanına etki ettirilen 1,236 kJ dinamik yükleme neticesinde sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki değişimleri Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10. B50sOr numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı ve sağ ivme zaman diyagramı

Deney tamamlandıktan sonra B50sOr betonarme döşemesinde çatlakların meydana geldiği görülmüştür. Deney elemanı incelendiğinde referans numuneye kıyasla daha az sayıda çatlak oluştuğu gözlenmiştir ve maksimum deplasmanda %19 azalma meydana geldiği görülmüştür. Aşağıda şekil 4.10 da B50sOr ve Referans döşemesinde meydana gelen hasarlar gösterilmiştir.



Şekil 4.11. B50sOr ve Referans döşemesinde meydana gelen hasarlar

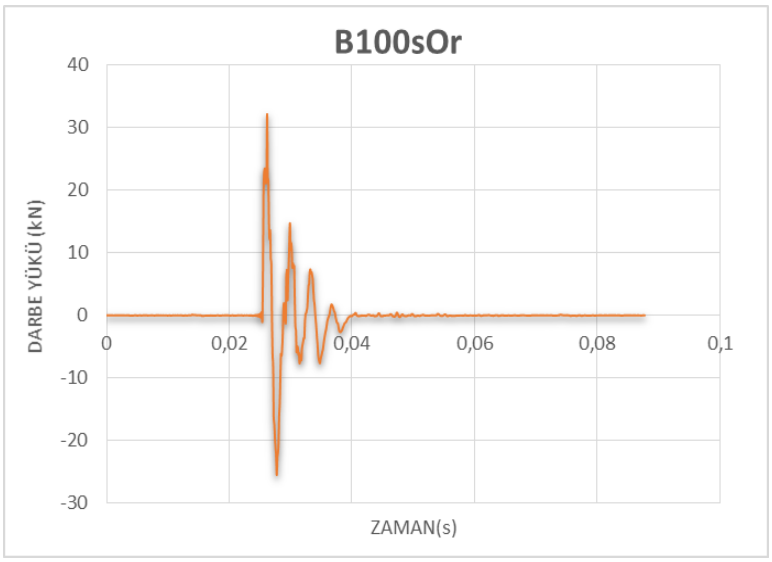
4.1.3. B100sOr numunesi

B100sOr numunesi genişliği 100 mm bazalt tekstil file ile ortogonal düzende tek yönlü güçlendirilen deney elemanıdır.

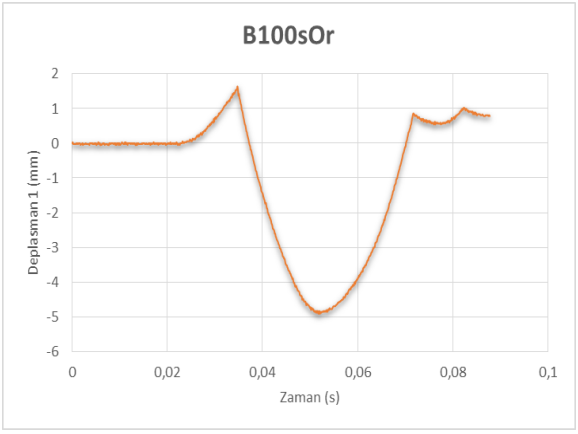
Uygulanan dinamik yükleme sonucunda B100sOr numunesinde meydana gelen çarpma yükü 32,14 kN olarak ölçülmüştür. Bu dinamik yükleme sonucunda sol ivmeölçerde, azami 392,17 g, asgari -319,21 g ivme değeri ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 384,98 g, asgari -256,09 g' dir. Çarpma yükü neticesinde B50sOr numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 1,71 mm, daimi deplasman ise 0,60 mm olarak ölçülmüştür.

B100sOr numunesine çarpma yüklemesi uygulanması sonucunda betonarme döşemede yapılan gözlemlerde, döşeme alt kısmında hasarların meydana geldiği fakat çatlak sayılarının azaldığı görülmüştür.

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ dinamik yük sonucunda B100sOr numunesine etki eden çarpma yükü değerinin zaman-tanım alanında oluşan değişimleri Şekil 4.12'de gösterilmiştir.

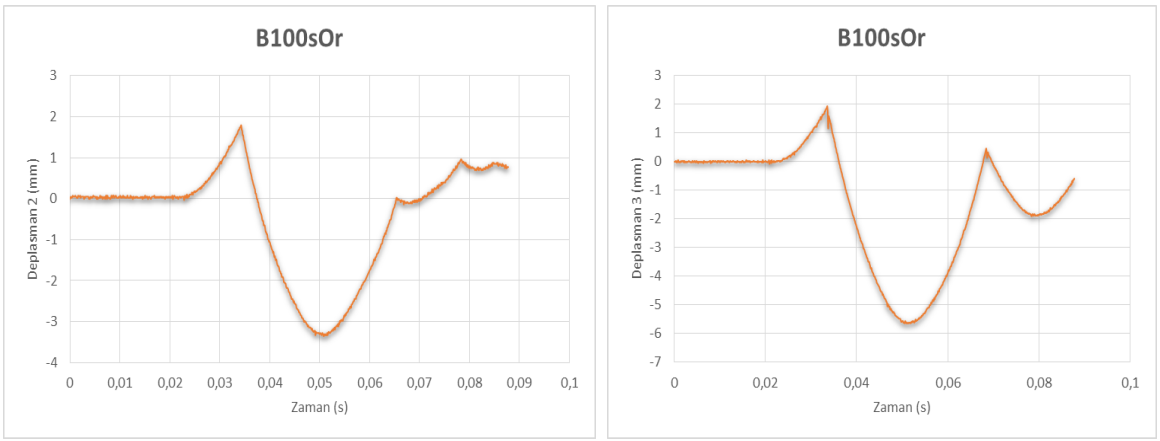


Şekil 4.12. B100sOr numunesine ilişkin dinamik yük-zaman diyagramı

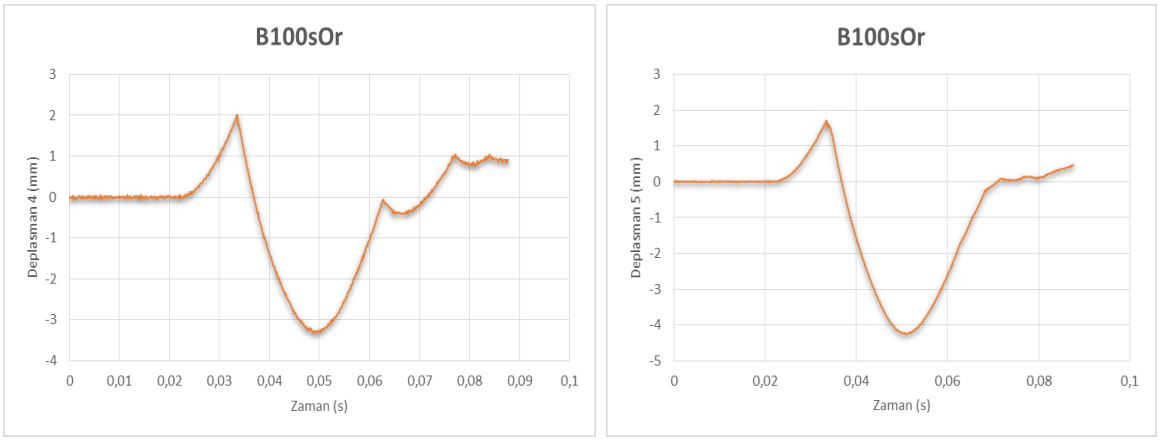


Şekil 4.13. B100sOr numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

B100sOr numunesinin orta kısmında meydana gelen 2, 3 ve 4 nolu deplasman verilerinin zaman tanım alanındaki değişimleri Şekil 4.14 ve Şekil 4.15 sunulmuştur.

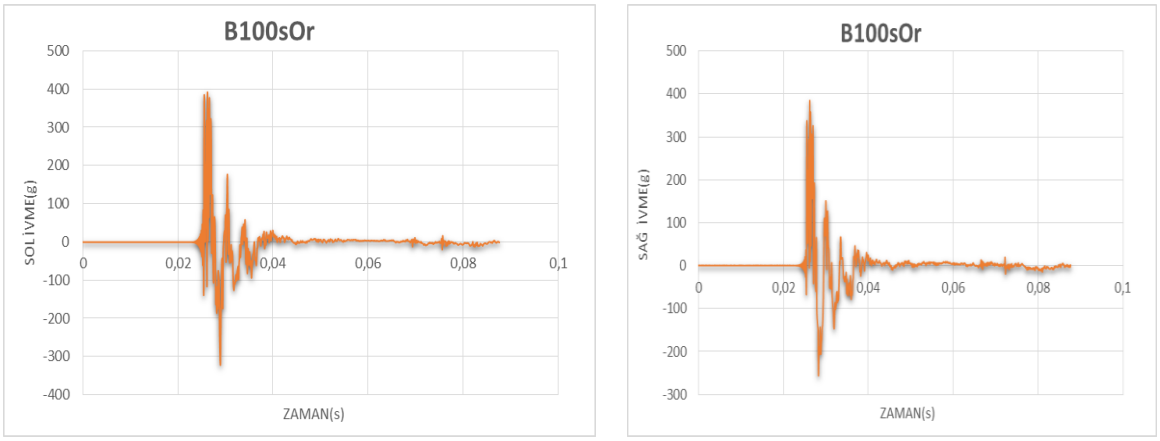


Şekil 4.14. B50sOr numunesine ilişkin deplasman 2-zaman ve deplasman 3-zaman diyagramı



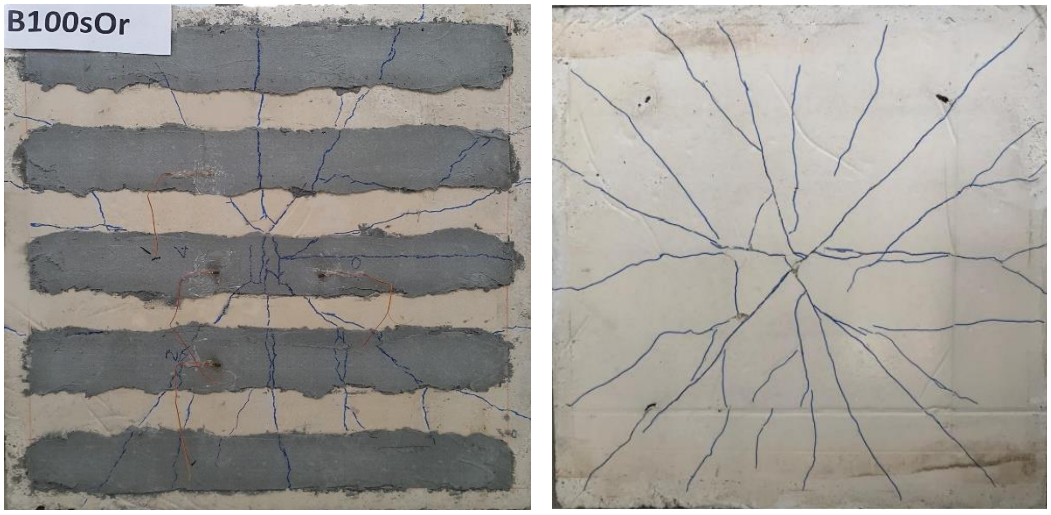
Şekil 4.15. B50sOr numunesine ilişkin deplasman 4-zaman ve deplasman 5-zaman diyagramı

Deney elemanına etki ettirilen 1,236 kJ dinamik yükleme neticesinde sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki değişimleri Şekil 4.16'da gösterilmiştir.



Şekil 4.16. B100sOr numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı ve sağ ivme zaman diyagramı

Deney tamamlandıktan sonra B100sOr betonarme döşemesinde çatlakların meydana geldiği görülmüştür. Deney elemanı incelendiğinde referans numuneye kıyasla daha az sayıda çatlak oluştuğu gözlenmiştir ve maksimum deplasmanda % 48 azalma meydana geldiği görülmüştür. Şekil 4.17 da B100sOr ve Referans döşemesinde meydana gelen hasarlar gösterilmiştir.



Şekil 4.17. B100sOr ve Referans döşemesinde meydana gelen hasarlar

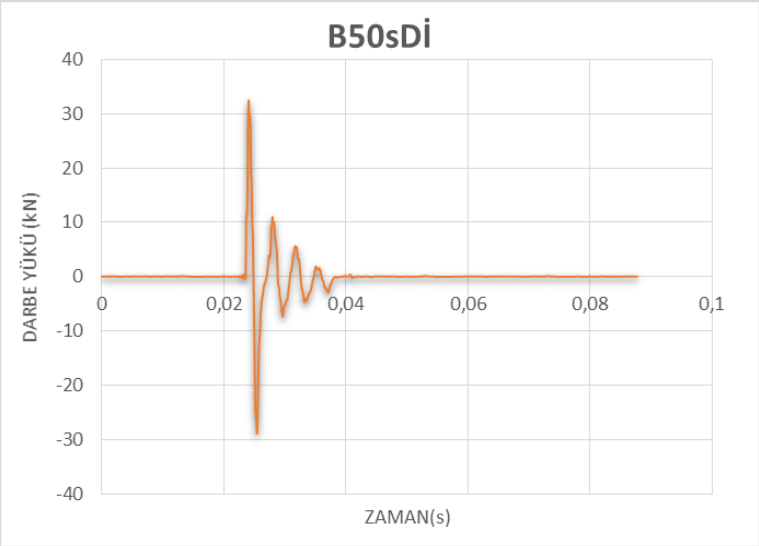
4.1.4. B50sDi numunesi

B50sDi numunesi genişliği 50 mm bazalt tekstil file ile diyagonal düzende tek yönlü güçlendirilen deney elemanıdır.

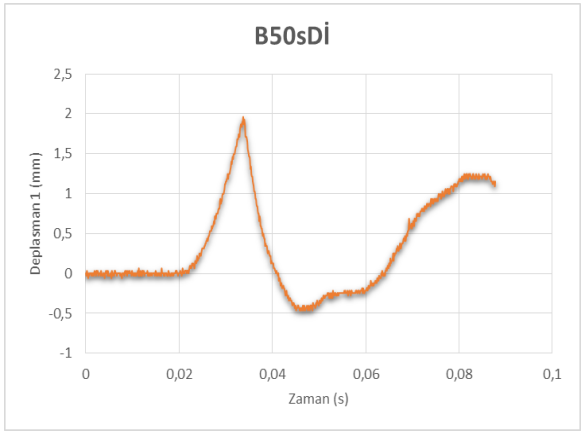
Uygulanan dinamik yükleme sonucunda B50sDi numunesinde meydana gelen çarpma yükü 32,41 kN ve asgari kuvvet -28,83 kN olarak ölçülmüştür. Bu dinamik yükleme sonucunda sol ivmeölçerde, azami 438,12 g, asgari -397,12 g ivme değeri ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 446,50 g, asgari -191,28 g' dir. Çarpma yükü neticesinde B50sDi numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 2,16 mm, daimi deplasman ise 0,51 mm olarak ölçülmüştür.

B50sDi numunesine çarpma yüklemesi uygulanması sonucunda betonarme döşemede yapılan gözlemlerde, döşeme alt kısmında hasarların meydana geldiği görülmüştür.

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ dinamik yük sonucunda B50sDi numunesine etki eden çarpma yükü değerinin zaman-tanım alanında oluşan değişimleri Şekil 4.18'de gösterilmiştir.

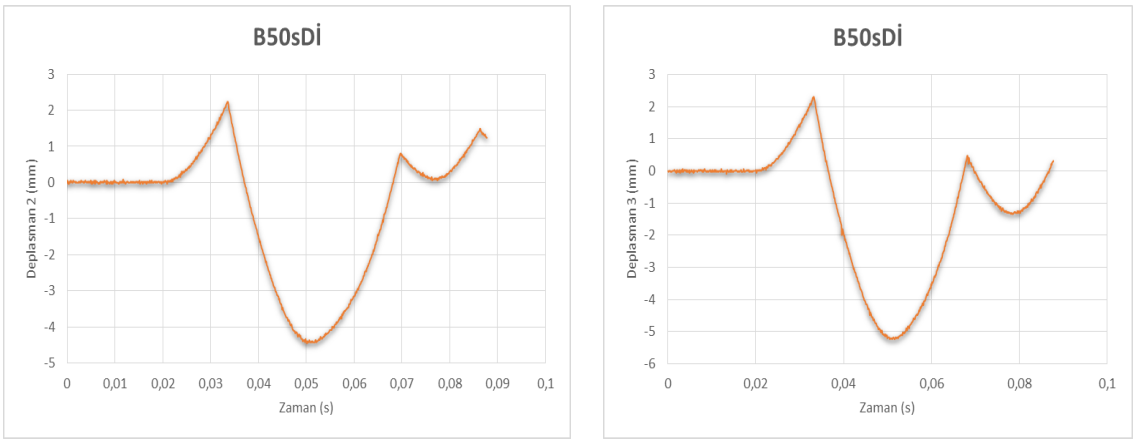


Şekil 4.18. B50sDi numunesine ilişkin dinamik yük-zaman diyagramı

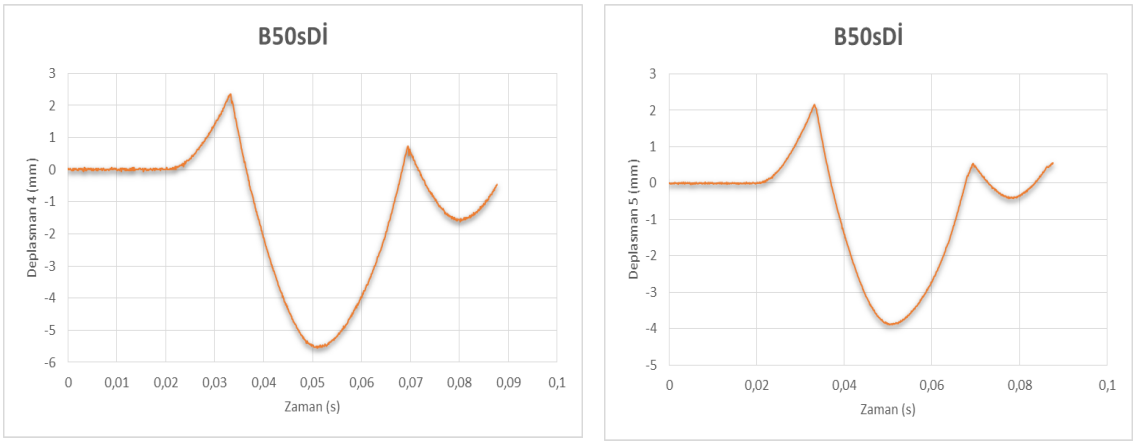


Şekil 4.19. B50sDi numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

B50sDi numunesinin orta kısmında meydana gelen 2, 3 ve 4 nolu deplasman verilerinin zaman tanım alanındaki değişimleri Şekil 4.20 ve Şekil 4.21 sunulmuştur.

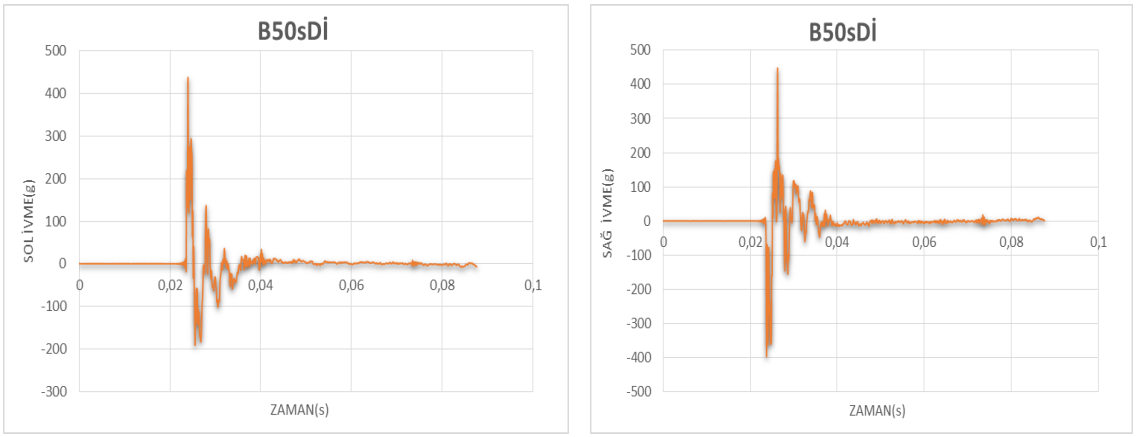


Şekil 4.20. B50sDi numunesine ilişkin deplasman 2-zaman ve deplasman 3-zaman diyagramı



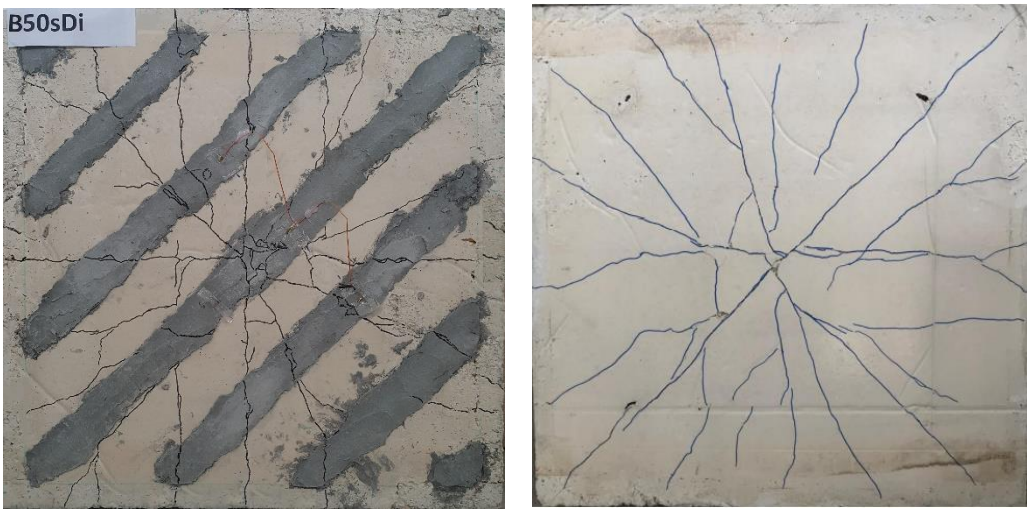
Şekil 4.21. B50sDi numunesine ilişkin deplasman 4-zaman ve deplasman 5-zaman diyagramı

Deney elemanına etki ettirilen 1,236 kJ dinamik yükleme neticesinde sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki değişimleri Şekil 4.22'de gösterilmiştir.



Şekil 4.22. B50sDi numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı ve sağ ivme zaman diyagramı

Deney tamamlandıktan sonra B50sDi betonarme döşemesinde çatlakların meydana geldiği görülmüştür. Deney elemanı incelendiğinde referans numuneye kıyasla maksimum deplasmanda % 44 azalma meydana geldiği görülmüştür. Şekil 4.23 de B50sDi ve Referans döşemesinde meydana gelen hasarlar gösterilmiştir.



Şekil 4.23. B50sDi ve Referans döşemesinde meydana gelen hasarlar

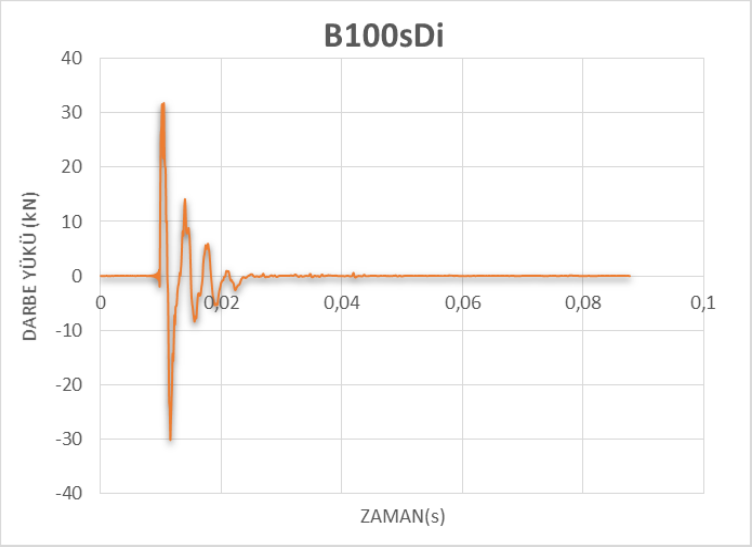
4.1.5.B100sDi numunesi

B100sDi numunesi genişliği 100 mm bazalt tekstil file ile diyagonal düzende tek yönlü güçlendirilen deney elemanıdır.

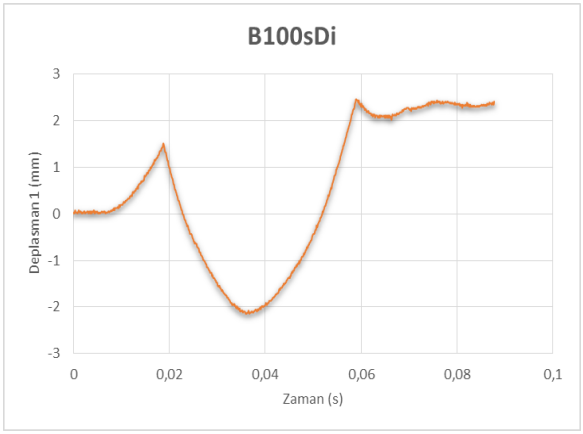
Uygulanan dinamik yükleme sonucunda B100sDi numunesinde meydana gelen çarpma yükü 31,84 kN olarak ölçülmüştür. Bu dinamik yükleme sonucunda sol ivmeölçerde, azami 476,47 g, asgari -260,47 g ivme değeri ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 472,57 g, asgari -285,18 g' dir. Çarpma yükü neticesinde B100sDi numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 1,5 mm, daimi deplasman ise 0,38 mm olarak ölçülmüştür.

B100sDi numunesine çarpma yüklemesi uygulanması sonucunda betonarme döşemede yapılan gözlemlerde, döşeme alt kısmında hasarların meydana geldiği görülmüştür.

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ dinamik yük sonucunda B100sDi numunesine etki eden çarpma yükü değerinin zaman-tanım alanında oluşan değişimleri Şekil 4.24'de gösterilmiştir.

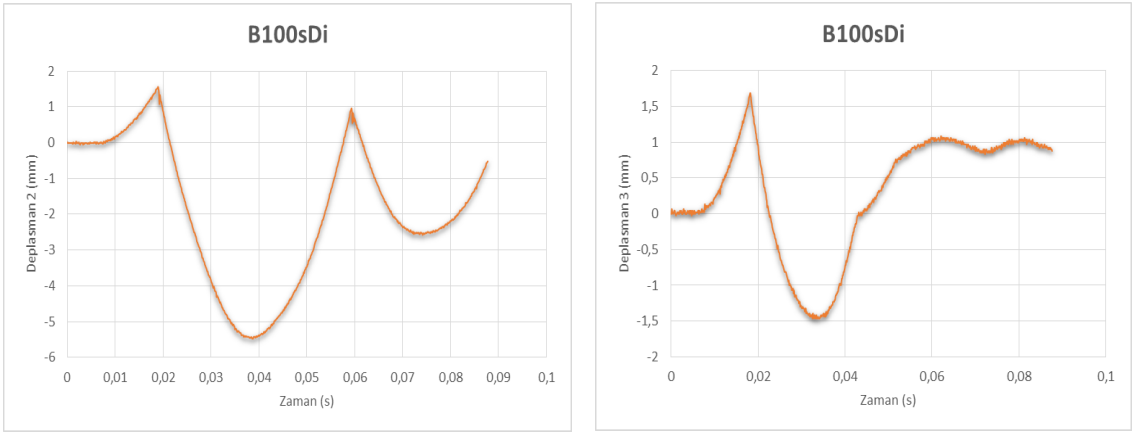


Şekil 4.24. B100sDi numunesine ilişkin dinamik yük-zaman diyagramı

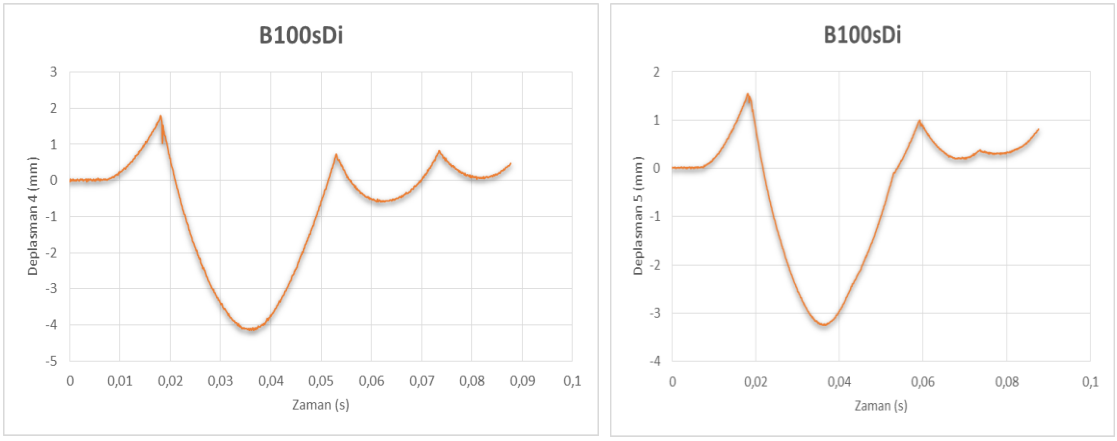


Şekil 4.25. B100sDi numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

B100sDi numunesinin orta kısmında meydana gelen 2, 3 ve 4 nolu deplasman verilerinin zaman tanım alanındaki değişimleri Şekil 4.26 ve Şekil 4.27 sunulmuştur.

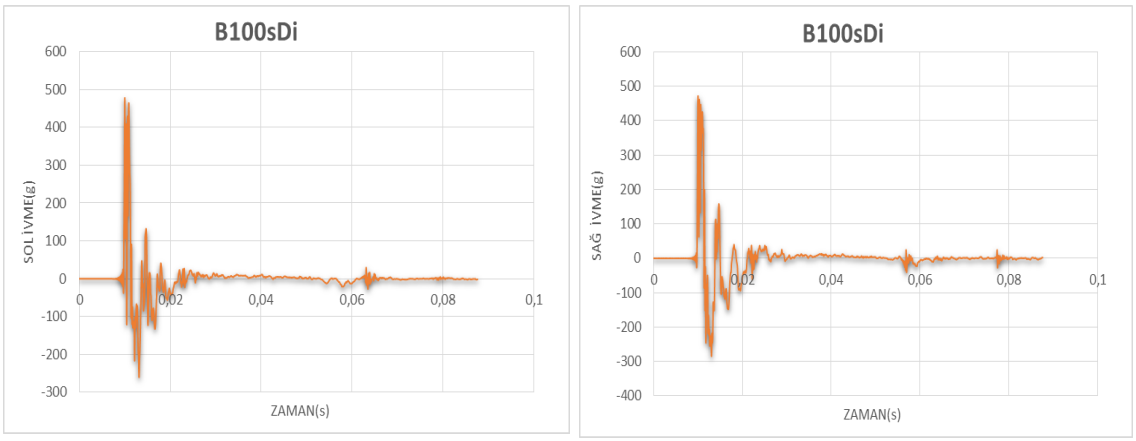


Şekil 4.26. B100sDi numunesine ilişkin deplasman 2-zaman ve deplasman 3-zaman diyagramı



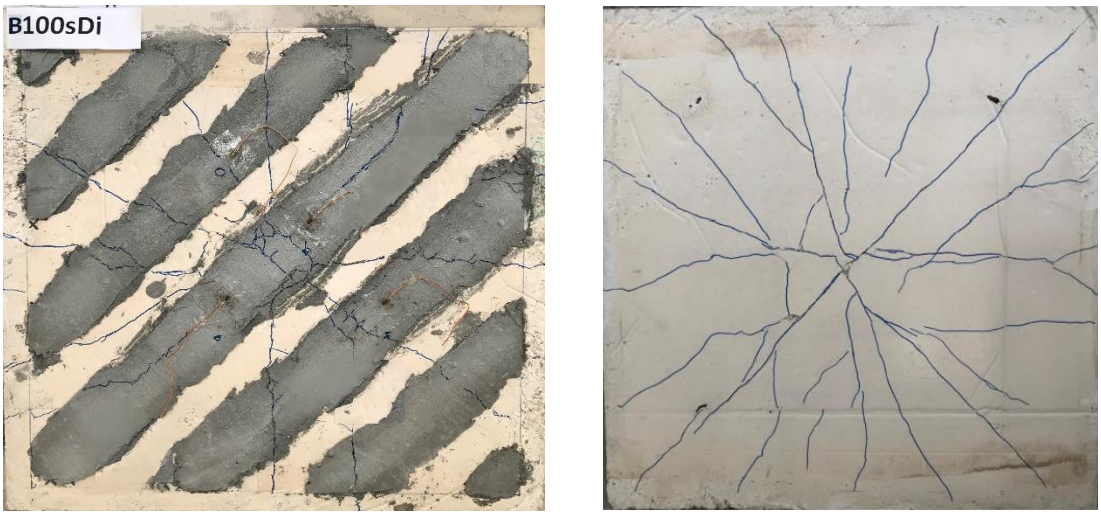
Şekil 4.27. B100sDi numunesine ilişkin deplasman 4-zaman ve deplasman 5-zaman diyagramı

Deney elemanına etki ettirilen 1,236 kJ dinamik yükleme neticesinde sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki değişimleri Şekil 4.28'de gösterilmiştir.



Şekil 4.28. B100sDi numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı ve sağ ivme zaman diyagramı

Deney tamamlandıktan sonra B100sDi betonarme döşemesinde çatlakların meydana geldiği görülmüş ve referans numuneye kıyasla çatlakların azaldığı gözlenmiştir. Deney elemanı incelendiğinde referans numuneye kıyasla maksimum deplasmanda % 60 azalma meydana geldiği görülmüştür. Şekil 4.29 da B100sDi ve Referans döşemesinde meydana gelen hasarlar gösterilmiştir.



Şekil 4.29. B100sDi ve Referans döşemesinde meydana gelen hasarlar

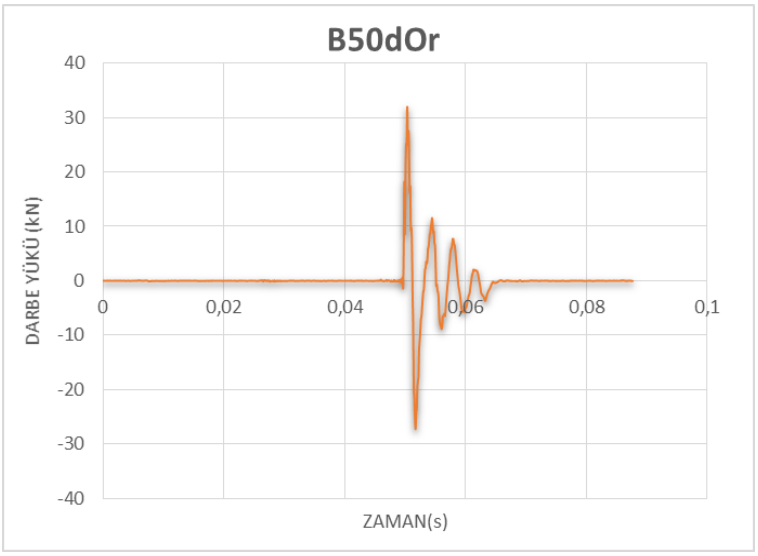
4.1.6.B50dOr numunesi

B50dOr numunesi genişliği 50 mm bazalt tekstil file ile ortogonal düzende çift yönlü güçlendirilen deney elemanıdır.

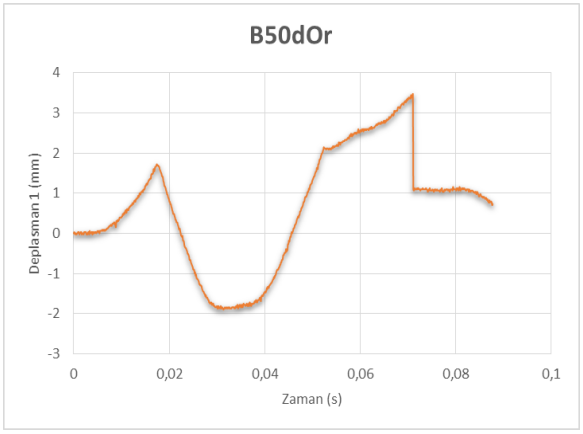
Uygulanan dinamik yükleme sonucunda B50dOr numunesinde meydana gelen çarpma yükü 31,96 kN olarak ölçülmüştür. Bu dinamik yükleme sonucunda sol ivmeölçerde, azami 453,73 g, asgari -349,86 g ivme değeri ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 448,66 g, asgari -222,91 g' dir. Çarpma yükü neticesinde B50dOr numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 2,05 mm, daimi deplasman ise 0,42 mm olarak ölçülmüştür.

B50dOr numunesine çarpma yüklemesi uygulanması sonucunda betonarme döşemede yapılan gözlemlerde, döşeme alt kısmında hasarların meydana geldiği görülmüştür.

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ dinamik yük sonucunda B50dOr numunesine etki eden çarpma yükü değerinin zaman-tanım alanında oluşan değişimleri Şekil 4.30'da gösterilmiştir.

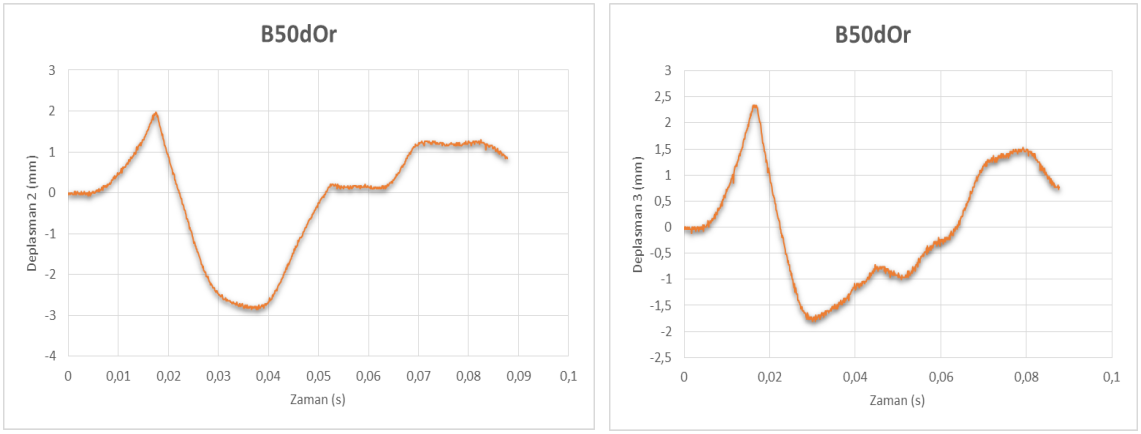


Şekil 4.30. B50dOr numunesine ilişkin dinamik yük-zaman diyagramı

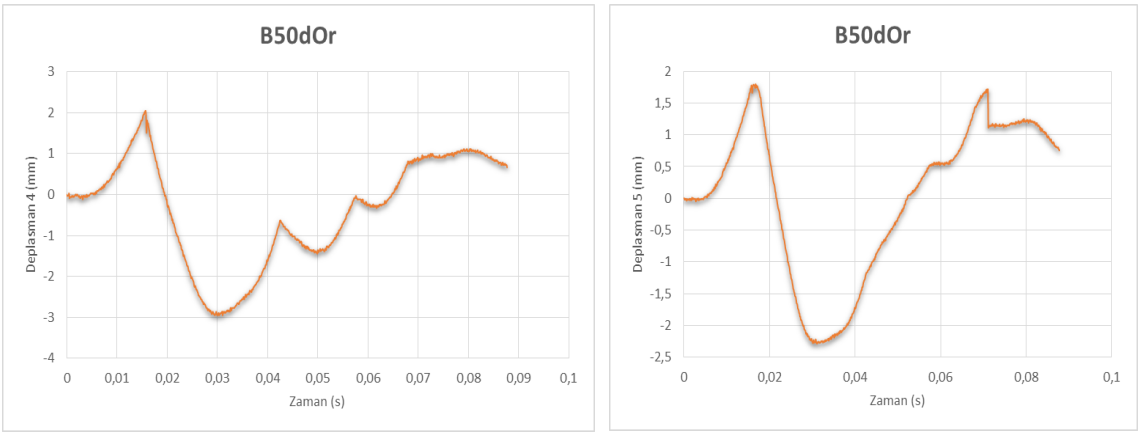


Şekil 4.31. B50dOr numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

B50dOr numunesinin orta kısmında meydana gelen 2, 3 ve 4 nolu deplasman verilerinin zaman tanım alanındaki değişimleri Şekil 4.32 ve Şekil 4.33 sunulmuştur.

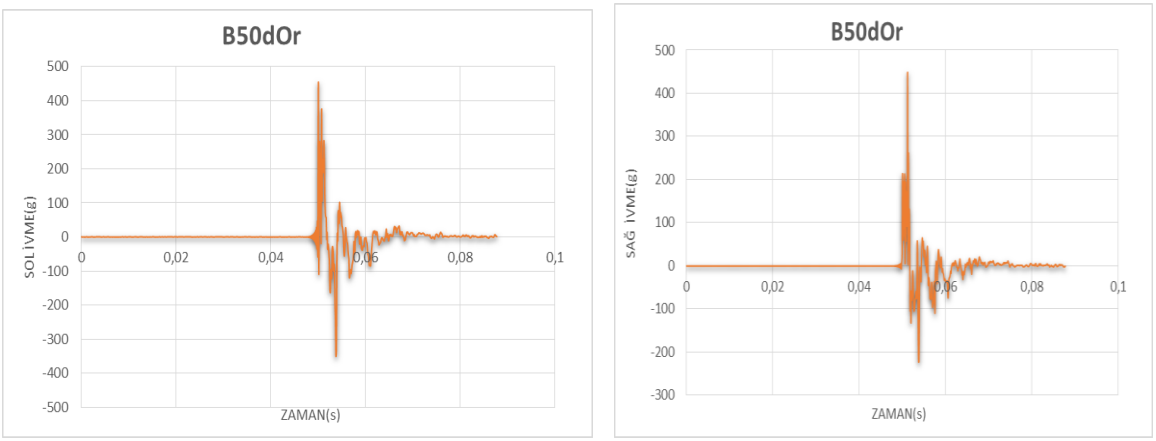


Şekil 4.32. B50dOr numunesine ilişkin deplasman 2-zaman ve deplasman 3-zaman diyagramı



Şekil 4.33. B50dOr numunesine ilişkin deplasman 4-zaman ve deplasman 5-zaman diyagramı

Deney elemanına etki ettirilen 1,236 kJ dinamik yükleme neticesinde sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki değişimleri Şekil 4.34'de gösterilmiştir.



Şekil 4.34. B50dOr numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı ve sağ ivme zaman diyagramı

Deney tamamlandıktan sonra B50dOr betonarme döşemesinde çatlakların meydana geldiği görülmüş ve referans numuneye kıyasla çatlakların azaldığı gözlenmiştir. Deney elemanı incelendiğinde referans numuneye kıyasla maksimum deplasmanda % 50 azalma meydana geldiği görülmüştür. Şekil 4.35 da B50dOr ve Referans döşemesinde meydana gelen hasarlar gösterilmiştir.



Şekil 4.35. B50dOr ve Referans döşemesinde meydana gelen hasarlar

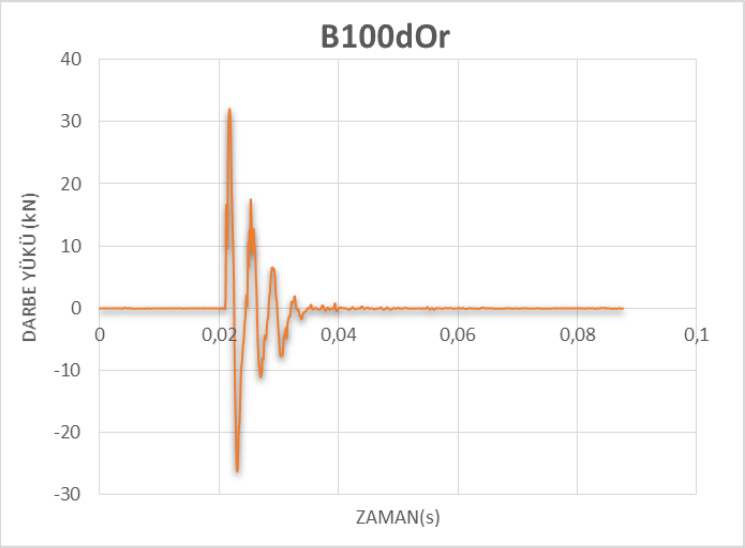
4.1.7. B100dOr numunesi

B100dOr numunesi genişliği 100 mm bazalt tekstil file ile ortogonal düzende çift yönlü güçlendirilen deney elemanıdır.

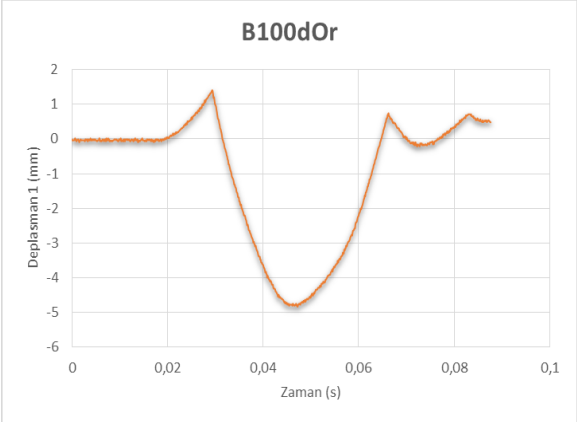
Uygulanan dinamik yükleme sonucunda B100dOr numunesinde meydana gelen çarpma yükü 32,13 kN olarak ölçülmüştür. Bu dinamik yükleme sonucunda sol ivmeölçerde, azami 521,24 g, asgari -392,59 g ivme değeri ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 518,62 g, asgari -392,70 g' dir. Çarpma yükü neticesinde B100dOr numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 1,49 mm, daimi deplasman ise 0,26 mm olarak ölçülmüştür.

B100dOr numunesine çarpma yüklemesi uygulanması sonucunda betonarme döşemede yapılan gözlemlerde, döşeme alt kısmında hasarların meydana geldiği görülmüştür.

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ dinamik yük sonucunda B100dOr numunesine etki eden çarpma yükü değerinin zaman-tanım alanında oluşan değişimleri Şekil 4.36'da gösterilmiştir.

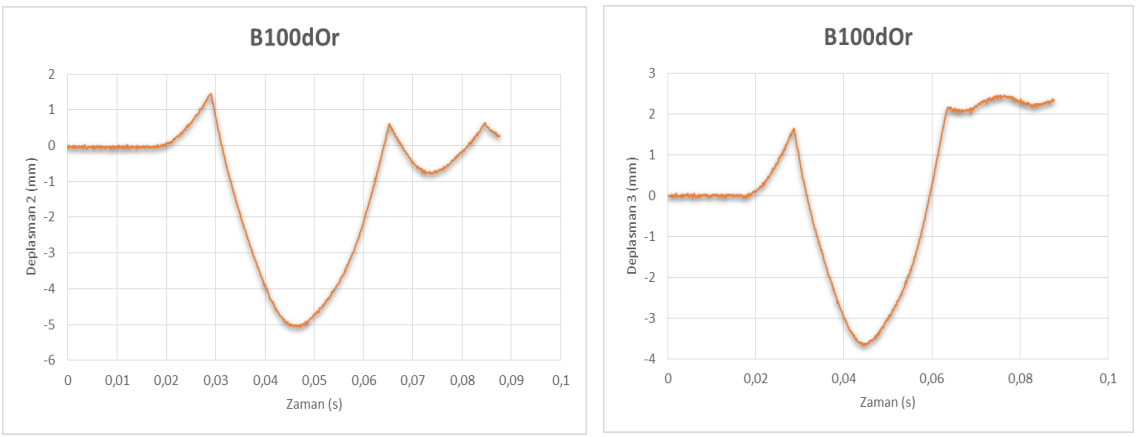


Şekil 4.36. B100dOr numunesine ilişkin dinamik yük-zaman diyagramı

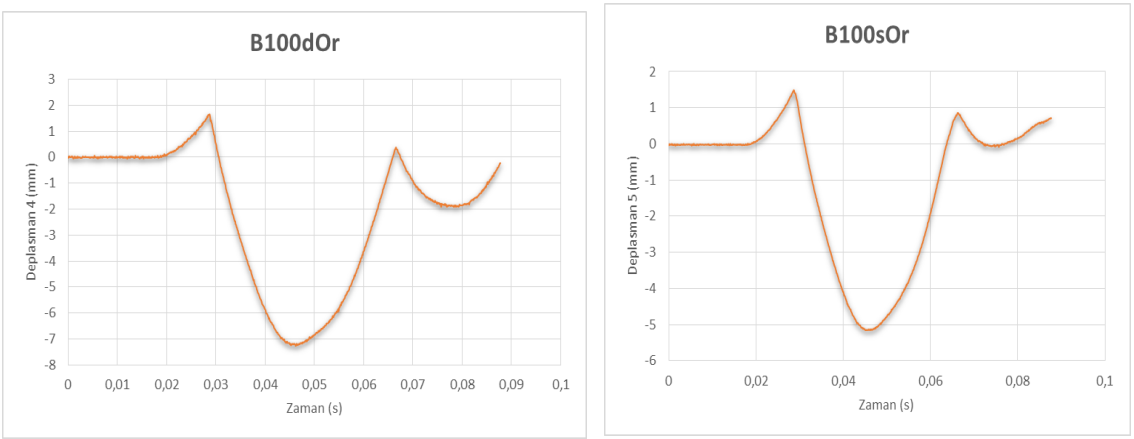


Şekil 4.37. B100dOr numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

B100dOr numunesinin orta kısmında meydana gelen 2, 3 ve 4 nolu deplasman verilerinin zaman tanım alanındaki değişimleri Şekil 4.38 ve Şekil 4.39 sunulmuştur.

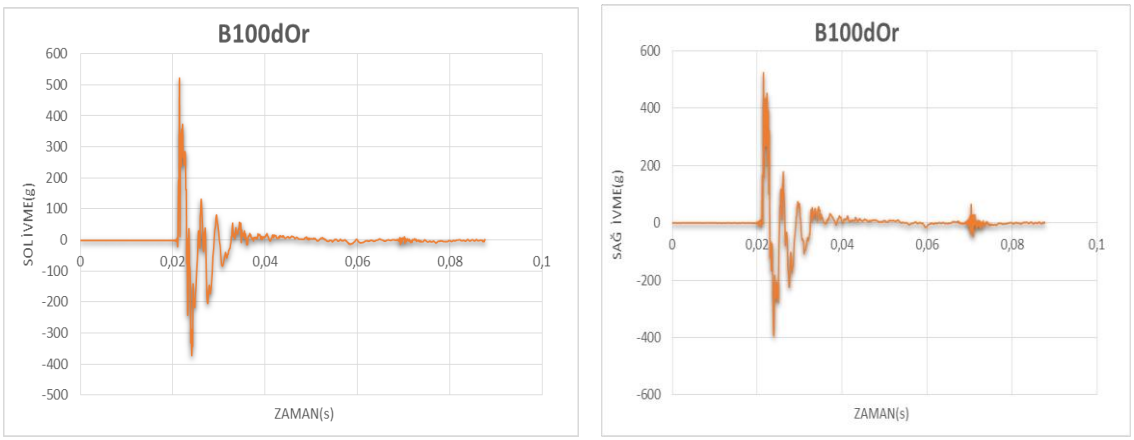


Şekil 4.38. B100dOr numunesine ilişkin deplasman 2-zaman ve deplasman 3-zaman diyagramı



Şekil 4.39. B100dOr numunesine ilişkin deplasman 4-zaman ve deplasman 5-zaman diyagramı

Deney elemanına etki ettirilen 1,236 kJ dinamik yükleme neticesinde sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki değişimleri Şekil 4.40'de gösterilmiştir.



Şekil 4.40. B50dOr numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı ve sağ ivme zaman diyagramı

Deney tamamlandıktan sonra B100dOr betonarme döşemesinde çatlakların meydana geldiği görülmüş ve referans numuneye kıyasla çatlakların azaldığı gözlenmiştir. Deney elemanı incelendiğinde referans numuneye kıyasla maksimum deplasmanda % 64 azalma meydana geldiği görülmüştür. Şekil 4.41 da B100sOr ve Referans döşemesinde meydana gelen hasarlar gösterilmiştir.



Şekil 4.41. B100dOr ve Referans döşemesinde meydana gelen hasarlar

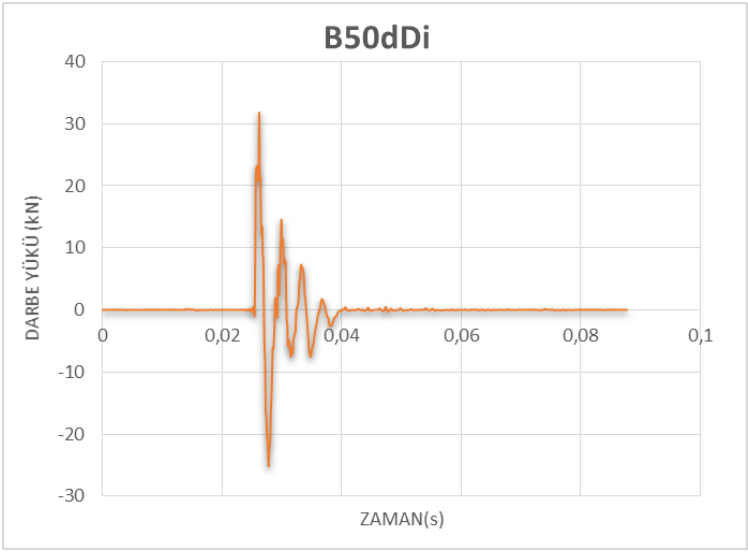
4.1.8. B50dDi numunesi

B50dDi numunesi genişliği 50 mm bazalt tekstil file ile diyagonal düzende çift yönlü güçlendirilen deney elemanıdır.

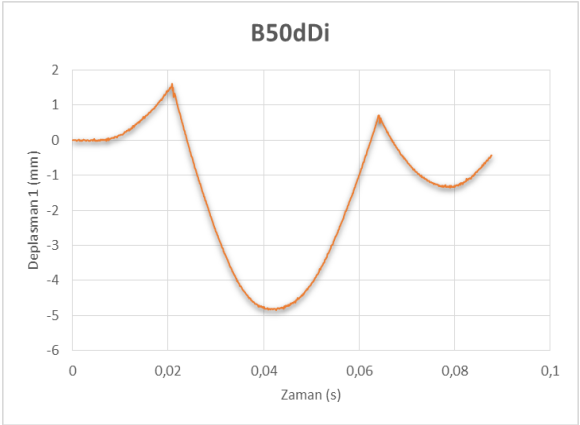
Uygulanan dinamik yükleme sonucunda B50dDi numunesinde meydana gelen çarpma yükü 31,85 kN olarak ölçülmüştür. Bu dinamik yükleme sonucunda sol ivmeölçerde, azami 443,73 g, asgari -349,86 g ivme değeri ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 453,73 g, asgari -349,86 g' dir. Çarpma yükü neticesinde B50dDi numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 1,64 mm, daimi deplasman ise 0,26 mm olarak ölçülmüştür.

B50dDi numunesine çarpma yüklemesi uygulanması sonucunda betonarme döşemede yapılan gözlemlerde, döşeme alt kısmında hasarların meydana geldiği görülmüştür.

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ dinamik yük sonucunda B50dDi numunesine etki eden çarpma yükü değerinin zaman-tanım alanında oluşan değişimleri Şekil 4.42'da gösterilmiştir.

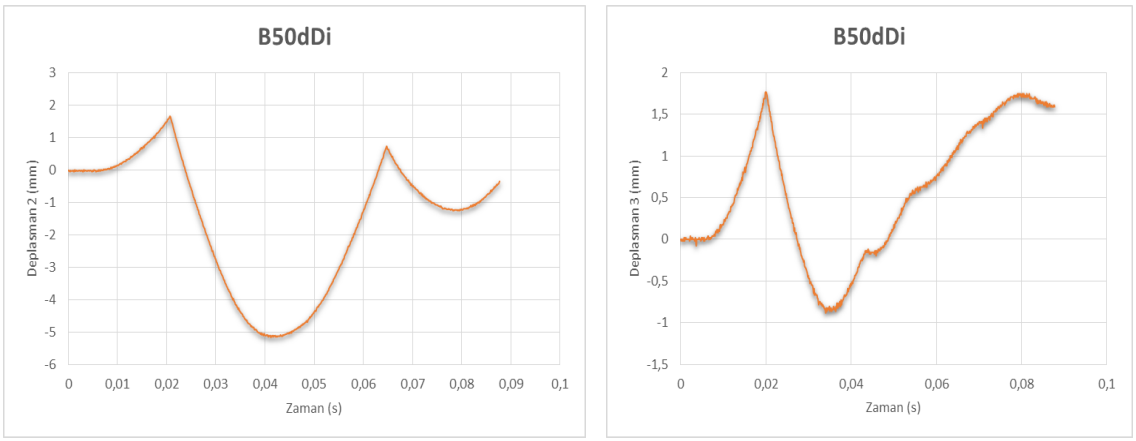


Şekil 4.42. B50dDi numunesine ilişkin dinamik yük-zaman diyagramı

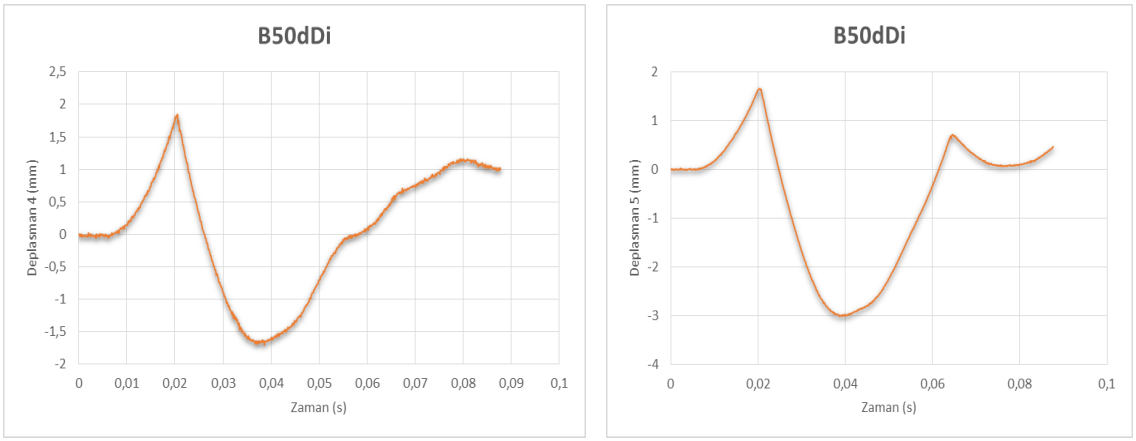


Şekil 4.43. B50dDi numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

B50dDi numunesinin orta kısmında meydana gelen 2, 3 ve 4 nolu deplasman verilerinin zaman tanım alanındaki değişimleri Şekil 4.44 ve Şekil 4.45 sunulmuştur.

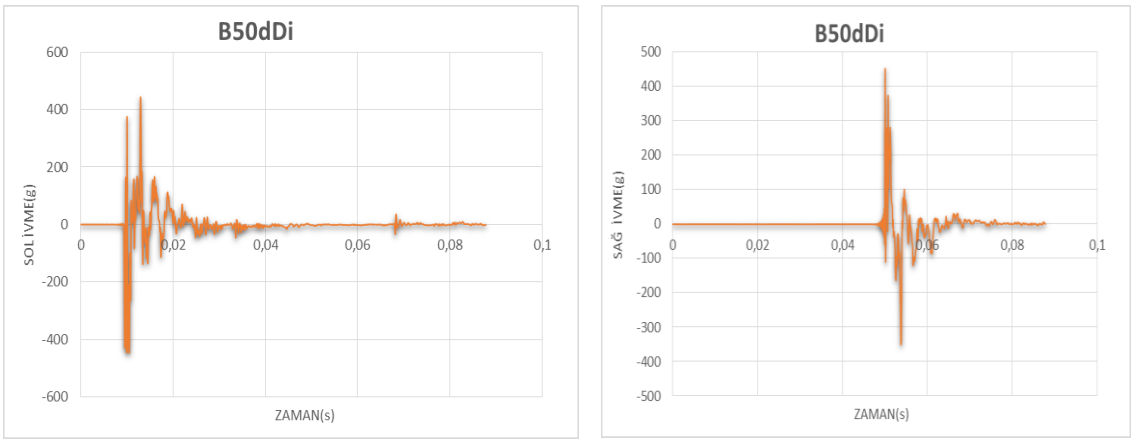


Şekil 4.44. B50dDi numunesine ilişkin deplasman 2-zaman ve deplasman 3-zaman diyagramı



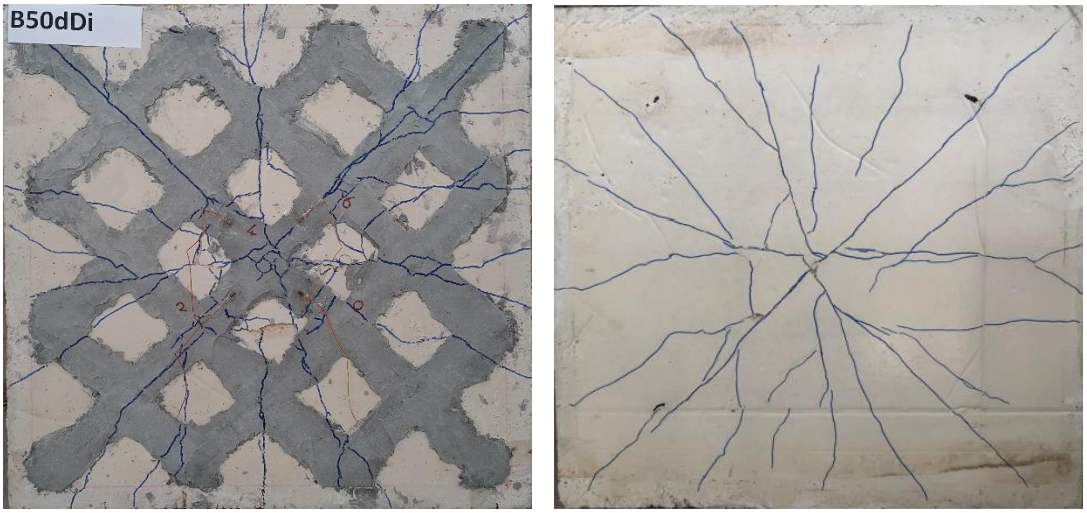
Şekil 4.45. B50dDi numunesine ilişkin deplasman 4-zaman ve deplasman 5-zaman diyagramı

Deney elemanına etki ettirilen 1,236 kJ dinamik yükleme neticesinde sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki değişimleri Şekil 4.46'de gösterilmiştir.



Şekil 4.46. B50dDi numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı ve sağ ivme zaman diyagramı

Deney tamamlandıktan sonra B50dDi betonarme döşemesinde çatlakların meydana geldiği görülmüş ve referans numuneye kıyasla çatlakların azaldığı gözlenmiştir. Deney elemanı incelendiğinde referans numuneye kıyasla maksimum deplasmanda % 64 azalma meydana geldiği görülmüştür. Şekil 4.47 da B50dDi ve Referans döşemesinde meydana gelen hasarlar gösterilmiştir.



Şekil 4.47. B50dDi ve Referans döşemesinde meydana gelen hasarlar

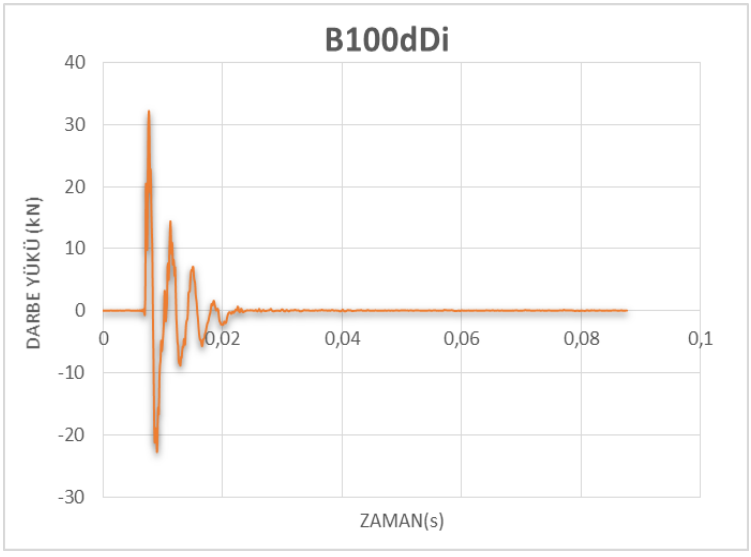
4.1.9. B100dDi numunesi

B100dDi numunesi genişliği 100 mm bazalt tekstil file ile diyagonal düzende çift yönlü güçlendirilen deney elemanıdır.

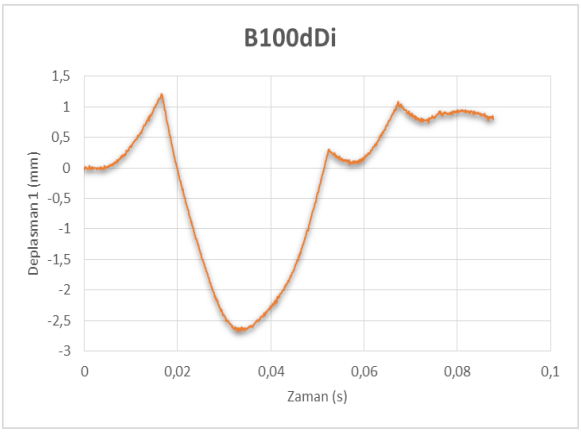
Uygulanan dinamik yükleme sonucunda B100dDi numunesinde meydana gelen çarpma yükü 32,16 kN olarak ölçülmüştür. Bu dinamik yükleme sonucunda sol ivmeölçerde, azami 542,36 g, asgari -371,99 g ivme değeri ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 546,94 g, asgari -347,07 g' dir. Çarpma yükü neticesinde B100dDi numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 1,20 mm, daimi deplasman ise 0,196 mm olarak ölçülmüştür.

B100dDi numunesine çarpma yüklemesi uygulanması sonucunda betonarme döşemede yapılan gözlemlerde, döşeme alt kısmında hasarların meydana geldiği görülmüştür.

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ dinamik yük sonucunda B100dDi numunesine etki eden çarpma yükü değerinin zaman-tanım alanında oluşan değişimleri Şekil 4.48'da gösterilmiştir.

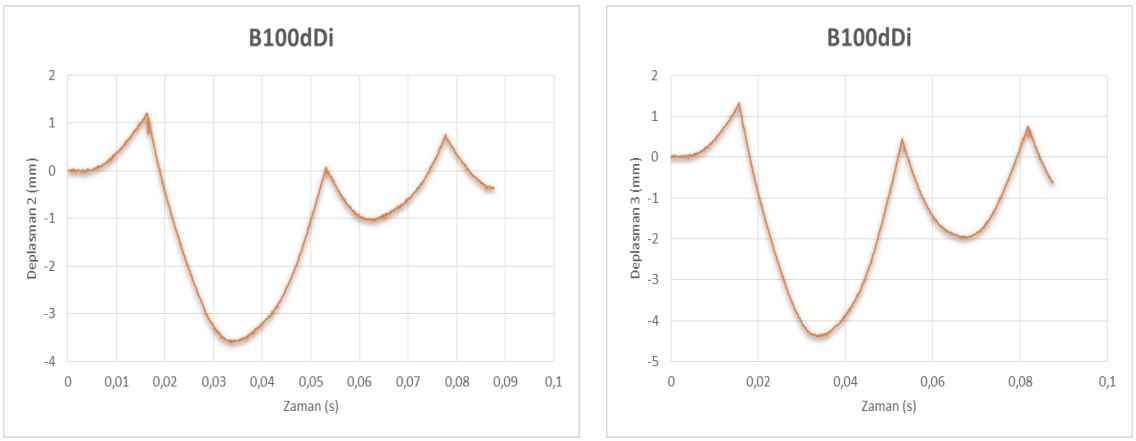


Şekil 4.48. B100dDi numunesine ilişkin dinamik yük-zaman diyagramı

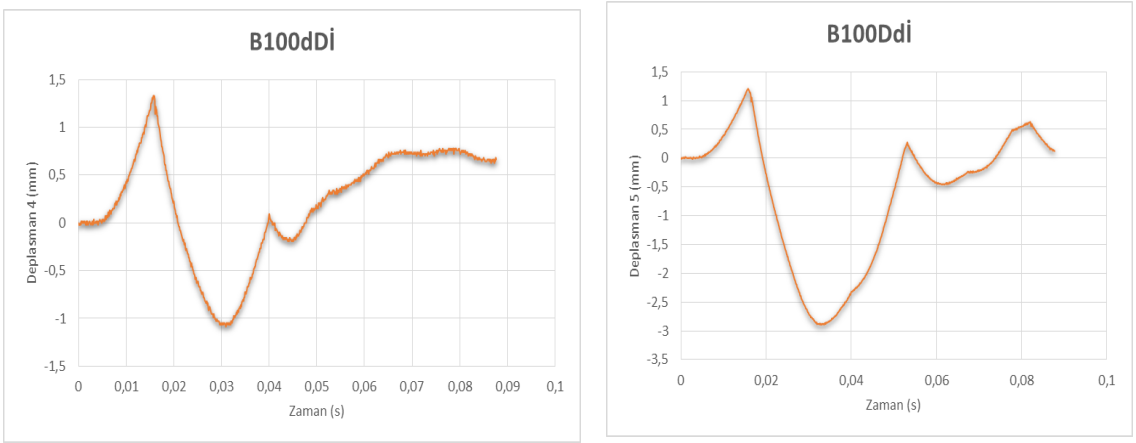


Şekil 4.49. B100dDi numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

B100dDi numunesinin orta kısmında meydana gelen 2, 3 ve 4 nolu deplasman verilerinin zaman tanım alanındaki değişimleri Şekil 4.50 ve Şekil 4.51 sunulmuştur.

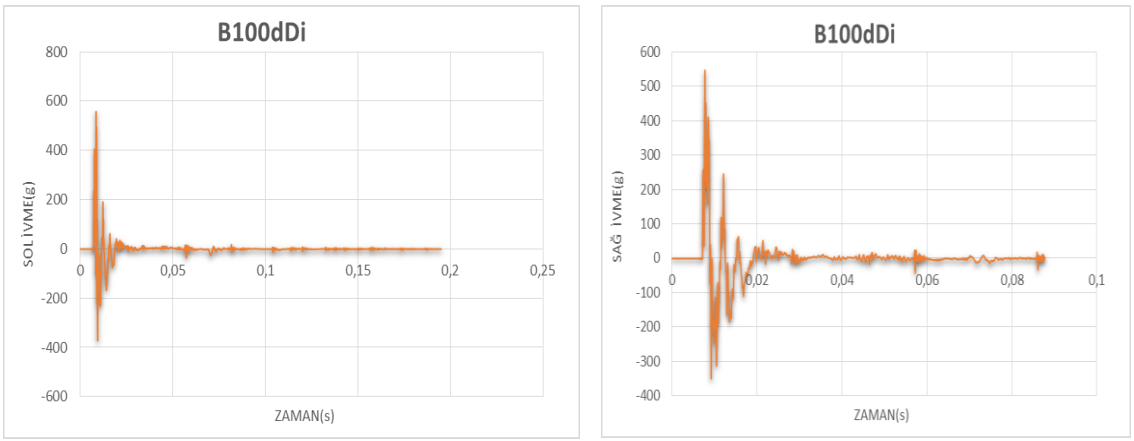


Şekil 4.50. B100dDi numunesine ilişkin deplasman 2-zaman ve deplasman 3-zaman diyagramı



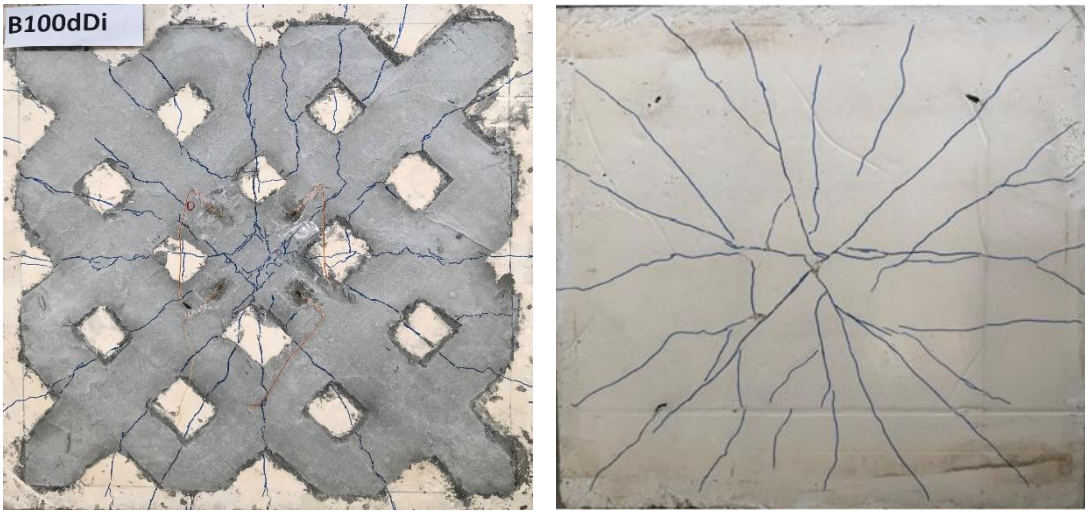
Şekil 4.51. B100dDi numunesine ilişkin deplasman 4-zaman ve deplasman 5-zaman diyagramı

Deney elemanına etki ettirilen 1,236 kJ dinamik yükleme neticesinde sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki değişimleri Şekil 4.52'de gösterilmiştir.



Şekil 4.52. B100dDi numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı ve sağ ivme zaman diyagramı

Deney tamamlandıktan sonra B100dDi betonarme döşemesinde çatlakların meydana geldiği görülmüş ve referans numuneye kıyasla çatlakların azaldığı gözlenmiştir. Deney elemanı incelendiğinde referans numuneye kıyasla maksimum deplasmanda % 68 azalma meydana geldiği görülmüştür. Şekil 4.53 da B100dDi ve Referans döşemesinde meydana gelen hasarlar gösterilmiştir.



Şekil 4.53. B100dDi ve Referans döşemesinde meydana gelen hasarlar

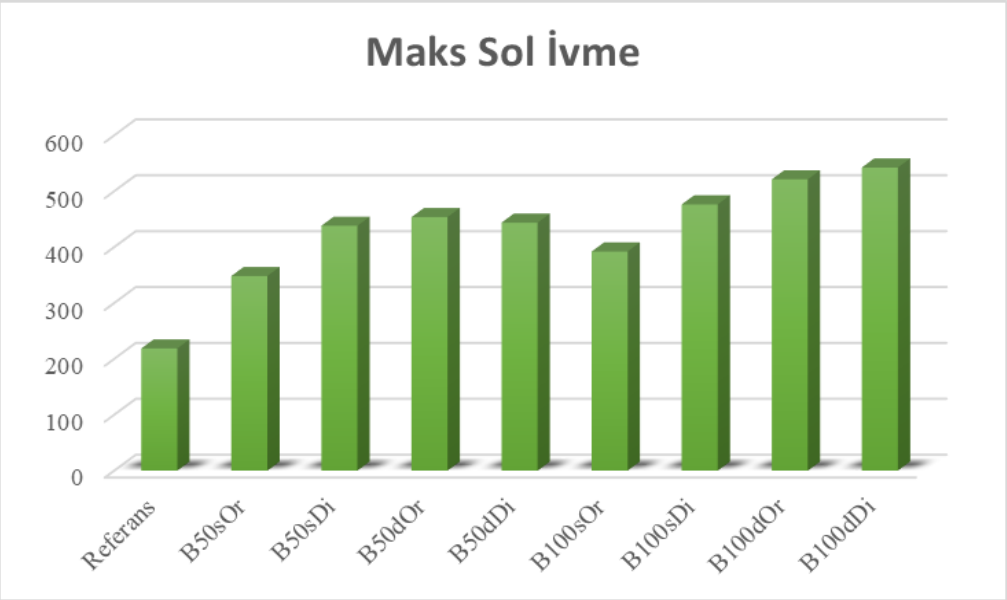
4.2. Dinamik Deneylerde Tartışma

Tez çalışmasında, bazalt tekstil katkılı harç ile güçlendirilmiş döşemelerin çarpma yükü etkisi altındaki davranışının deneysel olarak incelenmesi araştırılmış, ağırlık düşürücü test düzeneği ile ağırlık düşürülen döşemelere darbe yükü uygulanmış ve döşemelerin çarpma yükü altındaki davranışları incelenmiştir. Bu deneysel çalışma kapsamında beton silindir basınç dayanımı 25 MPa'dır. Tüm betonarme döşemelerde Q188/188 6 mm çaplı 150×150 mm açıklığında hasır çelik kullanılmıştır. Düşü yüksekliği 1,50 m ve çarpma yükünü uygulayan çekicin ağırlığı 84 kg olarak belirlenmiştir. Üretilen tüm betonarme döşemeler 1,236 kj enerjiye maruz bırakılmıştır. Çekicin betonarme döşeme yüzeyine ulaşıncaya kadar uğradığı sürtünme kuvveti ihmal edilmiştir. Bazalt tekstil file şerit genişliği 50 mm ve 100 mm olmak üzere ortogonal ve diyagonal dört tür şerit yerleşim şekilleri değişken olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında 18 adet betonarme döşeme deney elemanı olarak kullanılmıştır. Tez çalışmasının tartışma kısmında döşemelerde oluşan maksimum ve sağ ve sol ivme, kalıcı deplasmanlar, birim şekil değiştirmelerin zaman tanım alanında grafikleri çizilmiş ve numunelerde meydana gelen çatlak dağılımları da gözlemlenmiştir. Çizelge 4.1. de deney sonuçları sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Deneysel çalışmada elde edilen sonuçlar

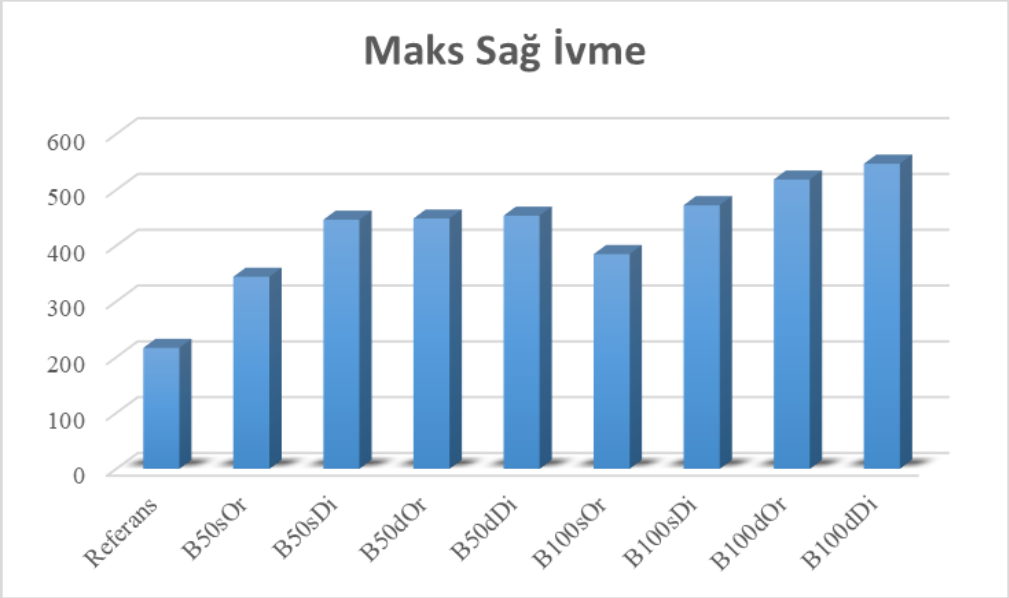
	Sol İvme(g)		**Sağ İvme(g)**			
	Maks	**Min**	**Maks**	**Min**	**Darbe Yükü (kN)**	**Deplasman (mm)**
Referans	218,64	-171,97	216,89	-96,10	31,58	2,940
B50sOr	348,24	-217,61	344,32	-146,60	32,69	2,853
B50sDi	438,13	-191,29	446,51	-397,13	32,41	2,161
B50dOr	453,74	-349,86	448,67	-222,91	31,97	1,793
B50dDi	443,74	-445,42	453,74	-349,86	31,86	1,646
B100sOr	392,18	-319,21	384,98	-256,09	32,15	1,720
B100sDi	476,48	-260,47	472,57	-285,19	31,84	1,550
B100dOr	521,24	-369,60	518,62	-392,70	32,13	1,499
B100dDi	542,36	-371,99	546,94	-347,08	32,17	1,205

Tüm deney elemanlarında gözlenen maksimum sol ivme değerleri Şekil 4.54 de gösterilmiştir. Elde edilen verilere göre tüm numunelerin referans numuneye kıyasla maksimum sol ivme değerleri referans numuneye göre; B50sOr numunesinde %59.27, B50sDi numunesinde %100,39, B50dOr numunesinde %107,53, B50dDi numunesinde %102,95, B100sOr numunesinde %79,37, B100sDi numunesinde %117,93, B100dOr %138,40, B100dDi numunesine kıyasla %148,06 artış olduğu gözlenmiştir.



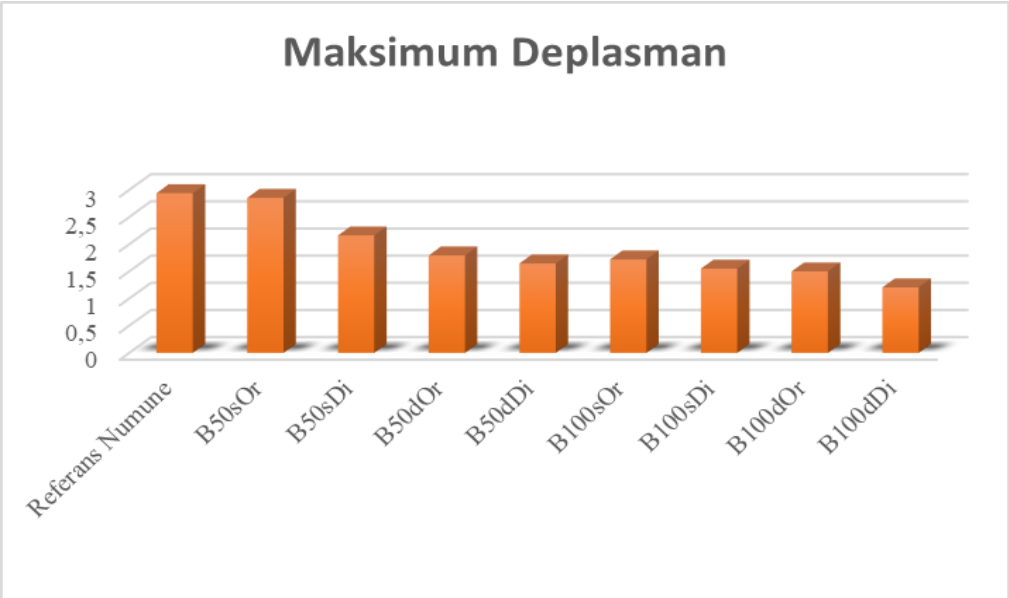
Şekil 4.54. Tüm deney elemanlarında gözlenen maksimum sol ivme değerleri

Tüm deney elemanlarında gözlenen maksimum sağ ivme değerleri Şekil 4.55 de gösterilmiştir. Elde edilen verilere göre tüm numunelerin referans numuneye kıyasla maksimum sağ ivme değerleri referans numuneye göre; B50sOr numunesinde %58,75, B50sDi numunesinde %105,86, B50dOr numunesinde %106,86, B50dDi numunesinde %109,20, B100sOr numunesinde %77,50, B100sDi numunesinde %117,88, B100dOr %139,11, B100dDi numunesine kıyasla %152,17 artış olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.55. Tüm deney elemanlarında gözlenen maksimum sağ ivme değerleri

Tüm deney elemanlarında gözlenen deplasman değerleri Şekil 4.56 de gösterilmiştir. Elde edilen verilere göre tüm numunelerin referans numuneye kıyasla deplasman değerleri referans numuneye göre; B50sOr numunesinde %2,94, B50sDi numunesinde %26,47, B50dOr numunesinde %39, B50dDi numunesinde %44, B100sOr numunesinde %41,49, B100sDi numunesinde %47,25, B100dOr %49,01, B100dDi numunesine kıyasla %58,99 artış olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.56. Tüm deney elemanlarında gözlenen deplasman değerleri

4.3. Statik deneylerde Bulgular

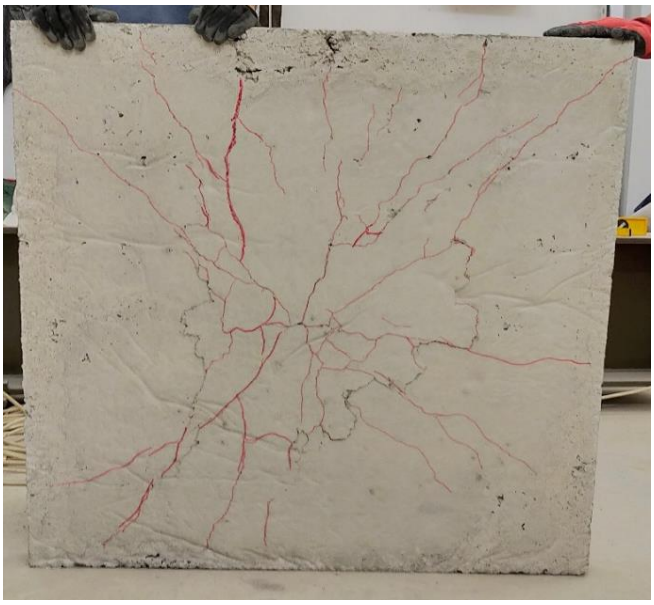
Bu deneysel çalışmada bazalt tekstil file ve çimento esaslı yapısal tamir harcı ile güçlendirilmiş deney elemanlarının statik ve dinamik yükler etkisi altındaki davranışlarının gözlemlenmesi hedeflenmiştir. Bu sebeple farklı ölçüm teknikleri kullanılarak elde edilen ivme-zaman, deplasman-zaman, gerilme-zaman ölçümleri ve meydana gelen çatlak dağılımları tüm deney elemanları için incelenmiştir.

4.3.1. Referans numunesi

Statik yük etkisi altında güçlendirilmiş betonarme döşemeler ve güçlendirme uygulanmamış betonarme döşemelerin özelliklerinin kıyaslanabilmesi amacıyla referans betonarme döşemesi referans numunesi olarak kullanılmıştır. Bu nedenle herhangi bir güçlendirme uygulanmamıştır. Referans deney elemanı, deney elemanı kırılana kadar uygulanmıştır.

Uygulanan statik yükleme sonucunda referans numunesinde meydana gelen azami kuvvet 64,98 kN olarak ölçülmüştür. Statik yükleme neticesinde Referans numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 6,79 mm, daimi deplasman ise 8,13 mm olarak ölçülmüştür. Referans deney elemanına statik yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşemenin alt kısmında derin hasarların oluştuğu gözlemlenmiştir.

Referans deney elemanına statik yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşemenin alt kısmında derin hasarların oluştuğu gözlemlenmiştir. Aşağıda deney tamamlandıktan sonra referans Numunenin alt yüzünde meydana gelen çatlaklar Şekil 4.57 de gösterilmiştir.



Şekil 4.57. Referans Numunenin ön yüzeyinde meydana gelen çatlaklar

4.3.2. B50sOr numunesi

B50sOr numunesi genişliği 50 mm bazalt tekstil file ile ortogonal düzende tek yönlü güçlendirilen deney elemanıdır. B50sOr deney elemanına, yükleme numune kırılana kadar uygulanmıştır.

Uygulanan statik yükleme sonucunda referans numunesinde meydana gelen azami kuvvet 68,49 kN olarak ölçülmüştür. Statik yükleme neticesinde Referans numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 8,06 mm, daimi deplasman ise 12,02 mm olarak ölçülmüştür.

B50sOr deney elemanına statik yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşemenin alt kısmında referans numuneye göre daha az çatlakların meydana geldiği gözlemlenmiştir. B50sOr deney elemanının deneye hazır hali Şekil 4.58 de gösterilmiştir.



Şekil 4.58. B50sOr Numunesinin deneye hazır hazırlanmış hali

Aşağıda deney tamamlandıktan sonra referans Numunenin ön yüzünde meydana gelen çatlaklar ve referans numunesi ile kıyaslanması Şekil 4.59 da gösterilmiştir



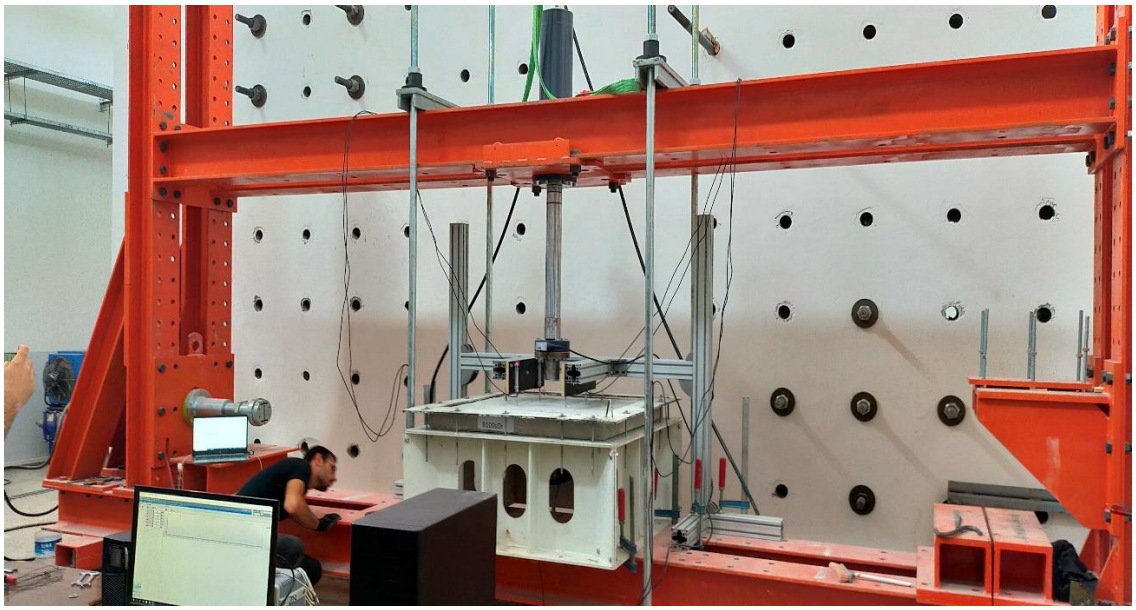
Şekil 4.59. Referans Numunenin ve B50sOr numunesi

4.3.3. B100sOr numunesi

B100sOr numunesi genişliği 100 mm bazalt tekstil file ile ortogonal düzende tek yönlü güçlendirilen deney elemanıdır. B100sOr deney elemanına, yükleme numune kırılana kadar uygulanmıştır.

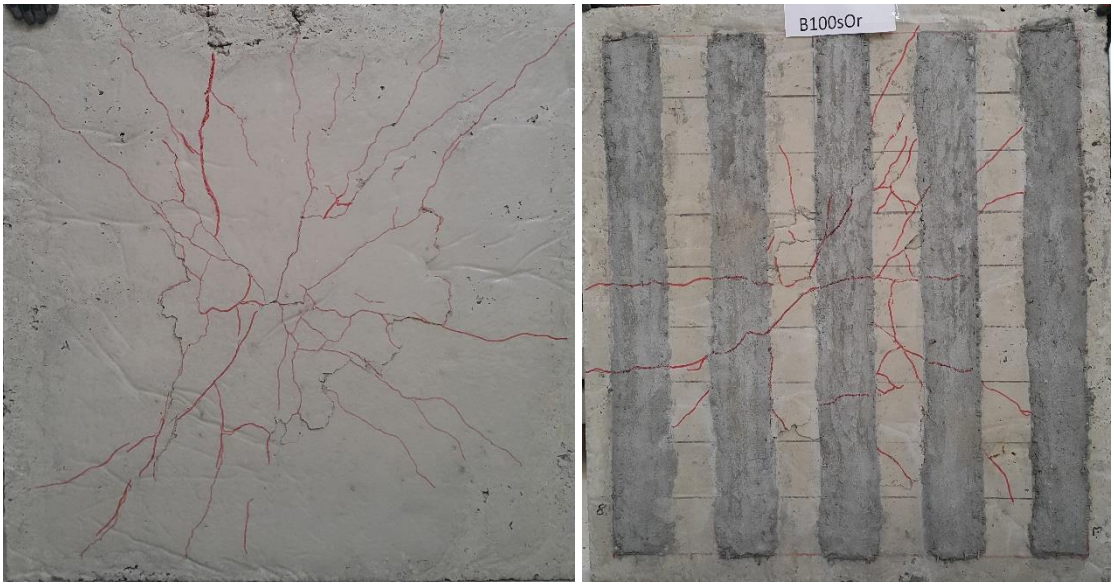
Uygulanan statik yükleme sonucunda referans numunesinde meydana gelen azami kuvvet 67,39 kNolarak ölçülmüştür. Statik yükleme neticesinde Referans numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 6,26 mm, daimi deplasman ise 10,94 mm olarak ölçülmüştür.

B100sOr deney elemanına statik yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşemenin alt kısmında referans numuneye göre daha az çatlakların meydana geldiği gözlemlenmiştir. B100sOr deney elemanının deneye hazır hali Şekil 4.60 da gösterilmiştir.



Şekil 4.60. B100sOr Numunesinin deneye hazır hazırlanmış hali

Aşağıda deney tamamlandıktan sonra referans Numunenin ön yüzünde meydana gelen çatlaklar ve referans numunesi ile kıyaslanması Şekil 4.61 de gösterilmiştir



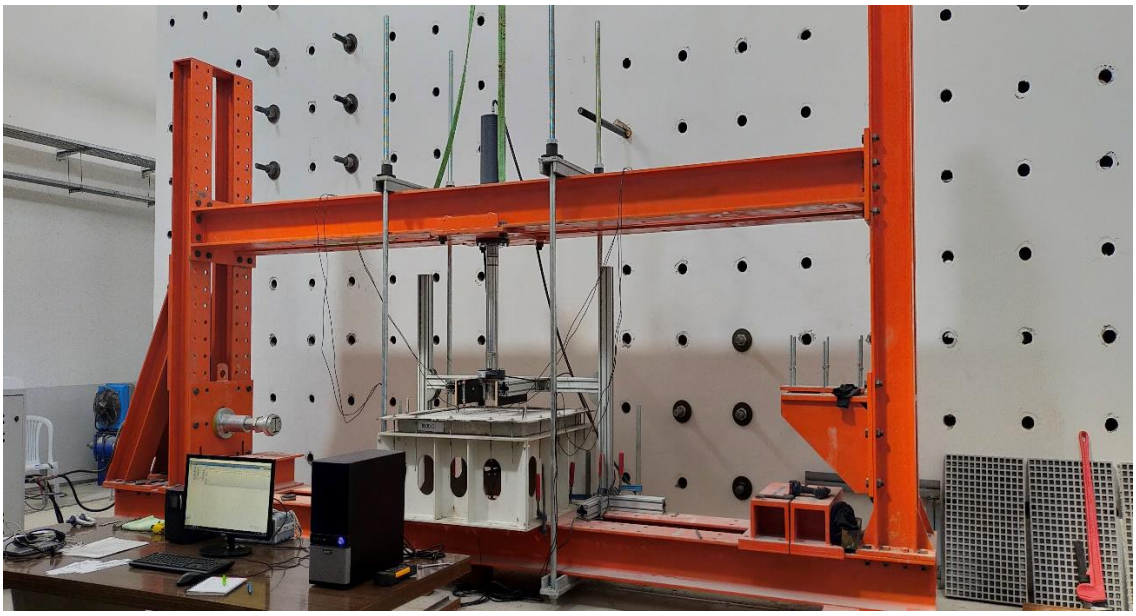
Şekil 4.61. Referans Numunenin ve B100sOr numunesi

4.3.4. B100sDi numunesi

B100sDi numunesi genişliği 100 mm bazalt tekstil file ile diyagonal düzende tek yönlü güçlendirilen deney elemanıdır. B100sDi deney elemanına, yükleme numune kırılana kadar uygulanmıştır.

Uygulanan statik yükleme sonucunda referans numunesinde meydana gelen azami kuvvet 69,14 kN olarak ölçülmüştür. Statik yükleme neticesinde referans numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 5,68 mm, daimi deplasman ise 12,11 mm olarak ölçülmüştür.

B100sDi deney elemanına statik yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşemenin alt kısmında referans numuneye göre daha az çatlakların meydana geldiği gözlemlenmiştir. B100dDi deney elemanının deneye hazır hali Şekil 4.62 da gösterilmiştir.



Şekil 4.62. B100sDi Numunesinin deneye hazır hazırlanmış hali

Aşağıda deney tamamlandıktan sonra referans Numunenin ön yüzünde meydana gelen çatlaklar ve referans numunesi ile kıyaslanması Şekil 4.63 de gösterilmiştir.



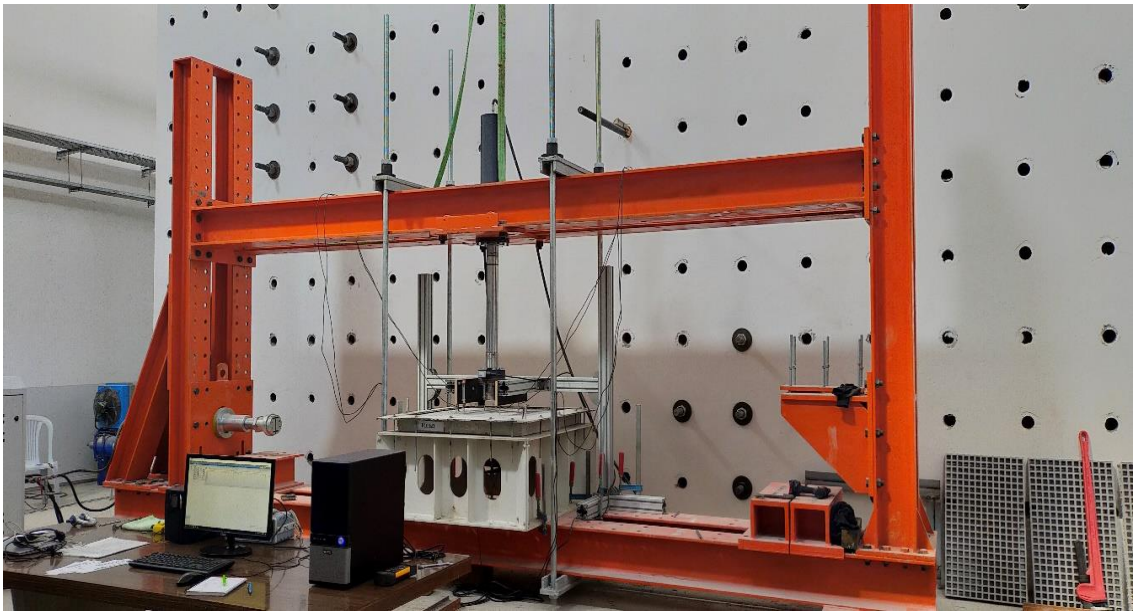
Şekil 4.63. Referans Numunenin ve B100sDi numunesi

4.3.5. B100dOr numunesi

B100dOr numunesi genişliği 100 mm bazalt tekstil file ile ortogonal düzende çift yönlü güçlendirilen deney elemanıdır. B100dOr deney elemanına, yükleme numune kırılana kadar uygulanmıştır.

Uygulanan statik yükleme sonucunda referans numunesinde meydana gelen azami kuvvet 72,25 kN olarak ölçülmüştür. Statik yükleme neticesinde Referans numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 4,88 mm, daimi deplasman ise 12,37 mm olarak ölçülmüştür.

B100dOr deney elemanına statik yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşemenin alt kısmında referans numuneye göre daha az çatlakların meydana geldiği gözlemlenmiştir. B100dOr deney elemanının deneye hazır hali Şekil 4.64 de gösterilmiştir.



Şekil 4.64. B100dOr Numunesinin deneye hazır hazırlanmış hali

Aşağıda deney tamamlandıktan sonra referans Numunenin ön yüzünde meydana gelen çatlaklar ve referans numunesi ile kıyaslanması Şekil 4.65 de gösterilmiştir



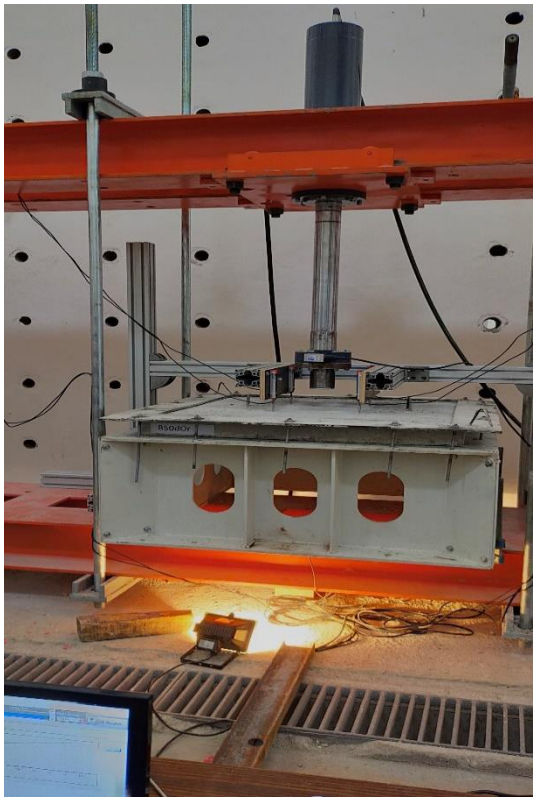
Şekil 4.65. Referans Numunenin ve B100dOr numunesi

4.3.6. B50dOr numunesi

B50dOr numunesi genişliği 50 mm bazalt tekstil file ile ortogonal düzende çift yönlü güçlendirilen deney elemanıdır. B50dOr deney elemanına, yükleme numune kırılana kadar uygulanmıştır.

Uygulanan statik yükleme sonucunda referans numunesinde meydana gelen azami kuvvet 72,23 kN olarak ölçülmüştür. Statik yükleme neticesinde Referans numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 7,91 mm, daimi deplasman ise 7.50 mm olarak ölçülmüştür.

B50dOr deney elemanına statik yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşemenin alt kısmında referans numuneye göre daha az çatlakların meydana geldiği gözlemlenmiştir. B50dOr deney elemanının deneye hazır hali Şekil 4.66 da gösterilmiştir.



Şekil 4.66. B50dOr Numunesinin deneye hazır hazırlanmış hali

Aşağıda deney tamamlandıktan sonra referans Numunenin ön yüzünde meydana gelen çatlaklar ve referans numunesi ile kıyaslanması Şekil 4.67 de gösterilmiştir



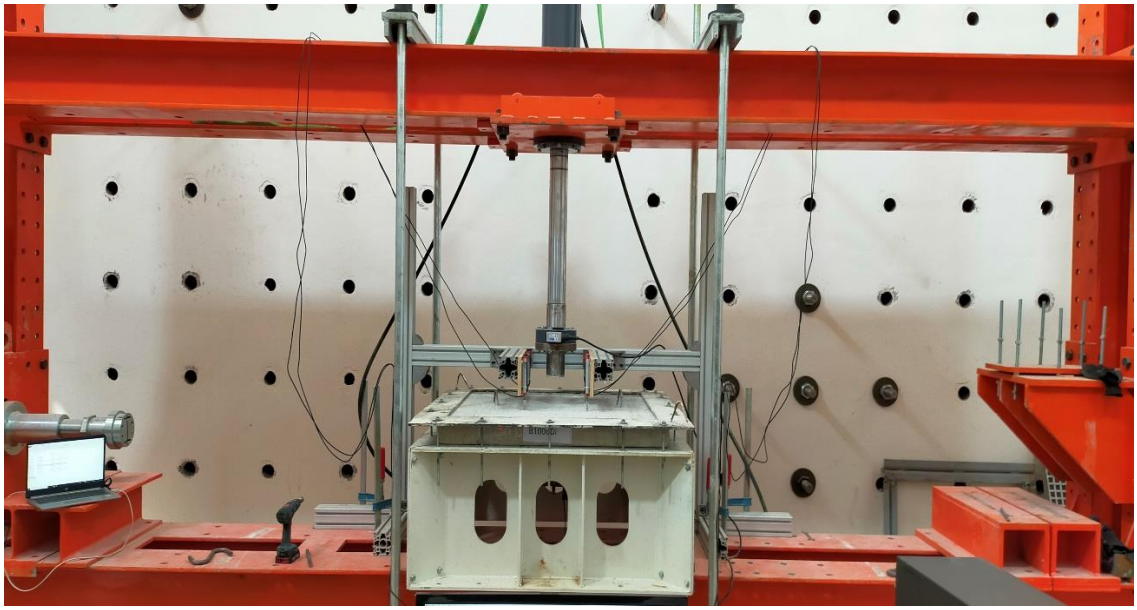
Şekil 4.67. Referans Numunenin ve B50dOr numunesi

4.3.7. B100dDi numunesi

B100dDi numunesi genişliği 100 mm bazalt tekstil file ile ortogonal düzende çift yönlü güçlendirilen deney elemanıdır. B100dDi deney elemanına, yükleme numune kırılana kadar uygulanmıştır.

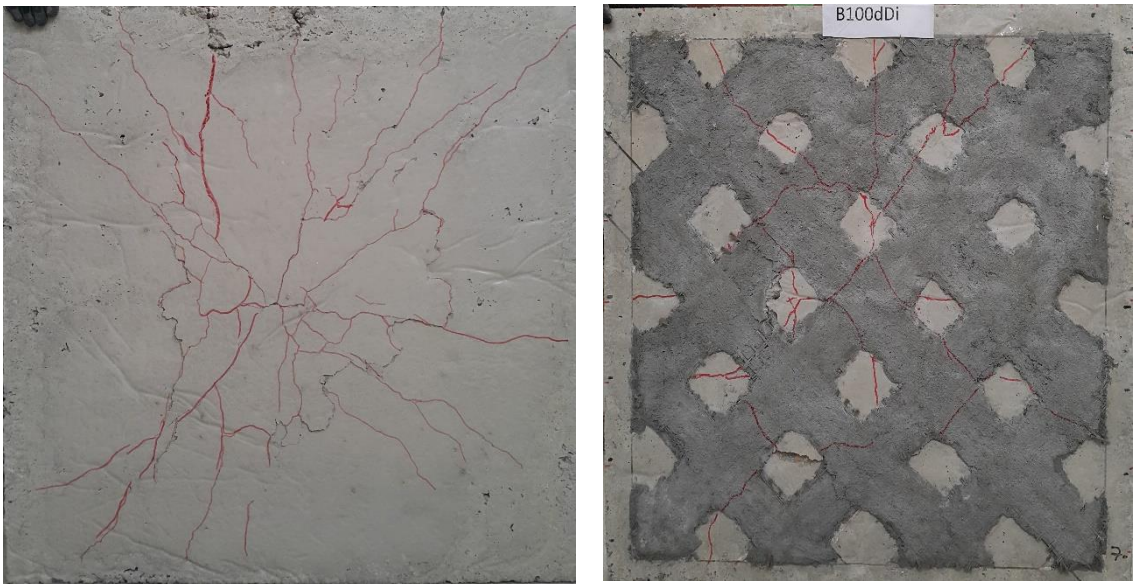
Uygulanan statik yükleme sonucunda referans numunesinde meydana gelen azami kuvvet 74,86 kN olarak ölçülmüştür. Statik yükleme neticesinde Referans numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 7.20 mm, daimi deplasman ise 12.45 mm olarak ölçülmüştür.

B100dDi deney elemanına statik yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşemenin alt kısmında referans numuneye göre daha az çatlakların meydana geldiği gözlemlenmiştir. B100dDi deney elemanının deneye hazır hali Şekil 4.68 de gösterilmiştir.



Şekil 4.68. B100dDi Numunesinin deneye hazır hazırlanmış hali

Aşağıda deney tamamlandıktan sonra referans numunenin ön yüzünde meydana gelen çatlaklar ve B100dDi numunesi ile kıyaslanması Şekil 4.69 da gösterilmiştir



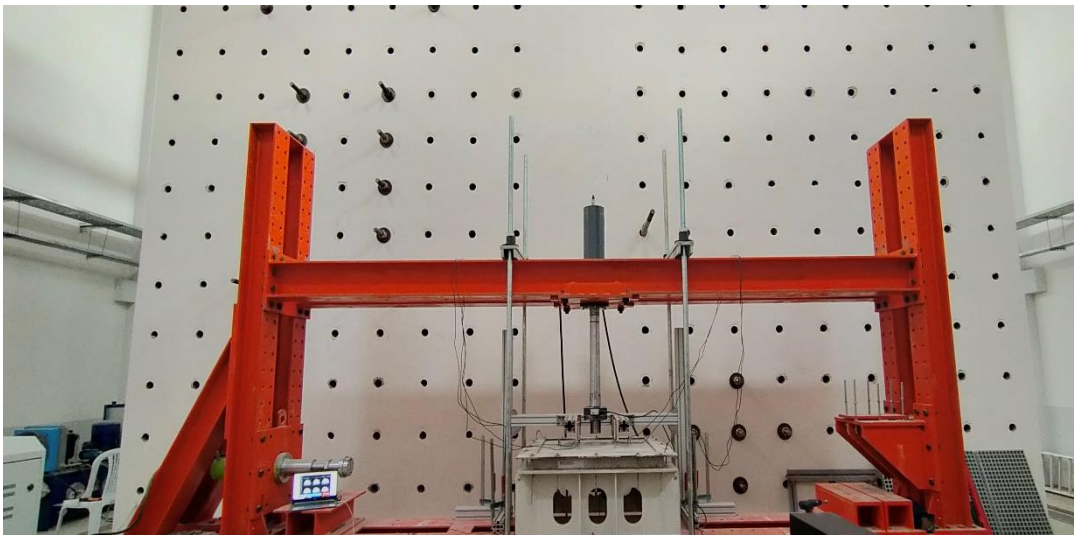
Şekil 4.69. Referans Numunesi ve B100dDi numunesi

4.3.8. B50dDi numunesi

B50dDİ numunesi genişliği 50 mm bazalt tekstil file ile diyagonal düzende çift yönlü güçlendirilen deney elemanıdır. B50Ddi deney elemanına, yükleme numune kırılana kadar uygulanmıştır.

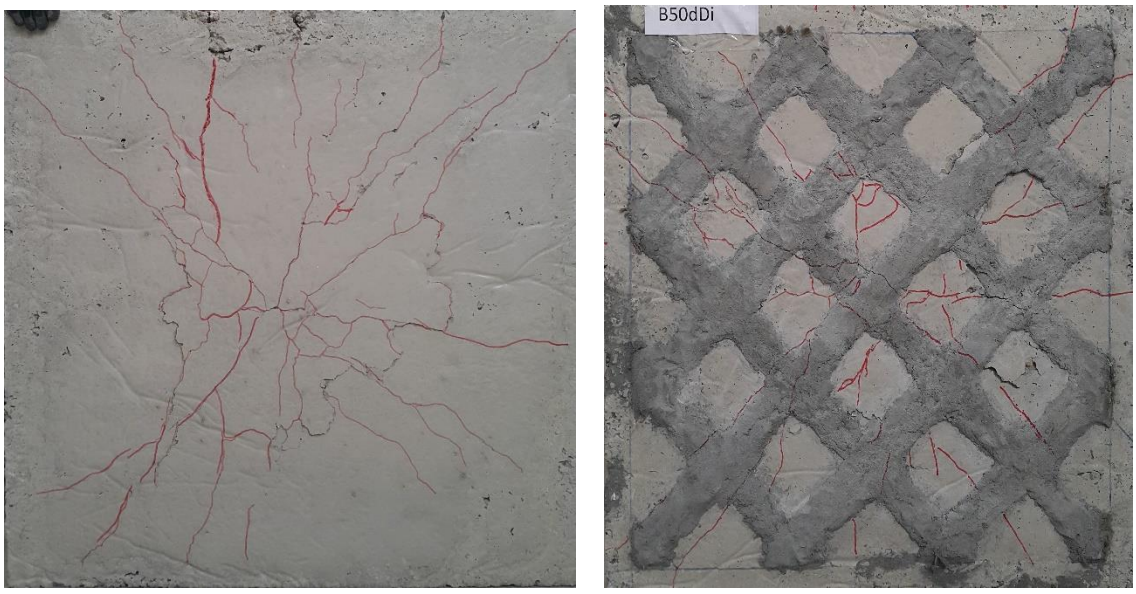
Uygulanan statik yükleme sonucunda referans numunesinde meydana gelen azami kuvvet 76,84 kN olarak ölçülmüştür. Statik yükleme neticesinde B50dDi numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 8,45 mm, daimi deplasman ise 12,20 mm olarak ölçülmüştür.

B50dDi deney elemanına statik yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşemenin alt kısmında referans numuneye göre daha az çatlakların meydana geldiği gözlemlenmiştir. B50dDi deney elemanının deneye hazır hali Şekil 4.70 de gösterilmiştir.



Şekil 4.70. B50dDi numunesinin deneye hazır hazırlanmış hali

Aşağıda deney tamamlandıktan sonra referans numunenin ön yüzünde meydana gelen çatlaklar ve B50dDi numunesi ile kıyaslanması Şekil 4.71 de gösterilmiştir



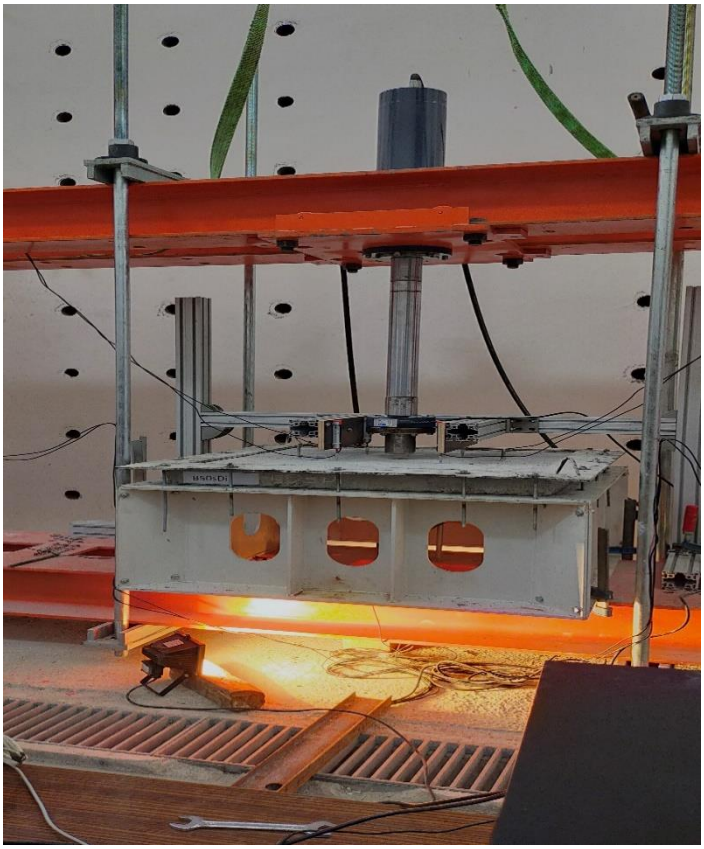
Şekil 4.71. Referans Numunesi ve B50dDi numunesi

4.3.9. B50sDi numunesi

B50sDi numunesi genişliği 50 mm bazalt tekstil file ile diyagonal düzende tek yönlü güçlendirilen deney elemanıdır. B50sDi deney elemanına, yükleme numune kırılana kadar uygulanmıştır.

Uygulanan statik yükleme sonucunda referans numunesinde meydana gelen azami kuvvet 71,42 kN olarak ölçülmüştür. Statik yükleme neticesinde B50sDi numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 6,11 mm, daimi deplasman ise 9,82 mm olarak ölçülmüştür.

B50sDİ deney elemanına statik yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşemenin alt kısmında referans numuneye göre daha az çatlakların meydana geldiği gözlemlenmiştir. B50sDİ deney elemanının deneye hazır hali Şekil 4.72 da gösterilmiştir.



Şekil 4.72. B50sDİ Numunesinin deneye hazır hazırlanmış hali

Aşağıda deney tamamlandıktan sonra referans numunenin ön yüzünde meydana gelen çatlaklar ve B50sDi numunesi ile kıyaslanması Şekil 4.73 de gösterilmiştir.



Şekil 4.73. Referans Numunesi ve B50sDİ numunesi

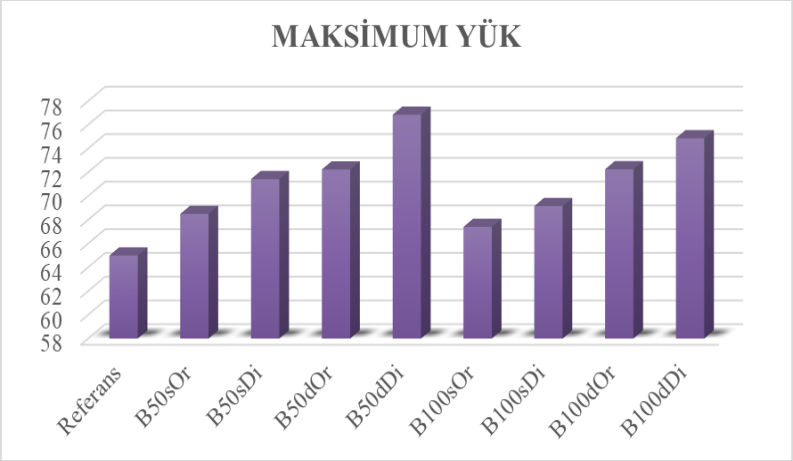
4.4. Statik Deneylerde Tartışma

Deneysel çalışmanın bu kısmında, bazalt tekstil katkılı harç ile güçlendirilmiş döşemelerin statik yük etkisi altındaki davranışının deneysel olarak incelenmesi araştırılmış, statik yükleme deney düzeneği ile deney numunelerine statik yükü uygulanmış ve numunelerin statik yük altındaki davranışları incelenmiştir. Tez çalışmasının tartışma kısmında döşemelerde oluşan maksimum deplasman, kalıcı deplasmanlar, yük zaman tanım alanında grafikleri çizilmiş ve numunelerde meydana gelen çatlak dağılımları da gözlemlenmiştir. Çizelge 4.2'de deney sonuçları sunulmuştur.

Çizelge 4.2. Deneysel çalışmada elde edilen sonuçlar

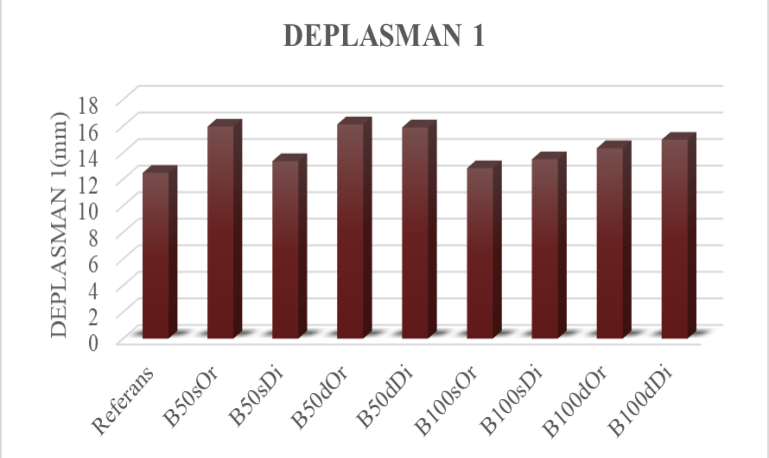
	Maks Yük (kN)	**Maks Dep1 (mm)**	**Maks Kalıcı Dep**	**Maks Dep2 (mm)**	**Maks Dep3 (mm)**	**Maks Dep4 (mm)**	**Maks Dep5 (mm)**
Referans	64,99	12,47	8,13	7,14	6,39	7,11	6,80
B50sOr	68,49	15,96	12,02	8,03	7,98	8,15	8,07
B50sDi	71,43	13,35	9,82	6,98	6,92	6,79	6,11
B50dOr	72,23	16,12	12,98	7,50	7,66	7,64	7,92
B50dDi	76,85	15,89	12,20	8,81	8,22	8,51	8,46
B100sOr	67,40	12,82	10,94	6,53	5,36	5,96	6,27
B100sDi	69,15	13,49	12,11	5,73	5,27	5,61	5,68
B100dOr	72,26	14,33	12,37	5,60	5,54	5,13	4,89
B100dDi	74,87	14,96	12,45	7,32	6,64	6,34	7,20

Tüm deney elemanlarında gözlenen maksimum yük değerleri Şekil 4.74 de gösterilmiştir. Elde edilen verilere göre tüm numunelerin referans numuneye kıyasla maksimum yük değerleri referans numuneye göre; B50sOr numunesinde %5,389, B50sDi numunesinde %9,912, B50dOr numunesinde %11,15, B50dDi numunesinde %18,24, B100sOr numunesinde %3,709, B100sDi numunesinde %6,401, B100dOr %11,18, B100dDi numunesine kıyasla %15,20 değerinde artış olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.74. Tüm deney elemanlarında gözlenen maksimum yük değerleri

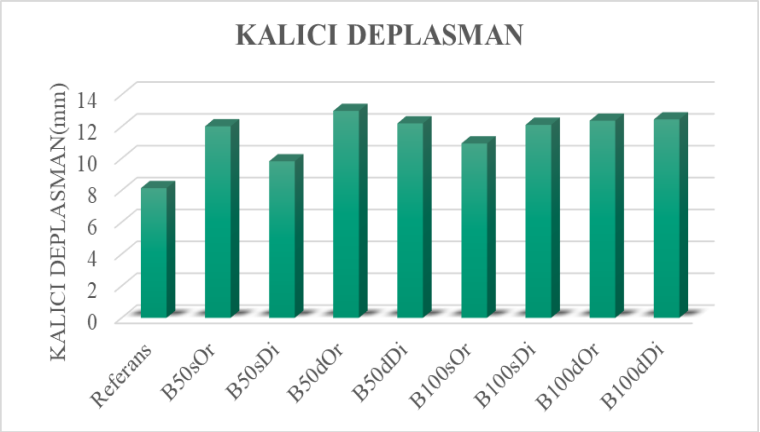
Tüm deney elemanlarında gözlenen maksimum deplasman 1 değerleri Şekil 4.75 de gösterilmiştir. Elde edilen verilere göre tüm numunelerin referans numuneye kıyasla maksimum deplasman 1 değerleri; B50sOr numunesinde %27,93, B50sDi numunesinde %7,06, B50dOr numunesinde %29,29, B50dDi numunesinde %27,44, B100sOr numunesinde %2,82, B100sDi numunesinde %8,20, B100dOr %14,88, B100dDi numunesine kıyasla %19,96 değerinde artış olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.75. Tüm deney elemanlarında gözlenen maksimum deplasman 1 değerleri

Burada deplasman 5 değeri tüm deplasmanların ortalaması olarak hesaplanmıştır. Elde edilen verilere göre tüm numunelerin referans numuneye kıyasla maksimum deplasman 5 değerleri; B50sOr numunesinde %18.68, B50sDi numunesinde -%10.10, B50dOr numunesinde %16.48, B50dDi numunesinde %24.43, B100sOr numunesinde -%7.77, B100sDi numunesinde -%16.39, B100dOr -%28.12 B100dDi numunesine kıyasla -%5.97 değerinde artış olduğu gözlenmiştir.

Tüm deney elemanlarında gözlenen maksimum kalıcı deplasman değerleri Şekil 4.76 de gösterilmiştir. Elde edilen verilere göre tüm numunelerin referans numuneye kıyasla maksimum kalıcı deplasman değerleri; B50sOr numunesinde %47.72, B50sDi numunesinde %20.72, B50dOr numunesinde %59.57, B50dDi numunesinde %49.98, B100sOr numunesinde %34.48, B100sDi numunesinde %48.86, B100dOr %52.06 B100dDi numunesine kıyasla %53.02 değerinde artış olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.76. Tüm deney elemanlarında gözlenen maksimum kalıcı deplasman değerleri

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu deneysel çalışma kapsamında, üretilen betonarme döşemeler bazalt tekstil file ve çimento esaslı yapısal tamir harcı ile güçlendirilmiş olup statik ve dinamik yük etkisi altındaki davranışları incelenmiştir. Bazalt tekstil fileler, 50 mm ve 100 mm genişliğinde olmak üzere çimento esaslı yapısal tamir harcı ile farklı konfigürasyonlarda yapıştırılmıştır.

5.1. Dinamik Deneylerde Sonuç ve Öneriler

Ağırlık düşürücü deney düzeneği ile numuneler darbe yüküne maruz bırakılmıştır. Darbe yükü 1500 m yükseklikten 84 kg kütlenin düşürülmesi ile uygulanmıştır. Bazalt tekstil fileler deney elemanlarına ortogonal ve diyagonal doğrultuda yapıştırılmıştır. Güçlendirilen deney numuneler güçlendirilmemiş referans numuneyle kıyaslanarak incelenmiştir.

Güçlendirilme uygulanmış betonarme numuneler referans numuneye kıyasla daha fazla dayanım gösterdiği gözlenmiştir. Maksimum sağ ve sol ivme değerlerinin arttığı görülmüştür. Şerit genişliği 100 mm olarak deney elemanlarının, şerit genişliği 50 mm olan deney elemanlarına göre dinamik yük etkisinde enerji tüketme kapasitesinin daha fazla olduğu görülmüştür. Genel olarak maksimum ivme değerlerinde artış olduğu görülmüştür. Bazalt tekstil filelerin, diyagonal diziliminde ortogonal olarak yapılan dizilime göre numuneler dinamik yüklemeye karşı daha iyi bir performans göstermiştir. Maksimum ivmeler daha yüksek değerlere sahip olmakla birlikte numuneler dayanım kazanmıştır. Bazalt tekstil filelelerin çift yönlü ve tek yönlü dizilimleri kıyaslandığında, çift yönlü dizilim ile güçlendirilen numunelerde, maksimum ivmelerin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bunun sonucunda bazalt tekstil filenin çift yönlü dizilimine sahip numuneler, çarpma yüküne karşı daha iyi davranış göstermiş, diğer deney elemanlarında kıyasla daha fazla dayanıma sahip olmuştur. Güçlendirilen deney numunelerinin, referans numuneye kıyasla çatlak sayılarında, çatlak genişliğinde ve deplasmanlarda azalma olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5.1).

En iyi davranış gösteren deney numunesi B100dDi olmuştur. En yüksek maksimum ivme değerine sahip olmakla birlikte en az deplasmanı yapmıştır. Bu deney elemanı güçlendirme özellikleri; 100 mm bazalt tekstil file diyagonal olarak çift yönlü

uygulanmıştır. Diğer numuneleri göre çatlak sayısı ve çatlak genişliği olarak en iyi performansı göstermiştir. Dinamik yük etkisi altındaki güçlendirilmiş betonarme döşemeler, bazalt tekstil filelerin çift yönlü olarak dizilmesi meydana gelen deplasman değerinin azalmasına neden olmuştur.



Şekil 5.1. Tüm numunelerde görülen çatlaklar

Bazalt tekstil file ve çimento esaslı yapısal tamir harcı ile güçlendirilmiş deney numuneleri ağırlık düşürücü deney düzeneği ile dinamik yükleme yapıldıktan sonra numunelerde meydana gelene plastik deformasyon değerlerinde azalma olduğu gözlemlenmiştir. Çift yönde ortogonal ve diyagonal olarak, 100 mm bazalt şerit genişliği uygulanarak güçlendirilen numuneler dinamik yüklemeye maruz kaldıktan sonra meydana gelen kalıcı deplasmanlarda azalma olduğu görülmüştür.

Referans numune ve bazalt şerit genişliği 50 mm olan ortogonal numunelerin deformasyon değerleri diğer numuneleri kıyasla yüksek çıkmıştır. Bu numunelerde çok sayıda çatlak oluşmuştur. Bazalt tekstil filenin 50 mm diyagonal dizilimde uygulandığı durumda 50 mm ortogonal olarak uygulandığı dizilime göre daha az çatlak meydana gelmiş birim deformasyonda azalma olmuştur. Veriler incelendiğinde bazalt şerit kalınlığı artırıldıkça birim deformasyon değerlerinde azalma olduğu gözlemlenmiştir. Bazalt şeritlerin tek ve çift yönde dizilimi kıyaslandığında 100 mm genişliğinde çift yönlü bazalt şeritlerin kullanıldığı deney elemanlarında çatlak sayısında azalma olduğu, deney elemanının daha az hasar aldığı ve birim deformasyonlarda azalma olduğu gözlemlenmiştir. Güçlendirilmiş numunelerin enerji yutma kapasitelerinde artış olduğu gözlemlenmişir.

Bu deneysel çalışmada, bazalt tekstil file ile çimento esaslı yapısal tamir harcı kullanılarak güçlendirilen deney elemanlarında ağırlık düşürücü deney aleti ile dinamik yük etkisi altında deney elemanlarının gösterdiği davranışlar incelenmiştir. Çatlak genişliği, çatlak sayısı ve maksimum deplasmanlarda azalma olduğu gözlemlenmiştir. Güçlendirme uygulanan döşemeler içerisinde en iyi davranışı gösteren deney elemanı B100dDi olmuştur.

Bu deneysel çalışmada elde edilen veriler farklı güçlendirme malzemeleri kullanılan çalışmaların verileri ile kıyaslanabilir.

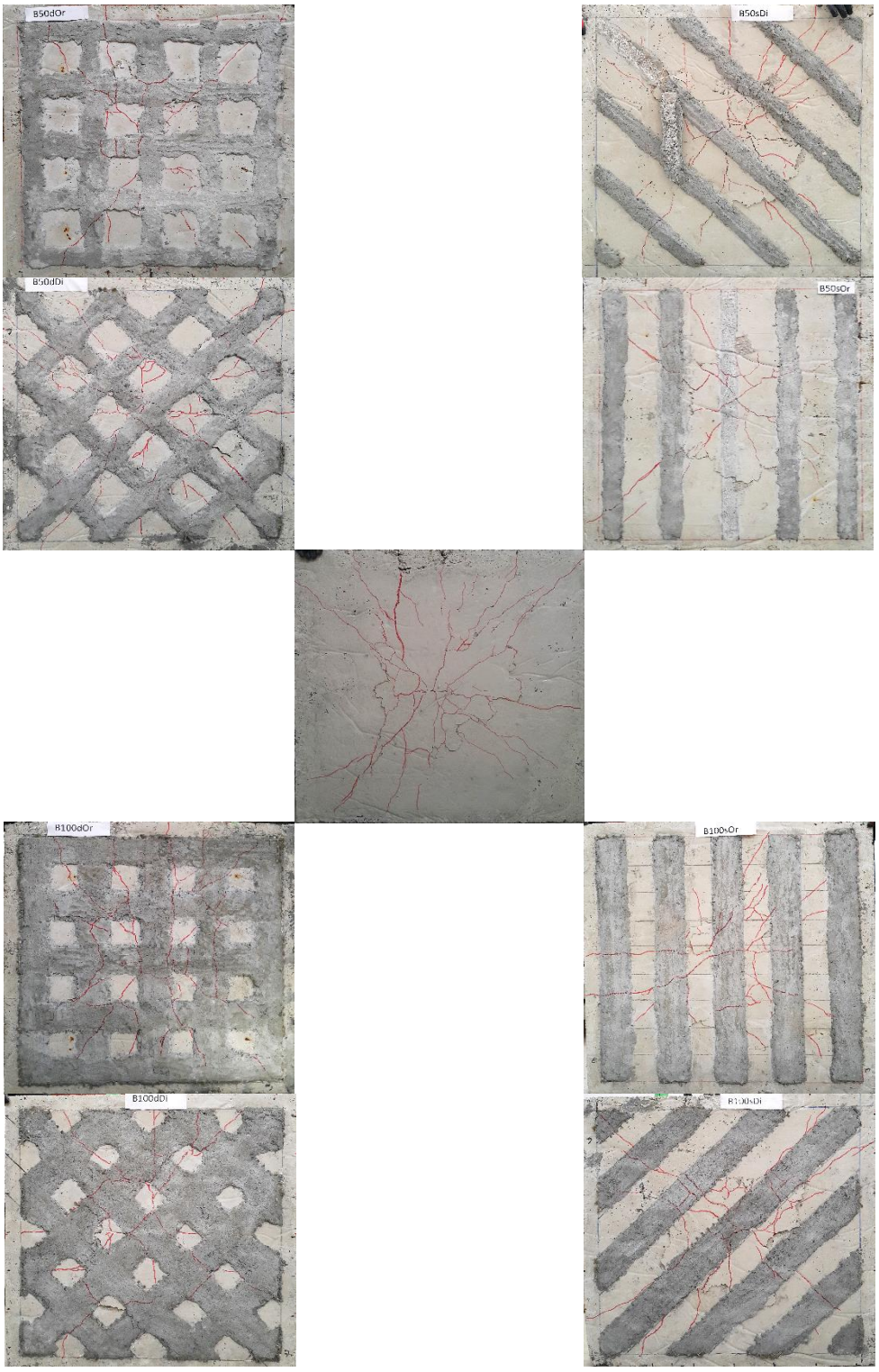
5.2. Statik Deneylerde Sonuç Ve Öneriler

Yükleme çerçevesi deney düzeneği kullanılarak, numuneler statik yüklemeye maruz bırakılmıştır. Bazalt tekstil fileler deney elemanlarına ortogonal ve diyagonal doğrultuda yapıştırılmıştır. Güçlendirilen deney numuneler, güçlendirilmemiş referans numuneyle kıyaslanarak incelenmiştir.

Güçlendirilme uygulanmış betonarme numunelerin referans numuneye kıyasla daha fazla dayanım gösterdiği gözlenmiştir. Maksimum yük değerlerinin arttığı görülmüştür. Şerit genişliği 50 mm olarak deney elemanlarının, şerit genişliği 100 mm olan deney elemanlarına göre statik yük etkisinde enerji tüketme kapasitesinin daha fazla olduğu gözlenmiştir. Genel olarak kalıcı deplasman değerlerinde artış olduğu gözlenmiştir. Bu durum güçlendirilmiş döşemelerde sünekliğin ve dayanımın artığını göstermektedir. Bazalt tekstil filelerin, ortogonal diziliminde diyagonal olarak yapılan dizilime göre numuneler statik yüklemeye karşı daha iyi bir performans göstermiştir. Bazalt tekstil filelelerin çift yönlü ve tek yönlü dizilimleri kıyaslandığında, çift yönlü dizilim ile güçlendirilen numunelerde, deplasman değerlerini daha az olduğu gözlenmiştir. Bunun sonucunda bazalt tekstil filenin çift yönlü dizilimine sahip numuneler, statik yüklemeye karşı daha iyi davranış göstermiş, diğer deney elemanlarında kıyasla daha fazla dayanıma sahip olmuştur.

Güçlendirilen deney numunelerinin, referans numuneye kıyasla çatlak sayılarında, çatlak genişliğinde ve deplasmanlarda azalma olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5.2).

En iyi davranış gösteren deney numunesi B50dOr olmuştur. Deney süresince en az çatlağın meydana geldiği deney numunesi olmuştur. Bu deney elemanı güçlendirme özellikleri; 50 mm bazalt tekstil file ortogonal olarak çift yönlü uygulanmıştır. Diğer numuneleri göre çatlak sayısı ve çatlak genişliği olarak en iyi performansı göstermiştir. Statik yük etkisi altındaki güçlendirilmiş betonarme döşemeler, bazalt tekstil filelerin tek yönlü olarak dizilmesi meydana gelen deplasman değerinin azalmasına neden olmuştur.



Şekil 5.2. Tüm numunelerde görülen çatlaklar

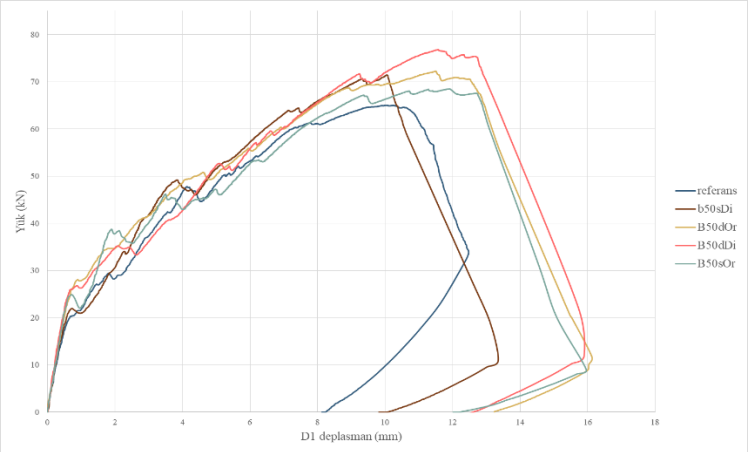
Bazalt tekstil file ve çimento esaslı yapısal tamir harcı ile güçlendirilmiş deney numuneleri yükleme çerçevesi deney düzeneği ile statik yükleme yapıldıktan sonra

numunelerde meydana gelene plastik deformasyon değerlerinde artış olduğu gözlemlenmiştir.

Referans numune ve bazalt şerit genişliği 50 mm olan ortogonal numunelerin deplasman değerleri diğer numunelere kıyasla yüksek çıkmıştır. Bu numunelerde çok sayıda çatlak oluşmuştur. Bazalt tekstil filenin 50 mm diyagonal dizilimde uygulandığı durumda 50 mm ortogonal olarak uygulandığı dizilime göre daha çok çatlak meydana gelmiş birim deplasman azalma olmuştur. Veriler incelendiğinde bazalt şerit kalınlığı artırıldıkça birim deplasman değerlerinde azalma olduğu gözlemlenmiştir. Bazalt şeritlerin tek ve çift yönde dizilimi kıyaslandığında, çift yönlü bazalt şeritlerin kullanıldığı deney elemanlarında çatlak sayısında azalma olduğu, deney elemanının daha az hasar aldığı gözlemlenmiştir. Fakat tek yönlü bazalt şeritler kullanıldığında birim deformasyonda azalma olduğu görülmüştür. Güçlendirilmiş numunelerin enerji yutma kapasitelerinde artış olduğu gözlemlenmişir.

Bu deneysel çalışmada, bazalt tekstil file ile çimento esaslı yapısal tamir harcı kullanılarak güçlendirilen deney elemanlarında yükleme çerçevesi deney düzeneği ile statik yük etkisi altında deney elemanlarının gösterdiği davranışlar incelenmiştir. Çatlak genişliği, çatlak sayısı ve maksimum deplasmanlarda azalma olduğu gözlemlenmiştir. Güçlendirme uygulanan döşemeler içerisinde en iyi davranışı gösteren deney elemanı B50dOr olmuştur.

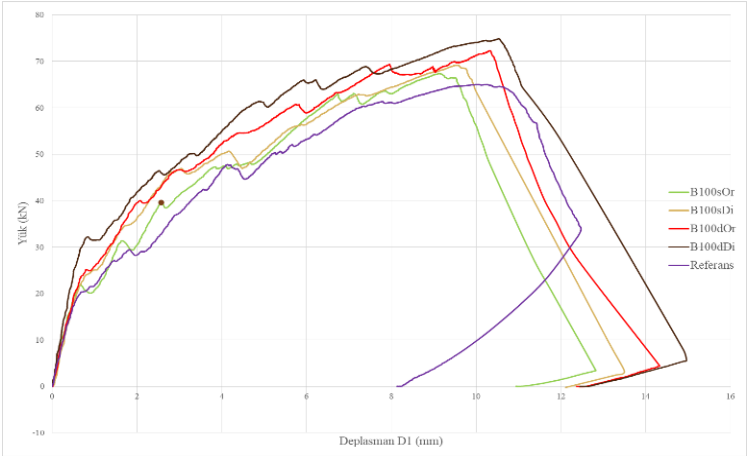
Şekil 5.3 de referans numune ve 50 mm genişliğinde güçlendirme uygulanmış deney elemanlarının yük- deplasman 1 grafiği sunulmuştur.



Şekil 5.3. Referans numune ve deney elemanlarının yük- deplasman 1 grafiği

Yukarıda verilen yük deplasman grafiği verilerine göre, yük deformasyon alanı göz önüne alındığında enerji tüketme miktarı B50dDi numunesi en yüksek enerji yutma kapasitesine sahiptir.

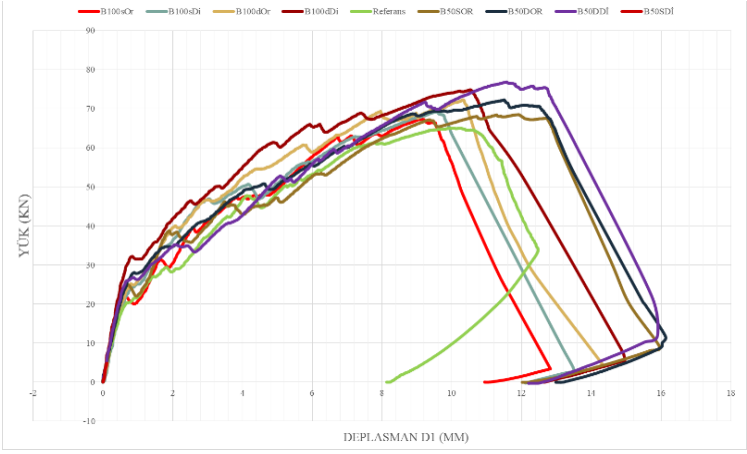
Şekil 5.4 de referans numune ve 100 mm genişliğinde güçlendirme uygulanmış deney elemanlarının yük- deplasman 1 grafiği sunulmuştur.



Şekil 5.4. Referans numune ve 100 mm genişliğinde güçlendirme uygulanmış deney elemanlarının yük- deplasman 1 grafiği

Referans numune ve 100 mm şerit genişliğinde güçlendirilen numunelerin yük deplasman grafiği verilerine göre, yük deformasyon alanı göz önüne alındığında enerji tüketme miktarı B100dDi numunesi en yüksek enerji yutma kapasitesine sahiptir.

Şekil 5.5 de referans numune vegüçlendirme uygulanmış deney elemanlarının yük-deplasman 1 grafiği sunulmuştur. Bu verilere göre tüm numuneler kıyaslandığında enerji tüketme miktarı B50dDi numunesi en yüksek enerji yutma kapasitesine sahiptir.



Şekil 5.5. Referans numune ve güçlendirilmiş tüm numuneler

Bu deneysel çalışmada elde edilen veriler statik yük etkisi altında döşemelerin farklı güçlendirme malzemeleri ve farklı konfigürasyonlarda uygulanan çalışmaların verileri ile kıyaslanabilir.

Bu deneysel çalışma kapsamında TRM güçlendirme malzemesi ile güçlendirilen betonarme döşemelerin dinamik ve statik yükler altında göstermiş olduğu davranışlar ve uygulanan güçlendirme konfigürasyonlarının etkileri incelenmiştir. Güçlendirme malzemelerinde yüksek mukavemet, yüksek çekme dayanımı ve ekonomik güçlendirme yöntemi araştırılmıştır. Yapılan deneysel çalışma iki adımda yürütülmüştür. İlk adım numunelerin dinamik yük etkisi altındaki davranışı irdelenmiştir. Dinamik yük döşeme merkezinde çelik plaka üzerine tekil yük olarak uygulanmıştır. Deneylerde beton basınç dayanımı, düşürülen kütlenin ağırlığı ve düşü yüksekliği sabit olmuştur. Toplam 18 numune üretilmiştir. 2 numune kontrol numunesi olarak, 16 numune güçlendirilerek deneysel olarak incelenmiştir. Güçlendirilen 16 numuneden 8 tanesi statik yük etkisi altında incelenmiştir. Deneysel çalışmanın ikinci aşamasında statik yük etkisi altında Statik yük döşeme merkezinde 100x100 mm boyutundaki çelik plaka üzerine tekil yük uygulanarak gerçekleştirilmiştir. TRM malzemesinin yerleşim şekli, şeritlerin genişliği deneysel çalışmada değişken parametreler olarak düşünülmüştür.

Tek yönlü 50 mm ve 100 mm olarak güçlendirilen deney elemanlarının nihai moment taşıma kapasitesi değeri Response2000 programı kullanılarak elde edilmiştir. Bu program sonucunda elde edilen veriler ve deney sonuçlarından elde edilen veriler kıyaslanmıştır. Response2000 programında elde edilen verilere göre, referans numunenin moment taşıma kapasitesi değeri 10,378 kNm olarak elde edilmiştir. B50sOr deney elemanında bu değer 20,103 kNm ve B100sOr deney elemanında 25,424 kNm olarak elde edilmiştir. Bu durumda elde edilen verilere göre B50sOr numunesinin referans numuneye göre nihai moment taşıma kapasitesi %93,69 ve B100sOr deney elemanında %144,97 değerinde artış gösterdiği gözlenmiştir.

Bu deneysel çalışma kapsamında uygulanan güçlendirme yöntemleri sonucunda betonarme döşemelerin statik ve dinamik yük etkisi altında göstermiş olduğu davranışlar olumlu sonuçlar vermiştir. Deney elemanları eşit kenar uzunluklarında imal edilmiştir. Farklı konfigürasyonlarda güçlendirme uygulanarak daha çeşitli sonuçlara ulaşılabilir.

Deneysel çalışmanın bu kısmında, üretilen betonarme döşemeler bazalt tekstil file ve çimento esaslı yapısal tamir harcı ile güçlendirilmiş olup statik yük etkisi altındaki davranışları incelenmiştir. Bazalt tekstil fileler, 50 mm ve 100 mm genişliğinde olmak üzere çimento esaslı yapısal tamir harcı ile farklı konfigürasyonlarda yapıştırılmıştır.

Tüm veriler incelendiğinde elde edilen sonuçlar;

- Bazalt tekstil file ile güçlendirilmiş deney elemanları, statik ve dinamik yükler etkisi altında referans numuneye kıyasla daha fazla dayanım kazanmıştır.

- Şerit genişliği 50 mm olarak deney elemanlarının, şerit genişliği 100 mm olan deney elemanlarına göre statik yük etkisinde enerji tüketme kapasitesinin daha fazla olduğu gözlenmiştir.

- Şerit genişliği 100 mm olarak deney elemanlarının, şerit genişliği 50 mm olan deney elemanlarına göre dinamik etkisinde enerji tüketme kapasitesinin daha fazla olduğu görülmüştür.

- Bazalt tekstil filelerin, ortogonal diziliminde diyagonal olarak yapılan dizilime göre numuneler statik yüklemeye karşı daha iyi bir performans göstermiştir.

- Bazalt tekstil filelerin, diyagonal diziliminde ortogonal olarak yapılan dizilime göre numuneler dinamik yüklemeye karşı daha iyi bir performans göstermiştir.

- Statik yük etkisi altında, bazalt tekstil filelelerin çift yönlü ve tek yönlü dizilimleri kıyaslandığında, çift yönlü dizilim ile güçlendirilen numunelerde, deplasman değerlerini daha az olduğu gözlenmiştir.

- Dinamik yük etkisi altında, bazalt tekstil filelelerin çift yönlü ve tek yönlü dizilimleri kıyaslandığında, çift yönlü dizilim ile güçlendirilen numunelerde, deplasman değerlerini daha az olduğu gözlenmiştir.

- Statik yük etkisi altında iyi davranış gösteren deney numunesi B50dOr olmuştur. Bu deney numunesinin özellikleri, bazalt tekstil file 50 mm şerit genişliğine sahip orthogonal düzende çift yönlü olarak güçlendirilmiştir.

- Dinamik yük etkisi altında en iyi davranış gösteren deney numunesi B100dDi olmuştur. Bu deney numunesinin özellikleri, bazalt tekstil file 100 mm şerit genişliğine sahip diyagonal düzende çift yönlü olarak güçlendirilmiştir.

- Statik yük etkisinde referans numune ve bazalt şerit genişliği 50 mm olan ortogonal numunelerin deplasman değerleri diğer numunelere kıyasla yüksek çıkmıştır.

- Dinamik yük etkisinde referans numune ve bazalt şerit genişliği 50 mm olan ortogonal numunelerin deformasyon değerleri diğer numuneleri kıyasla yüksek çıkmıştır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Koutas, L. N. & Bournas, D. A.(2017). Flexural strengthening of two - way RC slabs with textile-reinforced mortar: experimental investigation and design equations. Journal of Composites for Construction, 21(1), 04016065

Koutas, L. N., & Bournas, D. A. (2017). Flexural strengthening of two -way RC slabs with textile - reinforced mortar: experimental investigation and design equations. *Journal of Composites for Construction*, *21*(1), 04016065

Torres, B., Ivorra, S., Baeza, F. J., Estevan, L., & Varona, B. (2021). Textile reinforced mortars (TRM) for repairing and retrofitting masonry walls subjected to in-plane cyclic loads. An experimental approach. *Engineering Structures*, *231*,111742.

Papanicolaou, C., Triantafillou, T., Papantoniou, I., & Balioukos, C.(2009). Strengthening of two-way reinforced concrete slabs with textile reinforced mortars.

Loreto, G., Leardini, L., Arboleda, D., & Nanni, A. (2014). Performance of RC slab-type elements strengthened with fabric- reinforced cementitious - matrix composites.*Journal of Composites for Construction*, *18*(3), A4013003.

Bournas, D. A., Triantafillou, T . C., & Papanicolaou, C. G. (2009). Retrofit of seismically deficient RC columns with Textile - Reinforced Mortar (TRM) jackets.

Zhang, H. Y., Yan, J., Kodur, V., & Cao, L. (2019). Mechanical behavior of concrete beams shear strengthened with textile reinforced geopolymer mortar. *Engineering Structures*, *196*, 109348.

Schladitz, F., Frenzel, M., Ehlig, D., & Curbach, M. (2012). Bending load capacity of reinforced concrete slabs strengthened with textile reinforced concrete.

KAYNAKLAR DİZİNİ(devam)

Abbas, H., Abadel, A . A., Almusallam, T., & Al-Salloum, Y. (2015). Effect of CFRPand TRM strengthening of RC slabs on punching shear strength.

Sui, Z. A., Dong, K., Jiang, J., Yang, S., & Hu, K. (2020). Flexural behavior of fire-damaged prefabricated RC hollow slabs strengthened with CFRP versus TRM.

Dinh, N. H., Park, S. H., Kim, S. H., & Choi, K. K. (2021). Cyclic behavioralcharacteristics of RC beams strengthened by U-wrapped TRM jacket with anchoragedetails. *Engineering Structures*, *247*, 113205.

Vahidpour, M., Kheyroddin, A., & Kioumarsi, M. (2022). Experimental Investigation On Flexural Capacity of Reinforced Concrete Beams Strengthened with 3D-Fiberglass, CFRP and GFRP. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, *16*(1),1-20.

Kühn, T. ve Curbach, M. (2015). Darbe yükü altında RC - plakaların davranışı. EPJ Web of Conferences'da (Cilt 94, s. 01062). EDP Bilimleri.

Wang, Y., Liu, J., Xiao, Z., Zhao, F., & Cheng,Y. (2021). Experiment and Simulation Study on the Dynamic Response of RC Slab under Impact Loading. Shock and Vibration, 2021.

Kim, H. S., Truong, G. T., Park, S. H., & Choi, K. K. (2018). Tensile properties of Carbon fiber - textile reinforced mortar (TRM) characterized by different anchorage methods. International Journal of Concrete Structures and Materials,

Hibtallah, E., & Madlum, M. (2022). DYNAMIC BEHAVIOR OF SLAB REINFORCED WITH FRP BARS AND STRENGTH WITH CARBON SHEET. Kufa Journal of Engineering, 13(1), 64-81.

KAYNAKLAR DİZİNİ(devam)

Bournas, D. A., Pavese, A., & Tizani, W. (2015). Tensile capacity of FRP anchors in connecting FRP and TRM sheets to concrete. Engineering Structures, 82, 72-81.

Park, J., Park, S. K., & Hong, S. (2020). Experimental study of flexural behavior of Reinforced concrete beam strengthened with prestressed textile - reinforced mortar. Materials, 13(5), 1137.

Batarlar, B., Hering, M., Bracklow, F., Kühn, T., Beckmann, B., & Curbach, M. (2021). Experimental investigation on reinforced concrete slabs strengthened with Carbon textiles under repeated impact loads. *Structural Concrete*, *22*(1), 120-131.

Park, J., Hong, S., & Park, S. K. (2019). Experimental study on flexural behavior of TRM - strengthened RC beam: Various types of textile-reinforced mortar with non-impregnated textile. Applied Sciences, 9(10), 1981.

Medvedskiy, A. L., Martirosov, M. I., Khomchenko, A. V., & Dedova, D. V. (2021). Behaviour of a Cylindrical Reinforced Carbon Fibre Shell Under Impact Load.

Gorkem, S. E., & Husem, M. (2013). Load capacity of high - strength Reinforced concrete slabs by yield line theory. Computers and Concrete.