Bazalt Tekstil Katkılı Harç ile Güçlendirilmiş Plakların Çarpma Yükü Etkisi Altındaki Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi

Mehmet Enes Ünalan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran 2022

Experimental İnvestigation of The Behavior of Slabs Strengthening With Basalt Textile-Reinforced Mortar Under İmpact Loading

Mehmet Enes Ünalan

MASTER OF SCIENCE THESIS

Departmen of Civil Engineering

June 2022

Bazalt Tekstil Katkılı Harç ile Güçlendirilmiş Plakların Çarpma Yükü Etkisi Altındaki Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi

Mehmet Enes Ünalan

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

Haziran 2022

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Dr. Öğr. Üyesi Hakan EROL danışmanlığında hazırlamış olduğum "Bazalt Tekstil Katkılı Harç ile Güçlendirilmiş Plakların Çarpma Yükü Etkisi Altındaki Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi" başlıklı YÜKSEK LİSANS tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve 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 ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 15/06/2022

Mehmet Enes Ünalan

İmza

ÖZET

Literatürde taşıyıcı betonarme elemanların çarpma yüküne karşı davranışları üzerine yapılan çalışmalar bulunsa da bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilmiş plaklar üzerine yapılan çalışma sayısı oldukça azdır. Köprü ayaklarına araç çarpması, deniz kenarındaki betonarme yapılarda meydana gelen gemi kazaları, terör saldırıları sonucunda taşıyıcı betonarme elemanlar dinamik yüklere maruz kalmaktadır. Meydana gelen bu dinamik yükler karşısında taşıyıcı elemanlar zarar görmekte ve yapı taşıyıcı sisteminde sorunlar yaşanabilmektedir. Bu yüzden taşıyıcı sistem tasarımı yapılırken elemanlar üzerindeki dinamik yükler de göz önüne alınmalıdır. Tez çalışması kapsamında bazalt tekstil katkılı harç ile güçlendirilmiş plakların çarpma yükü etkisi altındaki davranışının deneysel olarak incelenmesi araştırılmıştır. Çalışma kapsamında 16 adet plak bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilmiş 1 adet plak ise referans numune olması için güçlendirilmeden boş bırakılmıştır. Deneyde 1000x1000x80 mm boyutlarında toplam 17 adet plağın ağırlık düşürücü deney aleti ile çarpma yükü etkisi altındaki davranışı incelenmiştir. Bazalt tekstil şeritler plaklara tek ve iki yönde ortagonal, tek ve iki yönde diyagonal ve şerit genişlikleri 50mm ve 100mm olacak şekilde farklı dizilimlerde uygulanmıştır. Plakların 8 tanesine ankraj uygulaması yapılmış ve numuneler üzerindeki etkileri de incelenmiştir. Çalışma kapsamında çarpma yükünün plaklar üzerindeki etkisini ivmeölçer ve potansiyometrik konum algılayıcısı ile numunelerin ivme ve deplasman verileri LabVIEW SignalExpress yazılımı kullanılarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Ağırlık düşürücü deney aleti ile numunelerin üzerine düşürülen ağırlık sonrasında plaklarda meydana gelen çatlaklar incelenmiştir. Deneyler sonucunda betonarme plaklarda çatlak sayılarının azaldığı, maksimum deplasmanlarında ve kalıcı deplasmanlarında azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Çarpma yükü, Ağırlık düşürücü test düzeneği, Betonarme plak, Bazalt tekstil.

SUMMARY

Although there are studies on the behavior of bearing reinforced concrete (RC) elements against impact load in the literature, the number of studies on slabs reinforced with basalt textile strips is quite low. As a result of vehicle crashes to bridge piers, ship accidents in reinforced concrete structures on the seaside, and terrorist attacks, bearing reinforced concrete elements are exposed to dynamic loads. In the face of these dynamic loads, the bearing elements are damaged and problems may occur in the building carrier system. Therefore, dynamic loads on the elements should also be taken into consideration while designing the carrier system. Within the scope of the thesis study, experimental investigation of the behavior of slabs reinforced with basalt textile additive mortar under impact load was investigated. Within the scope of the study, 16 plates were reinforced with basalt textile strips and 1 plate was left blank to be a reference sample. In the experiment, the behavior of a total of 17 plates with the dimensions of 1000x1000x80 mm under the impact load was investigated with a weight reducing test device. Basalt textile strips were applied to the plates in different sequences, orthogonal in one and two directions, diagonal in one and two directions, and strip widths of 50mm and 100mm. 8 of the plates were anchored and their effects on the samples were also examined. Within the scope of the study, the effect of impact load on plates was transferred to the computer environment using the accelerometer and potentiometric position sensor and the acceleration and displacement data of the samples using LabVIEW SignalExpress software. Cracks that occurred on the plates after the weight dropped on the samples with the weight reducing tester was also examined. As a result of the experiments, it was observed that the number of cracks in reinforced concrete slabs decreased, their maximum displacements and permanent displacements decreased.

Keywords: Impact load, Drop weight test setup, Reinforced concrete plate, Basalt textile.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET ..... **vi**
SUMMARY ..... **vii**
TEŞEKKÜR ..... **viii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xi**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xvi**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xvii**
1.GİRİŞ VE AMAÇ **1**
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI **4**
3. MATERYAL YÖNTEM **14**
3.1 Materyal 14
3.1.1. Ağırlık düşürücü test düzeneği 16
3.1.2. Kauçuk ve çelik plaka 20
3.1.3. Ölçüm aygıtları 20
3.1.3.1. İvmeölçerler 21
3.1.3.2. Kuvvet algılayıcısı 23
3.1.3.3. Darbe Yük Hücresi 25
3.1.3.4. ICP Kuvvet Sensörü 26
3.1.3.5. Lineer Potansiyometrik Cetvel 28
3.1.3.6. Starin-Gauge 30
3.1.3.7. Veri Toplama Aygıtı 33
3.1.3.8. Bazalt Fiber 36
4. DENEY ELEMANLARININ DENEYE HAZIRLANMASI **39**
5. BULGULAR VE TARTIŞMA **55**
5.1. Bulgular 55
5.1.1. R1 deney elemanı 55
5.1.2. B50sOr deney elemanı 58

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

5.1.3. B50sOr-A deney elemanı 61
5.1.4. B100sOr deney elemanı. 64
5.1.5. B100sOr-A deney elemanı. 68
5.1.6. B50sDi deney elemanı 71
5.1.7. B50sDi-A deney elemanı 74
5.1.8. B100sDi deney elemanı. 77
5.1.9. B100sDi-A deney elemanı. 80
5.1.10. B50dOr deney elemanı 84
5.1.11. B50dOr-A deney elemanı 87
5.1.12. B100dOr deney elemanı 91
5.1.13. B100dOr-A deney elemanı 94
5.1.14. B50dDİ deney elemanı 97
5.1.15. B50dDi-A deney elemanı 101
5.1.16. B100dDİ deney elemanı 104
5.1.17. B100dDi-A deney elemanı 107
5.2 Tartışma 111
6. SONUÇ VE ÖNERİLER 115
KAYNAKLAR DİZİNİ 118

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil **Sayfa**

3.1. Çekiç ve çekicin ucu 16
3.2. Ağırlık düşürücü deney aletinin yenilenmesi. 17
3.3. Darbe yük hücresi ve Çekiç Başı..... 18
3.4. Çelik diskler..... 19
3.5. Çekiç ve çekicin ucu..... 19
3.6. Çelik plaka ve kauçuk montajı... 20
2.7. İvmeölçer 21
3.8. Kuvvet algılama sensörü. 24
3.9. Darbe yük hücresi montajı..... 26
3.10. Lineer potansiyometrik cetvel 28
3.11. Lineer potansiyometrik cetvelin montajı 30
3.12. Strain-Gauge 30
3.13. Strain-Gauge yapıştırılacak yüzeylerin hazırlanması... 32
3.14. Strain-Gauge'lerin yapıştırılması. 32
3.15. NI 9234 model veri toplama aygıtı..... 34
3.16. NI 9201 veri toplama aygıtı ve bağlantı çeşitleri. 35
3.17. Bazalt Fiber 37
4.1 Betonarme plakların boyutları 39
4.2. Plakalara konumlandırılan çelik donatı detayı... 40
4.3. Çelik donatıların yerleştirilmesi. 41
4.4.1000x1000x800 mm boyutlarındaki plakların beton döküm işlemi..... 42
4.5. 50 mm genişliğindeki Bazalt Tekstillerin şeritlerin plak üzerindeki konumları 44
4.6. 100 mm genişliğindeki Bazalt Tekstillerin şeritlerin plak üzerindeki konumları 44
4.7. Plakların vinç ile ters çevrilmesi... 45
4.8. Bazalt şeritlerin uygulanacağı alanların çizildikten sonra matkap yardımı ile pürüzlendirilmesi 46
4.9. Pürüzlendirme işlemi 46

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

4.10. Bazalt tekstil şeritlerin kesilmesi 47
4.11. a) Sikadur-330 A bileşeni, b) Sikadur-330 B bileşeni 48
4.12. Plakların yüzeyleri hava kompresör ile temizlendi 48
4.13. Ankraj yapılacak plakların matkap ile delinmesi... 49
4.14. Bazalt şeritlerin yapıştırılacağı bölgelere harç uygulaması 49
4.15.5 50mm'lik bazalt tekstil şeritlerin yapıştırılacağı plaklara ankraj uygulaması 50
4.16.6 50mm'lik bazalt tekstil şeritlerin yapıştırılacağı plaklara ankraj uygulaması 50
4.17. 100mm'lik bazalt tekstil şeritlerin yapıştırılacağı plaklara ankraj uygulaması 51
4.18. 100mm'lik bazalt tekstil şeritlerin yapıştırılacağı plaklara ankraj uygulaması... 51
4.19. a) 50mm'lik şeritlerin harçla kapatılması, b) 50mm'lik şeritlerin harçla kapatılması 52
4.20. a)100mm'lik şeritlerin harçla kapatılması, b)100mm'lik şeritlerin harçla kapatılması .. 52
4.21. a)50mm'lik şeritlerin harçla kapatılması, b)100mm'lik şeritlerin harçla kapatılması..... 53
4.22. a) 100 mm'lik şeritlerin harçla kapatılması, b) 50 mm'lik şeritlerin harçla kapatılması . 53
5.1. R1 plağına ait darbe yükü-zaman grafiği 56
5.2. R1 plağına ait deplasman - zaman grafiği. 56
5.3. R1 plağına ait sol ivme-zaman grafiği 57
5.4. R1 plağına ait sağ ivme-zaman grafiği. 57
5.5. R1 plağında meydana gelen çatlak dağılımı. 58
5.6. B50sOr plağına ait darbe yükü-zaman grafiği 59
5.7. B50sOr plağına ait deplasman - zaman grafiği. 59
5.8. B50sOr plağına ait sol ivme-zaman grafiği 60
5.9. B50sOr plağına ait sağ ivme-zaman grafiği. 60
5.10. B50sOr plağında meydana gelen çatlak dağılımı... 61
5.11. B50sOr-A plağına ait darbe yükü-zaman grafiği 62

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

5.12. B50sOr-A plağına ait deplasman - zaman grafiği. 62
5.13. B50sOr-A plağına ait sol ivme-zaman grafiği. 63
5.14. B50sOr-A plağına ait sağ ivme-zaman grafiği... 63
5.15. B50sOr-A plağında meydana gelen çatlak dağılımı... 64
5.16. B100sOr plağına ait darbe yükü-zaman grafiği 65
5.17. B100sOr plağına ait deplasman - zaman grafiği 66
5.18. B100sOr plağına ait sol ivme-zaman grafiği. 66
5.19. B100sOr plağına ait sağ ivme-zaman grafiği. 67
5.20. B100sOr plağında meydana gelen çatlak dağılımı. 67
5.21. B100sOr-A plağına ait darbe yükü-zaman grafiği 69
5.22. B100sOr-A plağına ait deplasman - zaman grafiği 69
5.23. B100sOr-A plağına ait sol ivme-zaman grafiği. 70
5.24. B100sOr-A plağına ait sağ ivme-zaman grafiği. 70
5.25. B100sOr-A plağında meydana gelen çatlak dağılımı 71
5.26. B50sDi plağına ait darbe yükü-zaman grafiği 72
5.27. B50sDi plağına ait deplasman - zaman grafiği... 72
5.28. B50sDi plağına ait sol ivme-zaman grafiği 73
5.29. B50sDi plağına ait sağ ivme-zaman grafiği 73
5.30. B50sDi plağında meydana gelen çatlak dağılımı... 74
5.31. B50sDi-A plağına ait darbe yükü-zaman grafiği 75
5.32. B50sDi-A plağına ait deplasman - zaman grafiği... 76
5.33. B50sDi-A plağına ait sol ivme-zaman grafiği 76
5.34. B50sDi-A plağına ait sağ ivme-zaman grafiği... 77
5.35. B50sDi-A plağında meydana gelen çatlak dağılımı... 77
5.36. B100sDi plağına ait darbe yükü-zaman grafiği 78
5.37. B100sDi plağına ait deplasman - zaman grafiği 78
5.38. B100sDi plağına ait sol ivme-zaman grafiği 79

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

5.39. B100sDi plağına ait sağ ivme-zaman grafiği.. 79
5.40. B100sDi plağında meydana gelen çatlak dağılımı. 80
5.41. B100sDi-A plağına ait darbe yükü-zaman grafiği..... 81
5.42. B100sDi-A plağına ait deplasman - zaman grafiği. 82
5.43. B100sDi-A plağına ait sol ivme-zaman grafiği..... 82
5.44. B100sDi-A plağına ait sağ ivme-zaman grafiği. 83
5.45. B100sDi-A plağında meydana gelen çatlak dağılımı. 83
5.46. B50dOr plağına ait darbe yükü-zaman grafiği... 85
5.47. B50dOr plağına ait deplasman - zaman grafiği..... 85
5.48. B50dOr plağına ait sol ivme-zaman grafiği 86
5.49. B50dOr plağına ait sağ ivme-zaman grafiği... 86
5.50. B50dOr plağında meydana gelen çatlak dağılımı..... 87
5.51. B50dOr-A plağına ait darbe yükü-zaman grafiği... 88
5.52. B50dOr-A plağına ait deplasman - zaman grafiği..... 89
5.53. B50dOr-A plağına ait sol ivme-zaman grafiği... 89
5.54. B50dOr-A plağına ait sağ ivme-zaman grafiği..... 90
5.55. B50dOr-A plağında meydana gelen çatlak dağılımı 90
5.56. B100dOr plağına ait darbe yükü-zaman grafiği. 92
5.57. B100dOr plağına ait deplasman - zaman grafiği..... 92
5.58. B100dOr plağına ait sol ivme-zaman grafiği. 93
5.59. B100dOr plağına ait sağ ivme-zaman grafiği..... 93
5.60. B100dOr plağında meydana gelen çatlak dağılımı 94
5.61. B100dOr-A plağına ait darbe yükü-zaman grafiği..... 95
5.62. B100dOr-A plağına ait deplasman - zaman grafiği..... 95
5.63. B100dOr-A plağına ait sol ivme-zaman grafiği 96
5.64. B100dOr-A plağına ait sağ ivme-zaman grafiği..... 96
5.65. B100dOr-A plağında meydana gelen çatlak dağılımı 97

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

5.66. B50dDi plağına ait darbe yükü-zaman grafiği 98
5.67. B50dDi plağına ait deplasman - zaman grafiği 99
5.68. B50dDi plağına ait sol ivme-zaman grafiği..... 99
5.69. B50dDi plağına ait sağ ivme-zaman grafiği... 100
5.70. B50dDi plağında meydana gelen çatlak dağılımı... 100
5.71. B50dDi-A plağına ait darbe yükü-zaman grafiği... 102
5.72. B50dDi-A plağına ait deplasman - zaman grafiği 102
5.73. B50dDi-A plağına ait sol ivme-zaman grafiği 103
5.74. B50dDi-A plağına ait sağ ivme-zaman grafiği... 103
5.75. B50dDi-A plağında meydana gelen çatlak dağılımı... 104
5.76. B100dDi plağına ait darbe yükü-zaman grafiği 105
5.77. B100dDi plağına ait deplasman - zaman grafiği 105
5.78. B100dDi plağına ait sol ivme-zaman grafiği..... 106
5.79. B100dDi plağına ait sağ ivme-zaman grafiği. 106
5.80. B100dDi plağında meydana gelen çatlak dağılımı..... 107
5.81. B100dDi plağına ait darbe yükü-zaman grafiği... 108
5.82. B100dDi plağına ait deplasman - zaman grafiği 109
5.83. B100dDi plağına ait sol ivme-zaman grafiği..... 109
5.84. B100dDi plağına ait sağ ivme-zaman grafiği. 110
5.85. B100dDi plağında meydana gelen çatlak dağılımı..... 110

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

3.1. Çalışmada kullanılan ivmeölçerin teknik özellikleri 22
3.2. Kuvvet algılayıcısının teknik özellikleri..... 27
3.3. Lineer potansiyometrik cetvelin teknik özellikleri..... 29
3.4. NI 9234 veri toplama aygıtı teknik özellikleri 34
3.5. NI 9201 veri toplama aygıtı teknik özellikleri 36
3.6. Teknobazaltmesh 350 Bazalt Fiber'in teknik özellikleri..... 37
3.7. Plakların isimlendirilmesi..... 38
4.1. Beton basınç dayanımları 43
5.1. Deneysel çalışmada elde edilen sonuçlar 111

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
m	Metre
cm	Santimetre
gr	Gram
kg	Kilogram
kN	Kilonewton
mm	Milimetre
MPa	Megapascal
N	Newton
s	saniye

Kısaltmalar	Açıklama
FRC	Elyaf Takviyeli Beton
TRC	Tekstil Takviyeli Beton
FRCM	Kumaşla Güçlendirilmiş Çimentolu Matris
FRP	Lif Takviyeli Polimer
CFRP	Karbon lif takviyeli polimer
AFRP	Aramid lif takviyeli polimer
TTSK	Tekstil takviyeli sıva katmanı
PBO	

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Tekstil kompozitler yapılarda taşıyıcı elemanların performansını iyileştirmede ve yapı taşıyıcı sistemlerin kapasitelerini mevcut durumlarına göre artırmada kullanılmaktadır. Bu yüzden tekstil kompozitler betonarme yapıların iyileştirilmesi, yapı taşıyıcı elemanların dayanımlarının artırılması gibi birçok alanda önem kazanmıştır. Betonarme olarak yapılan binalar servis ömürleri boyunca kısa süreli dinamik yüklere ya da dinamik darbe yüklerine (deprem, rüzgar, çarpma ya da yorulma) maruz kalabilmektedir. Dinamik yükler, yapının davranışında önemli etkiler meydana getirdiği için tasarım aşamasında göz ardı edilmemesi önem arz etmektedir. Yapıların maruz kaldığı statik ve dinamik yükler ile birlikte çarpma yüklemesi de yapıların statik tasarımında göz önüne alınması gereken dinamik bir yüktür. Bu dinamik yük yapılarda dış kuvvetlerin yapı taşıyıcı elemanlarına uygulanması ile oluşmaktadır. Çarpma yüklemesi betonarme yapılara araba, gemi, uçak gibi araçların çarpması sonucu oluşmaktadır. Betonarme yapılara araç çarpması dışında devlet kurumlarına yapılan saldırılar sonucunda patlama vb. gibi olaylar esnasında da meydana gelebilmektedir.

Fiber takviyeli kompozit malzemeler, teknolojik uygulamanın birçok alanında önemi giderek artmaktadır Statik yüke ek olarak, bu tür yapılar servis süreleri boyunca kısa süreli dinamik yüklerle ya da çarpma yüklemesi gibi dinamik darbe yükleri ile de karşılaşabilmektedir. Çarpma yüklemesinin etkileri, özellikle ince duvarlı kabuk yapılar ya da bariyer yapıları için önemli olabilmektedir. Dinamik yüklere maruz kalan yapıların ortaya koyduğu davranış; malzeme ve yapı tasarımının özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Bu yüzden lif takviyesi yapılan yapı taşıyıcı elemanları bu yükler karşısında olumlu davranış sergilemektedir. Olumlu etkilerinin olduğu bilinmesine rağmen, bu etkinin ne boyutta olduğu yeterince bilinmemektedir. Betonarme taşıyıcı elemanların fiber tekstil güçlendirme malzemesi ile davranışının iyileştirilmesi için bazalt fiber tekstil kullanımı, bu alanda yeni bir yaklaşım olduğu için bazalt takviyeli plak elemanlar incelenmiş ve üretilmiştir.

Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının çarpma yüküne karşı davranışları, uygulanan yükün büyüklüğüne ve yükün uygulanma süresine bağlıdır. Uygulanan yük karşısında yapı taşıyıcı elemanların dinamik yüklere karşı performansının bilinmesi önem taşımaktadır.

Taşıyıcı elemanların davranışını anlayabilmek için bir takım teorik ve deneysel çalışmalar geliştirilmiştir. Bu çalışmalarda sonlu eleman programları ile elemanların simülasyonunu oluşturulmaya çalışılmıştır. Deneysel olarak araştırılan eleman davranışları için ağırlık düşürücü deney aleti kullanılmış, bazı çalışmalar da ise programda modellenen elemanlar deneysel çalışma ile de test edilmiş ve çalışmaların uyumluluğu değerlendirilmiştir.

Deneysel çalışma kapsamında; taşıyıcı elemanların çarpma yüklemesi sonucunda meydana gelebilecek dinamik yüklerin, elemanlarda oluşturduğu olumsuz etkilerin iyileştirilebilmesi deneysel olarak araştırılmıştır. Araç çarpması, gemi kazaları veya karakol gibi yapılarda oluşan patlamalar ve terör saldırılarına karşı yapı taşıyıcı elemanlarının performansı güçlendirme malzemeleri ile nasıl değiştiği deneysel olarak incelenmiştir. Yapıların herhangi bir dış yüke maruz kalmasının yanında, var olan taşıyıcı sistem elemanlarının yönetmelik standartlarını sağlamaması da betonarme elemanların güçlendirilerek yönetmelik standartlarına uygun hale getirilme durumunu meydana getirmektedir. Yapım aşaması tamamlanmış ve yönetmelikte yapılan değişmeden önce güçlendirmeye ihtiyaç duyulmayan yapıların, güncel yönetmelik şartlarının sağlanması gerekliliği yüzünden yapı taşıyıcı elemanları kompozit güçlendirme malzemeleri ile güçlendirilme durumu meydana gelebilmektedir.

Beton gibi çimento esaslı malzemeler yüksek basınç dayanımına, düşük çekme dayanımına ve tokluğa sahiptirler ve doğaları gereği kırılgandırlar. Bu malzemelere yapılan takviyeler, kısa elyaflar (Elyaf Takviyeli Beton, FRC) veya kumaş formunda sürekli elyaf (Tekstil Takviyeli Beton, TRC) olabilir. Kumaşla Güçlendirilmiş Çimentolu Matris (FRCM) kompozitleri, elyaf kumaşın çimentolu bir harç yoluyla yapıya uygulandığı belirli bir TRC tipini temsil etmektedir. FRCM, beton veya harç içine gömülü FRP takviye şeritlerinin kullanımıyla karıştırılmamalıdır. FRP ile FRCM için kullanılan yapısal kumaş arasındaki fark; FRP için kullanılan sürekli takviye, bir organik reçineye tamamen emprenye edilirken, FRCM için kullanılan kuru elyaf kumaş, inorganik bir matris (harç) ile uygulanmaktadır.

Yapım aşamasını tamamlamış binaların taşıyıcı sistem elemanlarını değiştirmek, zor bir işlem olup maliyetli olacağından mevcut yapıların iyileştirilmesi iyi bir çözüm yolu olabilmektedir. Bu bağlamda yapılan güçlendirme çalışmaları yaygın hale gelmiştir.

Tez çalışmasının deneysel araştırma bölümünde, on altı adet betonarme plak kompozit güçlendirme malzemesi olan bazalt tekstil kumaşlar ile güçlendirilmiş, bir adet numune referans numune olması adına hiçbir güçlendirme yapılmadan boş bırakılmıştır. Çarpma yükü sabit tutularak numuneler 50 ve 100 mm genişliğinde fiber tekstiller ile güçlendirilmiştir. Tek yönde, her iki yönde ve diyagonal olacak şekilde farklı dizilimlerde yapıştırılan bazalt fiber tekstil kumaşlar, ağırlık düşürücü test düzeneği ile darbe yüklemesi açısından incelenmiştir. Farklı genişlik ve dizilimlerin yanı plakların yarısına ankraj uygulaması yapılmış ve ankrajsız numuneler ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar üretilen referans numune ile karşılaştırılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde betonarme kolon, kiriş ve plakların dinamik ve statik yükler altındaki davranışlarını deneysel ve teorik olarak araştırmış birçok sayıda çalışma vardır. Bunun yanında, Bazalt Tekstil Takviyeli Polimer ile güçlendirilmiş betonarme döşemelerin çarpma yüküne maruz bırakıldığında davranışının ne olacağı konusunda yapılan araştırmalar hala oldukça azdır. Literatürde çarpma yükü uygulanan betonarme plakların uygulanan yüke karşı gösterdikleri davranış ve dayanımları, betonun bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilmesi gibi parametreleri içeren deneysel çalışmalar incelenmiştir. Literatürde yapılan araştırmalar sonucunda ağırlık düşürücü test düzenekleri kullanılarak betonarme elemanların çarpma yükü etkisi altındaki dayanımları elde edilmiştir. Literatür araştırması bölümünde betonarme taşıyıcı elemanların güçlendirilmesi ve çarpma yükü etkisi altındaki davranışları üzerine yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

M.A. Iqbal, V. Kumar ve A. K. Mittal (2016) tarafından yapılan çalışmada, betonarme öngerilmeli döşemelere darbe testleri uygulamış ve öngerilmenin darbe etkisi altındaki davranışını incelemiştir. Betonarme ve öngerilmeli beton plakların davranışları darbe yüklemesi altında incelenmiştir. Darbe, 0,8 x 0,8 m ebadında ve 100 mm kalınlığında betonarme ve öngerilmeli beton plaklara sabit bir yükseklikten 242.8 kg'lık bir kütle düşürülerek uygulanmıştır. Beton küplerin karakteristik dayanımı 51.38 MPa'dır. Oluşturulan darbe kuvveti ve tepkisi ölçülmüş ve numunelerin göçme modları incelenmiştir. Çalışmada öngerilmeli beton plakların daha yüksek darbe direncine sahip oldukları ve geleneksel betonarme plaklara kıyasla daha iyi performans gösterdikleri bulunmuştur. Öngerilmeli beton plakların alt yüzeyindeki deplasman da azalmıştır. Beton karışımı maksimum 10 mm büyüklüğünde kaba agrega kullanılarak tasarlanmıştırBetonun basınç dayanımı, plaklar için kullanılan aynı beton karışımından hazırlanan 150x150 x 150 mm büyüklüğündeki küplerin test edilmesiyle belirlenmiştir. Bu küpler 28 günlük kürlemeden sonra basınç test makinesi altında test edilmiştir. Bununla birlikte, 28 günlük kürlenme süresinden sonra test edilen beton küplerin ortalama basınç dayanımı 51.38 N/mm² seviyesine yükselmiştir. Darbe altında plakların ön yüzeyinde herhangi bir çatlak veya hasar görülmemiştir, ancak darbe noktasında betonda ezilme gözlenmiştir. Arka yüzeyde, merkezden plağın sınırına yayılan radyal eğilme çatlakları görülmüştür. Ana çatlak, enine

doğrultuda gözlemlenenlere göre nispeten daha geniş bulunmuştur. Ayrıca, yan yüzeyde (kalınlık) küçük kılcal çatlakları gözlenmiştir. Öngerme, beton elemanların mukavemet özelliklerini geliştirir, bu nedenle darbe etkisi altında yük taşıma kapasitesi artar. Ayrıca, plağın ortasındaki deplasmanın büyüklüğü öngerilmeyle etkin bir şekilde azaltılabilir. Ayrıca öngerilme, beton plak üzerinde gözlenen çatlak sayısını azaltmış ve ayrıca çatlama direnci özelliğini geliştirmiştir.

Colombo ve diğ. (2011) tarafından yapılan çalışma kapsamında numunelere çekme, basınç, katman ayrılması ve yorulma deneyi yapılmış ve bazalt elyaf katkılı karışımların yorulma ve statik özelliklerinin belirlenmesi üzerine çalışmışlardır. Deneysel çalışma için vinil ester reçine katkılı ve epoksi reçine katkılı iki çeşit bazalt elyaf levha numuneler üretilmiştir. Bazalt elyaf oranı hacmen %50 olarak seçilmiştir ve her iki numune de bu şekilde üretilmiştir. Çalışma sonucunda epoksi katkılı bazalt elyaf numunelerinin vinil ester katkılı bazalt elyaf numunelerine göre basınç dayanımındaki artış %85, maksimum çekme dayanımındaki artış ise %29 olarak bulunmuştur.

K.C.G. Ong, M. Basheerkhan ve P. Paramasivam (2018) tarafından yapılan çalışmada, düşük hızda darbe yüklemesine maruz kalan polimerik (düz poliolen ve düz polivinil alkol) ve metalik (kancalı uç çelik) fiber içeren beton plakların üzerindeki etkinliği araştırılmıştır. Çalışmanın ana değişkenleri fiber tipi ve fiberlerin hacimsel oranları olarak belirlenmiştir. Seçilen fiber türleri poliole, polivinil alkol ve çeliktir. İncelenen fiberlerin hacim oranı % 0, % 1 ve % 2'dir. 1x1x0,5 m boyutlarında toplam 10 kare levha dökülmüş ve test edilmiştir. Darbe yükü, 43 kg'lık bir kütlenin 4 m yükseklikten düşürülmesi ile elde edilmiştir. Test sonuçları, kancalı uçlu çelik fiberli beton plakalarının, diğer fiber tipleri ile güçlendirilmiş levhalardan daha iyi çatlama ve enerji yutma özelliklerine sahip olduğunu göstermektedir. Polivinil alkol fiber ile güçlendirilmiş levhalar, polyole fiber ile güçlendirilmiş levhalara kıyasla daha yüksek kırılma enerjisi göçme enerjisi değerleri ortaya koymuştur. Çalışma göstermiştir ki betonarme taşıyıcı elamanların tokluğu ve darbe direnci, betona fiber eklenmesi ile gerçekleştirilebilmektedir.

Zheng-Ang Sui (2020), hasar görmüş prefabrike betonarme döşemeleri karbon elyaf takviyeli polimer (CFRP) ve tekstil takviyeli harç (TRM) güçlendirmiş ve numuneler

üzerindeki etkilerini incelemiştir. Toplam altı mevcut prefabrike betonarme döşeme, ateşe maruz bırakılmış, FRP'ye karşı TRM ile güçlendirilmiş ve dört noktalı eğilme yükü altında test edilmiştir. Bu içi boş levhalar, gerçek bir çok katlı kagir binadan alınmıştır ve 1993 yılında 120 mm kalınlık, 500 mm genişlik ve 3900 mm uzunluk ile aynı boyutlarda imal edilmiştir. Güçlendirilmemiş bir levha ve bir TRM ile güçlendirilmiş levha, ateşe maruz kalmadan kontrol numuneleri olarak oluşturulmuştur. Kalan dört levha önce 1 saat boyunca ISO-834 standardına maruz bırakılmış ve ardından üç tanesi CFRP veya TRM ile güçlendirilmiştir. Ortam sıcaklığında dört noktalı eğilme testleri aracılığıyla, modları, yük ve deformasyon değerleri kaydedilmiştir. Hem CFRP hem de TRM güçlendirme yöntemleri, yeniden hasar görmüş içi boş plakaların çatlama yükünü ve tepe yükünü ve erken aşamadaki dayanıklılığı önemli ölçüde artırabilmektedir. CFRP ile güçlendirilmiş prefabrik içi boş plaklar, nihai taşıma kapasitesinde daha iyi performansa sahiptir, ancak CFRP katmanlarının artmasıyla süneklik azalmaktadır. Bu arada, TRM güçlendirme tekniği, yalnızca yük kapasitesi, özellikle çatlama yükü açısından değil, aynı zamanda ekzural sağlamlık ve deformasyon kapasitesi açısından da yeniden hasar görmüş içi boş plakların performansının iyileştirilmesi için uygun bir yöntem olabilmektedir. CFRP katmanlarının artmasıyla, güçlendirilmiş numunelerin nihai taşıma kapasitesinin arttığını göstermektedir. TRM güçlendirme yönteminin yeniden hasar görmüş içi boş levhaların en fazla dışsal kapasitesini eski haline getirebileceği de bu çalışma ile gösterilmiştir. TRM ile güçlendirilmiş içi boş levhanın yekpare dışsal sağlamlığının nedeni, betondaki çatlaklar ortaya çıkmadan önce CFRP ile güçlendirilmiş döşemelerden daha büyük olması ve daha sonra beton çatlaklarının hızlı büyümesinin nedeni büyük ölçüde azalmasıdır.

Özgür Anil, Erkan Kantar, M. Cem Yilmaz (2015) tarafından, darbe yüklemesine maruz kalan betonarme döşemelerin davranışı üzerinde deneysel bir çalışma yapılmıştır. 500 x 500 x 50 mm boyutlarında sekiz (8) kare betonarme döşeme iki parametre değiştirilerek test edilmiştir. Parametrelerin, hasar dağılımı, düşme sayısı, ivme, hız ve yer değiştirme değerleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ölçülen ivmeler kullanılarak tüm numuneler için hız ve deplasman değişimleri hesaplanmıştır. Deneylerin simülasyonu için ANSYS Explicit STR yazılımı kullanılarak yapılan sonlu eleman analizleri kullanılmıştır. Sayısal model kullanılarak elde edilen sonuçların deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlarla iyi uyum içinde olduğu görülmüştür. İlk çatlağın oluştuğu anda sayılan toplam düşme

sayısının ve düşme sayısının mesnet tipi ile değiştiği görülmektedir. Çatlakların maksimum genişliği 0,5 mm'ye ulaştığında düşmeler durdurulmuş ve numunenin göçmüş olduğu kabul edilmiştir. Bu varsayımın nedeni, standartlarda önerilen çatlak genişliği sınırına karşılık gelen bu çatlak genişliğinde donatıların akmasıdır. Test sonuçlarından sabit mesnetli test numuneleri için numunelerin rijitlik ve moment değerlerinin arttığı görülmektedir. Bu nedenle döşemenin ortasından başlayan hasar ve çatlaklar, daha geniş bir alanına sahip mesnetlere doğru ilerlemiştir. Basit mesnetlere sahip test numunelerinde, çatlaklar genellikle döşemenin merkezinde yoğunlaşmıştır. Ankastre mesnetli test numunelerinde gözlenen daha yüksek rijitlik değerleri, levhanın yer değiştirmelerinde azalmaya neden olacak şekilde hasarın dağılımına neden olmuştur. Bu nedenle, sabit desteklere sahip test numunelerinde küçük bir noktada hasar yoğunlaşmasının önlendiği görülmüştür. Sabit mesnetli numuneler ankastre mesnetli numunelere göre daha yüksek destek rijitliğe sahiptir ve aynı miktarda enerjiye neden olan darbe yükünden daha az etkilenmiştir. Daha düşük ivme değerleri, daha düşük hız ve yer değiştirme değerlerine de neden olmuştur. Sabit mesnetli numuneler ankastre mesnetli numunelere göre daha düşük hız ve deplasman değerlerine sahip olmuştur. Sonlu eleman analizleri kullanılarak elde edilen ortalama maksimum ve minimum ivmeler, deney sonuçlarına göre sırasıyla %15 ve %10 daha yüksektir. Yer değiştirme değerleri söz konusu olduğunda, sonlu eleman analizi sonuçları deneysel sonuçlardan %7 daha yüksek çıkmıştır. Sonlu eleman analizi sonuçlarından, sonlu eleman analizleri ve deneysel prosedür kullanılarak elde edilen sonuçların maksimum ivme, minimum ivme ve deplasman açısından farkının ankastre mesnetli numunelere göre sabit mesnetli numunelerde daha yüksek olduğu görülmüştür. Ankastre mesnetli numuneler için sonlu eleman analizleri ve deneysel sonuçlar daha tutarlı elde edilmiştir. Sabit mesnetli numuneler, sonlu eleman modellerinde doğru bir şekilde modellenebilir; fakat bunun aksine deneyler sırasında sabit mesnetli koşullarının sağlanması mümkün değildir. Analitik ve deney sonuçları arasındaki tutarsızlığın ana nedeni bu sebepten kaynaklanmaktadır. Mesnet rijitliğindeki artış, ölçülen ivme değerlerinde bir düşüşe neden olmuştur. Sabit mesnetli numunelerin rijitliği ankastre mesnetli numunelere göre daha yüksektir. Ayrıca sabit mesnetli numuneler, ankastre mesnetli numunelere göre darbe yükünden aktarılan aynı miktarda enerjiden daha az etkilenmektedir. Sonlu eleman analiz sonuçlarının, tasarım aşamasında betonarme döşemelerin etki kapasitesi ve davranışı hakkında fikir vermesi açısından faydalı olduğu düşünülmektedir.

A.H. Adheem ve diğ. yaptığı çalışmada, FRCM ile güçlendirilmiş RC tek yönlü döşemenin eğilme davranışını, sayısal simülasyon ANSYS kullanılarak üç boyutlu sonlu elemanlar analizi ile incelemişlerdir. Çalışmada odaklanılan ana konular: FRCM kumaş türlerinin hem nihai kapasite hem de sehim açısından güçlendirilmiş betonarme döşemenin eğilme davranışı üzerindeki etkisi, beton döşemenin basınç dayanımı değeri değişkenlerinin etkisi ve kompozit malzeme etkisini görmek için kumaş katman sayısı şeklindedir. Sonuç olarak kumaş tipinin güçlendirilmiş döşemenin eğilme davranışı üzerinde açık bir etkisi olduğunu göstermiştir. Parametrik çalışma ayrıca, betonun basınç dayanımının artması ile eğilme dayanımının arttığını ortaya koymuştur. Buna ek olarak, kumaş katmanlarının sayısı, betonarme döşemenin davranışı üzerinde açık bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.

M. Zineddin ve T. Krauthammer (2007), çalışma kapsamında betonarme plakların darbe yüküne karşı performanslarının nasıl değiştiğini anlamayı amaçlamıştır. Bu çalışma, farklı tipteki plak takviyelerinin ve uygulanan darbe yüklerinin, betonarme plağın dinamik davranışı üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Üç farklı tipte 90x1524x3353 mm plakalar aşağıdaki gibi test edilmiştir: İlk olarak, levhanın her iki yüzünde 25 mm beton örtü altında bulunan iki adet 152x152 mm kaynaklı çelik tel kafes kullanılarak; ikincisi, levha kalınlığının ortasında yer alan çelik çubukların 152x152 mm gözenekli; ve üçüncüsü, levhanın her iki yüzünde 25 mm beton kaplamanın altında yer alan 2 adet 152x152 mm'lik iki gözlü çelik ağ ile çarpma ağırlığının düşme yükseklikleri 152, 305 ve 610 mm'dir. Bu çalışma, farklı düşme yüksekliklerinde göçme modlarının değişim mekanizmasını hem deneysel hem de teorik olarak incelemiştir. Maksimum darbe yükü, maksimum yer değiştirmeler ve maksimum çelik uzamalar, ivmeler ve çatlakların yayılması gibi çeşitli tasarım parametreleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Yaklaşık 2608 kg'lık darbe kütlesi, plakların merkezinde önceden belirlenmiş bir yükseklikten düşürülmüştür. Lokal etki altında betonarme bir döşemenin davranışında dört veya daha fazla aşama gözlemlenmiştir: (a) çarpışmadan önce; (b) darbe kütlesi levhanın üst yüzeyine temas ettiğinde, levha elastik bir plak gibi davranmıştır ve çok kısa bir süre için lokal bir gerilim geçirmiştir; (c) çatlamadan sonra ve takviyenin uygulanmasından önce, levha artık sabit rijitliğe sahip değildir, beton darbe alanının çevresi etrafında ciddi şekilde çatlamıştır; (d) nihayetinde darbe kütlesi altındaki alanda başlayan ve darbe bölgesinden uzağa radyal şekilli çatlaklar yayılmıştır; (e)

levhanın ortasına çarpma kütlesinin tam nüfuz etmesi ile levhanın artan deplasmanı, üst yüzeyde akma hattı mekanizmasının (pozitif ve negatif) hızlı ilerlemesine neden olmuştur; (f) akma bölgesinde daha fazla yük olduğunda, merkezdeki döşeme deplasmanında artış betonun şiddetli bir şekilde dağılmasına neden olmuştur. Test programının tamamının deneysel araştırma için uygun olduğu ve darbe yükü altındaki beton plakaların yapısal davranışları hakkında daha temel bir anlayış sağladığı gösterilmiştir. Veriler, bir levhanın tepkisinin çelik donatı miktarından ve düşme yüksekliğinden etkilendiğini göstermiştir. Özellikle takviye miktarlarının levha davranış özelliklerini etkilediği gösterilmiştir.

Hyeong-Yeol Kim ve diğ. (2020) karbon tekstil takviyeli beton (TRC) sistemi ile betonarme (RC) plakaların eğilme güçlendirmesi üzerine çalışmışlardır. Yüzey kaplama işlemi, bağ kuvvetini arttırmak için bir karbon ızgara tipi tekstille uygulanmış. Büzülme kaynaklı çatlakların oluşumunu azaltmak için matrise kısa lifler dahil edilmiştir. Altı tam ölçekli numune TRC ile güçlendirilmiş ve ardından test yapılmıştır. Güçlendirilmiş döşemelerin nihai yük taşıma kapasitesi, teorik çözümlerin yanı sıra, güçlendirilmemiş bir döşemeninki ile karşılaştırılmıştır. Test sonuçları, güçlendirilmiş döşemenin rijitliğinin ve nihai eğilme kapasitesinin, güçlendirilmemiş döşemeninkinden sırasıyla en az %112 ve %165 daha büyük olduğunu göstermiştir. Test sonuçları ayrıca güçlendirme etkisinin tekstil takviyesi miktarıyla doğrusal orantılı olmadığını göstermiştir.

Norimitsu Kishi (2020) tarafından yapılan çalışmada RC'nin darbe direncini iyileştirmek için fiber takviyeli polimer (FRP) levhalar ile güçlendirilmiş RC kirişler üzerinde düşük hızlı darbe yükü testleri yapılmıştır. Hem aramid FRP (AFRP) hem de karbon FRP (CFRP) levhalar, levha malzemelerinin güçlendirme etkisini deneysel olarak araştırmak için kullanılmıştır. Darbe kuvveti, 300 kg'lık bir çelik ağırlığın çeşitli yüksekliklerden düşürülmesiyle uygulanmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar darbe dayanım kapasiteleri FRP levhalar ile eğilme mukavemeti artırılarak kirişlerin %100'ü iyileştirilir; tabakaların güçlendirici etkileri tabakadan bağımsız olarak benzerdir. Levhaların eksenel rijitlik değerleri eşit olduğunda malzemelerin maksimum deplasmanları yaklaşık olarak doğrusal olarak değişmektedir. Eğilme çatlakları sadece yükleme alanının yakınındaki alt beton örtüsünden, statik yük altında gelişmesine rağmen alttan ve üstten gelişen yükleme, eğilme çatlakları tüm açıklık alanı boyunca beton kaplamalar ve çapraz

çatlaklar doğrudan yükleme noktasının altında oluşmuştur. FRP tabakası ve güçlendirilmiş kirişler, diyagonal çatlağın ucunun sıyrılma etkisine bağlı olarak tabakanın sıyrılmasıyla göçme olmuştur. Darbe yüklemesi altında, her iki tabakanın eksenel rijitlikleri benzer, çarpma kuvveti, reaksiyon kuvveti ve yükleme noktası deplasmanı da benzerlik göstermiştir.

Tolga Yılmaz (2018) tarafından yapılan çalışmada, Karbon Fiber Takviyeli Polimer (CFRP) darbe yüküne maruz kalan betonarme plakları güçlendirilmiştir. Yazarlar tarafından tasarlanan hareketli ağırlık, test makinesi kullanılarak levhalara darbe yükü uygulanmıştır. CFRP şeritleri ile güçlendirilmiş iki yönlü basitçe desteklenen RC levhaların darbe davranışını belirlemek için deneysel bir çalışma yapılmıştır. 1000x1000x80 mm boyutunda toplam dokuz betonarme plak üzerinde deney yapılmıştır. Betonarme döşemeler CFRP şeritleri kullanılarak 50 ve 100 mm genişliğinde ortogonal ve diyagonal olarak hem bir hem de iki yönde güçlendirilmiştir. Ayrıca, CFRP şeritleri ile güçlendirilmiş betonarme plakların eleman modelleri ABAQUS yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Bu çalışmada, CFRP şeritleri ile güçlendirilmiş iki yönlü betonarme plakların düşük hızlı darbe davranışı araştırılmış ve uygulanan güçlendirme tekniklerinin etkileri de yorumlanmıştır. İvme, yer değiştirme, gerinim ve çarpma yük süresi geçmişleri, düşük hızlı darbe davranışına güçlendirme tekniklerinin etkilerini belirlemek için 1500 mm yükseklikten 75 kg çekiç düşürülerek uygulanan sabit darbe yükü altında kaydedilmiştir. CFRP şeritleri ile güçlendirme, betonarme plakların rijitliğini artırmaktadır. Test numunelerinin darbe yüküne karşı direncinin arttığını ve darbe yükü etkisi altında yutulan enerji kapasitelerinin arttığını göstermiştir. CFRP şeritlerinin 50 mm'den 100 mm'ye yükseltilmesi de maksimum ivme değerlerini iyileştirmiş ve çarpma davranışını daha da iyileştirmiştir. CFRP şeritlerinin çapraz olarak ve iki yönde yerleştirildiği güçlendirme düzeni, betonarme plaklarının ivme değerlerinde daha fazla artışa neden olmuştur. CFRP şeritlerinin tek yönde ve ortogonal olarak yerleştirildiği güçlendirme düzeninde, betonarme plakların darbe direncini daha etkili bir şekilde geliştirdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, çatlakların genişliği ve miktarı büyük ölçüde azalmıştır. Özellikle, iki yönde yerleştirilmiş çapraz olarak konumlandırılmış CFRP şeritleri ile güçlendirilmiş test numunelerinde çatlakların genişliği ve miktarı en düşük değerde gözlemlenmiştir. CFRP şeritlerinin genişliğindeki 50 mm'den 100 mm'ye artış, test numunelerinden ölçülen maksimum yer değiştirme değerlerinde daha büyük bir düşüş sağlamıştır. Köşegen ve iki yönde güçlendirme düzeni, çarpma yüklemesi ile meydana gelen

maksimum yer değiştirme değerlerinde, ortagonal ve tek yönde güçlendirme düzenine göre daha fazla düşüşe neden olmuştur. Elde edilen bu sonuçlar, iki yönde çapraz olarak yerleştirilen 100 mm genişliğindeki CFRP şeritlerle güçlendirilmiş betonarme plakların, bu çalışmada uygulanan darbe enerjisi seviyesinde dikkat çekici derecede daha az hasar gördüğünü ve çok daha yüksek darbe enerjilerine dayanabildiğini göstermiştir. CFRP ile güçlendirme ayrıca betonarme plakların yer değiştirmelerini önemli ölçüde azaltmıştır. İki yönde yerleştirilmiş 100 mm genişliğinde CFRP şeritleri kullanılarak güçlendirilmiş betonarme plakların yer değiştirme değerleri ve çapraz olarak tek yönde ve dikey olarak yerleştirilmiş 50 mm genişliğindeki CFRP şeritleri kullanılarak güçlendirilmiş betonarme plaklardan önemli ölçüde daha azaltmıştır. Test örneklerinden ölçülen gerinim değerleri, CFRP şeritlerinin genişliği 50 mm'den 100 mm'ye çıkarıldığında önemli ölçüde azalmıştır. Benzer şekilde çapraz ve iki yönde güçlendirilen betonarme plakların gerinim değerleri, ortogonal ve tek yönde güçlendirilmiş betonarme plaklara göre daha düşüktür. Gerinim değerlerinin azalması, betonarme plakların daha yüksek darbe enerjilerine dayanabilecekleri anlamına gelmektedir. İmpulsif dinamik yüklemeler için CFRP şeritlerinin beton yüzeylerden ayrılmasına neden olan gerinim değerleri 0,013 mm/mm olarak belirlenmiştir, bu da statik yüklemeye karşılık 0,004 mm/mm'den daha yüksek olmaktadır. Deneysel çalışmada uygulanan güçlendirme teknikleri, betonarme plakların etki davranışını önemli ölçüde iyileştirmiştir. 100 mm genişliğinde güçlendirme, çapraz olarak yönlendirilmiş CFRP şeritleri, yönlerde en yüksek performansı göstermiştir.

Gholamreza Gholipour, Chunwei Zhang, Asma Alsadat Mousavi (2020) tarafından yapılan çalışmada darbe ve patlama yüklerinin kombinasyonuna maruz kalan eksenel yüklü RC kolonlarının sayısal analizi yapılmıştır. Orta katlı binalarda yaygın olarak kullanılan tipik bir betonarme (RC) kolonun göçme davranışı ve dinamik tepkileri üzerindeki birleşik darbe ve patlama yüklemelerinin etkileri üzerine teorik bir çalışma sunmaktadır. Birleşik yüklemeyi simüle etmek için LS-DYNA'da sayısal simülasyonlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Literatürde, çarpma ve patlama yüklerinin birleşik eylemleri altında RC kolonlarını araştırmak için deneysel bir çalışma bulunmadığından, bu makale, yükleme ile ilgili çeşitli parametreler açısından değişen olası birleşik yüklemelere maruz kalan bir RC kolonunu ideal olarak değerlendirmeye çalışmaktadır. Yükleme sırası, uygulanan yüklerin başlangıç noktaları arasındaki zaman aralığı, yükleme konumu, eksenel yük oranı ve kolon

eksenel yük taşıma kapasitesi temelinde tanımlanan bir hasar indeksi yoluyla çarpma hızı gibi parametreleri de göz önüne almıştır. Bunu yapmak için, önceki çalışmalardan farklı olan hasar endekslerini hesaplamak için çok aşamalı bir yükleme yöntemi kullanılmıştır. Ek olarak, orta yükseklikte uygulanan kombine yüklemelere maruz kaldığında kolonda oluşan plastik mafsalın konumunu tahmin etmek için basitleştirilmiş bir model önerilmiştir. Önerilen modelin, FE simülasyonlarından gözlemlenenlere kıyasla plastik mafsalların uzunluklarını doğru bir şekilde tahmin edebildiği sonucuna varılmıştır. Patlamalardan önce darbeli yüklerin uygulanması, sütunda daha ciddi lokal dökülmeler ile sonuçlanmıştır. Kolon, IMP0-BLT0 altındaki ilk çarpma kuvveti sırasında patlama başlatıldığında daha büyük kesme kuvvetleri ve daha ciddi bölgesel sorunlar yaşamıştır. Kolon darbe hızına duyarlılık seviyesi, kolon orta yüksekliğinde uygulanan bir yakın patlama ile ilişkili birleşik yüklemeler altında, sadece darbeli yükleme altında 5.0 m / s'lik bir değerden $V_{impact} = 3.0$ m / s'ye düşmüştür

Marek Foglar Martin Kovar (2012) FRC ve RC köprü tabliyelerinin patlama direncinin deneysel testlerinden elde edilen sonuçlar adlı çalışmada 2005'ten 2008'e kadar tüm dünyada 73.000'den fazla insanın hayatına mal olan 13.000'den fazla terörist saldırı gerçekleştiğinden ve saldırılar esas olarak hükümet binaları ve köprüler vb. gibi teknik ve kentsel altyapıları hedef almıştır. Geliştirilmiş iletkenlik nedeniyle, fiber takviyeli beton (FRC), geleneksel olarak güçlendirilmiş betona kıyasla patlama ve darbe yüklemesi altında daha iyi performans göstermektedir. Testler, gerçek yerinde koşulların daha iyi simülasyonu için değişen fiber içeriği ve beton dayanım sınıfına sahip gerçek ölçekli betonarme ön kalıplar ve levhadan uzak bir mesafeye yerleştirilmiş 25 kg TNT yükleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Testler gerçek ölçekli prekast levhalar (0.3x1.5x6 m) ve levhadan belli bir mesafeye yerleştirilmiş 25 kg TNT yükleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneyler, eklenen fiberlerin numunelerin patlama performansı üzerindeki yararlı etkisini göstermiştir. Numune kırılmasının karakteri kırılgandan sünek hale geçmiştir. Deneyler ayrıca, artan beton basınç dayanımının numunelerin performansı üzerindeki yararlı etkisini de göstermiştir. Yüksek performanslı beton numuneler hasar görmemiş, sapma azaltılmış; delinme alanı küçülmüştür. Çift elyaf içeriği, çift basınç dayanımı ile aynı patlama performansında artış sağlamıştır.

Md Iftekharul Alam[a], Sabrina Fawzia[a], Xiao-Ling Zhao[b] (2016) yaptığı çalışmada CFRP'nin sayısal araştırması, araç etkisine maruz kalan tam ölçekli CFST kolonlarını güçlendirmiştir. Son yıllarda, kaza sonucu oluşan araç / gemi çarpışma olaylarının artması nedeniyle eksenel yük taşıyan yapısal elemanların hasar görme riski hızla artmıştır. Bu nedenle, yapısal kolonlarla araç çarpışmalarından kaynaklanan zayiatı ve ekonomik kaybı en aza indirmek için uygun güçlendirme tekniğinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, araç çarpması altında tam ölçekli beton dolgulu çelik boru (CFST) kolonların carbon fiber takviyeli polimer (CFRP) ile güçlendirilmesinin etkisini değerlendirmek için sayısal simülasyonlar yapılmıştır. Gerçekçi araç davranışı, basitleştirilmiş kütle yaylı araç modeli ile simüle edilmiştir. Çelik profilin dış çapı aynı tutulmuş ve içi boş çelik profillerin narinlik etkilerini hesaba katmak için duvar kalınlıkları değiştirilmiştir. Dinamik etki analizi sonuçları, yapışkanla bağlanmış CFRP levhaların, yanal yer değiştirmeyi sıradan CFST kolonlarına kıyasla yaklaşık% 40 azaltarak güçlendirilmiş kolonların gelişmiş darbe direnci kapasitesi sağlamıştır. CFRP kaplamanın, araç etkisine maruz kalan tam ölçekli CFST kolonlarının dayanımını kontrol etmek için umut verici bir güçlendirme tekniği olduğu bulunmuştur. Darbe simülasyon sonuçları, yapışkanla bağlanmış CFRP tabakalarının, CFST kolonlarının yanal yer değiştirmelerini en aza indirerek geliştirilmiş darbe direnci kapasitesi sağladığını göstermektedir. Bununla birlikte, CFRP ile sarılmış kolonlar, kolon orta bölgesinin daha küçük yer değiştirmelerle daha rijit davranış sergilemiştir. Bu nedenle, CFRP sarma, araç / gemi darbeli yüklemeye eğilimli CFST kolonlarının umut verici bir güçlendirme / yenileme tekniği olabilir sonucuna varılmıştır. CFST kolonlarının CFRP güçlendirilmesi, tek katmanlı CFRP sarma ile maksimum yanal yer değiştirmeyi% 50'ye kadar azaltarak gelişmiş yer değiştirme kontrol yeteneği sağlamıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Yapıların onarımı ve güçlendirilmesi için kompozit malzemelerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Tekstil takviyeli sıva katmanı (TTSK) özellikle duvarcılık ve betonarme yapı elemanlarını güçlendirmek için tasarlanmış bir kompozit malzemedir. Proje koşulları organik polimer bazlı kompozitlerin kullanımına izin vermediğinde FRP yerine uygulanabilir bir alternatif olmaktadır. TTSK genellikle inorganik bir matris içine gömülü bir veya birden fazla kuru kumaş katından (karbon, cam, aramid, bazalt veya PBO lifleri) oluşur. Kumaş şeritleri örtmek veya elemana bağlamak için çimento ve epoksi gibi yapı malzemeleri kullanılmaktadır.

TTSK sistemleri, çimentolu bir matris içine gömülü liflerden oluşur. Liflerin işlevi, çekme gerilmelerini taşımaktır. TTSK kompozit sistemlerinde, tipik olarak FRP'de kullanılan elyaf tabakaları veya kumaşlar, dokuma, örme veya örgü yoluyla şeritlerin en az iki yönde monte edildiği açık kumaş ağlarla değiştirilir. Şeritlerin açık yapısı, matris ve takviye sistemi arasında kompozit yapıyı elde etmek için gerekli olan daha yüksek matris-takviye arayüz alanı sağlar. Matrisin işlevi lifleri kaplamak, korumak ve gerilmeleri beton veya duvar yüzeyinden liflere aktarmaktır. Gerilme aktarımı, alt tabaka ile matris arasındaki bağlanma ve kumaş ile matris arasındaki mekanik kilitlenme yoluyla gerçekleştirilir. Çimentolu matrisin bileşimi, TTSK sisteminin performansı için çok önemlidir.

TTSK sistemleri, yüksek sıcaklık, nem ve ultraviyole radyasyon altında FRP sistemlerinden daha iyi performans sunar. FRP'nin aksine, TTSK doğası gereği yanmazdır ve korumasız olarak kullanılabilir. Yanmazlık ve toksik olmayan özellikleriyle birlikte TTSK sistemleri, yüksek sıcaklıklara direnç gerektiğinde güçlendirme için iyi bir seçenektir. TTSK malzemesi yapıştırılırken, epoksi bazlı yapıştırıcıların yangına dayanımı düşük olduğundan sıva ile yapıştırılma işlemi daha iyi bir performans ortaya koymaktadır.

Yapısal güçlendirme uygulamaları için TTSK nispeten yeni bir malzemedir. Dayanıklılığı üzerine yapılan araştırmalar hala sınırlıdır. Bununla birlikte, mevcut testlere

dayalı olarak, TTSK 'nın tipik olarak FRP'de bulunan bazı sorunların üstesinden gelmesi beklenmektedir.

TTSK sistemleri, uygulama yapılacak bölgeye elle yerleştirilebilmektedir. Yüzey hazırlığı yapılırken yüzeyin pürüzlendirilmesi, tesviye edilmesi ve nemlendirilmesi gerekmektedir. Çimentolu matrisin karıştırılması ve uygulanması, beton onarımlarında kullanılan geleneksel elle uygulanan tamir harçlarına benzerdir. İlk olarak, ince bir çimentolu matris tabakası alt tabakaya uygulanır. Ardından kumaş matrisin içine bastırılır. Son olarak, kumaşın üstüne ikinci bir ince tabaka çimentolu matris uygulanır.

Son zamanlarda sektörde yaygın olarak karbon, cam ve bazalt takviyeli lifler kullanılmaktadır. Bazalt lifler karbon ve sentetik polimelerin alternatifi olup yüksek mekanik ve kimyasal özelliklere sahiptir. Bazalt liflerin üretiminde karbon, aramid ve cam elyaftan farklı olarak hiçbir ek madde ilave edilmez. Bazalt sadece yıkanıp sonrasında eritilerek üretilmektedir. Bazalt lifler yoğun ve rijit yapılarından dolayı basınç mukavemetleri yüksek malzemelerdir. Güçlendirme amacıyla kullanılan bazalt lifler çekme dayanımı açısından oldukça iyi bir performans göstermektedirler ve hafif oldukları için uygulamada kolaylık sağlamaktadırlar. Uygulandıkları kesitin deformasyon yapabilme yeteneğini, kesme ve eğilme dayanımlarını iyileştirmesi, uygulama yapılacak yüzeye uygun şekilde üretilebilmeleri, korozyona karşı dayanıklı olmaları ve depolama, saklama açısından kolaylık sağlaması bu malzemenin avantajlarıdır.

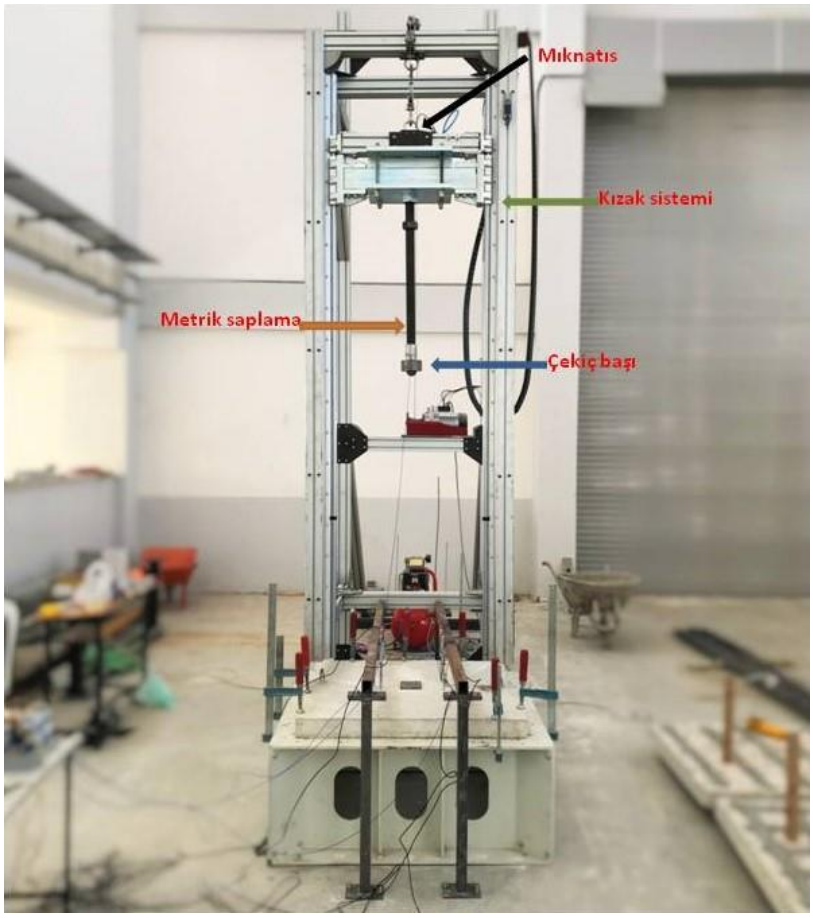
Fiber kısım matris kısımla bir araya geldiğinde son derece rijit ve dayanımı yüksek bir malzeme meydana gelmektedir. Uygulama yapılacak bölgeye yerleştirilirken liflerin çalışma eksenine göre yerleştirilmesi gerekmektedir. Güçlendirme uygulanacak bölgeye her iki yönde de uygulanırsa betonarme taşıyıcı elemanların basınç, kesme eğilme kapasiteleri artırılabilmektedir.

Deneysel çalışma çerçevesinde bazalt tekstil katkılı harç ile güçlendirilmiş plakların çarpma yükü etkisi altındaki davranışının deneysel olarak incelenmesi araştırılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda betonun basınç dayanımı, düşü yüksekliği ve düşürülen kütle

sabit tutulmuştur. Araştırma kapsamında bazalt lifli şeritlerin genişliği ve konumlandırılması değişkenlik gösteren on yedi adet plak incelenmiştir.

3.1.1. Ağırlık düşürücü test düzeneği

Darbe etkisinin tespitinde yaygın birkaç yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları Charpy ve İzod darbe deneyi, çentik darbe deneyi, ağırlık düşürücü deney aleti gibidir fakat bu araştırma kapsamında kolay uygulanabilirliği açısından ağırlık düşürücü deney aleti kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Çekiç ve çekicin ucu Belirli bir yükseklikteki deney aleti potansiyel bir enerjiye sahiptir ve fırlatıldığında kaybettiği yükseklik

Ağırlık düşürme deney aletinin çalışma prensibi enerjinin dönüşümü ve korunumu üzerine kuruludur. Belirli bir yükseklikteki deney aleti potansiyel bir enerjiye sahiptir ve

serbest bırakıldığında kaybettiği yükseklik ile birlikte potansiyel enerjisini de kaybeder. Bu enerji kinetik enerji olarak deney yapılan numuneye etkir. Deney aleti şekil 3.1'de görüldüğü üzere farklı düşü yüksekliklerine ve farklı çekiç kütlesine olanak sağlamaktadır. İstendiği takdirde düşü yüksekliği 2,5 m'ye kadar çıkartılabilmekte ve çekiç kütlesi de 234,4 kg'a kadar artırılabilmektedir. Bunun yanında farklı boyutlardaki elemanların testi de mümkündür.

Proje kapsamında ağırlık düşürücü test düzeneğinin ray mekanizması yenilenmiştir. Ağırlık düşürülürken kızak sistemi yaydan çıkmaktaydı bu yüzden yeni bir mekanizma oluşturuldu.

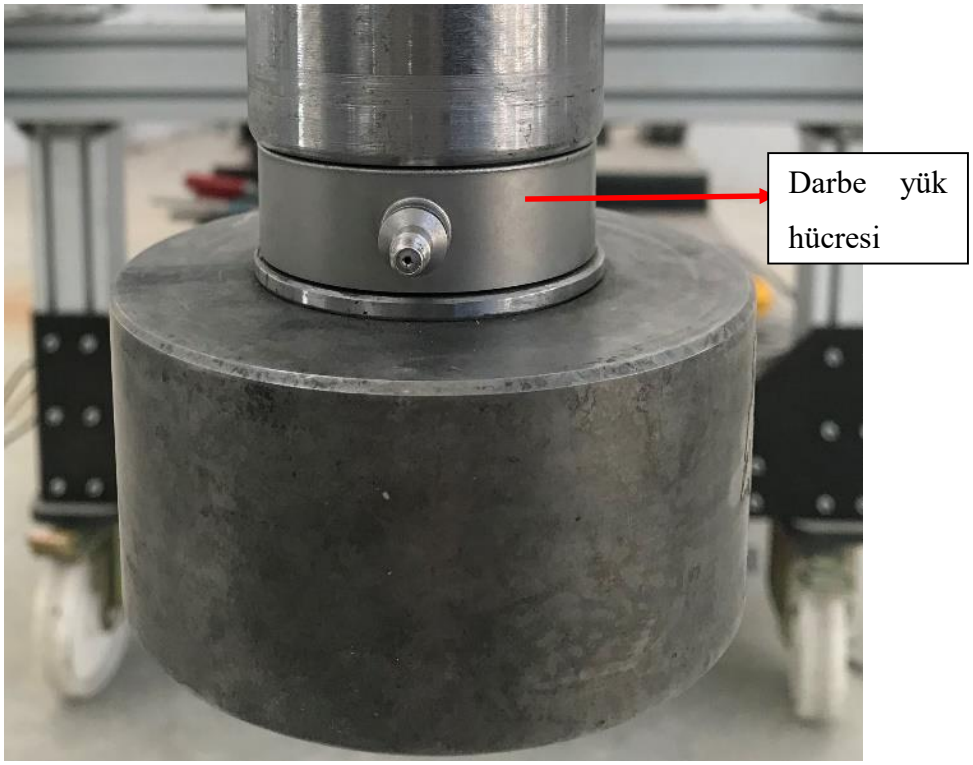


Şekil 3.2. Ağırlık düşürücü deney aletinin yenilenmesi

Darbe etkisinin tespitinde kullanılan deney aleti çekiç ve çekicin ucu, vidalama sistemi, kızak, kaldıraç ve mıknatıs gibi kısımlardan meydana gelmektedir. Çekicin ağırlığı 87 kg'dır (şekil3.2) ve numunenin üzerine serbest bırakılıp düşüşü sağlanmaktadır. Ağırlık düşürücü deney düzeneğinde daha farklı ağırlıklarla çalışılmak istenirse çekice 9,3 kg'lık

disk ağırlıklar eklenebilmektedir. Şekil 3.4'de gösterilen disk ağırlıklar metrik saplama kısmına eklenerek 235,8 kg ağırlığa kadar çalışabilmektedir. Diskler deney aletinin metrik saplama bölgesine eklenmektedir. Çekiç ve ucu arasında vidalama sistemi bulunmaktadır ve vidalama sistemi sıkılıp çekicin hareket etmesi önlenmektedir. Bunun yanında vidalama sistemi farklı başlıklar ile çalışılmaya da olanak sağlamaktadır.

Güçlendirilmiş plakların çarpma yükü etkisi altındaki davranışının imcelemesi kapsamında, numunelere uygulanan noktasal çekiç yükünü üniform bir şekilde uygulanması amacı ile çelik plak ve kauçuk kullanılmıştır. Deney kapsamında çekiç başının geometrik şekli ve boyutu deney değişkeni olarak kullanılmamıştır.



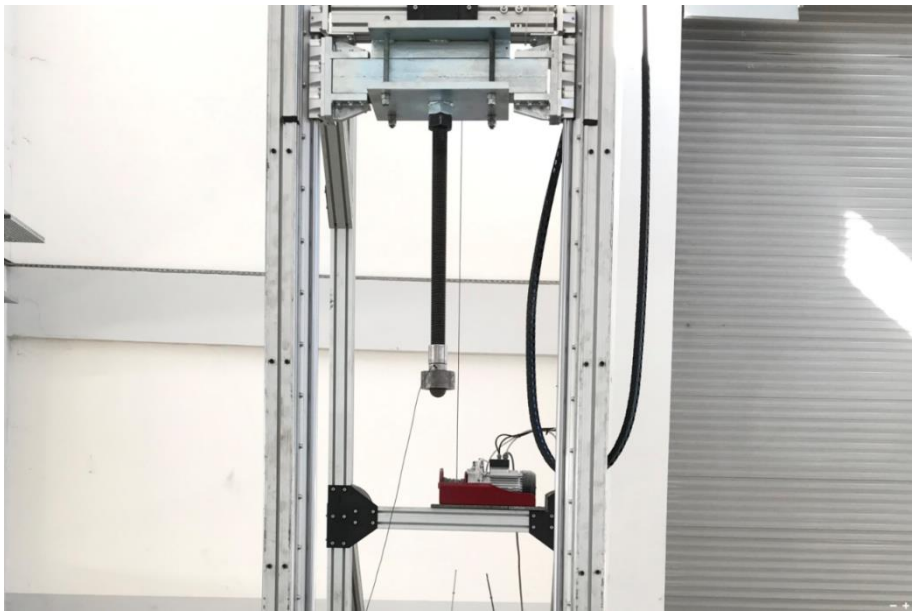
Şekil 3.3. Darbe yük hücresi ve Çekiç Başı

Ağırlık düşürücü deney düzeneği, ağırlığı 1,5 m yükseklikten numunenin üzerine kızaklar yardımı ile düşürülmektedir. Bu deney düzeneğinde düşü yapmak için motorlu kaldıraç sistemi kullanılmaktadır. Pnömatik tork kontrollü valf sistemi ile ağırlık düşü yapılacak yükseklikten numune üzerine düşürülmüştür. Ağırlık düşürücü deney düzeneği

statik mıknatıs ile tutulan ağırlığı hava kompresörü ile, çekicin yüksekliğinden dolayı sahip olduğu potansiyel enerjiyi düşü yaparak plağa kinetik enerji olarak aktarmaktadır.



Şekil 3.4 Çelik diskler



Şekil 3.5. Çekiç ve çekicin ucu

3.1.2. Kauçuk ve çelik plaka

Kauçuk, esnekliği sayesinde yaygın olarak kullanılan bir yapı malzemesidir. Kauçuğun çok yönlü özellikleri arasında esneklik, elastikiyet, mukavemet ve sürtünme bulunur. Bunların yanında dayanıklılığı da yüksektir. Plaklara uygulanacak yükün üniform olarak etkimesi ve delme etkisi meydana gelmemesi, çekiç başlığının numune üzerinde noktasal hasar oluşturmaması için çelik plaka kauçuk ile birlikte plağa vida yardımı ile tutturulmuştur.



Şekil 3.6. Çelik plaka ve kauçuk montajı

3.1.3. Ölçüm aygıtları

Tez çalışması kapsamında, güçlendirme malzemesinin betonarme plakların üzerindeki etkisini anlamak için piezoelektrik ivmeölçerler ile ivmeler, potansiyometrik konum algılayıcıları ile deplasmanlar ölçülmüştür. Numuneler üzerine düşürülen ağırlık düşürücü deney aletinin plaklarda oluşturduğu çarpma yükü büyüklüğü ise darbe kuvveti algılayıcısı ile ölçülmüştür.

3.1.3.1. İvmeölçerler

Piezoelektrik ivmeölçerler, analiz veya kayıt için yüksek empedanslı yük çıkışını düşük empedanslı voltaj sinyaline dönüştürmektedir. Ayrı bir sabit akım kaynağından güç alan ICP sensörleri, sinyal bozulması olmadan koaksiyel ya da şerit kablo üzerinden çalışırlar. Düşük empedanslı voltaj sinyali, triboelektrik kablo sesten veya çevresel etkilerden etkilenmemektedir. Kullanımı oldukça kolay olan ICP kuvvet sensörleri, şarjlı çalışan türlerine göre önemli avantajlar sunmaktadır. Düşük empedans çıkışı ve katı hal hermetik yapısı nedeniyle, ICP sensörleri zorlu fabrika ortamlarında bile sürekli, gözetimsiz kuvvet izleme için uygundur.

Darbe Sensörleri, lb(N) ile 50.000 libre (22.4 kN) arasında sıkıştırma ve darbe kuvvetlerini ölçmek için tasarlanmıştır. Sensörün üst kısmında bulunan düz algılama yüzeyi, sensöre eksenel olarak hızla uygulanan dinamik bir kuvveti ölçmek için tasarlanmıştır. PCB'nin ICP® sensörleri, yüksek sıcaklık, metalden metale çarpma ve darbe deneylerinde kullanmak için uygundur. Paslanmaz çelik kapaktan oluşan sensörler darbe ölçümleri yapabilen bir sensöre dönüşmektedir ve poliimid film bant, yüksek frekanslı çınlamayı azaltmak için kapak yüzeyini kaplamaktadır. İvmeölçer teknik bilgileri çizelge 3.1 de verilmiştir.

Deneysel çalışma kapsamında, PCB Group firmasına ait piezoelektrik ICP tipi ivmeölçerlerden iki adet Model 352B70 tercih edilmiştir.



Şekil 2.7. İvmeölçer

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan ivmeölçerin teknik özellikleri

Özellik	Değer
Hassasiyet (± %25)	0,1 mV/(m/s2)
Ölçüm aralığı	± 49000 m/s2 p
Frekans aralığı (± %5)	0,7-9000 Hz
Frekans aralığı (-3 dB)	0,4-20000 Hz
Filtre türü	Düşük frekans
Elektronik filtre köşe frekansı	23 kHz
Elektronik filtre azalım eğimi	12 dB/octa√e
Rezonans frekansı	≥ 55 kHz
Genişbant hassasiyeti (1-10000 Hz)	0,25 m/s2 rms
Düzensizlik	≤ %1
Çaprazlama hassasiyet	≤ %7
Aşırı yük sınırı	± 98000 m/s2 pk
Çalışma sıcaklığı	-54 , +121 °C arasında
Uyarma voltajı	20-30 VDC
Sabit akım uyarma	2-20 mA
Çıkış empedansı	≤ 200
Çıkış öngerilim voltajı	8-14 VDC
Boşaltım zamanı	0,5-1,5 s
Hazır hale gelme zamanı	< 5 s
Spektral gürültü (1, 10, 100 ve 1000 Hz)	70600, 23500, 7250 ve 1860 (µm/s2)/√Hz
Elektrik izolasyonu	>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

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan ivmeölçerin teknik özellikleri (devam)

Sızdırmazlık	**Hava sızdırmaz**
Elektrik bağlantısı	M5 x 0,8 koaksiyal jak
Elektrik bağlantısı pozisyonu	Üst
Bağlantı yivi	M5 x 0,8 dişi tipte

3.1.3.2. Kuvvet algılayıcısı

Dinamik algılayıcı elemanlarından kuvars kuvvet algılayıcıları, pres ve germe deneylerinde numunelerdeki gerilmeleri ve numunede oluşan darbe yükleri ölçmektedir. Bu dinamik algılayıcılar, dinamik sıkıştırma, gerilim ve darbe kuvveti ölçümleri için kullanılmaktadır. Etki ve tekrarlayan uygulamalar, düşme testi, malzeme testleri, hızlı yükselme süresi gibi deneylerde ölçüm yapmak amacıyla kullanılmaktadır.

Kuvars kuvvet algılayıcıları çarpma testlerinde, mekanik empedans, düşürme, penetrasyon, mukavemet deneyleri gibi çalışmalarda kullanılmaktadır. Oldukça yüksek rijitliğe sahip olduklarından dayanıklı ve uzun ömürlüdürler. Deney sonrasında numunede oluşan küçük kuvvet dalgalanmalarını algılayabilmektedir. Küçük statik yüklemelerde meydana gelen büyük dalgalanmaları da ölçebilmektedir. Endüstriyel uygulamaların yanı sıra araştırma ve geliştirmede titreşim, basınç, kuvvet, akustik, yük ve tekrarlanan deneylerde kullanılmaktadır.

200 Serisi Darbe Sensörleri, 1 N ile 22,4 kN arasındaki sıkıştırma ve darbe kuvvetlerini ölçmek için ve sensörün üst kısmında bulunan düz algılama yüzeyi, sensöre hızlı bir şekilde eksenel olarak uygulanan dinamik kuvveti ölçmek için tasarlanmıştır. Poliimid film bant, metalden metale darbelerle ilişkili yüksek frekansı azaltmak için kapak yüzeyini kaplamaktadır. Daha küçük modellerde sensörün her iki ucunda düzgün 10-32 dişli iç montaj delikleri bulunmaktadır. 45 ila 22 kN geriliminde tam ölçekli ölçüm aralıkları sunan versiyonlar ve daha yüksek aralıklar için, özel halka, bağlantı veya darbe tarzı sensör yapılandırmalarını mevcuttur. Uygulamalar arasında düşme testi, makine çalışmaları, delme

ve şekillendirme işlemleri, çekme testi, yorulma testi, kırılma analizi ve malzeme testi bulunmaktadır.



Şekil 3.8. Kuvvet algılama sensörü

PCB'nin 3 Bileşenli kuvvet sensörleri serisi, kuvveti aynı anda üç (3) dikey yönde (X, Y ve Z) ölçme yeteneğine sahiptir. Dahili olarak, üç set kuvars kristali kesilir, yönlendirilir ve önceden yüklenir, böylece belirli düzlem için kristal kesiminden maksimum çıktı, belirli x, y veya z düzlemine eksenel olarak bir kuvvet uygulandığında elde edilir. 3 bileşenli kuvvet sensörlerinin optimum performansı ve doğrusal çalışması, sensöre bir ön yük uygulandığında elde edilir.

Penetrasyon tarzı sensörler eksenel modellere benzer, ancak malzeme testi uygulamalarında sıkıştırma ve darbe kuvveti ölçümleri için özel olarak tasarlanmıştır. Düzgün, silindirik muhafazalar ve kavisli darbe kapakları, numunelerin kesilmesini önlemektedir. Bu, polimerlerin, kompozitlerin ve diğer malzemelerin verim, deformasyon ve kırılma noktasını belirlemek için ölçümlerin alınmasını sağlar. Eksenel konektör konfigürasyonu, itici güç aparatına takılır ve konektörü olası hasarlardan korumaktadır.

Tabanın esnemesini önlemek için her sensörün monte edildiği yüzeyin tamamen düz olması önemlidir; bu, sensör hassasiyetini etkileyebilir ve hatalı verilere neden olabilir. İyi bir yüzey zımparalama, nokta kaplama veya yüzey taşlama ile elde edilebilir. Yüzey

düzlüğü, tüm yüzey boyunca 0,001 (TIR) dahilinde tutulmalıdır. Sensörleri iki plaka arasına monte ederken, montaj yüzeylerinin düz ve paralel olmasına dikkat edilmelidir. Paralel olmayan yüzeyler, dahili bileşenler üzerinde istenmeyen bir baskı oluşturarak sensör arızasına neden olabilmektedir. Konektör kontaminasyonunu veya hasarını önlemek için kurulum sırasında koruyucu kapak elektrik konektöründe kalmalıdır.

Eşleşme yüzeyinde hafif bir silikon gres (DC-4 veya eşdeğeri) kaplaması, montaj tabanı ile montaj yüzeyi arasındaki bağlantıyı iyileştirir ve en iyi yüksek frekans tepkisini sağlar. Koaksiyel kablonun bir ucu sensör konektörüne ve diğer ucu sinyal düzeltici üzerindeki jak girişine bağlanmaktadır. Sensör kablonun orta pimi çevrilerek monte edilmelidir. Döndürülerek monte edildiğinde kesintili bir sinyal veya kabloda bir hasar oluşabilmektedir.

Kirli, nemli veya engebeli ortamlarda kurulum için elektrik bağlantısının başka bir koruyucu malzeme ile toza veya neme karşı korunmasın gerekmektedir. Kablo / sensör bağlantısının gerginliğini gidermek kablo ömrünü uzattığından kablonun gerginliğine dikkat edilmelidir.

3.1.3.3. Darbe Yük Hücresi

Sensör, birlikte verilen montaj vida ve başlık kullanılarak monte edilir. Verilen berilyum bakır (BeCu) vida elastiktir, bu nedenle sensörü yerinde tutarken sensöre kuvvet aktarımına izin verir. Başlık, sensörü montaj vidasının etrafında merkezler. Montaj vidasını iki yüzeyin alt kısmına taktıktan sonra, başlık montaj vidasının üzerinden geçirilir. Sensör daha sonra vida ve başlık kombinasyonunun üzerine yerleştirilir. Başlık, sensör iç çapının içine gevşek bir şekilde oturarak onu yerinde tutmalıdır. Montaj vidası için uygun şekilde işlenmiş delikler, sensörün uygun dikey yönlendirmesini sağlamaktadır. Sensörü entegre bir parça olarak kurarken, sensörün algılama yüzeyinin hasar görme olasılığını ortadan kaldırmak için sağlanan sürtünme önleyici rondelaların kullanılması önerilmektedir. Bu tür hasarlar, montaj sırasında montaj yüzeyleri bükülürken montaj yüzeyindeki kusurlar sensör yüzeyine sürtündüğünde meydana gelebilmektedir.

Kuvvet halkalarında olduğu gibi, 3 bileşenli bir kuvvet sensöründen elde edilen hassasiyet, uygulanan ön yüke ve kullanılan montaj cıvatası veya vidasının elastiklik özelliklerine bağlıdır. Ünite, sağlanan elastik berilyum bakır vida dışında bir vida veya cıvata ile monte edilecekse, gerçek montaj donanımı kullanılarak bir kalibrasyon yapılması gerekmektedir.



Şekil 3.9. Darbe yük hücresi montajı

3.1.3.4. ICP Kuvvet Sensörü

Sensörün çalışması için, sensörü ICP sensör sinyal düzenleyiciye bağlandı. Sistemin çalışması için kuvvet sensörünün bir sinyal düzenleyiciye, ardından bir okuma cihazına bağlanmasını gerekmektedir. İyi bir elektrik teması sağlamak için koaksiyel kabloyu sensöre giden kabloya somununu elle çevirerek sıkıldı. Sensöre giden kablo elle çevrilerek takıldı çünkü elektrik merkez piminin yorulması ve kablo hasarı oluşması istenmiyordu. Kuvvet sensörü teknik bilgileri çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Kuvvet algılayıcısının teknik özellikleri

Özellik	SI
Hassasiyet (± %15)	22,48 mV/kN
Ölçüm aralığı (basınç kuvveti)	222,4 kN
Maksimum statik basınç kuvveti	333,6 kN
Genişbant hassasiyeti (1-10000 Hz)	4,45 N-rms
Düşük frekans tepkisi (- %5)	0,0003 Hz
Üst frekans limiti	30000
Düzensizlik	≤ %1 FS
Çalışma sıcaklığı	-54 , +121 °C arasında
Hassasiyet sıcaklık katsayısı	≤ %0,27 %/°C
Boşaltım zamanı	≥2000 s
Uyarma voltajı	20-30 VDC
Sabit akım uyarma	2-20 mA
Çıkış empedansı	≤ 100 Ω
Çıkış öngerilim voltajı	8-14 VDC
Spektral gürültü (1, 10, 100 ve 1000 Hz)	0,45, 0,14, 0,0360 ve 0,00862 N/√Hz
Çıkış polaritesi	Pozitif
Rijitlik	17 kN/µm
Çap	53,9 mm
Yükseklik	19 mm
Ağırlık	280 gr
Koruyucu malzeme	Paslanmaz çelik
Sızdırmazlık	Hava sızdırmaz
Elektrik bağlantısı	M5 x 0,8 koaksiyal jak
Elektrik bağlantısı pozisyonu	Yan
Bağlantı yivi	M5 x 0,8 dişi tipte

3.1.3.5. Lineer Potansiyometrik Cetvel

Bu çalışmada bazalt tekstil katkılı harç ile güçlendirilmiş plakların çarpma yükü etkisi altında oluşan deplasmanlar lineer potansiyometrik cetvel ile ölçülmüştür. Lineer potansiyometrik cetvel, plağa ağırlık düşürücü deney aleti düşürüldüğünde hareket edebilen bir mekanizmaya sahip olduğu için plakta meydana gelen deplasmanları kaydedebilmektedir. Hareket edebilen kol plağa bağlandı ve direnç ile birim uzunluğu eşit olan lineer potansiyometrik cetvel hareketli kol ile teması ettirildi. Hareketli kolun yer değiştirmesi ile cetvelin direncindeki doğrusallık, hareket esnasında kolun değişen direnci ve gerilimi plakta meydana gelen deplasman değerlerinin okunmasını sağlamıştır.



Şekil 3.10. Lineer potansiyometrik cetvel

Deneysel çalışma kapsamında OPKON firmasının SLPS kablolu tip lineer potansiyometrik cetveli kullanmıştır (Şekil 3.10). Cetvelin ölçme mesafesi 10-100mm olup yük direnci ise minimum 100 kOhm'dir. Gerekli gerilimi sensör besleme kutusu kullanılarak sağlanmıştır. SLPS kablolu tip lineer potansiyometrik cetvelin teknik özellikleri çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3 Lineer potansiyometrik cetvelin teknik özellikleri

Teknik Özellikler	
Ölçme boyu	10 100 mm
Linearite	±%0,2 (75-130mm), ± %0,5 (<75mm)
Tekrarlanabilirlik	< 0,01mm
Çözünürlük	Sonsuz
Direnç	2 kOhm: 10 50 mm 5 kOhm: 75 100 mm
Direnç toleransı	± %20
Yük direnci	100 kOhm min.
Tavsiye edilen kontak akımı	< 1µA
Maksimum besleme voltajı	28 VDC maks.
Elektriksel bağlantı	Kablo veya Konnektör çıkışlı
Hız	< 5 m/s
Mekanik ömür	100 milyon hareket
Gövde ölçüleri	Ø18mm
Gövde malzemesi	Eloksallı alüminyum
Mil malzemesi	Paslanmaz çelik
Mil çapı	Ø5mm
Mekanik sabitleme	Hareketli ayaklar
IP koruma sınıfı	IP 65
Çalışma sıcaklığı	-20°C +80°C
Saklama sıcaklığı	30°C +90°C

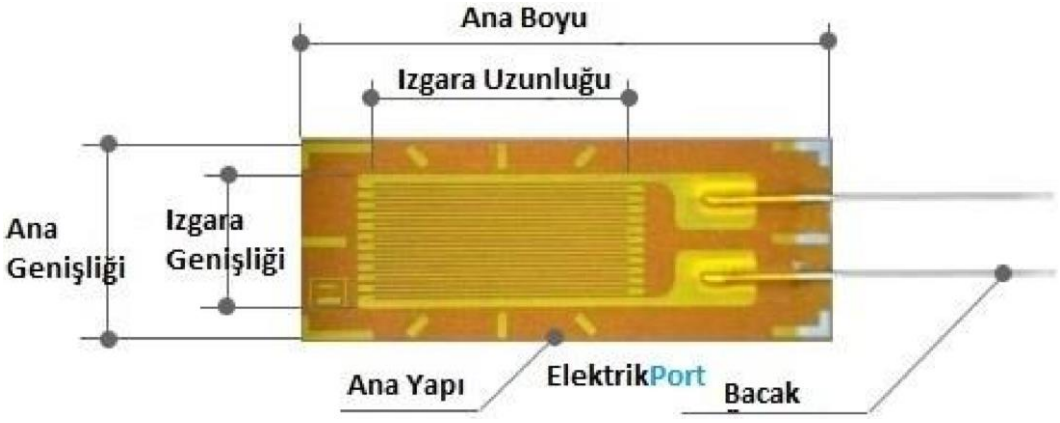
Çarpma yükü etkisi altında oluşan deplasmanlar ölçmek amacıyla betonarme plakların üzerine lineer potansiyometrik cetveller şekil 3.11.'de görüldüğü gibi yerleştirilmiştir. Proje kapsamında numunelere 4 adet lineer potansiyometrik cetvel kullanılmıştır.



Şekil 3.11. Lineer potansiyometrik cetvelin montajı

3.1.3.6. Strain-Gauge

Gerinim, uygulanan bir gerilmeden kaynaklanan malzemenin deformasyonu veya yer değiştirmesidir. Çekicin numuneye uyguladığı basıncı, kuvveti, torku vb. ölçelebilen bir elektrik sinyaline dönüştürür. Kuvvet, gerilmeye neden olur ve bu daha sonra elektrik direncindeki bir değişiklik yoluyla gerinim ölçer ile ölçülür. Daha sonra, veri toplama kullanılarak voltaj ölçümü toplanır.



Şekil 3.12. Strain-Gauge

Elektrik iletkenliğinin fiziksel özelliğinden ve iletkenin geometrisine olan bağımlılığından faydalanan bir gerinim ölçer, elastikiyet sınırlarında kırılmayacak ya da

plastik deformasyona uğramayacak şekilde gerildiğinde, uçtan uca elektrik direncini yükseltecek şekilde daralacak ve uzayacaktır. Aksi durumda, iletken bükülmeyecek şekilde sıkıştırıldığında, genişler ve kısalır, bu da uçtan uca elektrik direncini azaltır. Gerinim ölçerin ölçülen elektrik direncinden, indüklenen gerilim miktarı çıkarılabilir.

Kuvveti ya da gerilimi ölçen gerinim ölçer, bir tür elektrik sensorudur. Kuvvet uygulandığında değişen bir gerinim ölçerin direnci farklı bir elektrik çıkışı vermektedir. Gerinim ölçerler basıncı, kuvveti, ağırlığı ve gerilimi ölçmek için kullanılırlar. Gerilme, nesnenin direnç kuvveti (geri itme gibi) gerinim, nesnenin yer değiştirmesi ve deformasyonudur ve bu bir gerinim ölçer ile ölçülebilen bir kuvvettir. Bir nesneye ya da makinaya bağlandıklarında küçük bir miktar olsa bile bir nesnenin daralmasını veya genişlemesini ölçebilirler.

Gerinim ölçerler, farklı uygulamalara uyacak çok çeşitli şekil ve boyutlarda mevcut olan folyo tipleridir. Bir numune üzerine monte edilmiş dirençli folyo modelinden oluşurlar. Bu model gerilime maruz kaldığında, folyonun direncinin belirli bir şekilde değişmesi prensibi ile çalışırlar. Gerinim ölçer, dört aktif gösterge (tam köprü), iki gösterge (yarım köprü) veya daha az yaygın olarak tek bir gösterge (çeyrek köprü) kombinasyonuyla bir Wheatstone Bridge devresine bağlanır. Gösterge, siyanoakrilat gibi uygun bir yapıştırıcıyla nesneye yapıştırılır. Numune deforme oldukça folyo da deforme olur ve elektrik direncinin değişmesine sebep olmaktadır.

Gerinim ölçerler alt tabakaya özel bir yapıştırıcı ile tutturulur. Tutkal türü, ölçüm sisteminin gerekli kullanım ömrüne bağlıdır. Kısa süreli ölçümler için (birkaç haftaya kadar) siyanoakrilat yapıştırıcı uygundur, uzun ömürlü kurulum için epoksi yapıştırıcı gereklidir. Genellikle epoksi yapıştırıcı yüksek sıcaklıkta kürleme gerektirir (yaklaşık 80-100 ° C'de).



Şekil 3.13. Strain-Gauge yapıştırılacak yüzeylerin hazırlanması

Gerinim ölçerin yapıştırılacağı yüzeyin hazırlanması son derece önemli olduğundan plakların strain-gauge'lerin yapışacağı yüzeyler spiral ve zımpara kağıdı ile pürüzsüzlendirildi. Daha sonra kirden arındırıldı, ardından kalıntılar kompresör ile temizlendi ve hazırlanan alanın kirlenmesini önlemek için bundan hemen sonra strain-gauge'ler yapıştırıldı.



Şekil 3.14. Strain-Gauge'lerin yapıştırılması

Deney numunelerinin yüzeyi strain-gauge yapıştırılmasına hazır hale getirildikten sonra yapıştırıcı ile yüzeye uygulanmıştır. Bu işlemin ardından numunenin montaj aşamasında, strain-gauge kablolarının kopmasını engellemek için bağlantı kabloları sıcak silikon ile numuneye yapıştırıldı.

3.1.3.7. Veri Toplama Aygıtları

Ağırlık düşürücü deney düzeneğinden okunan dataların bilgisayar ortamına aktırılması gerekmektedir. Veri toplama aygıtları ile tüm aygıtlardan okunan değerler bilgisayar ortamına tranfer edilmiş olur. Çalışma kapsamında yapılan deneyin dinamik yükleme olması nedeniyle aygıt türü olarak Instruments firmasının NI 9234 model veri toplama aygıtı seçilmiştir.

NI 9234 model veri toplama aygıtı yazılımla seçilebilir ve IEPE sinyal koşullandırma (2 mA) -40°C ila 70 °C çalışma, 5 g titreşim, 24 bit çözünürlük, kenar yumuşatma filtreleri, 102 dB dinamik aralık, akıllı TEDS sensör uyumluluğuna sahiptir.

NI 9234, IEPE sensörlerinden yüksek hassasiyetli ölçümler yapmak için dört kanallı bir dinamik sinyal toplama modülüdür. NI 9234, 102 dB dinamik aralık sağlar ve ivmeölçerler ve mikrofonlar için 2mA sabit akımda Entegre Elektronik Piezoelektrik (IEPE) sinyal koşullandırma içerir. Dört giriş kanalı aynı anda 51,2 kS / s'ye varan oranlarda sinyal elde eder. Ek olarak, modül, örnekleme oranına göre otomatik olarak ayarlanan yerleşik kenar yumuşatma filtreleri içerir. Tek modüllü bir USB taşıyıcısı ve NI CompactDAQ ve CompactRIO donanımı ile uyumlu olan NI 9234, endüstriyel makine durumu izleme ve araç içi gürültü, titreşim ve sertlik testi gibi çok çeşitli mobil veya taşınabilir uygulamalar için idealdir. NI 9234 model veri toplama aygıtının teknik bilgileri çizelge 3.4'de verilmiştir.

Dört kanalı bulunan NI 9234 model veri toplayıcısı ile kuvars darbe kuvveti algılayıcısı ve ivme ölçümleri bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Veri toplayıcısının kanallarına koaksiyel kablolar bağlandıktan sonra dinamik sinyal ölçen Şekil 3.15'de gösterilen NI 9234 veri toplama aygıtı kuvars darbe kuvveti algılayıcısının ve ivme ölçerlerdeki ölçümleri veri toplayıcısına aktarmıştır.



Şekil 3.15. NI 9234 model veri toplama aygıtı

Çizelge 3.4. NI 9234 veri toplama aygıtı teknik özellikleri

Dahili zaman tabanı (f_M)	
Frekans	13.1072 MHz
Doğruluk	±50 ppm maks.
Veri hızı aralığı (f_s)	
Dahili zaman tabanını kullanma	
Minumum	1.652 kS/s
Maksimum	51.2 kS/s
Harici zaman tabanını kullanma	
Minimum	0.391 kS/s
Maksimum	52.734 kS/s
Veri hızı[1] (f_s)	(f_M ÷ 256)/n, n = 1, 2, ..., 31
Giriş bağlantısı	AC/DC (yazılımla seçilebilir)
AC kesme frekansı	
-3 dB	0.5 Hz
-0.1 dB	4.6 Hz maksimum
Giriş aralığı	±5 V

Çizelge 3.4. NI 9234 veri toplama aygıtı teknik özellikleri (devam)

AC voltajı tam ölçekli aralık	
Minumum	±5 Vpk
Tipik	±5.1 Vpk
Maksimum	±5.2 Vpk
Ortak mod voltaj aralığı (AI'den toprağa)	±2 V maksimum
IEPE uyarma akımı (yazılımla seçilebilir kapalı)	
Minimum	2.0 mA
Tipik	2.1 mA
Güç açık hatası	90 µA for 10 µs
IEPE uygunluk voltajı	19 V maksimum

Bir diğer veri toplayıcısı modeli National Instruments firmasına ait NI 9201 (Şekil 3.16) kullanılmıştır. NI 9201 sekiz kanallı analog giriş modülüne sahiptir ve sekiz kanal ± 10 V girişi sağlamaktadır. Çalışma esnasında plaklarda oluşan deplasmanları ölçen potansiyometrik konum algılayıcısındaki veriler NI 9201 model aygıt ile bilgisayara aktarılmıştır. Potansiyometrik konum algılayıcısı ve vidalı terminal bağlantısı olan NI 9201 besleme ünitesine bağlıdır ve besleme ünitesi gerekli voltajı, sinyalleri NI 9201'e de aktarmaktadır. NI 9201 model veri toplama aygıtının teknik bilgileri çizelge 3.5'de verilmiştir.



Şekil 3.16. NI 9201 veri toplama aygıtı ve bağlantı çeşitleri

Çizelge 3.5. NI 9201 veri toplama aygıtı teknik özellikleri

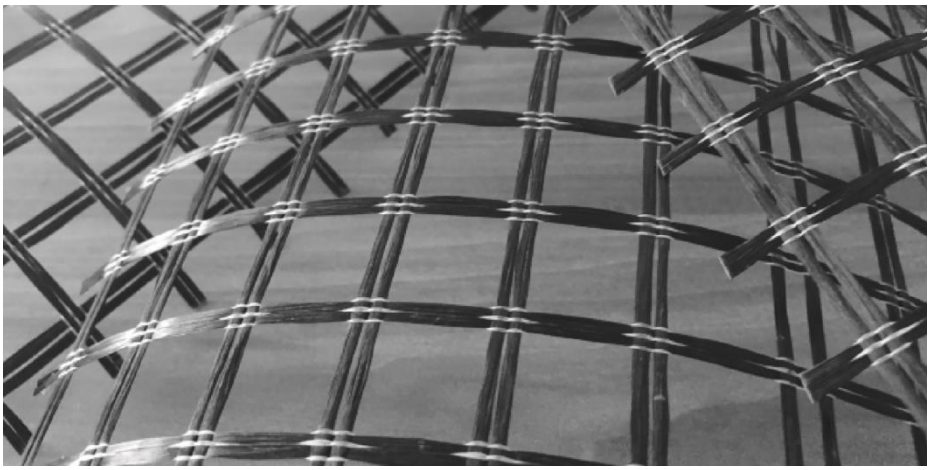
Denge	
Kazanç kayması	±34 ppm/°C
Ofset kayması	±100 µV/°C
Giriş bant genişliği (-3 dB)	690 kHz min
Giriş empedansı	
Direnç	1 MΩ
Kapasite	5 pF
Giriş gürültüsü, kod merkezli	
RMS	0.7 LSBrms
Pikten pike	5 LSB
Eksik kod yok	12 bits
DNL	-0.9 to 1.5 LSB
INL	±1.5 LSB
Cros sapı10 kHz	-75 dB
Yerleşme zamanı	2 µs

3.1.3.8. Bazalt Fiber

Alkali dirençli kaplamalı bazalt elyaftan üretilen kumaşlar, çatlakları engellemek gibi yapısal elemanları güçlendirme çalışmaları için geliştirilmiş malzemelerdir. Bazalt tekstilin avantajı cam elyafı ve çelikten daha iyi çekme mukavemetinin olmasıdır. Deneyde kullanılan malzemenin korozyona, oksidasyona ya da çürümeye direnci bu malzemenin yapılarda güçlendirme malzemesi olarak kullanılabilir kılmaktadır. Malzemenin yapı elamanlarına ağırlık yapmaması ve uygulamasının kolay oluşu yapı elemanlarında çeliğin yerine kullanılabilirliğini artırmaktadır.

Teknobazaltmesh 350 Bazalt Fiber'in teknik özellikleri, orta ve hafif hasarlı kolon ve kirişlerin tamiratında, tarihi eser, cami kubbe ve minarelerinin tamiratında, taş, tuğla ya da vb. yığma duvarlarında, temellerinde onarım ve güçlendirme amaçlı kullanılabilir.

Kapasitesi yetmeyen kesitlerde, kesitlerin kapasitesini artırmak için, özel olarak geliştirilmiş kaplaması sayesinde yüzeye çok iyi tutunmaktadırlar. Yüksek mekanik mukavemet ve elastisite modülüne sahiptirler ve kimyasal agresif ortama ve özellikle yüksek alkali ortama dayanıklıdırlar. Çatlakların oluşumunu ve yayılmasını minimuma indirirler. Uygulaması kolaydır, düşük ısı iletkenlik katsayısına sahiptirler ve yanmazdırlar.



Şekil 3.17. Bazalt Fiber

Teknik bilgileri çizelge 3.6'da verilen Teknobazaltmesh 350 Bazalt Fiber'in uygulama şekli, yapı elemanı üzerindeki sıva, boya kaldırılır, yüzey temizlenir gerekli tamiratlar yapılır. Yüzeye TEKNOBOND 200 karışımı ince bir şekilde sürülür. TEKNOWRAP' e TEKNOBOND300 emdirilir. TEKNOWRAP sağlamlaştırılmak istenen yerlere yapıştırılır. İstenirse bitmiş malzemenin üzeri boya, alçı ya da sıva ile kapatılabilir.

Çizelge 3.6. Teknobazaltmesh 350 Bazalt Fiber'in teknik özellikleri

Genel Bilgiler	
Genişliği	200cm
Rulo Boyu	50m
Mesh Çekme Dayanımı	85 kN/metre (0^o) (90^o)
Kaplamalı M^2 Ağırlık	350gr
Mesh Aralığı Mm	25x25

Çizelge 3.6. Teknobazaltmesh 350 Bazalt Fiber'in teknik özellikleri (devam)

Fiber Tipi	Bazalt fFber
Fiber Elastisite Modülü	85 Gpa
Fiber Çekme Dayanımı	4000 Mpa
Fiber Özgül Ağırlık	2,7gr/cm^3
Kaplama	Alkali Dayanımlı Polimer

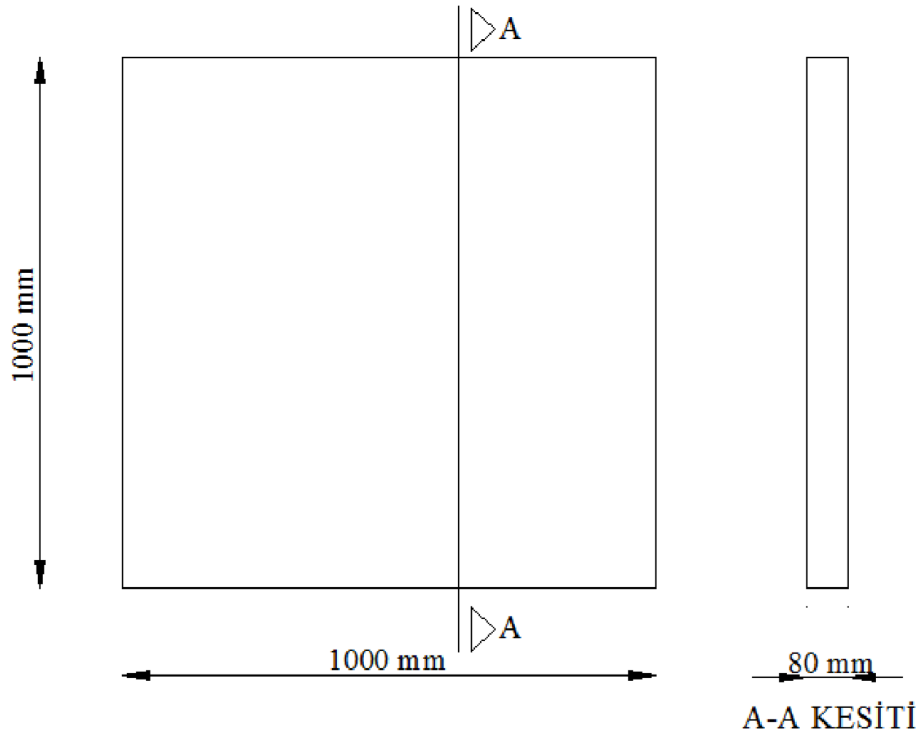
Deney elemanlarının isimlendirilmesinde kullanılan B harfi bazaltı, s harfi tek doğrultulu, d harfi çift doğrultulu, Or ifadesi ortogonal, Di ifadesi ise diyagonal doğrultuyu temsil etmektedir. İsimlendirme detayları çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Plakların isimlendirilmesi

Deney Elemanı	Açıklama
Referans	Güçlendirme yapılmamış referans numune
B50sOr	Tek doğrultulu ortogonal 50 mm'lik şeritler ile güçlendirilmiş ankrajsız
B50dOr	İki doğrultulu ortogonal 50 mm'lik şeritler ile güçlendirilmiş ankrajsız
B50sDi	Tek doğrultulu diyagonal 50 mm'lik şeritler ile güçlendirilmiş ankrajsız
B50dDi	İki doğrultulu diyagonal 50 mm'lik şeritler ile güçlendirilmiş ankrajsız
B100sOr	Tek doğrultulu ortogonal 100 mm'lik şeritler ile güçlendirilmiş ankrajsız
B100dOr	İki doğrultulu ortogonal 100 mm'lik şeritler ile güçlendirilmiş ankrajsız
B100sDi	Tek doğrultulu diyagonal 100 mm'lik şeritler ile güçlendirilmiş ankrajsız
B100dDi	İki doğrultulu diyagonal 100 mm'lik şeritler ile güçlendirilmiş ankrajsız
B50sOrA	Tek doğrultulu ortogonal 50 mm'lik şeritler ile güçlendirilmiş ankrajlı
B50dOrA	İki doğrultulu orthogonal 50 mm'lik şeritler ile güçlendirilmiş ankrajlı
B50sDiA	Tek doğrultulu diyagonal 50 mm'lik şeritler ile güçlendirilmiş ankrajlı
B50dDiA	İki doğrultulu diyagonal 50 mm'lik şeritler ile güçlendirilmiş ankrajlı
B100sOrA	Tek doğrultulu ortogonal 100 mm'lik şeritler ile güçlendirilmiş ankrajlı
B100dOrA	İki doğrultulu ortogonal 100 mm'lik şeritler ile güçlendirilmiş ankrajlı
B100sDiA	Tek doğrultulu diyagonal 100 mm'lik şeritler ile güçlendirilmiş ankrajlı
B100dDiA	İki doğrultulu diyagonal 100 mm'lik şeritler ile güçlendirilmiş ankrajlı

4. DENEY ELEMANLARININ DENEYE HAZIRLANMASI

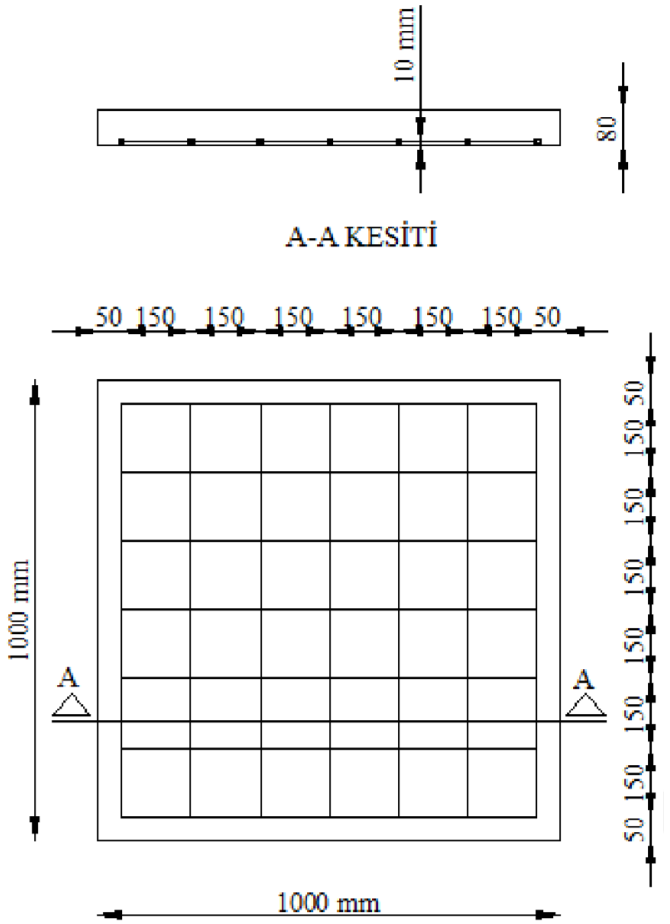
Bazalt tekstil katkılı harç ile güçlendirilmiş plakların çarpma yükü etkisi altındaki davranışının deneysel olarak incelenmesi kapsamında çarpma yükü etkisindeki betonarme plaklar, bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilerek davranışları deneysel olarak incelenmiştir. Numuneleri üretmek için öncelikle kalıp yapımı tamamlanmıştır. Kalıp yapımı tamamlandıktan sonra donatıların bağlanması ile devam edilmiştir. Daha sonrasında ise beton dökümü gerçekleştirilmiştir. Her birinin altı kalın naylon ile kaplı kalıplar playwooddan yapılmıştır. Deneysel çalışmada bazalt tekstil kumaşlar 50mm ve 100mm boyutlarında kesilmiş ve 8 farklı kombinasyon yapılarak plakların çarpma yükü altındaki davranışları araştırılmıştır. Güçlendirme malzemesini yapıştırılması için plaklar ters çevrilip pürüzlendirildi. Daha sonra bazalt tekstil kumaşlar plaklara tamir harcı ile yapıştırıldı ve harcın dayanım alması için numuneler 28 gün beklemiştir. Betonarme plaklar, betonun içindeki su hızlı buharlaşıp beton içerisinde hava boşluklarının ve rötre çatlaklarının oluşmaması için numunelerin üzeri su tutma özelliği olan bir kumaşla ile kaplandı.



Şekil 4.1 Betonarme plakların boyutları

Plaklarda donatı olarak, nervürlü çelik donatıların birbirine dik olarak belirli aralıklarda yerleştirilip inşaat teli ile bağlanmasıyla elde edilen hasır çelik kullanılmıştır.

Numunelerde kullanılan hasır çelik donatının çapı Ø6 olarak seçilmiş ve 150 mm aralıklarla bağlanmıştır. (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Plakalara konumlandırılan çelik donatı detayı

1000x1000x80 mm ölçülerindeki plak kalıplara çelik donatılar yerleştirilirken 1 cm pas payları bırakılarak yerleştirilmiştir (Şekil4.2). Beton dökmeden önce kalıpların içleri temizlenmiş ve kalıp kenarları daha sonra plakların kolay çıkmaları için yağlanmıştır. Beton dökümünden önce yapılan donatı yerleşimi ve kalıp yağlama işleminden sonra hazır beton firmasından gelen mikser beton döküm işlemini gerçekleştirmiştir. Beton dökülürken segregasyona izin verilmeden şişleme yapılarak betonun düzgün yerleşmesi sağlanmıştır. Beton bileşenlerinin ayrışmasını önlemek için pas payına dikkat edilmiş ve kalıplar kalıp tabanında boşluk kalmayacak şekilde yerleştirilmiştir. Beton dökme yüksekliği de büyük agregaların kalıp dibine çökerek betonun homojenliğini bozacağı için beton dökme yüksekliğine de dikkat edilmiştir. Beton dökülürken 7 günlük, 28 günlük ve deneyin yapılacağı gün kırılacak küp numuneler, ilk dökülen plaklardan, orta ve son dökülen

plaklardan karışık olarak alınmıştır. Küp numuneler alınmadan önce kalıp içleri yağlanmış ve daha sonra kolay çıkarılması için kalıp dibine kâğıt konmuştur. Beton dökümü işleminden sonra plakaların yüzeyleri mala yardımı ile perdahlanmıştır.



Şekil 4.3. Çelik donatıların yerleştirilmesi

Toplamda 17 numune oluşturulmuş ve bunların 16 tanesi bazalt şeritler ile güçlendirilecek bir tanesi ise karşılaştırma yapabilmek için referans numune olacaktır. Hazır beton firmasından sipariş edilen C25/30 betonu kullanılmıştır.

Betonun su kaybını önlemek için yüzey perdahlanma işlemi tamamlandıktan sonra beton ideal kür koşullarında, yüzeyine su eklenerek kür edildi. Kür işlemi betonun yüzeyindeki suyun buharlaşması sonucunda çimentonun hidratasyonu için gerekli suyun tekrar betona verilmesi işlemidir. Bu işlem için betonun su kaybı önlenebilir ya da yüzeyi ıslatılabilir. Deney kapsamında numuneler 7 gün boyunca yüzeyleri su ile ıslatılarak kürlendi. Daha sonra plaklar dayanım alana kadar yüzeylerinin kuru kalmaması için geçirimsiz bir örtü kapatıldı ve ara ara sulandı bu sayede çimento hidratasyonu için gerekli

nem sağlanmış oldu. 7 günlük, 28 günlük ve deney günü kırılacak küp numuneler havuzlama işlemi ile kırılacakları güne kadar kürlendi.



Şekil 4.4. 1000x1000x800 mm boyutlarındaki plakların beton döküm işlemi

Betonarme plaklar 24 saat kalıpta bekletilmiştir. Plaklar kalıplardan çıkarıldıktan sonra 28 gün boyunca su ile kürlenmiştir. Beton döküm işlemi esnasında alınan küp numuneler de 28 gün boyunca kür havuzunda bekletilmiştir. Numunelerin basınç testleri yapılmış, 7 günlük, 28 günlük ve 174. gündeki beton basınç dayanımları çizelge 4.1'de, gösterilmektedir. Numunelerin 7 günlük, 28 günlük ve 174. gündeki beton basınç dayanımları sırasıyla 21,64 MPa, 34,90 MPa ve 42,80MPa olarak ölçülmüştür.

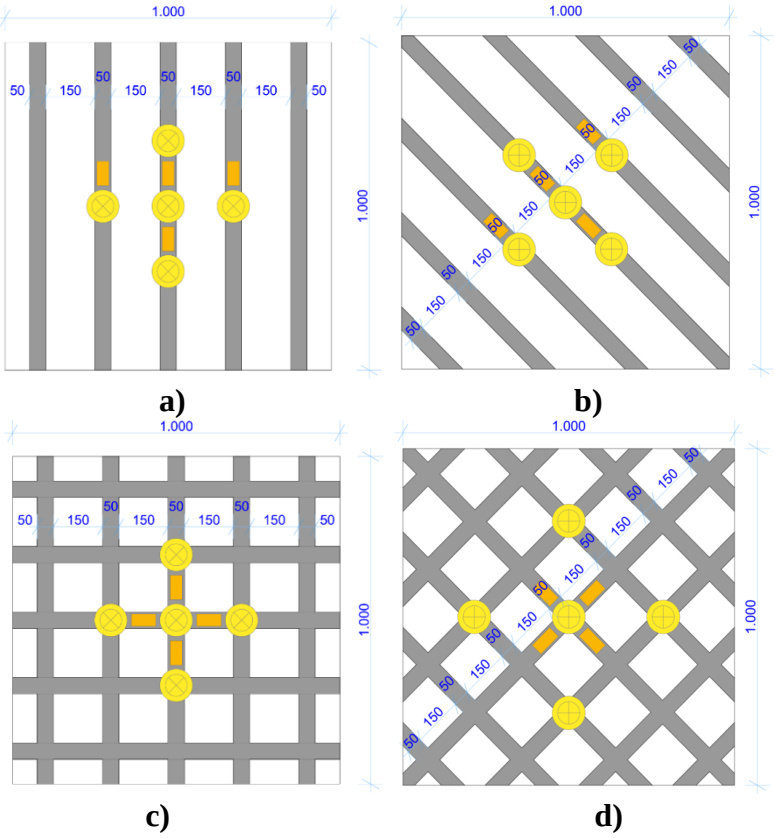
Çizelge 4.1. Beton basınç dayanımları

20.8.2020											
Numune No	Kütle	a cm	b cm	h cm	Alan cm^2	Hacim cm^3	Yoğunluk (kg/m^3)	P (t)	Dayanım (kg/cm^2)	Dayanım (N/mm^2)	
1	7,680	15	15,3	15	229,5	3442,5	2230,94	48,2	210,02	21,41	**7. Gün**
4	7,672	15	15,1	15	226,5	3397,5	2258,13	51,9	229,14	23,36	
7	7,656	15	15,1	15	226,5	3397,5	2253,42	44,8	197,79	20,16	
								Ort	**212,32**	**21,64**	

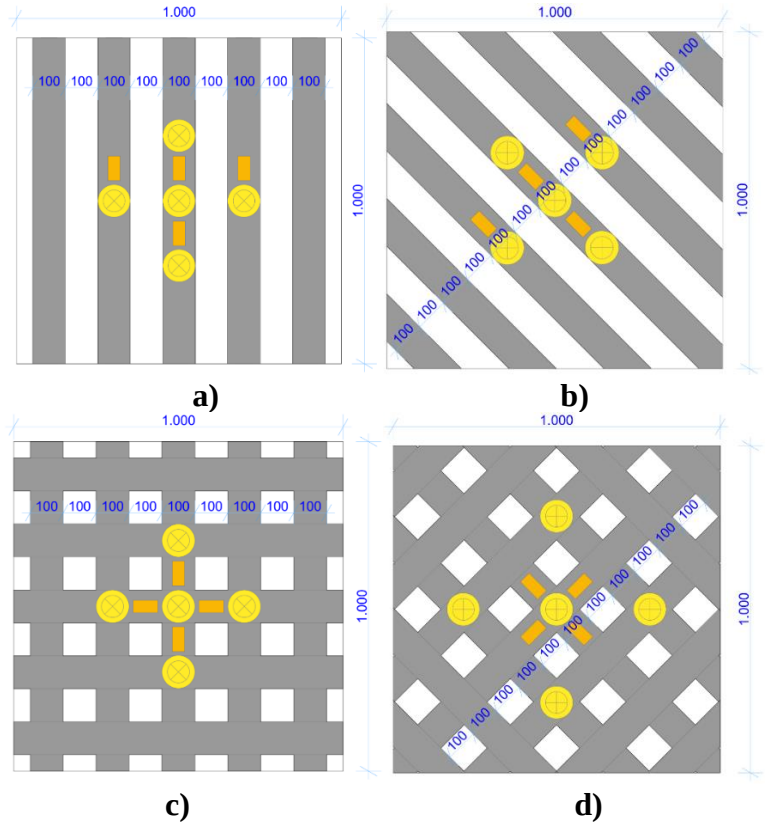
10.9.2020											
Numune No	Kütle	a mm	b mm	h mm	Alan mm^2	Hacim mm^3	Yoğunluk (kg/m^3)	P (kN)	Dayanım (kg/cm^2)	Dayanım (N/mm^2)	
2	7,803	150,13	152,86	150,96	22948,87	3464361,7	2252,36	789,6	337,53	34,41	**28. Gün**
5	7,836	150,00	152,80	150,00	22920	3438000	2279,23	783,4	335,30	34,18	
8	7,783	150,00	151,70	150,00	22755	3413250	2280,23	821,9	354,33	36,12	
								Ort	**342,39**	**34,90**	

3.2.2021											
Numune No	Kütle	a mm	b mm	h mm	Alan mm^2	Hacim mm^3	Yoğunluk (kg/m^3)	P (kN)	Dayanım (kg/cm^2)	Dayanım (N/mm^2)	
3	7,803	150,10	152,73	150,57	22924,77	3451783,1	2260,57	978,5	418,72	42,68	**174. Gün**
6	7,836	150,00	152,68	150,06	22902	3436674,1	2280,11	985,1	421,96	43,01	
9	7,783	150,00	151,84	150,08	22776	3418222,1	2276,91	972,6	418,91	42,70	
								Ort	**419,87**	**42,80**	

Deneylerde on yedi adet döşeme kullanılmıştır. Döşemelerden on altı bazalt tekstil şeritler ile güçlendirme yapılması tasarlanmıştır. Darbe yükünün plaklar üzerindeki etkisini karşılaştırmak için bir adet plağa herhangi bir güçlendirme malzemesi uygulanmadan boş bırakılmıştır. Güçlendirme yapılacak döşemelere 50 mm ve 100 mm genişliğindeki Bazalt Tekstil şeritlerin dört farklı yerleşim şekillerinde yapıştırılması tasarlanmıştır. 50 mm genişliğindeki Bazalt tekstil kumaşlar, Şekil 4.5'de, 100 mm genişliğindeki şeritlerde aynı yerleşim düzeninde Şekil 4.6'daki gibi konumlandırılmıştır.



Şekil 4.5. 50 mm genişliğindeki Bazalt Tekstillerin şeritlerin plak üzerindeki konumları



Şekil 4.6. 100 mm genişliğindeki Bazalt Tekstillerin şeritlerin plak üzerindeki konumları

Bazalt tekstil şeritlerin yapıştırılacağı plaklar 28 günlük priz süresini doldurduktan sonra ters çevrilip şeritlerin yapıştırılacağı şekilde yerleştirildi. Kalıplardan çıkarılan plakların güçlendirme yapılacak yüzeyleri, güçlendirme harcı ile yeterli aderansın sağlanabilmesi için pürüzlendirme işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.7. Plakların vinç ile ters çevrilmesi

Bazalt tekstil şeritlerin uygulanacağı alanlar plaklar üzerine çizildikten sonra kırıcı uçlu matkap yardımı ile belirlenen alanlar pürüzlendirildi. Plakların güçlendirme yapılacağı alanların pürüzlendirilme sebebi ise ağırlık düşürüldüğünde şeritlerin plaklardan ayrılmasını önlemekti.



Şekil 4.8. Bazalt şeritlerin uygulanacağı alanların çizildikten sonra matkap yardımı ile pürüzlendirilmesi



a) b)

Şekil 4.9. Pürüzlendirme işlemi a) 50mm'lik şeritlerin yerleşeceği alanların pürüzlendirilmesi, b) 100mm'lik şeritlerin yerleşeceği alanların pürüzlendirilmesi

Deney numunelerine yapıştırılacak bazalt tekstil şeritler yapıştırma işlemi öncesinde Şekil 4.10'da gösterildiği şekilde spiral ile kesildi.



Şekil 4.10. Bazalt tekstil şeritlerin kesilmesi

Deney numunelerinin pürüzlendirmesinden sonra Sika Yapı Kimyasalları A.Ş.'den Sikadur-330 numaralı iki bileşenli epoksi esaslı doyurma reçinesi yapıştırıcısı hazırlanmıştır. Betonarme plaklara yapıştırıcı reçine uygulanmadan önce bazalt tekstil kumaşların yapıştırılacağı yüzeyler hava kompresör ile temizlendi. İki bileşenli yapıştırıcının A bileşeni beyaz macun B bileşeni gri macundan oluşmaktadır ve karışım sonucunda rengi açık gri macuna dönmektedir. Karışım oranı ise A macunu ve B macununu 4'e 1 oranında karıştırılmasıyla elde edildi. Bu karışım oranın korunması için macunlar hassas tartı ile tartıldıktan sonra karıştırıldı.



a) b)

Şekil 4.11. a) Sikadur®-330 A bileşeni, b) Sikadur®-330 B bileşeni

Betonarme plaklara yapıştırıcı reçine uygulanmadan önce güçlendirme malzemesinin yapıştırılacağı yüzeyler hava kompresör ile temizlendi. (Şekil 4.12)

Deney kapsamında plaklar ankrajlı ve ankrajsız olarak iki farklı şekilde üretildi. Ankraj uygulanacak numuneler matkap ile delindikten sonra iki bileşenli epoksi esaslı yapıştırıcı ile bazalt trm'ler deliklerin içerisine yerleştirildi. Trm'ler yerleştirilirken bazalt tekstil şeritler de pürüzlendirilen yerlere yapıştırıldı ve üzerleri tamir harcı ile sıva yapılmadan önce 28 gün beklendi.



Şekil 4.12. Plakların yüzeyleri hava kompresör ile temizlendi

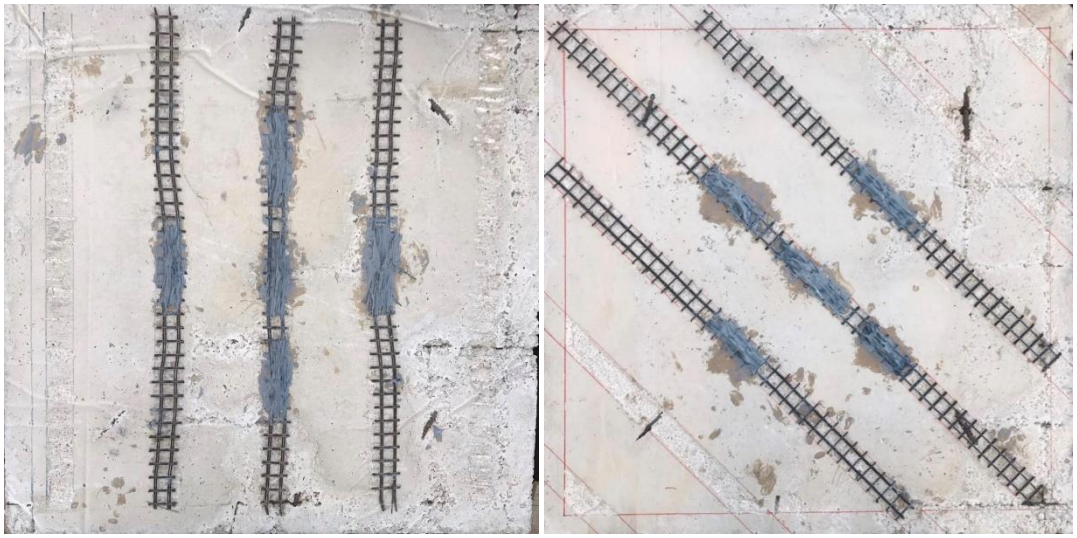


Şekil 4.13. Ankraj yapılacak plakların matkap ile delinmesi

Hazırlanan iki bileşenli yapıştırıcı el ile kuru uygulama metodu uygulanarak bazalt tekstil şeritler ve trm'ler yapıştırıldı (Şekil 4.14.).



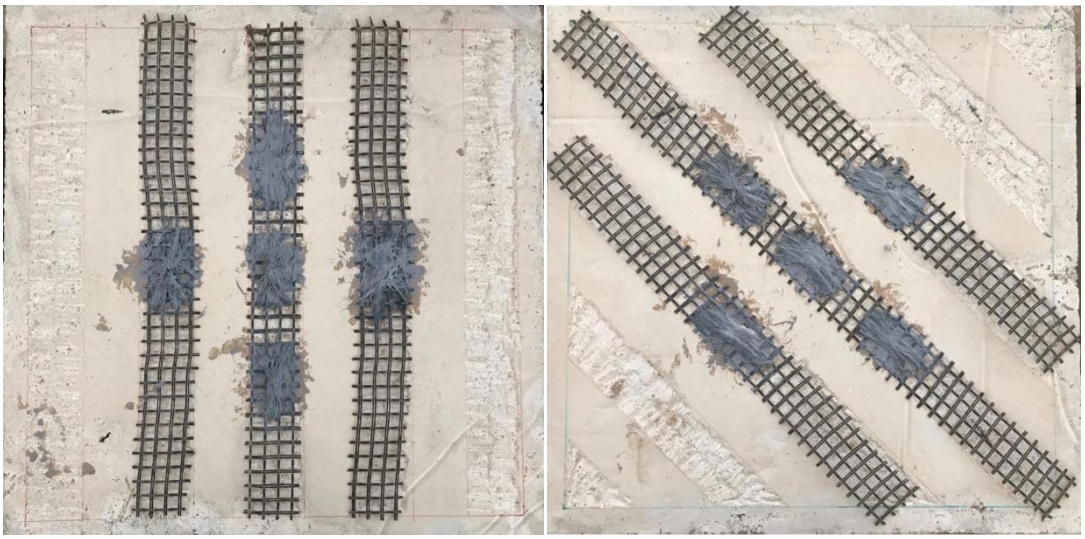
Şekil 4.14. Bazalt şeritlerin yapıştırılacağı bölgelere harç uygulaması



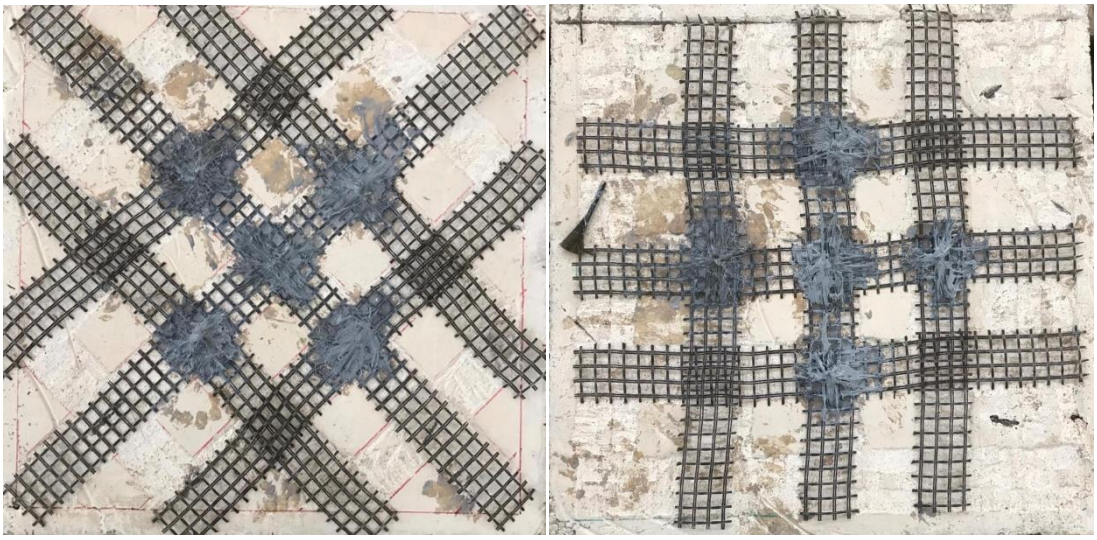
Şekil 4.15. 50mm'lik bazalt tekstil şeritlerin yapıştırılacağı plaklara ankraj uygulaması



Şekil 4.16. 50mm'lik bazalt tekstil şeritlerin yapıştırılacağı plaklara ankraj uygulaması

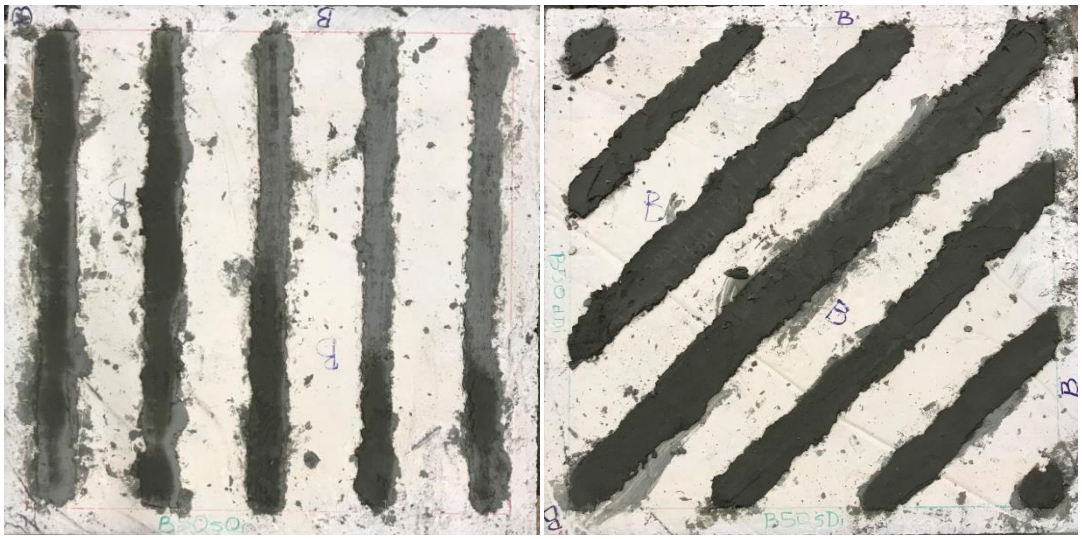


Şekil 4.17. 100mm'lik bazalt tekstil şeritlerin yapıştırılacağı plaklara ankraj uygulaması



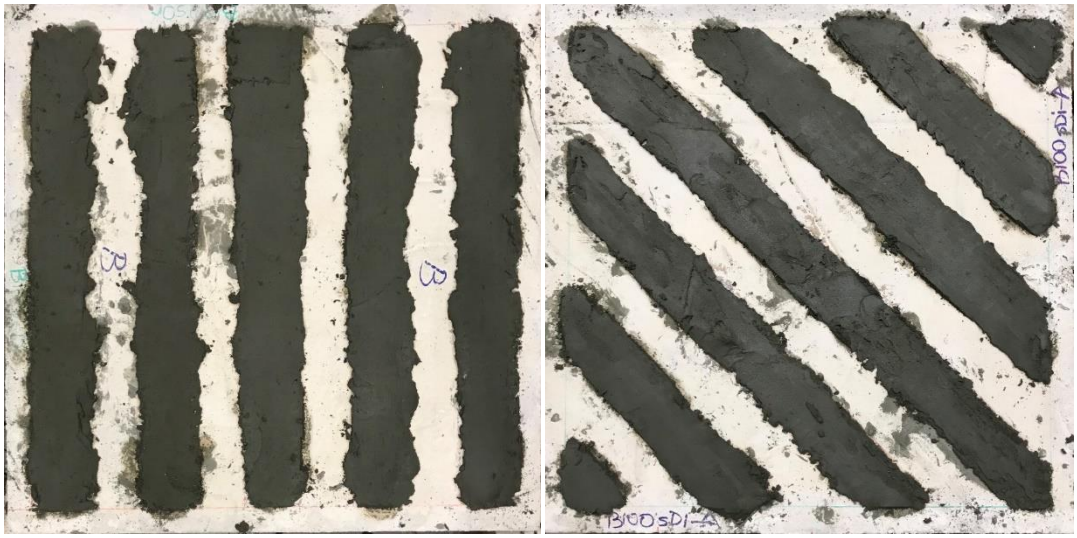
Şekil 4.18. 100mm'lik bazalt tekstil şeritlerin yapıştırılacağı plaklara ankraj uygulaması

İki bileşenli epoksi esaslı yapıştırıcının dayanım alması için gerekli süre geçtikten sonra bazalt tekstil kumaşların yapıştırılacağı yerlere harç uygulaması yapıldı. Bu işlem için 60 Mpa dayanıma sahip tamir harcı hazırlandı ve kumaşların uygulanacağı bölgelere harç el ile yedirildi. Bazalt şeritlerin yapıştırılacağı bölgelerin altına tamir harcı yerleştirildikten sonra şeritlerin üzerleri de tamir harcı ile kapatıldı. Daha sonra harç yapılan bölgelerin üzerleri mala yardımı ile düzeltildi.



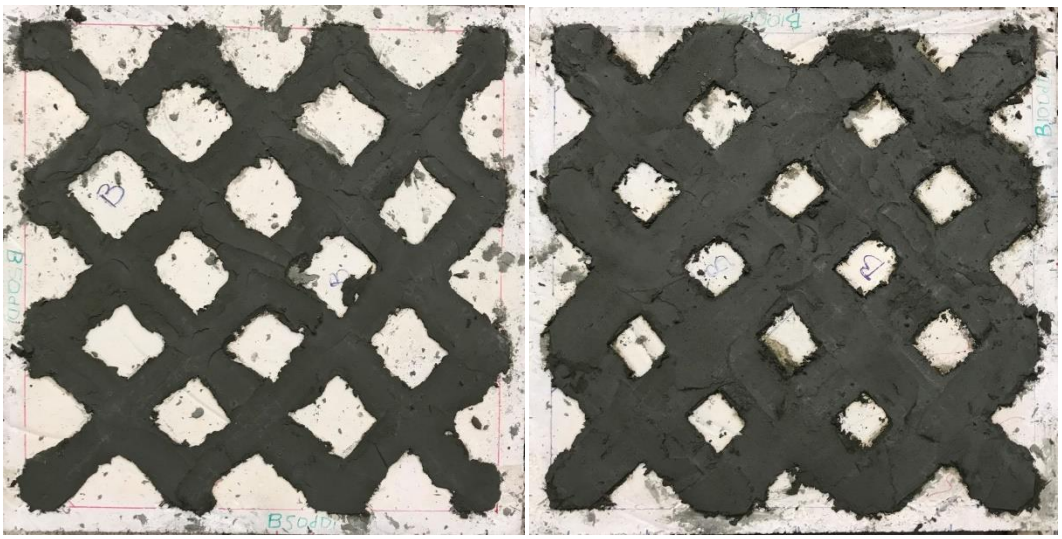
a) b)

Şekil 4.19. a) 50mm'lik şeritlerin harçla kapatılması, b) 50mm'lik şeritlerin harçla kapatılması



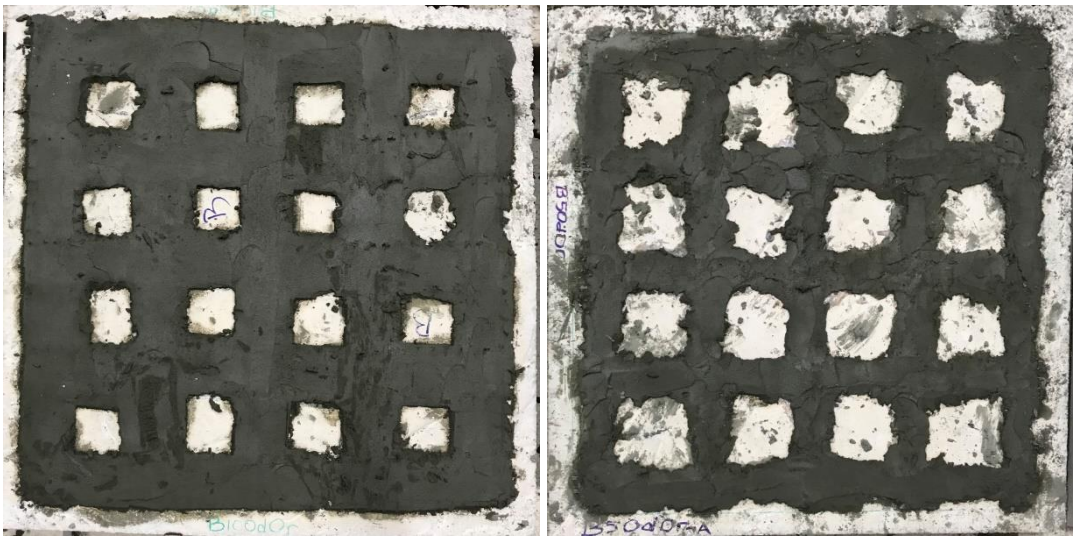
a) b)

Şekil 4.20. a) 100mm'lik şeritlerin harçla kapatılması, b) 100mm'lik şeritlerin harçla kapatılması



a) b)

Şekil 4.21. a) 50mm'lik şeritlerin harçla kapatılması, b) 100mm'lik şeritlerin harçla kapatılması



c) d)

Şekil 4.22. a) 100 mm'lik şeritlerin harçla kapatılması, b) 50 mm'lik şeritlerin harçla kapatılması

İki bileşenli epoksi ile ankraj uygulamasının ardından tamir harcı ile yapıştırılan bazalt tekstil şeritler harcın dayanım kazanması için 28 gün bekledi.

Betonarme plaklar deneye hazırlandıktan sonra strain-gauge'lerin numunelere yerleştirilmesi işlemi gerçekleştirildi. Strain-gauge'lerin ölçümleri doğru alması için pürüzsüz bir yüzeye ihtiyaç duyulduğundan plakların strain-gauge yapıştırılacak bölgeleri spiral yardımı ile zımparalandı. Yüzeyler zımparalandıktan sonra hava kompresörü ve sünger ile temizlendi.

Bazalt tekstil katkılı harç ile güçlendirilmiş plakların çarpma yükü etkisi altında nasıl davrandığını incelemek için bazalt tekstil ile güçlendirilen plaklar ağırlık düşürücü deney aleti ile incelenmiştir. Deney numuneleri hazırlandıktan sonra ağırlık düşürücü deney aletinin kurulumu yapıldı. Plakların konulacağı çelik düzenek yere sekiz farklı noktadan sabitlendi. Ağırlık düşürücü deney düzeneğinde plakların konulacağı çelik düzeneğinin ortasının boş olmasının sebebi plakanın düzenek üzerine konduğunda plak altının boş kalmasını sağlayarak daha gerçekçi sonuç ortaya koymaktır. Düzeneği zemine sabitlemek için zemine matkap yardımı ile delikler açılmış daha sonra deliklere kendiliğinden açılan dübel yerleştirilmiştir.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1. Bulgular

Tez çalışması için bazalt tekstil kumaşlar ile güçlendirilen betonarme plaklar darbe yükü maruz bırakılmış ve ağırlık düşürücü deney aleti altındaki davranışları araştırılmıştır. Deneysel çalışmanın bulgular bölümünde plaklarda meydana gelen deplasman ve ivme değişimleri her numune için ayrı ayrı incelenmiştir. İvme-zaman, deplasman-zaman ve birim deformasyon ölçümleri verilerek yapılan incelemeler ile birlikte betonarme plaklarda meydana gelen çatlak dağılımları da gözlemlenmiştir.

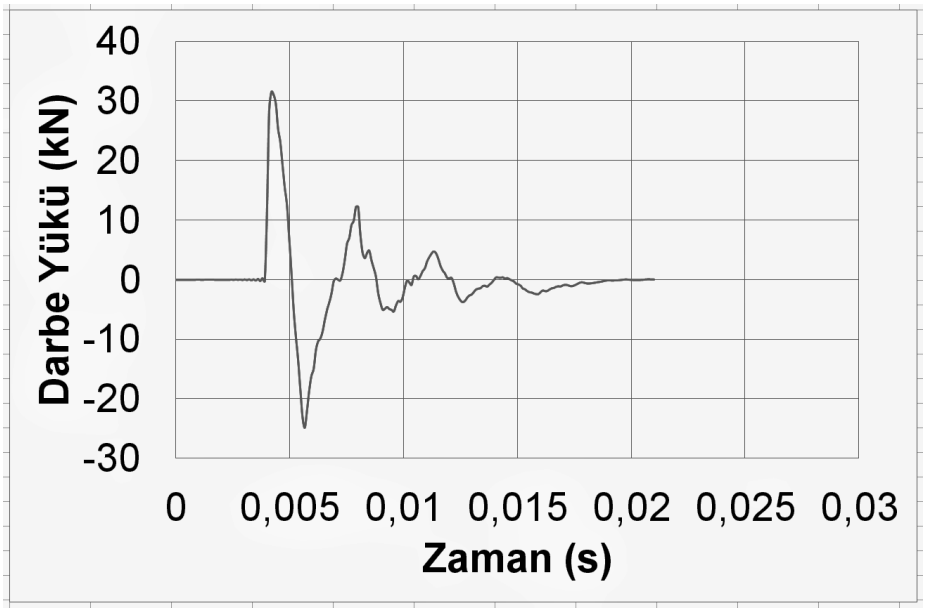
5.1.1. R1 deney elemanı

Referans olarak kullanılan R1 deney elemanına hiçbir güçlendirme işlemi yapılmadan ağırlık düşürücü deney aleti ile çarpma yükünün etkileri gözlenmiştir. Referans numune R1'e uygulanan çarpma enerjisi 1,236 kj'dür.

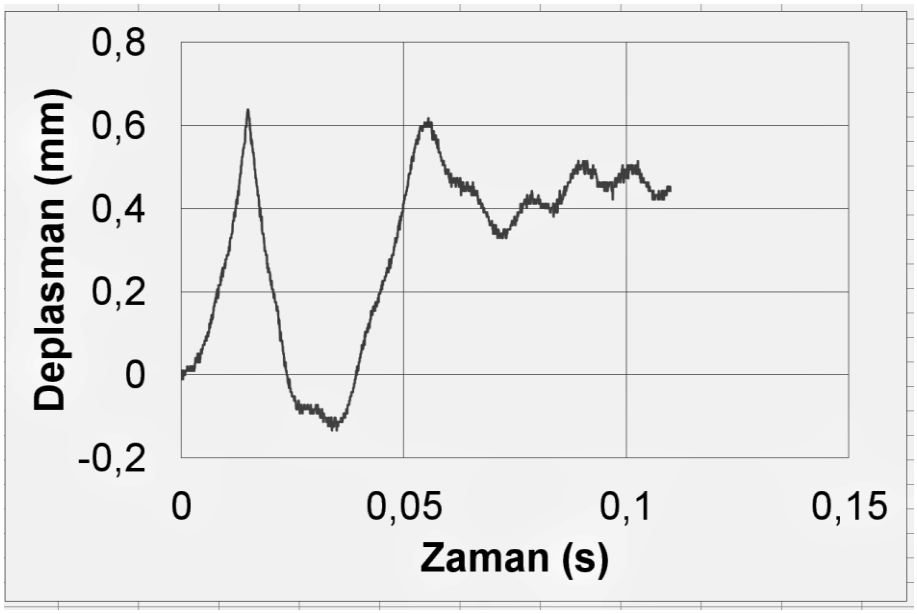
R1'e uygulanan çarpma enerjisi etkisi ile R1'e etkiyen çarpma yükü büyüklüğünün en büyük değeri 31,97 kN olarak ölçülmüştür. Sol ivmeölçerde, çarpma yükünün etkisi ile ölçülen en büyük ivme değeri 218,64 g iken en küçük ivme değeri -171,97 g olarak ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde ölçülen en büyük ivme değeri 216,89 g, en küçük ivme değeri -96,10 g'dir. Plak orta bölgesinde oluşan en büyük deplasman 4,927 mm iken kalıcı deplasman 1,124 mm olarak ölçülmüştür.

Güçlendirilen plaklar ile karşılaştırılmak için yapılan referans numune R1 incelendiğinde betonarme plakta derin çatlaklar oluşmuş ve elemanda göçme meydana gelmiştir.

Uygulanan 1,236 kj dikey çarpma enerjisinin R1 betonarme plak elemana etkiyen çarpma yükü Şekil 5.1' de, plağın orta bölgesinde ölçülen deplasman 1' in zamana göre değişimleri Şekil 5.2' de verilmiştir.

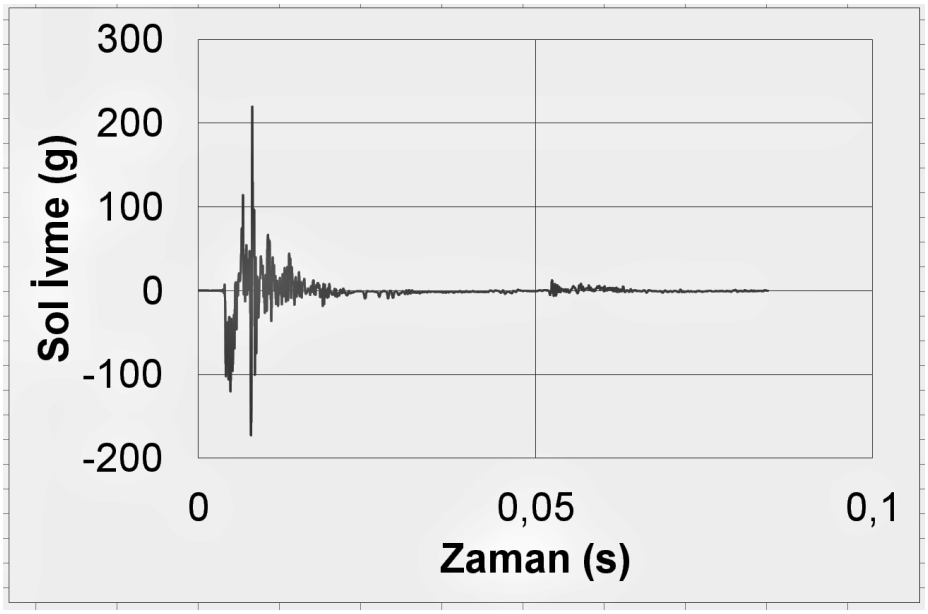


Şekil 5.1. R1 plağına ait darbe yükü-zaman grafiği

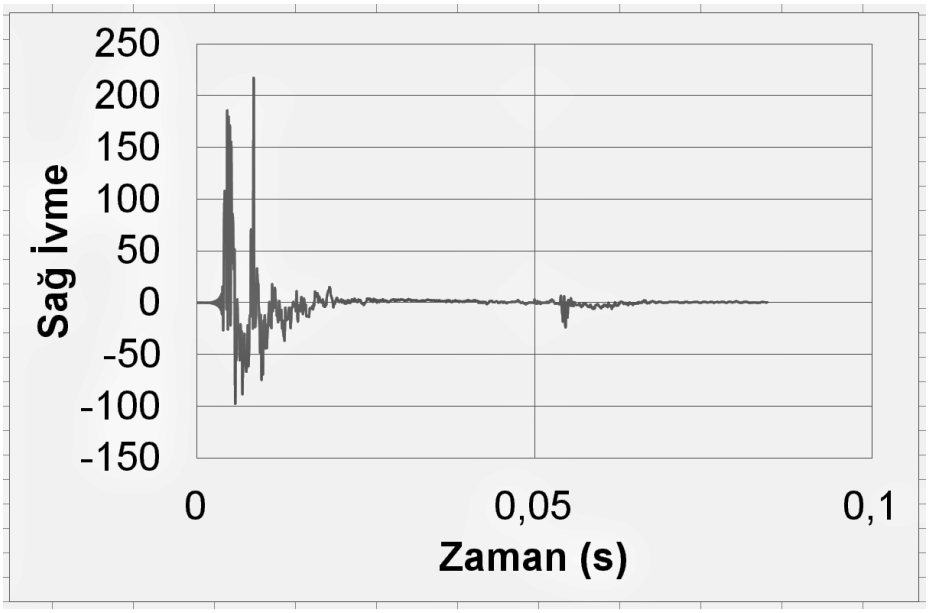


Şekil 5.2. R1 plağına ait deplasman - zaman grafiği

Şekil 5.3'de sol ivmeölçerin, çarpma yükünün etkisi ile ölçtüğü ivmelerin zaman tanım alanındaki değişimi, Şekil 5.4'de ise sağ ivmeölçerden ölçülen veriler gösterilmiştir.

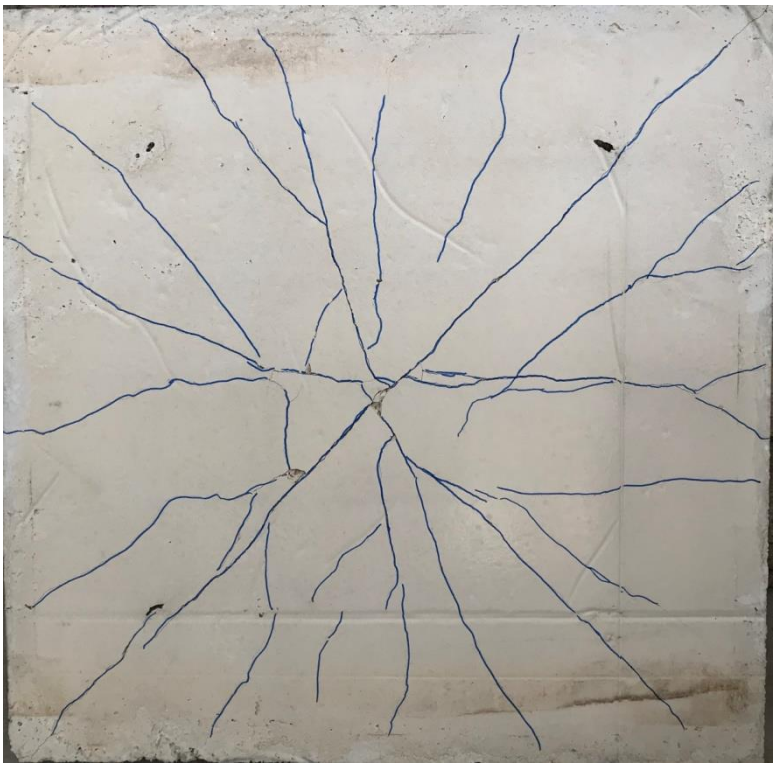


Şekil 5.3. R1 plağına ait sol ivme-zaman grafiği



Şekil 5.4. R1 plağına ait sağ ivme-zaman grafiği

Çarpma yükü etkisi ile R1 betonarme plakta meydana gelen çatlak dağılımı Şekil 5.5'de verilmiştir.



Şekil 5.5. R1 plağında meydana gelen çatlak dağılımı

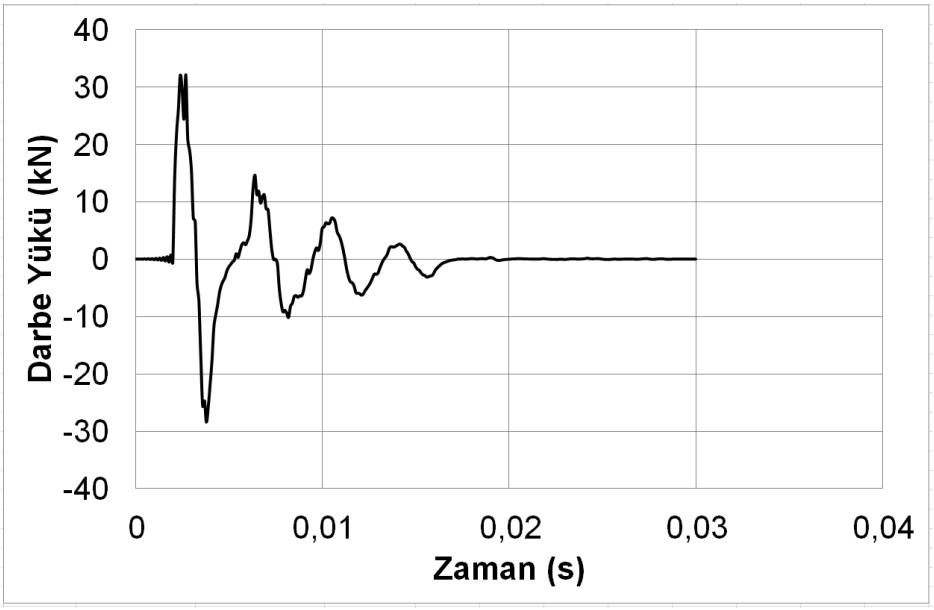
5.1.2. B50sOr deney elemanı

B50sOr deney elemanı, ortagonal yönde 50 mm'lik bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilmiş, 1,236 kj çarpma enerjisi altında test edilmiştir.

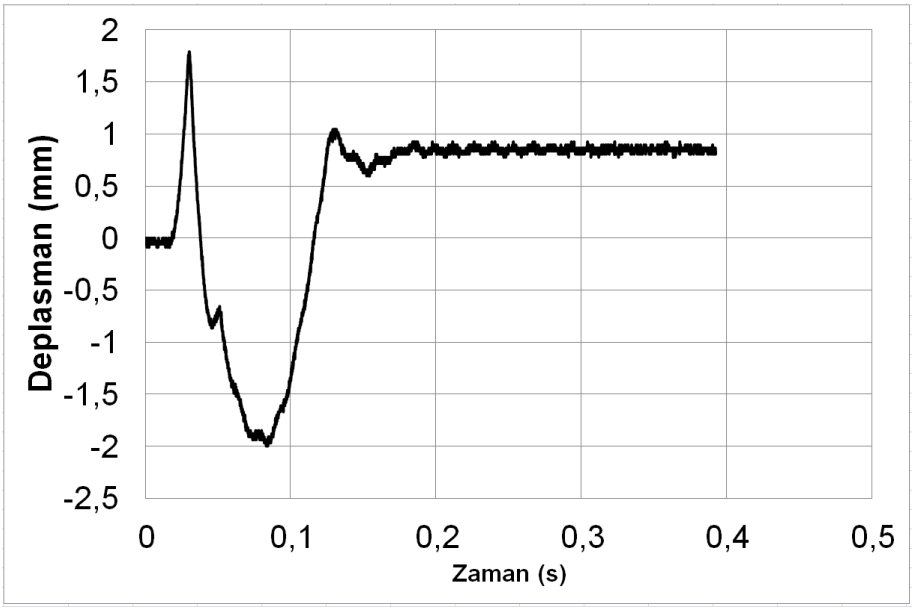
B50sOr'ye uygulanan çarpma enerjisi etkisi ile B50sOr'e etkiyen çarpma yükü büyüklüğünün en büyük değeri 32,11 kN olarak ölçülmüştür. Sol ivmeölçerde, çarpma yükünün etkisi ile ölçülen en büyük ivme değeri 298,14 g iken en küçük ivme değeri -186,3 g olarak ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde ölçülen en büyük ivme değeri 297,32 g, en küçük ivme değeri -126,6 g'dir. Plak orta bölgesinde oluşan en büyük deplasman 3,993 mm iken kalıcı deplasman 1,608 mm olarak ölçülmüştür.

Deney sonrasında B50sOr betonarme plakta derin çatlakların meydana geldiği gözlemlenmiştir. Numune incelendiğinde çatlakların referans numuneye göre daha az olduğu görülmektedir. Referans numune ile kıyaslandığında ise maksimum deplasmanında % 19 azalma olduğu, kalıcı deplasmanın da ise % 43 artış olduğu gözlemlenmiştir.

1,236 kj çarpma enerjisinin etkisiyle B50sOr plağına etkiyen çarpma yükü Şekil 5.6' da gösterilmiştir.

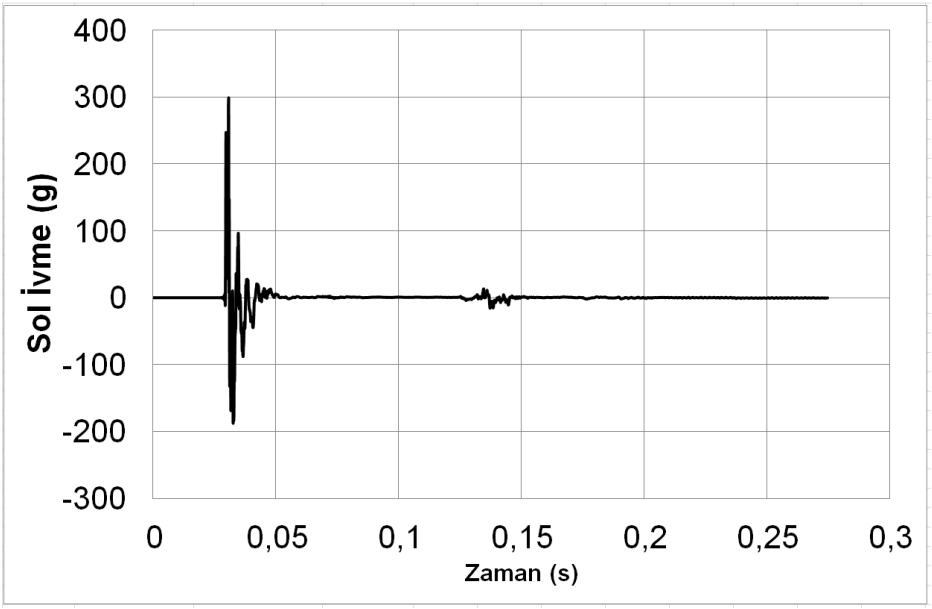


Şekil 5.6. B50sOr plağına ait darbe yükü-zaman grafiği

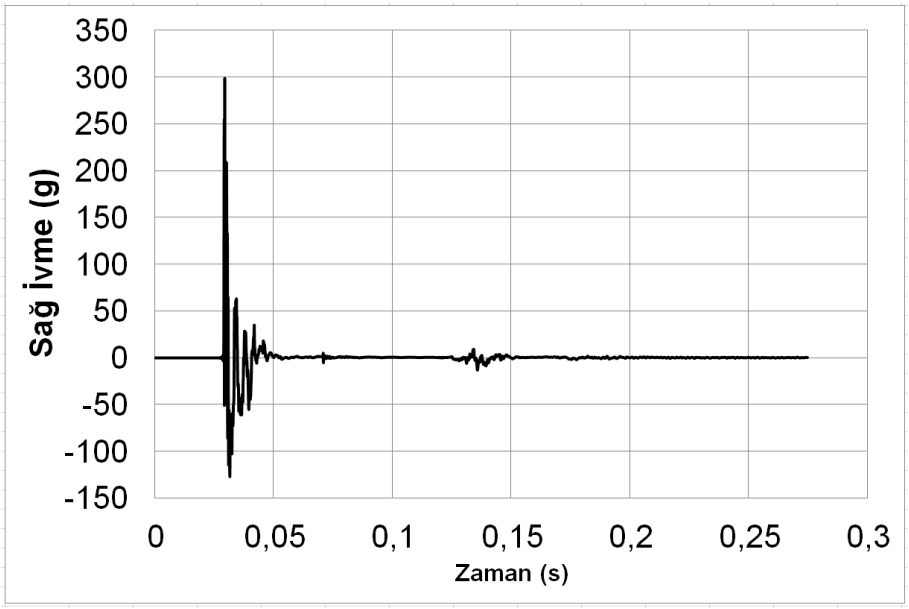


Şekil 5.7. B50sOr plağına ait deplasman - zaman grafiği

Şekil 5.8’ da sol ivmeölçerin, çarpma yükünün etkisi ile ölçtüğü ivmelerin zaman tanım alanındaki değişimi, Şekil 5.9’de ise sağ ivmeölçerden ölçülen veriler gösterilmiştir.

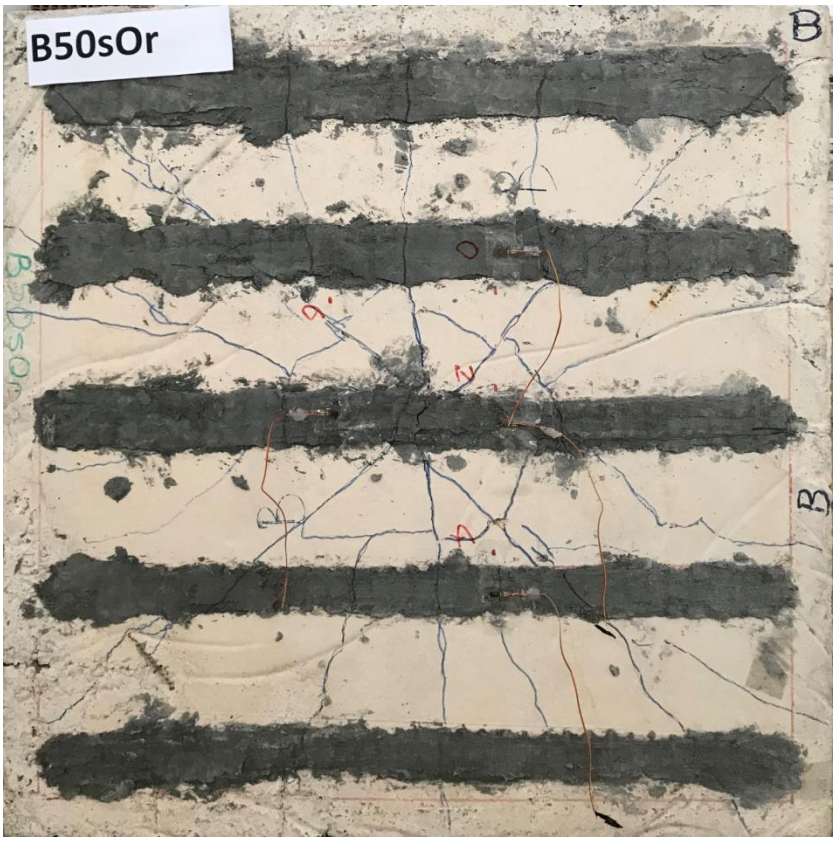


Şekil 5.8. B50sOr plağına ait sol ivme-zaman grafiği



Şekil 5.9. B50sOr plağına ait sağ ivme-zaman grafiği

Çarpma yükü etkisi ile B50sOr betonarme plakta meydana gelen çatlak dağılımı Şekil 5.10’da verilmiştir.



Şekil 5.10. B50sOr plağında meydana gelen çatlak dağılımı

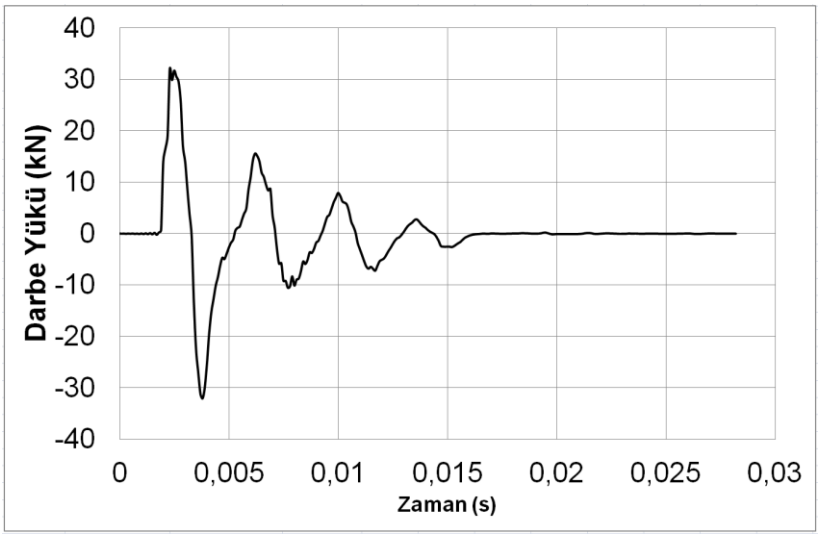
5.1.3. B50sOr-A deney elemanı

B50sOr-A deney elemanı, ortogonal yönde 50 mm'lik bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilmiş ve 5 noktadan ankraj uygulaması yapılmıştır ve ağırlık düşürücü deney aleti ile çarpma yükünün etkileri gözlemlenmiştir. B50sOr-A'ya uygulanan çarpma enerjisi 1,236 kj'dür.

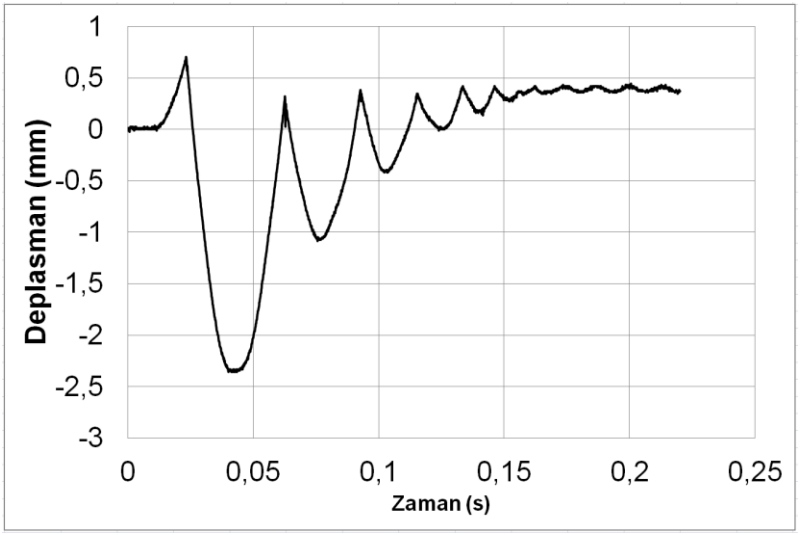
B50sOr-A'ya uygulanan çarpma enerjisi etkisi ile B50sOr-A'ya etkiyen çarpma yükü büyüklüğünün en büyük değeri 32,04 kN olarak ölçülmüştür. Sol ivmeölçerde, çarpma yükünün etkisi ile ölçülen en büyük ivme değeri 346,32 g iken en küçük ivme değeri -200,74 g olarak ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde ölçülen en büyük ivme değeri 344,80 g, en küçük ivme değeri -151,81 g'dir. Plak orta bölgesinde oluşan en büyük deplasman 3,218 mm iken kalıcı deplasman 0,779 mm olarak ölçülmüştür.

Deney sonrasında B50sOr-A betonarme plakta derin çatlakların meydana geldiği gözlemlenmiştir. Numune incelendiğinde, B50sOr numunesine göre maksimum deplasmanında % 19 azalma olduğu, kalıcı deplasmanında ise % 51 azalma olduğu gözlemlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında ise maksimum deplasmanında % 35 azalma olduğu, kalıcı deplasmanında ise % 30 azalma olduğu, gözlemlenmiştir.

Uygulanan 1,236 kj dikey çarpma enerjisinin B50sOr-A betonarme plak elemana etkiyen çarpma yükü Şekil 5.11' de, plağın orta bölgesinde ölçülen deplasman 1'in zamana göre değişimleri Şekil 5.12' de verilmiştir.

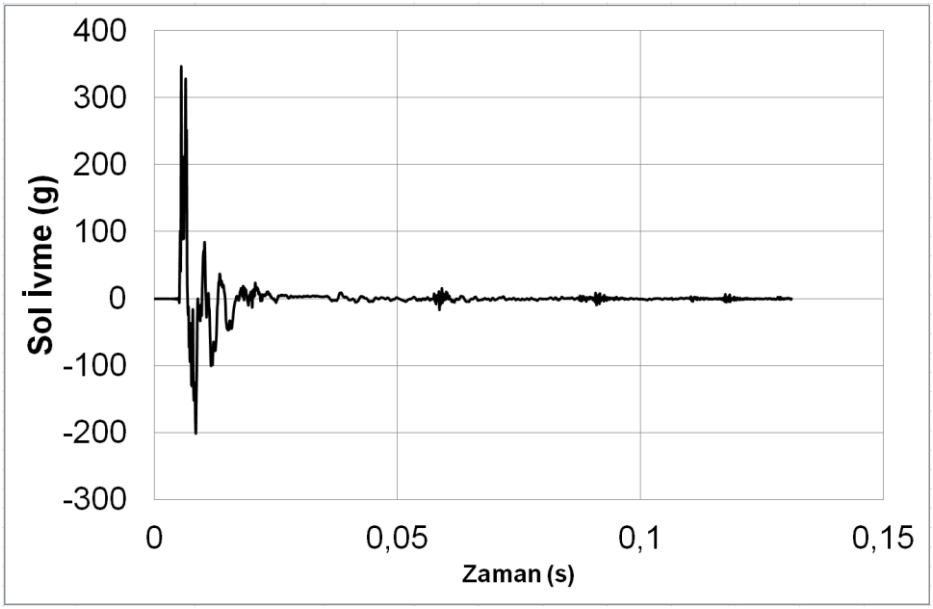


Şekil 5.11. B50sOr-A plağına ait darbe yükü-zaman grafiği

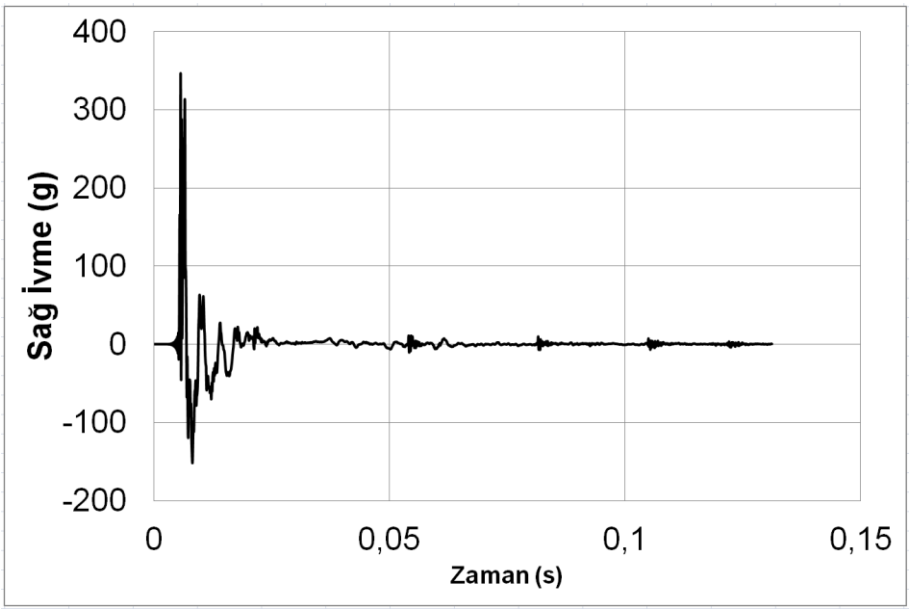


Şekil 5.12. B50sOr-A plağına ait deplasman - zaman grafiği

Şekil 5.13’ da sol ivmeölçerin, çarpma yükünün etkisi ile ölçtüğü ivmelerin zaman tanım alanındaki değişimi, Şekil 5.14’de ise sağ ivmeölçerden ölçülen veriler gösterilmiştir.

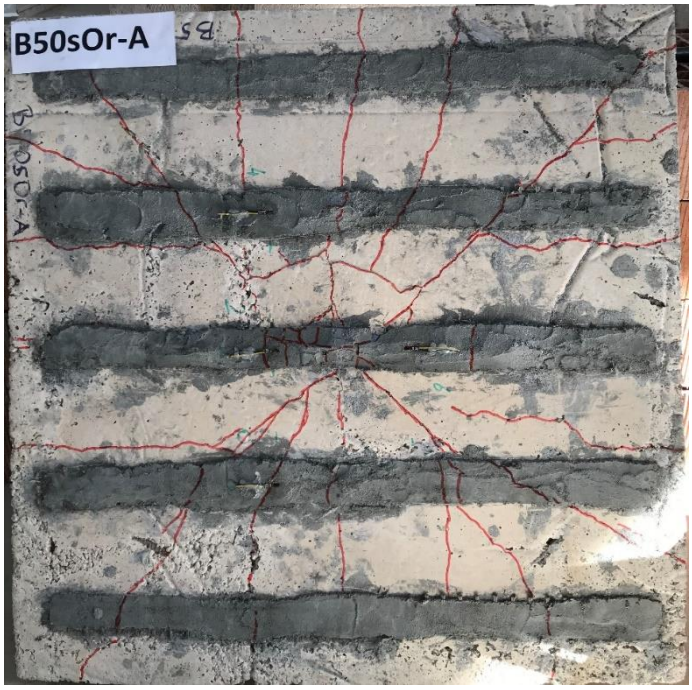


Şekil 5.13. B50sOr-A plağına ait sol ivme-zaman grafiği



Şekil 5.14. B50sOr-A plağına ait sağ ivme-zaman grafiği

Çarpma yükü etkisi ile B50sOr-A betonarme plakta meydana gelen çatlak dağılımı Şekil 5.15’de verilmiştir.



Şekil 5.15. B50sOr-A plağında meydana gelen çatlak dağılımı

5.1.4. B100sOr deney elemanı

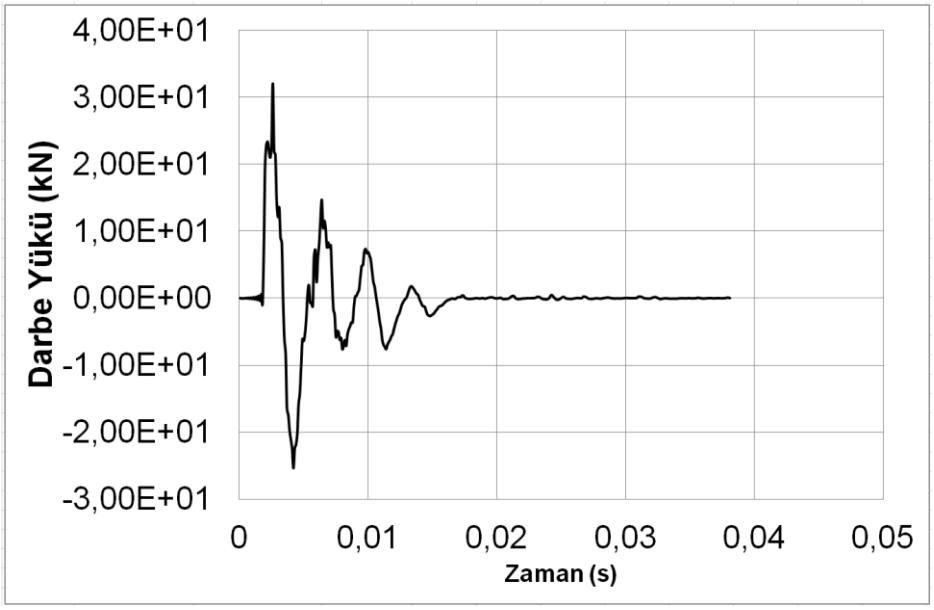
B100sOr deney elemanı, ortogonal yönde 100 mm'lik bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilmiş ve ağırlık düşürücü deney aleti ile çarpma yükünün etkileri gözlenmiştir. B100sOr deney elemanına uygulanan çarpma enerjisi 1,236 kj'dür.

B100sOr'a uygulanan çarpma enerjisi etkisi ile B100sOr'a etkiyen çarpma yükü büyüklüğünün en büyük değeri 31,99 kN olarak ölçülmüştür. Sol ivmeölçerde, çarpma yükünün etkisi ile ölçülen en büyük ivme değeri 347,88 g iken en küçük ivme değeri -283,16 g olarak ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde ölçülen en büyük ivme değeri 344,98 g, en küçük ivme değeri -229,49 g'dir. Plak orta bölgesinde oluşan en büyük deplasman 2,568 mm iken kalıcı deplasman 0,609 mm olarak ölçülmüştür.

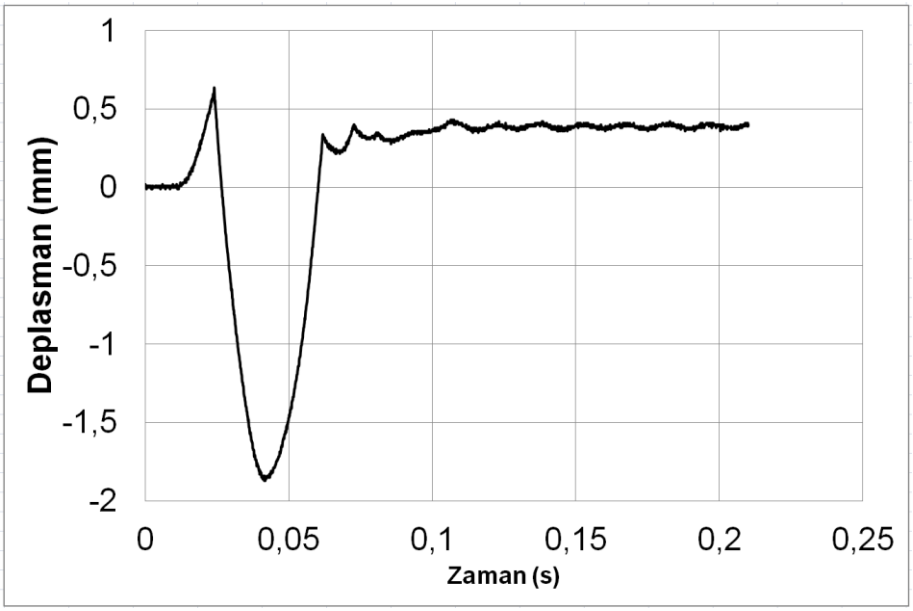
Deney sonrasında B100sOr betonarme plakta çatlakların meydana geldiği fakat çatlak genişliklerinin azaldığı görülmüştür. Numune incelendiğinde çatlakların referans numuneye göre daha az olduğu görülmektedir. Referans numune ile kıyaslandığında ise

maksimum deplasmanında % 48 azalma olduğu, kalıcı deplasmanın da ise % 46 azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Uygulanan 1,236 kj dikey çarpma enerjisinin B100sOr betonarme plak elemana etkiyen çarpma yükü Şekil 5.16'da, plağın orta bölgesinde ölçülen deplasman 1'in zamana göre değişimleri Şekil 5.17'de verilmiştir.

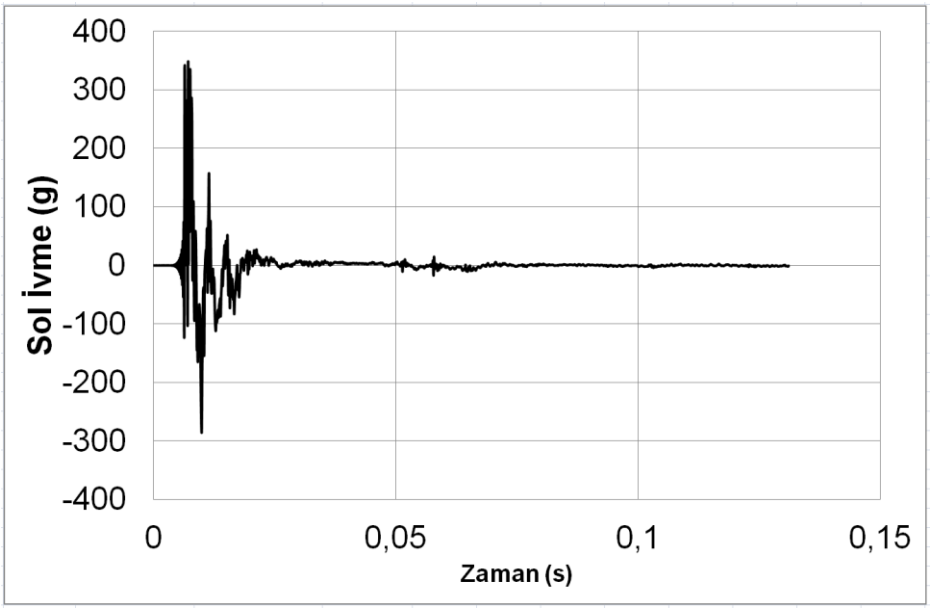


Şekil 5.16. B100sOr plağına ait darbe yükü-zaman grafiği

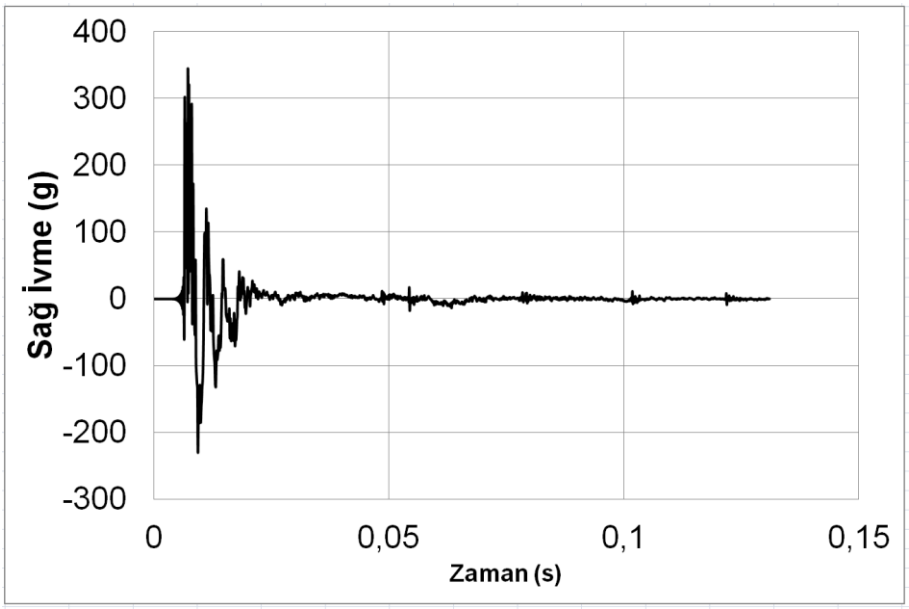


Şekil 5.17. B100sOr plağına ait deplasman - zaman grafiği

Şekil 5.18'de sol ivmeölçerin, çarpma yükünün etkisi ile ölçtüğü ivmelerin zaman tanım alanındaki değişimi, Şekil 5.19'de ise sağ ivmeölçerden ölçülen veriler gösterilmiştir.

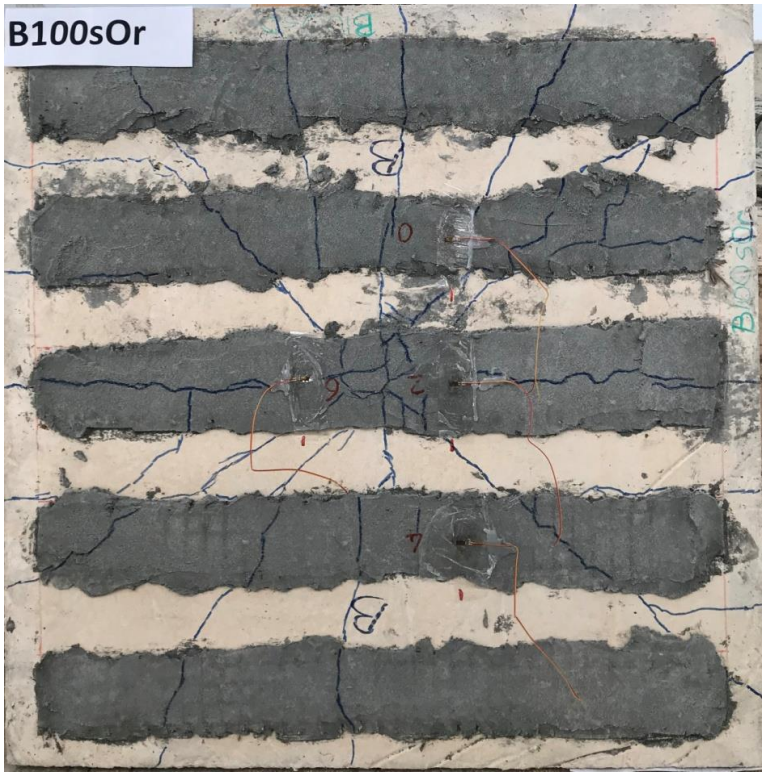


Şekil 5.18. B100sOr plağına ait sol ivme-zaman grafiği



Şekil 5.19. B100sOr plağına ait sağ ivme-zaman grafiği

Çarpma yükü etkisi ile B100sOr betonarme plakta meydana gelen çatlak dağılımı Şekil 5.20'de verilmiştir.



Şekil 5.20. B100sOr plağında meydana gelen çatlak dağılımı

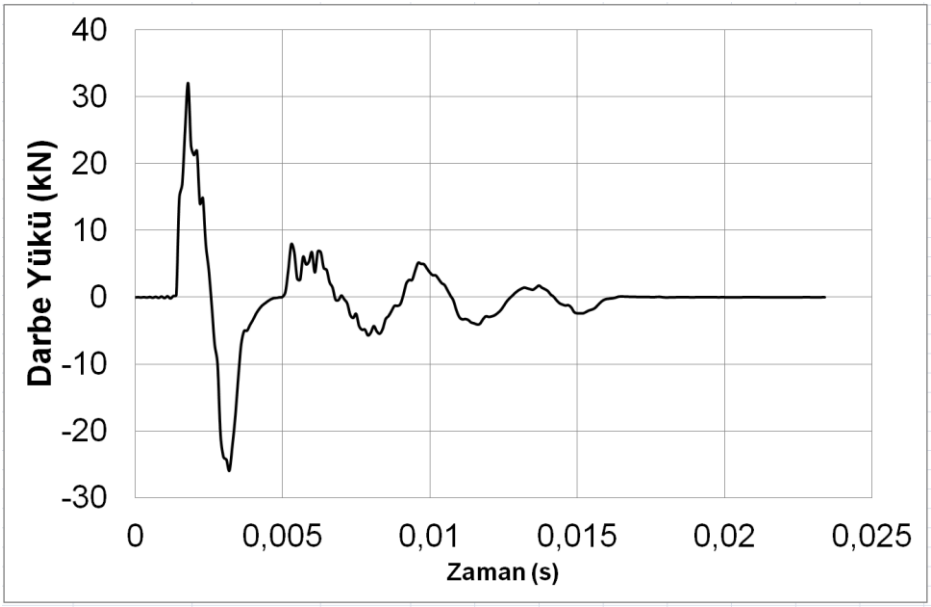
5.1.5. B100sOr-A deney elemanı

B100sOr-A deney elemanı, ortogonal yönde 50 mm'lik bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilmiş ve 5 noktadan ankraj uygulaması yapıldıktan sonra ağırlık düşürücü deney aleti ile çarpma yükünün etkileri gözlenmiştir. B100sOr-A'ya uygulanan çarpma enerjisi 1,236 kj'dür.

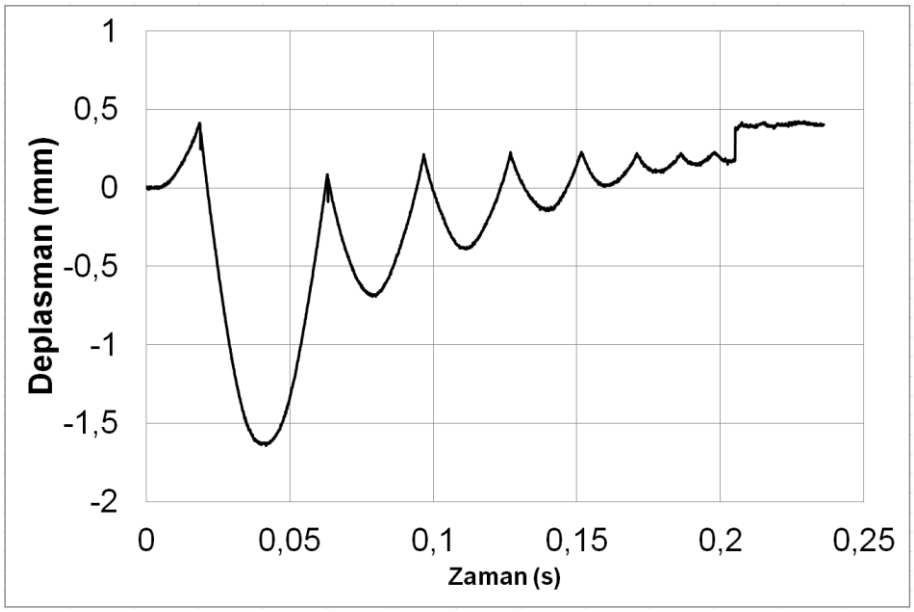
B100sOr-A'ya uygulanan çarpma enerjisi etkisi ile B100sOr-A'ya etkiyen çarpma yükü büyüklüğünün en büyük değeri 32,03 kN olarak ölçülmüştür. Sol ivmeölçerde, çarpma yükünün etkisi ile ölçülen en büyük ivme değeri 413,82 g iken en küçük ivme değeri -143,94 g olarak ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde ölçülen en büyük ivme değeri 411,93 g, en küçük ivme değeri -318,73 g'dir. Plak orta bölgesinde oluşan en büyük deplasman 2,067 mm iken kalıcı deplasman 0,409 mm olarak ölçülmüştür.

Deney sonrasında B100sOr-A betonarme plakta çatlakların meydana geldiği fakat çatlakların azaldığı görülmüştür. Numune incelendiğinde, B100sOr numunesine göre maksimum deplasmanında % 19 azalma olduğu, kalıcı deplasmanında da % 32 azalma olduğu gözlemlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında ise maksimum deplasmanında % 58 azalma olduğu, kalıcı deplasmanında da % 64 azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Uygulanan 1,236 kj dikey çarpma enerjisinin B100sOr-A betonarme plak elemana etkiyen çarpma yükü Şekil 5.21'de, plağın orta bölgesinde ölçülen deplasman 1' in zamana göre değişimleri Şekil 5.22 de verilmiştir.

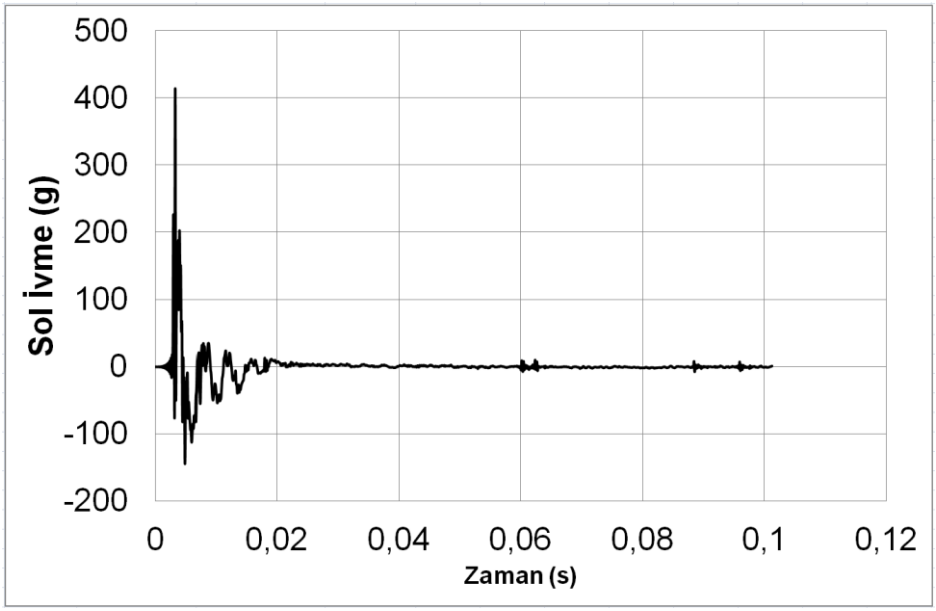


Şekil 5.21. B100sOr-A plağına ait darbe yükü-zaman grafiği

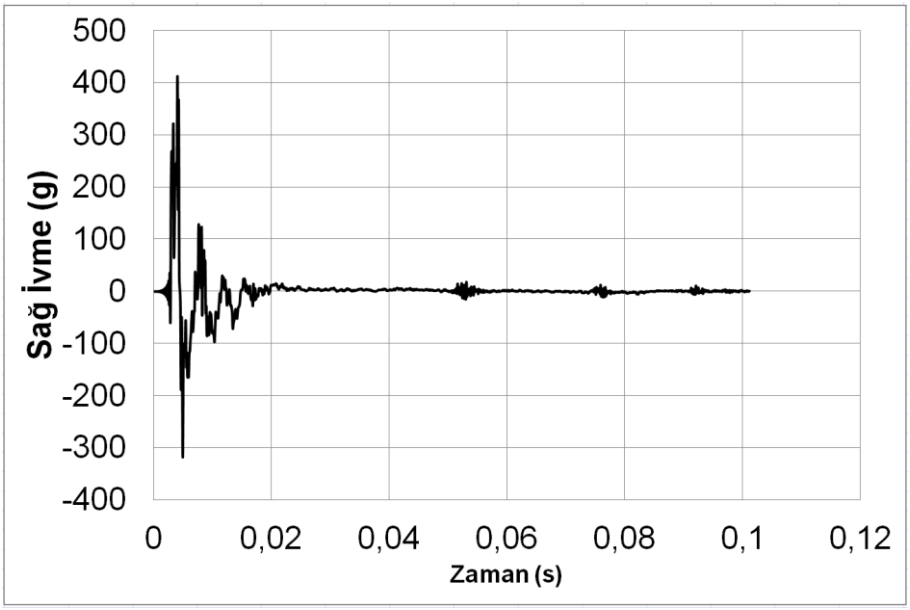


Şekil 5.22. B100sOr-A plağına ait deplasman - zaman grafiği

Şekil 5.23'de sol ivmeölçerin, çarpma yükünün etkisi ile ölçtüğü ivmelerin zaman tanım alanındaki değişimi, Şekil 5.24'de ise sağ ivmeölçerden ölçülen veriler gösterilmiştir.

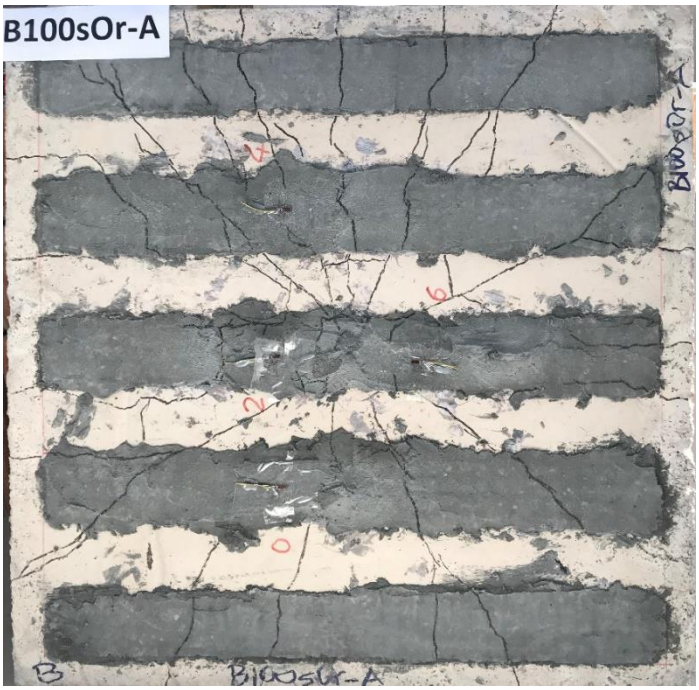


Şekil 5.23. B100sOr-A plağına ait sol ivme-zaman grafiği



Şekil 5.24. B100sOr-A plağına ait sağ ivme-zaman grafiği

Çarpma yükü etkisi ile B100sOr-A betonarme plakta meydana gelen çatlak dağılımı Şekil 5.25'de verilmiştir.



Şekil 5.25. B100sOr-A plağında meydana gelen çatlak dağılımı

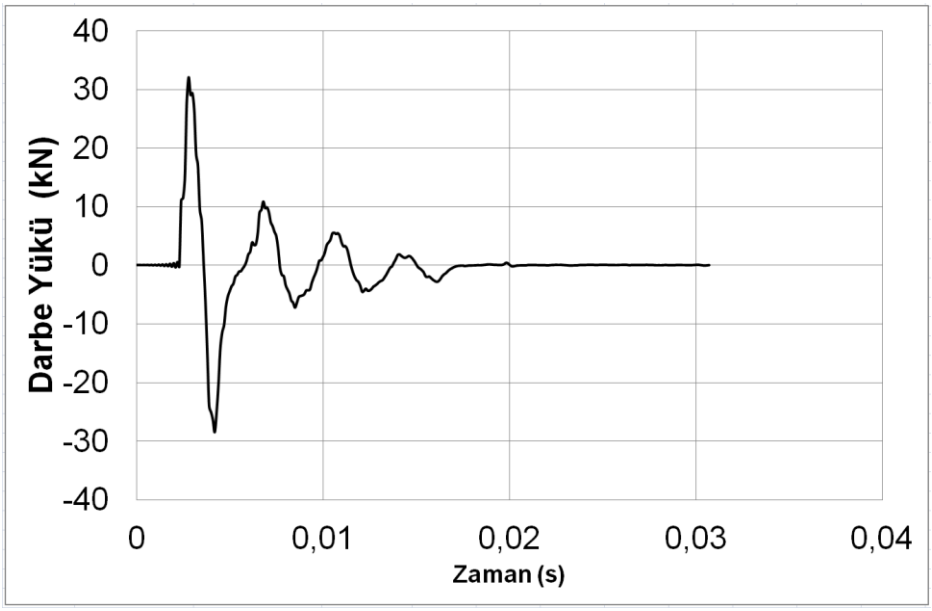
5.1.6. B50sDi deney elemanı

B50sDi deney elemanı, diyagonal yönde 50 mm'lik bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilmiş ve ağırlık düşürücü deney aleti ile çarpma yükünün etkileri gözlenmiştir. B50sDi'ye uygulanan çarpma enerjisi 1,236 kj'dür.

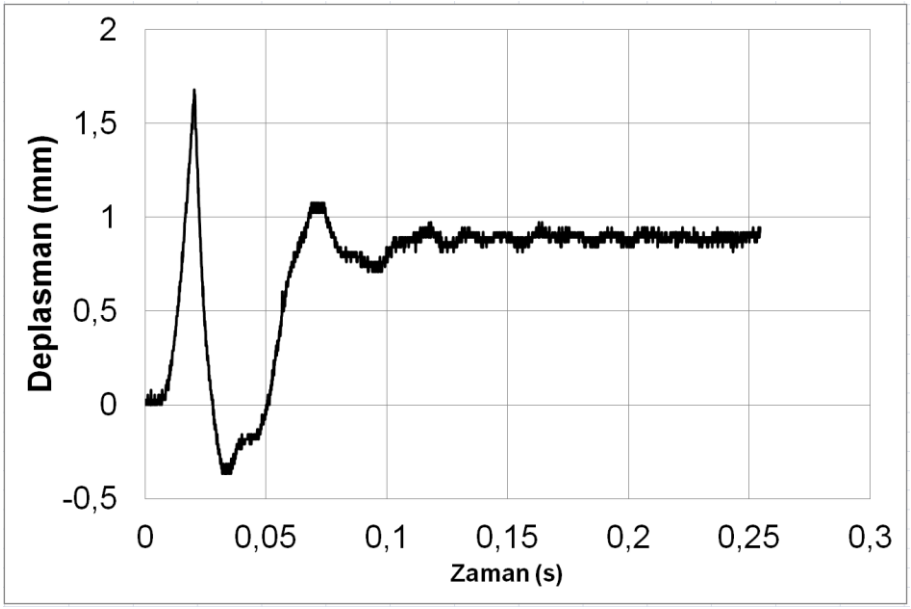
B50sDi'ye uygulanan çarpma enerjisi etkisi ile B50sDi'ye etkiyen çarpma yükü büyüklüğünün en büyük değeri 32,03 kN olarak ölçülmüştür. Sol ivmeölçerde, çarpma yükünün etkisi ile ölçülen en büyük ivme değeri 348,29 g iken en küçük ivme değeri -152,06 g olarak ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde ölçülen en büyük ivme değeri 346,7 g, en küçük ivme değeri -308,36 g'dir. Plak orta bölgesinde oluşan en büyük deplasman 2,759 mm iken kalıcı deplasman 0,514 mm olarak ölçülmüştür.

Deney sonrasında B50sDi betonarme plakta derin çatlakların meydana geldiği gözlemlenmiştir. Numune incelendiğinde, referans numuneye göre maksimum deplasmanında % 44 azalma olduğu, kalıcı deplasmanında da % 54 azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Uygulanan 1,236 kj dikey çarpma enerjisinin B50sDi betonarme plak elemana etkiyen çarpma yükü Şekil 5.26'da, plağın orta bölgesinde ölçülen deplasman 1' in zamana göre değişimleri Şekil 5.27'de verilmiştir.

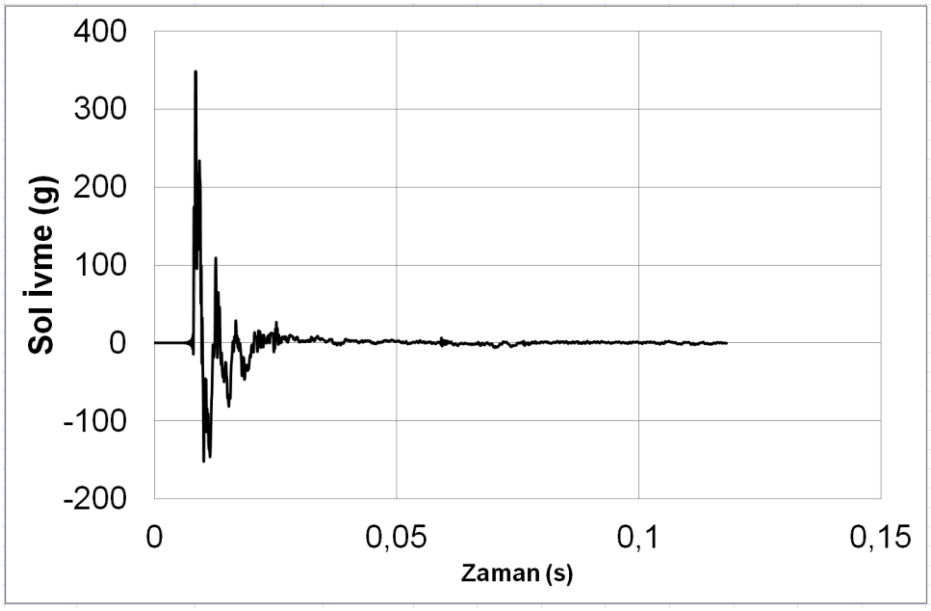


Şekil 5.26. B50sDi plağına ait darbe yükü-zaman grafiği

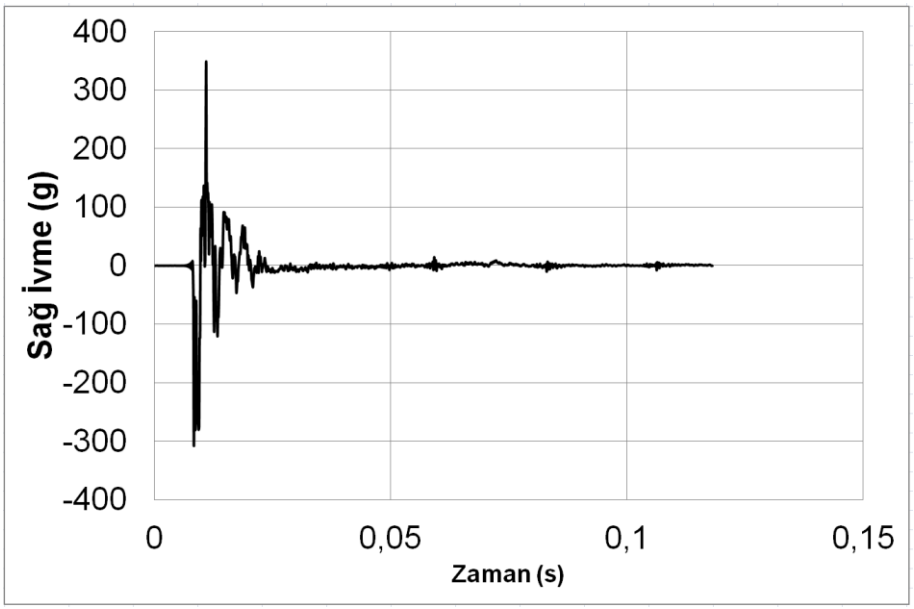


Şekil 5.27. B50sDi plağına ait deplasman - zaman grafiği

Şekil 5.28' da sol ivmeölçerin, çarpma yükünün etkisi ile ölçtüğü ivmelerin zaman tanım alanındaki değişimi, Şekil 5.29'de ise sağ ivmeölçerden ölçülen veriler gösterilmiştir.

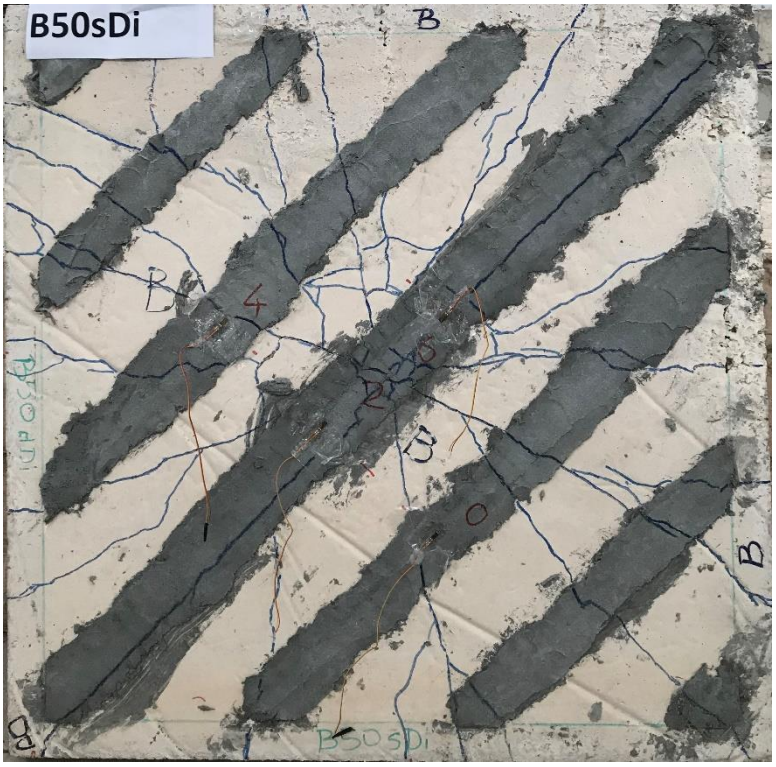


Şekil 5.28. B50sDi plağına ait sol ivme-zaman grafiği



Şekil 5.29. B50sDi plağına ait sağ ivme-zaman grafiği

Çarpma yükü etkisi ile B50sDi betonarme plakta meydana gelen çatlak dağılımı Şekil 5.30'de verilmiştir.



Şekil 5.30. B50sDi plağında meydana gelen çatlak dağılımı

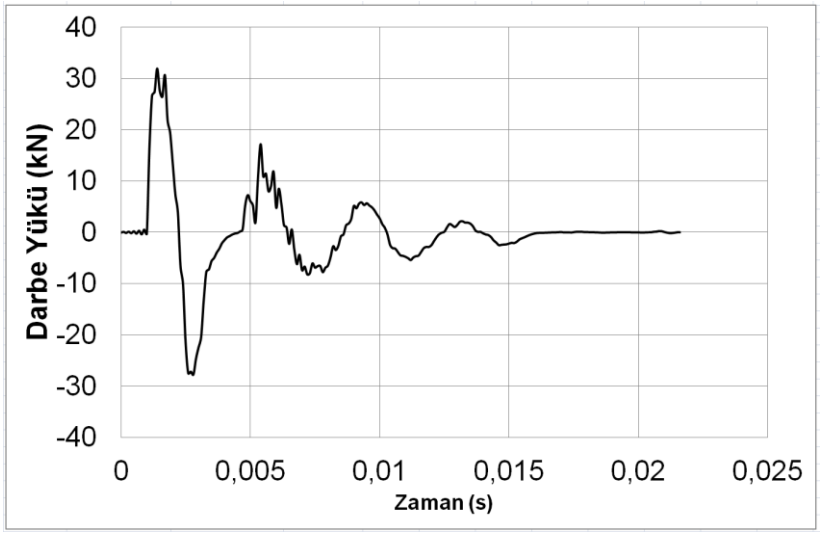
5.1.7. B50sDi-A deney elemanı

B50sDi-A deney elemanı, diyagonal yönde 50 mm'lik bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilmiş ve 5 noktadan ankraj uygulaması yapılmış ve ağırlık düşürücü deney aleti ile çarpma yükünün etkileri gözlenmiştir. B50sDi-A'ya uygulanan çarpma enerjisi 1,236 kj'dür.

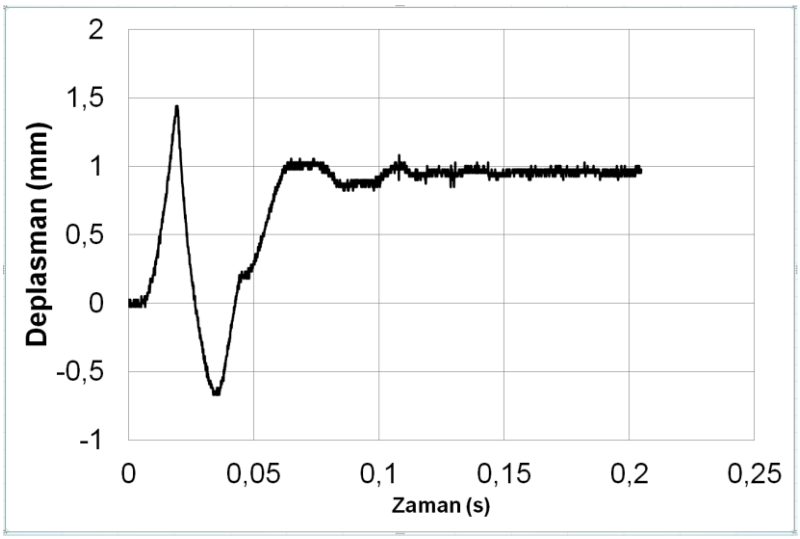
B50sDi-A'ya uygulanan çarpma enerjisi etkisi ile B50sDi-A'ya etkiyen çarpma yükü büyüklüğünün en büyük değeri 31,97 kN olarak ölçülmüştür. Sol ivmeölçerde, çarpma yükünün etkisi ile ölçülen en büyük ivme değeri 409,62 g iken en küçük ivme değeri -292,84 g olarak ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde ölçülen en büyük ivme değeri 406,65 g, en küçük ivme değeri -223,3 g'dir. Plak orta bölgesinde oluşan en büyük deplasman 2,225 mm iken kalıcı deplasman 0,466 mm olarak ölçülmüştür.

Deney sonrasında B50sDi-A betonarme plakta derin çatlakların meydana geldiği gözlemlenmiştir. Numune incelendiğinde, B50sDi'ye göre maksimum deplasmanında % 19 azalma olduğu, kalıcı deplasmanın da ise % 9 azalma olduğu gözlemlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında ise maksimum deplasmanında % 54 azalma olduğu, kalıcı deplasmanın da ise % 58 azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Uygulanan 1,236 kj dikey çarpma enerjisinin B50sDi-A betonarme plak elemana etkiyen çarpma yükü Şekil 5.31'de, plağın orta bölgesinde ölçülen deplasman 1'in zamana göre değişimleri Şekil 5.32'de verilmiştir.

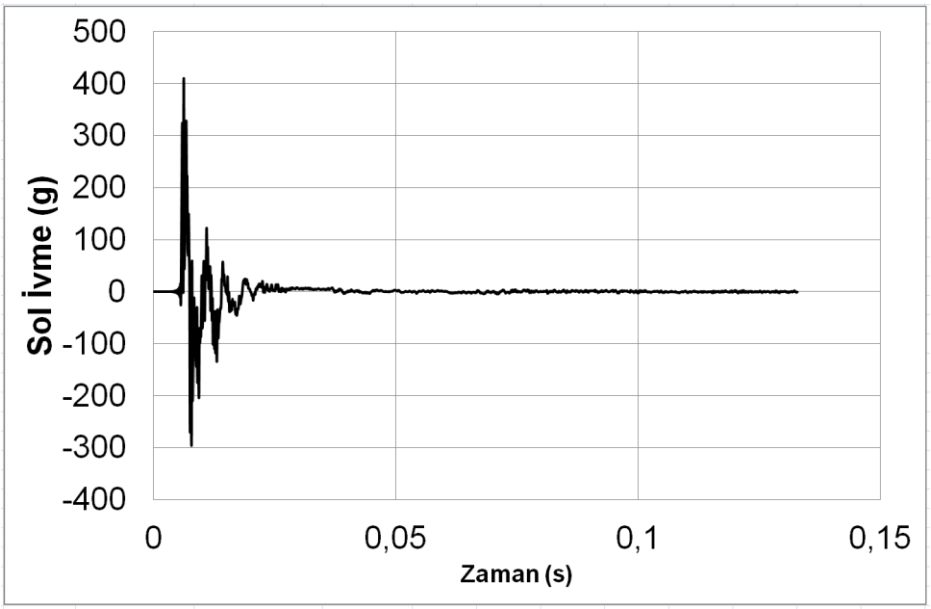


Şekil 5.31. B50sDi-A plağına ait darbe yükü-zaman grafiği

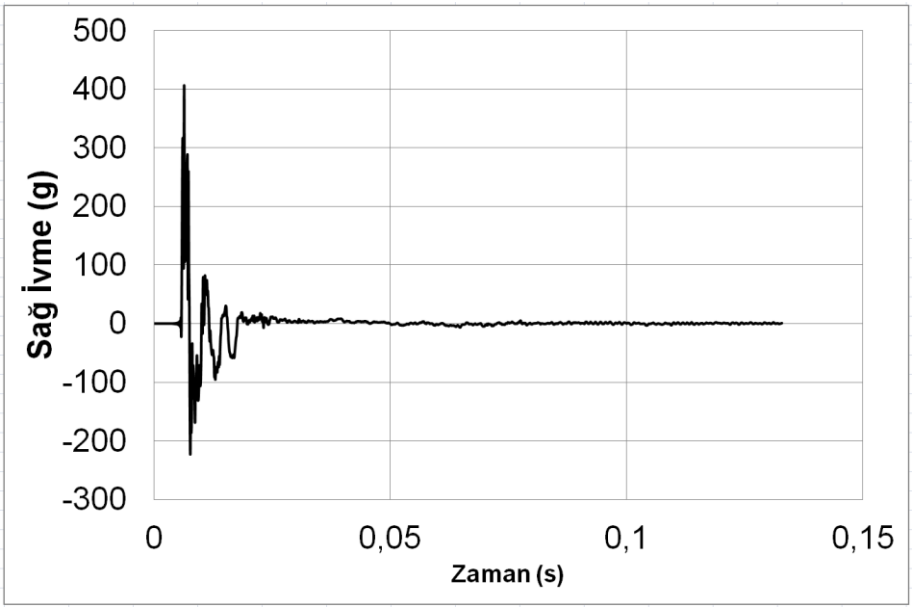


Şekil 5.32. B50sDi-A plağına ait deplasman - zaman grafiği

Şekil 5.33’ da sol ivmeölçerin, çarpma yükünün etkisi ile ölçtüğü ivmelerin zaman tanım alanındaki değişimi, Şekil 5.34’de ise sağ ivmeölçerden ölçülen veriler gösterilmiştir.

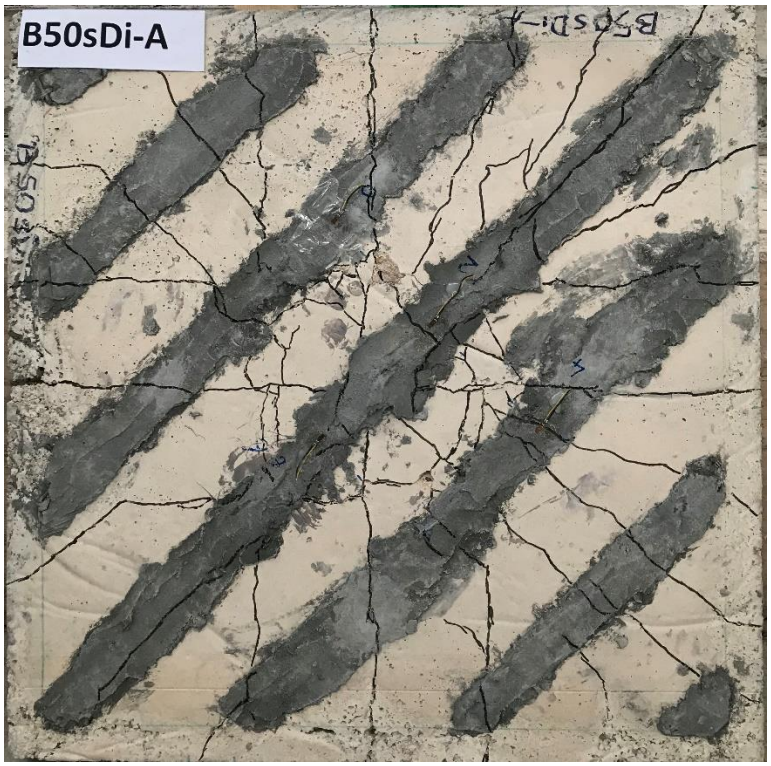


Şekil 5.33. B50sDi-A plağına ait sol ivme-zaman grafiği



Şekil 5.34. B50sDi-A plağına ait sağ ivme-zaman grafiği

Çarpma yükü etkisi ile B50sDi-A betonarme plakta meydana gelen çatlak dağılımı Şekil 5.35'de verilmiştir.



Şekil 5.35. B50sDi-A plağında meydana gelen çatlak dağılımı

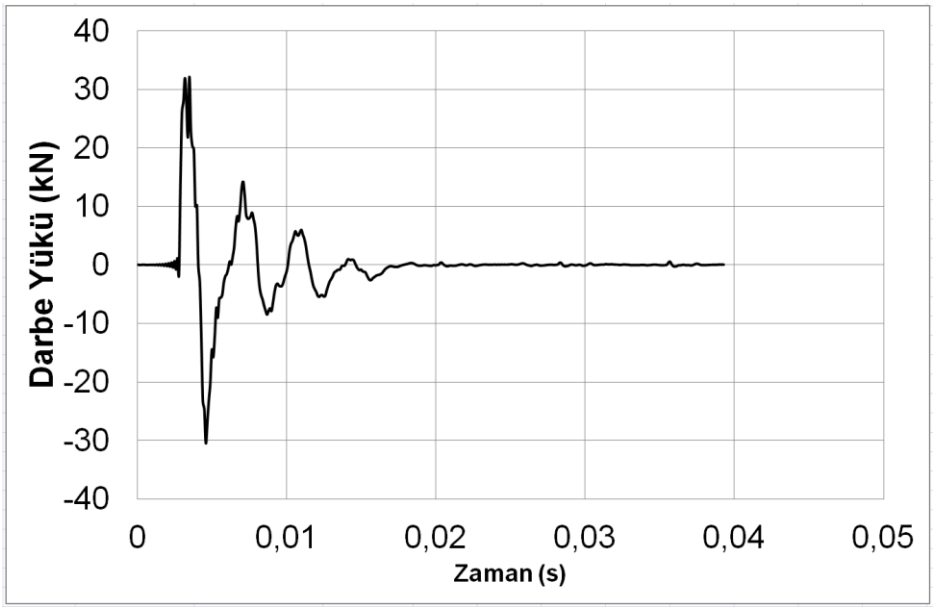
5.1.8. B100sDi deney elemanı

B100sDi deney elemanı, diyagonal yönde 50 mm'lik bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilmiş ve ağırlık düşürücü deney aleti ile çarpma yükünün etkileri gözlenmiştir. B100sDi'ye uygulanan çarpma enerjisi 1,236 kj'dür.

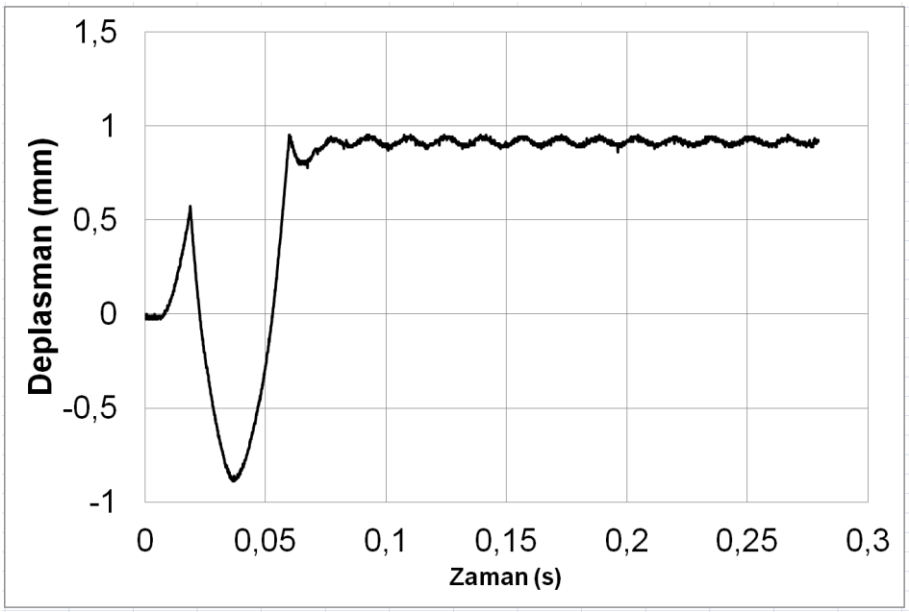
B100sDi'ye uygulanan çarpma enerjisi etkisi ile B100sDi'ye etkiyen çarpma yükü büyüklüğünün en büyük değeri 32,11 kN olarak ölçülmüştür. Sol ivmeölçerde, çarpma yükünün etkisi ile ölçülen en büyük ivme değeri 400,18 g iken en küçük ivme değeri -218,76 g olarak ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde ölçülen en büyük ivme değeri 398,61 g en küçük ivme değeri -240,55 g'dir. Plak orta bölgesinde oluşan en büyük deplasman 1,97 mm iken kalıcı deplasman 0,389 mm olarak ölçülmüştür.

Deney sonrasında B100sDi betonarme plakta kılcal çatlakların meydana geldiği ve çatlak sayısının azaldığı gözlemlenmiştir. Numune incelendiğinde, referans numuneye göre maksimum deplasmanında % 60 azalma olduğu, kalıcı deplasmanında da % 65 azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Uygulanan 1,236 kj dikey çarpma enerjisinin B100sDi betonarme plak elemana etkiyen çarpma yükü Şekil 5.36'de, plağın orta bölgesinde ölçülen deplasman 1'in zamana göre değişimleri Şekil 5.37'de verilmiştir.

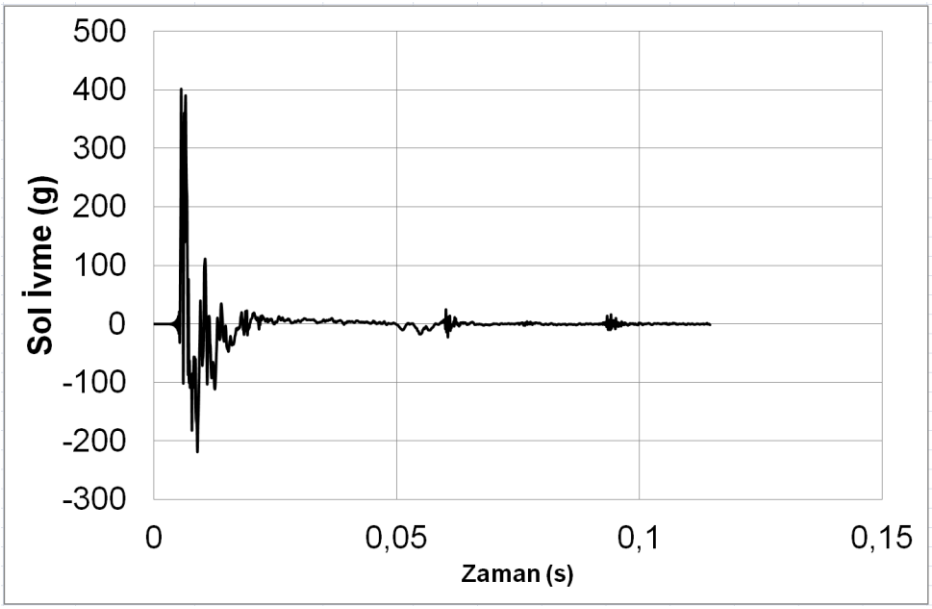


Şekil 5.36. B100sDi plağına ait darbe yükü-zaman grafiği

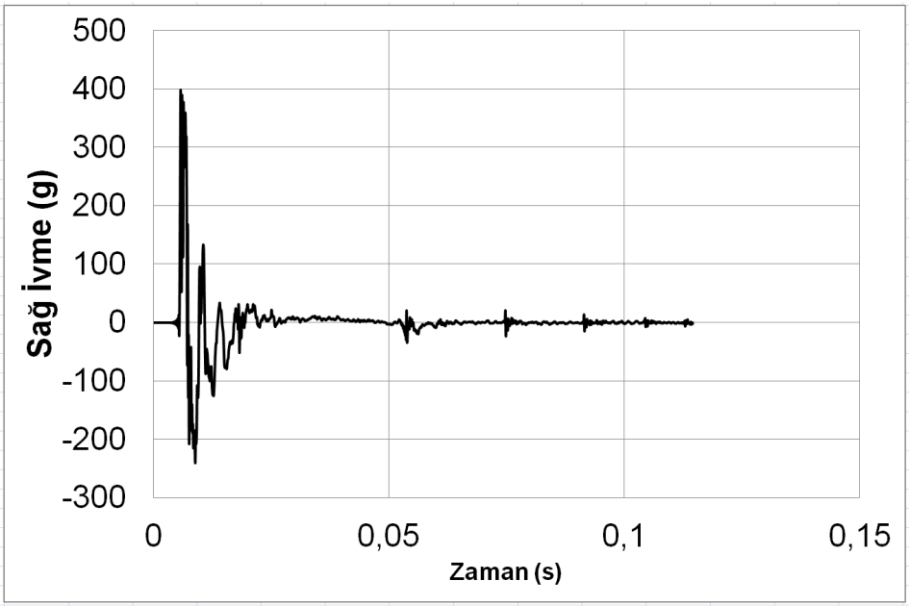


Şekil 5.37. B100sDi plağına ait deplasman - zaman grafiği

Şekil 5.38' de sol ivmeölçerin, çarpma yükünün etkisi ile ölçtüğü ivmelerin zaman tanım alanındaki değişimi, Şekil 5.39'da ise sağ ivmeölçerden ölçülen veriler gösterilmiştir.

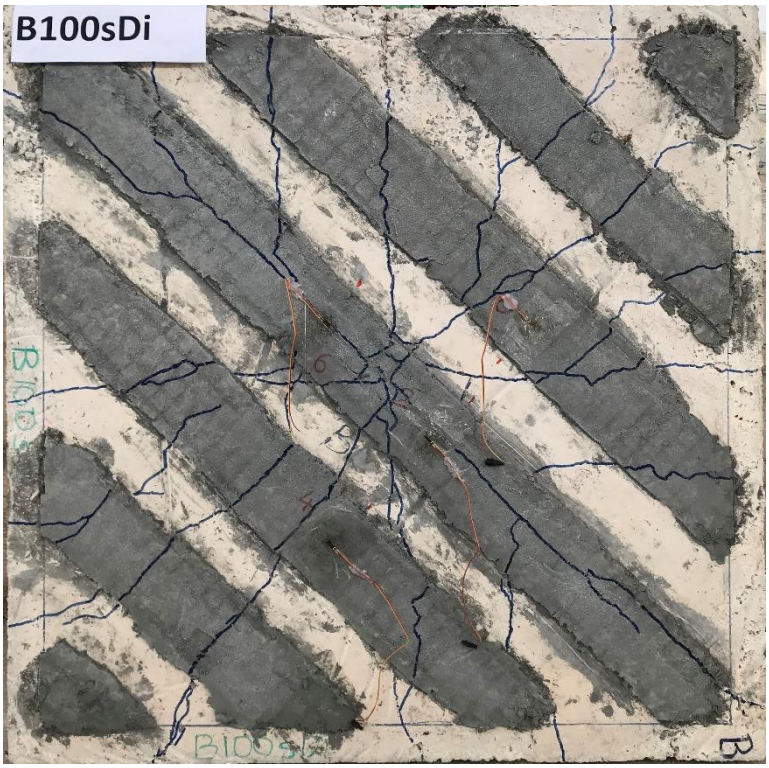


Şekil 5.38. B100sDi plağına ait sol ivme-zaman grafiği



Şekil 5.39. B100sDi plağına ait sağ ivme-zaman grafiği

Çarpma yükü etkisi ile B100sDi betonarme plakta meydana gelen çatlak dağılımı Şekil 5.40'de verilmiştir.



Şekil 5.40. B100sDi plağında meydana gelen çatlak dağılımı

5.1.9. B100sDi-A deney elemanı

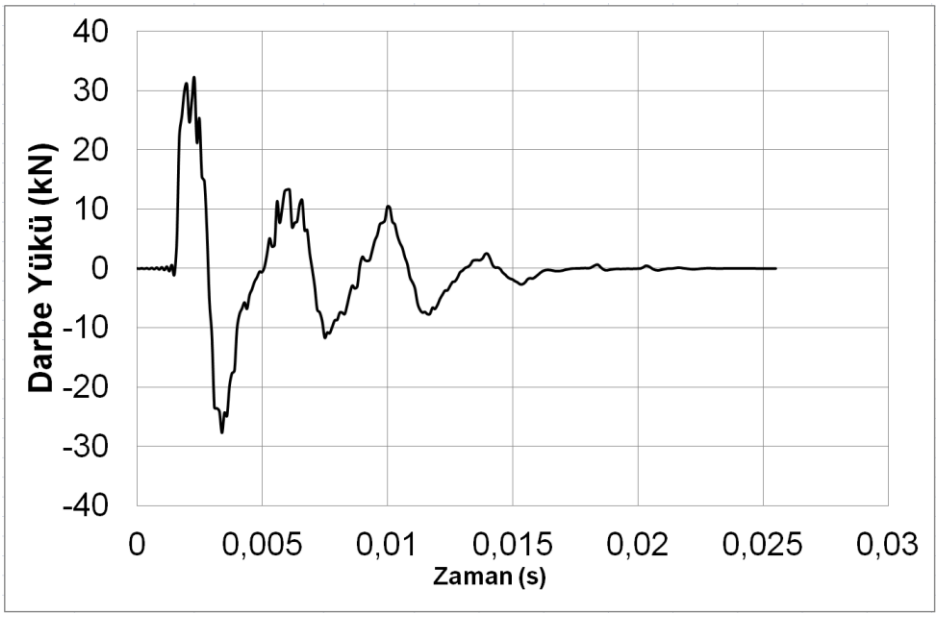
B100sDi-A deney elemanı, diyagonal yönde 100 mm'lik bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilmiş ve 5 noktadan ankraj uygulaması yapılmış ve ağırlık düşürücü deney aleti ile çarpma yükünün etkileri gözlenmiştir. B100sDi-A'ya uygulanan çarpma enerjisi 1,236 kj'dür.

B100sDi-A'ya uygulanan çarpma enerjisi etkisi ile B100sDi-A'ya etkiyen çarpma yükü büyüklüğünün en büyük değeri 32,06 kN olarak ölçülmüştür. Sol ivmeölçerde, çarpma yükünün etkisi ile ölçülen en büyük ivme değeri 471,72 g iken en küçük ivme değeri -213,85 g olarak ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde ölçülen en büyük ivme değeri 469,11 g, en küçük ivme değeri -196,4 g'dir. Plak orta bölgesinde oluşan en büyük deplasman 1,579 mm iken kalıcı deplasman 0,196 mm olarak ölçülmüştür.

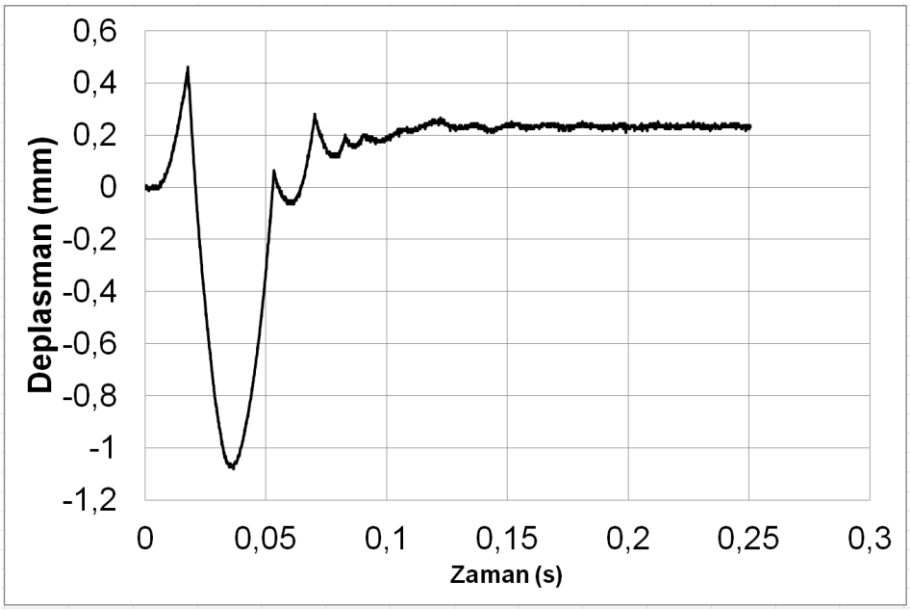
Deney sonrasında B100sDi-A betonarme plakta kılcal çatlakların meydana geldiği ve çatlak sayısının azaldığı gözlemlenmiştir. Numune incelendiğinde, B100sDi'ye göre maksimum deplasmanında % 20 azalma olduğu, kalıcı deplasmanında ise % 49 azalma

olduğu gözlemlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında ise maksimum deplasmanında % 68 azalma olduğu, kalıcı deplasmanında da % 82 azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Uygulanan 1,236 kj dikey çarpma enerjisinin B100sDi-A betonarme plak elemana etkiyen çarpma yükü Şekil 5.41'de, plağın orta bölgesinde ölçülen deplasman 1'in zamana göre değişimleri Şekil 5.42'de verilmiştir.

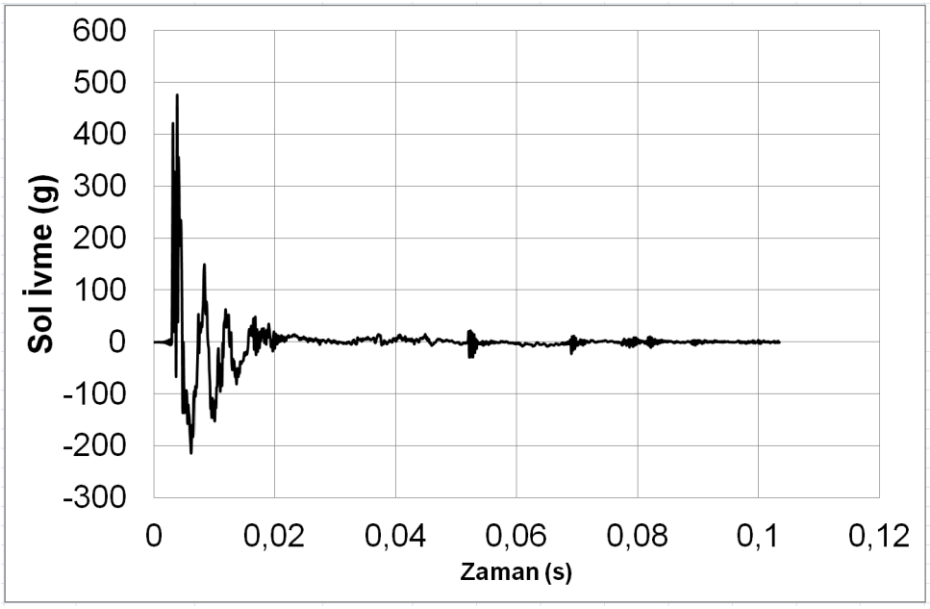


Şekil 5.41. B100sDi-A plağına ait darbe yükü-zaman grafiği

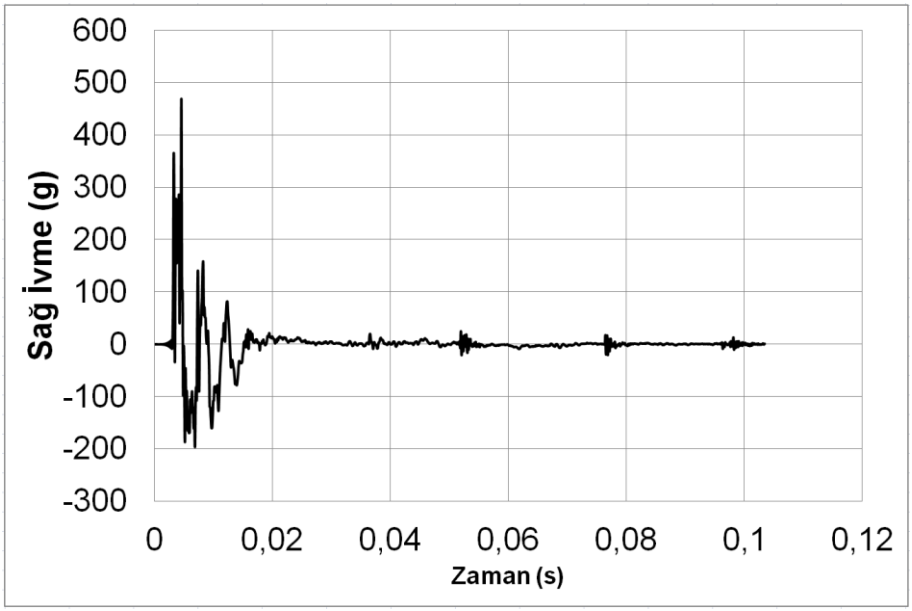


Şekil 5.42. B100sDi-A plağına ait deplasman - zaman grafiği

Şekil 5.43'de sol ivmeölçerin, çarpma yükünün etkisi ile ölçtüğü ivmelerin zaman tanım alanındaki değişimi, Şekil 5.44'de ise sağ ivmeölçerden ölçülen veriler gösterilmiştir.

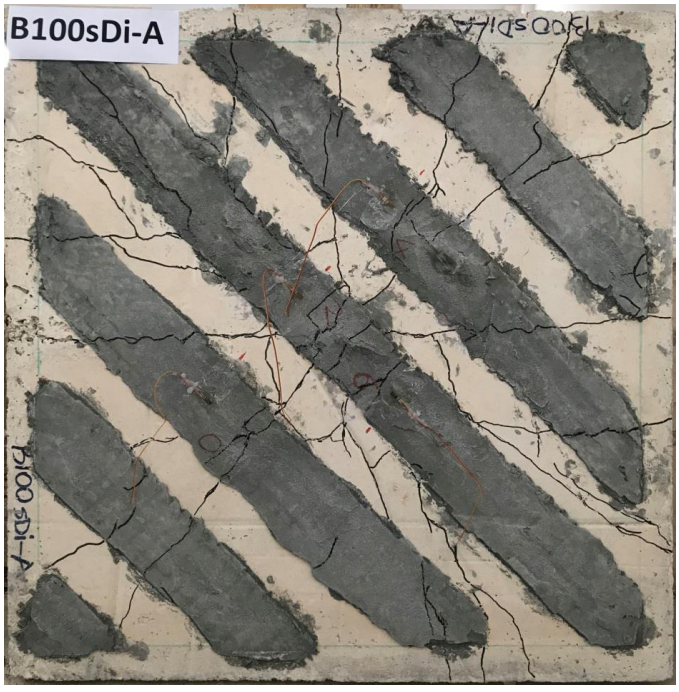


Şekil 5.43. B100sDi-A plağına ait sol ivme-zaman grafiği



Şekil 5.44. B100sDi-A plağına ait sağ ivme-zaman grafiği

Çarpma yükü etkisi ile B100sDi-A betonarme plakta meydana gelen çatlak dağılımı Şekil 5.45'de verilmiştir.



Şekil 5.45. B100sDi-A plağında meydana gelen çatlak dağılımı

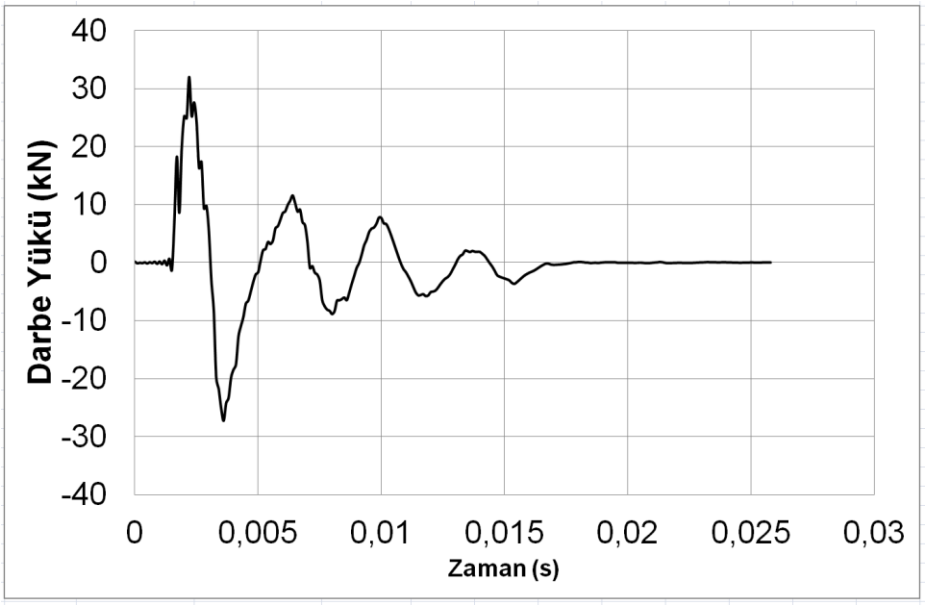
5.1.10. B50dOr deney elemanı

B50dOr deney elemanı, ortogonal iki yönde de 50 mm'lik bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilmiş ve ağırlık düşürücü deney aleti ile çarpma yükünün etkileri gözlenmiştir. B100sDi-A uygulanan çarpma enerjisi 1,236 kj'dür.

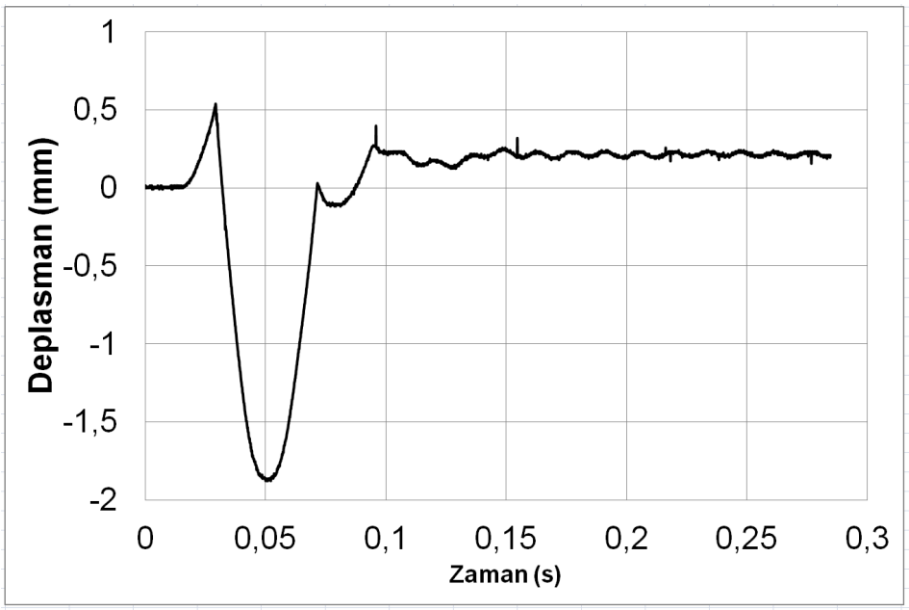
B50dOr'ye uygulanan çarpma enerjisi etkisi ile B50dOr'e etkiyen çarpma yükü büyüklüğünün en büyük değeri 32,02 kN olarak ölçülmüştür. Sol ivmeölçerde, çarpma yükünün etkisi ile ölçülen en büyük ivme değeri 390,17 g iken en küçük ivme değeri -300,84 g olarak ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde ölçülen en büyük ivme değeri 389,08 g, en küçük ivme değeri -193,31 g'dir. Plak orta bölgesinde oluşan en büyük deplasman 2,466 mm iken kalıcı deplasman 0,428 mm olarak ölçülmüştür.

Deney sonrasında B50dOr betonarme plakta çatlaklar meydana gelmiştir fakat çatlak sayısı azalmıştır. Numune incelendiğinde, referans numuneye göre maksimum deplasmanında % 50 azalma olduğu, kalıcı deplasmanında da % 62 azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Uygulanan 1,236 kj dikey çarpma enerjisinin B50dOr betonarme plak elemana etkiyen çarpma yükü Şekil 5.46' da, plağın orta bölgesinde ölçülen deplasman 1'in zamana göre değişimleri Şekil 5.47'de verilmiştir.

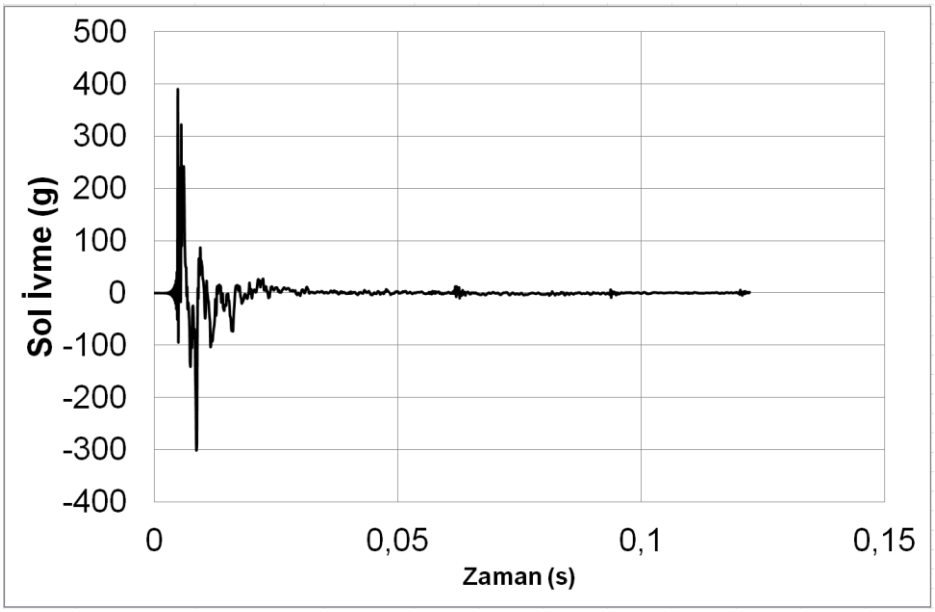


Şekil 5.46. B50dOr plağına ait darbe yükü-zaman grafiği

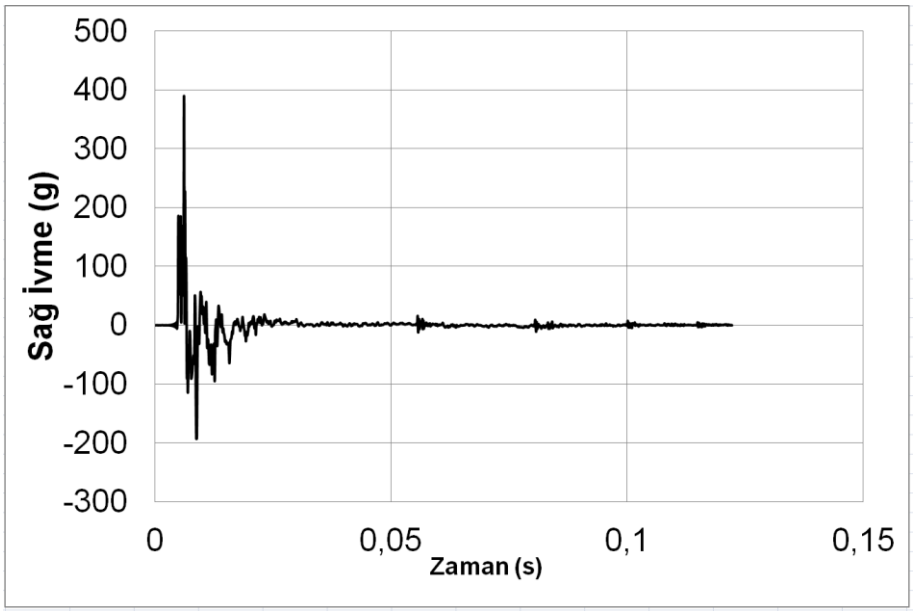


Şekil 5.47. B50dOr plağına ait deplasman - zaman grafiği

Şekil 5.48’ da sol ivmeölçerin, çarpma yükünün etkisi ile ölçtüğü ivmelerin zaman tanım alanındaki değişimi, Şekil 5.49’de ise sağ ivmeölçerden ölçülen veriler gösterilmiştir.

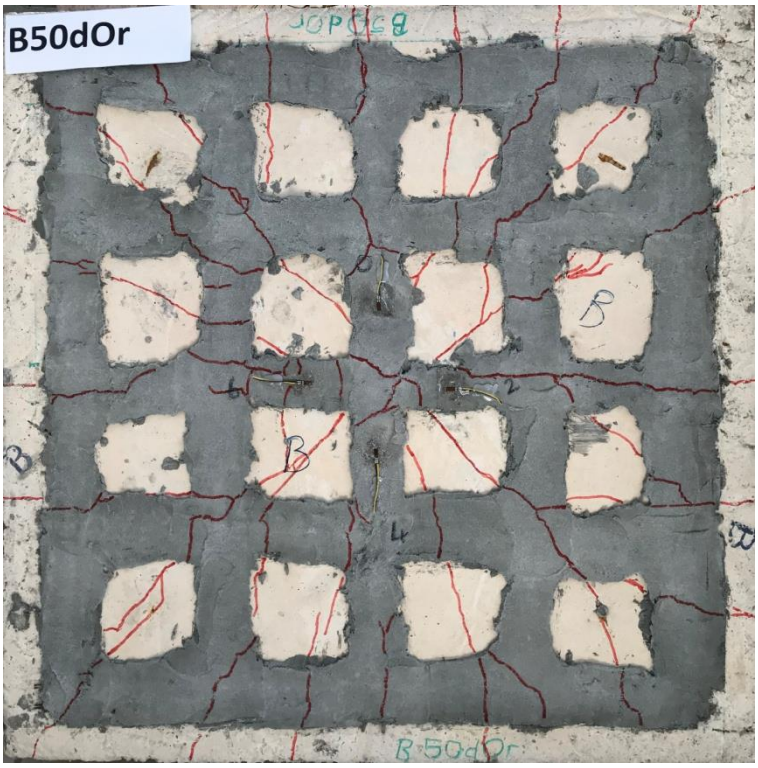


Şekil 5.48. B50dOr plağına ait sol ivme-zaman grafiği



Şekil 5.49. B50dOr plağına ait sağ ivme-zaman grafiği

Çarpma yükü etkisi ile B50dOr betonarme plakta meydana gelen çatlak dağılımı Şekil 5.50'de verilmiştir.



Şekil 5.50. B50dOr plağında meydana gelen çatlak dağılımı

5.1.11. B50dOr-A deney elemanı

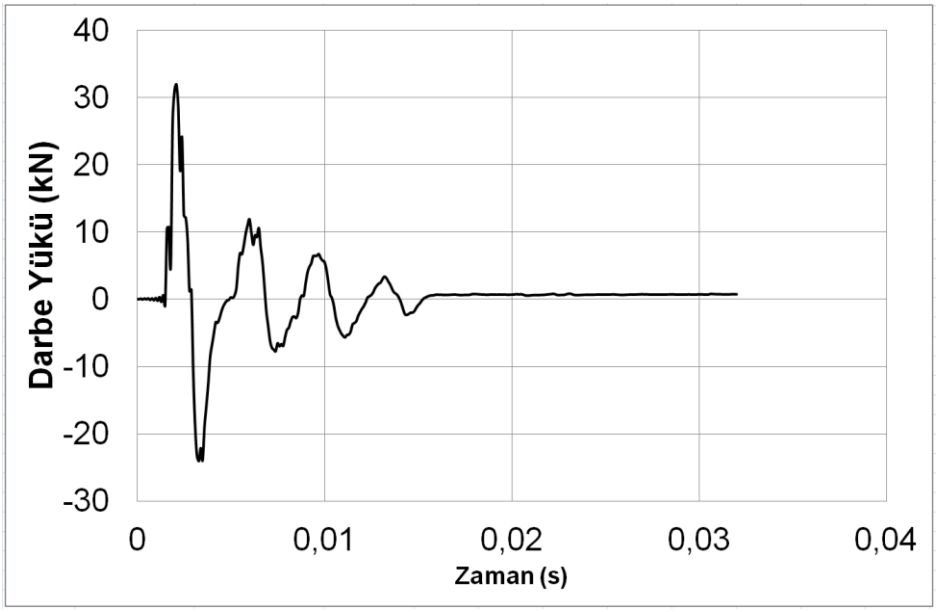
B50dOr-A deney elemanı, ortogonal iki yönde de 50 mm'lik bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilmiş ve 5 noktadan ankraj uygulaması yapılmış ve ağırlık düşürücü deney aleti ile çarpma yükünün etkileri gözlenmiştir. B50dOr-A numunesine uygulanan çarpma enerjisi 1,236 kj'dür.

B50dOr-A'ya uygulanan çarpma enerjisi etkisi ile B50dOr-A'ya etkiyen çarpma yükü büyüklüğünün en büyük değeri 31,99 kN olarak ölçülmüştür. Sol ivmeölçerde, çarpma yükünün etkisi ile ölçülen en büyük ivme değeri 453,08 g iken en küçük ivme değeri -218,05 g olarak ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde ölçülen en büyük ivme değeri 451,98 g, en küçük ivme değeri -429,38 g'dir. Plak orta bölgesinde oluşan en büyük deplasman 1,983 mm iken kalıcı deplasman 0,354 mm olarak ölçülmüştür.

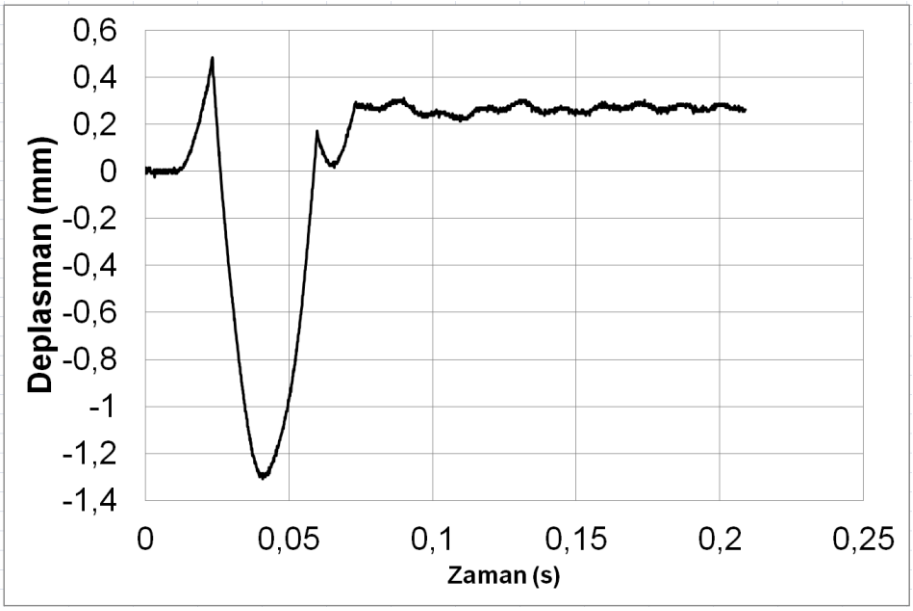
Deney sonrasında B50dOr-A betonarme plakta çatlaklar meydana gelmiştir fakat çatlak sayısı azalmıştır. Numune incelendiğinde, B50dOr'ye göre maksimum

deplasmanında % 19 azalma olduğu, kalıcı deplasmanında ise % 17 azalma olduğu gözlemlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında ise maksimum deplasmanında % 59 azalma olduğu, kalıcı deplasmanında da % 68 azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Uygulanan 1,236 kj dikey çarpma enerjisinin B50dOr-A betonarme plak elemana etkiyen çarpma yükü Şekil 5.51' de, plağın orta bölgesinde ölçülen deplasman 1'in zamana göre değişimleri Şekil 5.52'de verilmiştir.

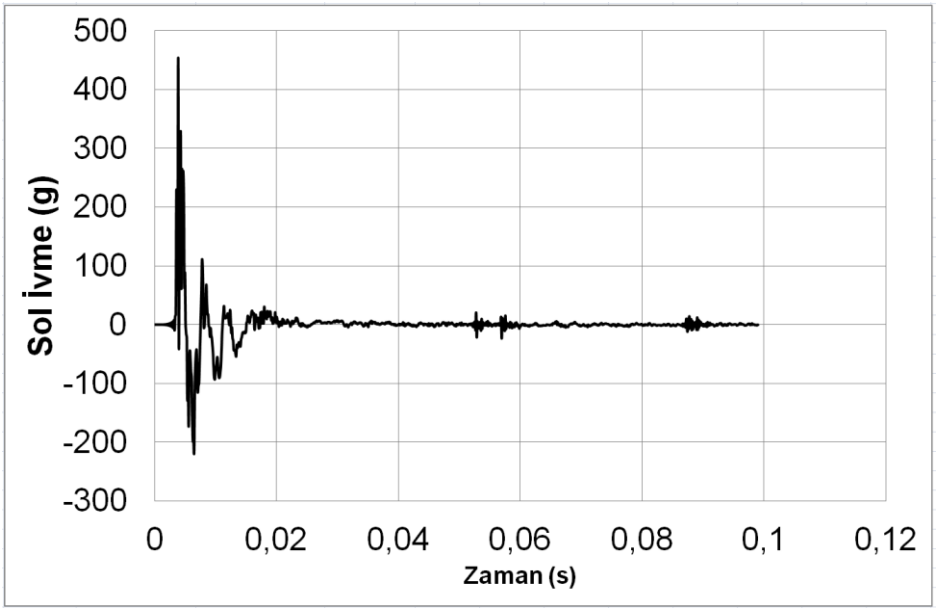


Şekil 5.51. B50dOr-A plağına ait darbe yükü-zaman grafiği

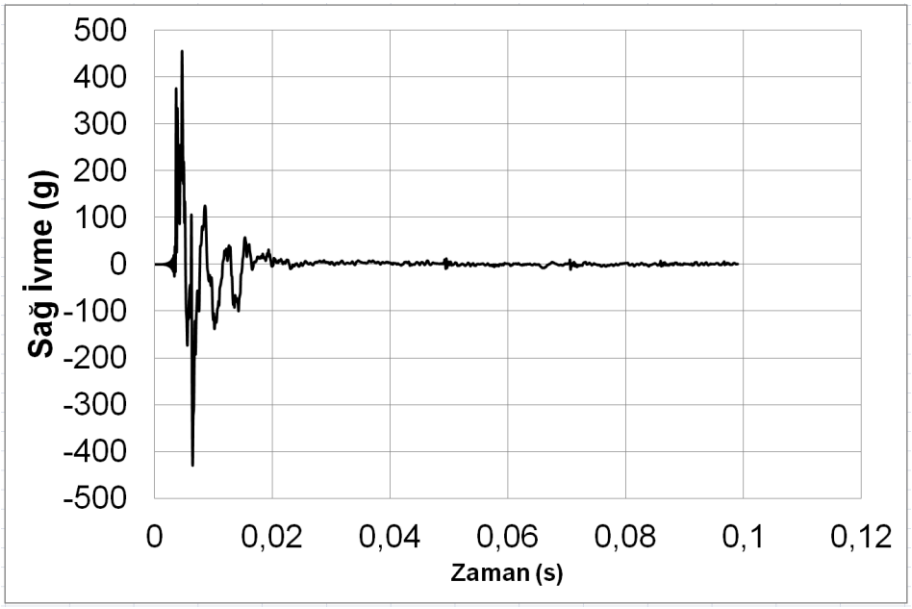


Şekil 5.52. B50dOr-A plağına ait deplasman - zaman grafiği

Şekil 5.53' de sol ivmeölçerin, çarpma yükünün etkisi ile ölçtüğü ivmelerin zaman tanım alanındaki değişimi, Şekil 5.54'de ise sağ ivmeölçerden ölçülen veriler gösterilmiştir.

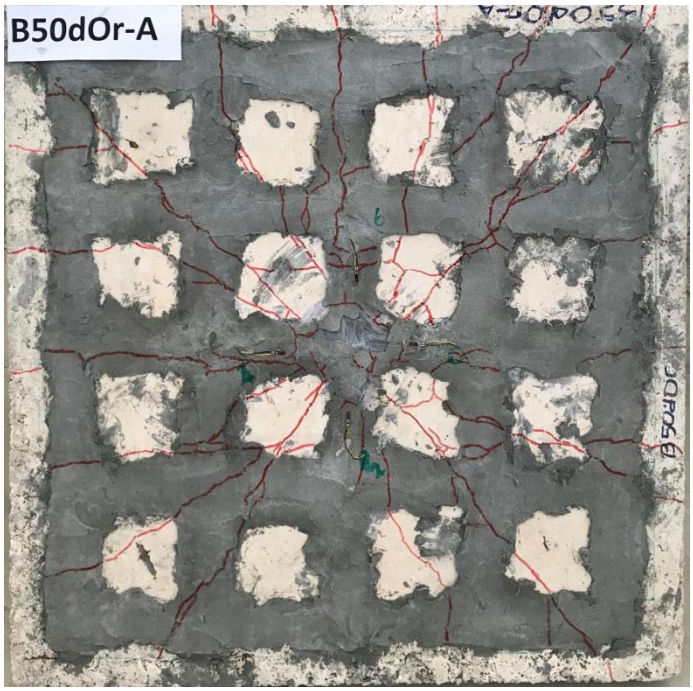


Şekil 5.53. B50dOr-A plağına ait sol ivme-zaman grafiği



Şekil 5.54. B50dOr-A plağına ait sağ ivme-zaman grafiği

Çarpma yükü etkisi ile B50dOr-A betonarme plakta meydana gelen çatlak dağılımı Şekil 5.55'de verilmiştir.



Şekil 5.55. B50dOr-A plağında meydana gelen çatlak dağılımı

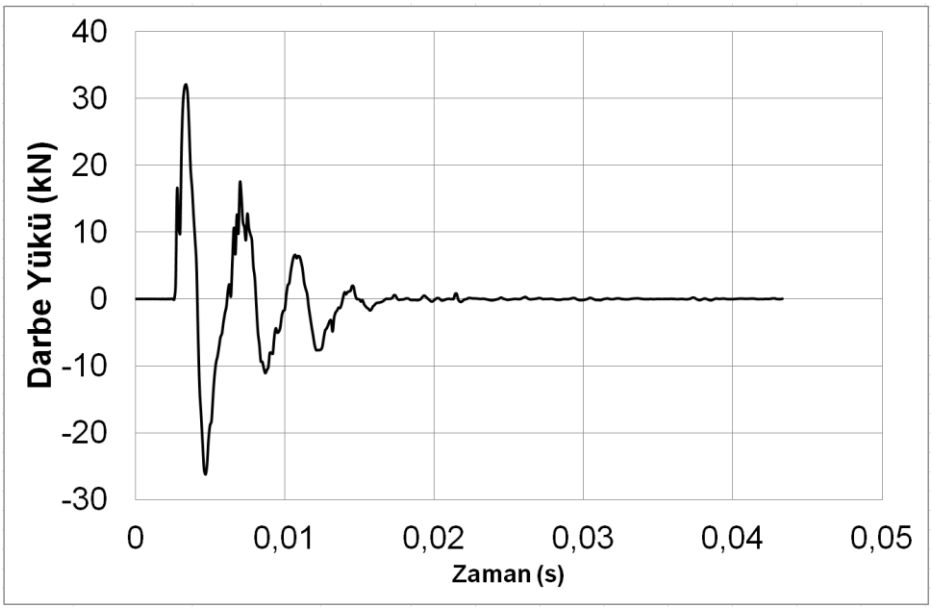
5.1.12. B100dOr deney elemanı

B100dOr deney elemanı, ortogonal iki yönde de 100 mm'lik bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilmiş ve ağırlık düşürücü deney aleti ile çarpma yükünün etkileri gözlenmiştir. B100dOr'ye uygulanan çarpma enerjisi 1,236 kj'dür.

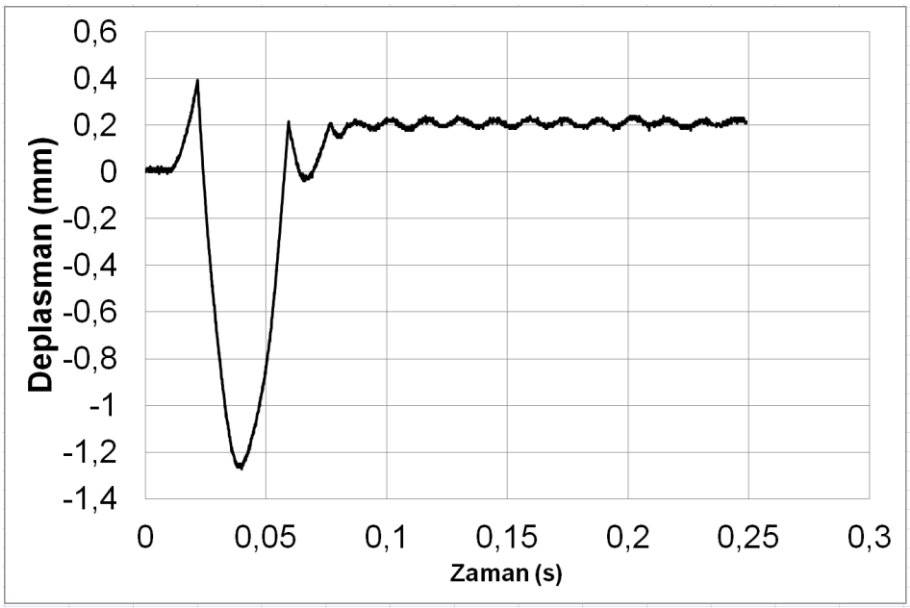
B100dOr'ye uygulanan çarpma enerjisi etkisi ile B100dOr'ye etkiyen çarpma yükü büyüklüğünün en büyük değeri 32,09 kN olarak ölçülmüştür. Sol ivmeölçerde, çarpma yükünün etkisi ile ölçülen en büyük ivme değeri 451,87 g iken en küçük ivme değeri -320,4 g olarak ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde ölçülen en büyük ivme değeri 448,62 g, en küçük ivme değeri -339,70 g'dir. Plak orta bölgesinde oluşan en büyük deplasman 1,742 mm iken kalıcı deplasman 0,263 mm olarak ölçülmüştür.

Deney sonrasında B100dOr betonarme plakta kılcal çatlaklar meydana gelmiştir fakat çatlak sayısı azalmıştır. Numune incelendiğinde, referans numuneye göre maksimum deplasmanında % 64 azalma olduğu, kalıcı deplasmanında da % 76 azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Uygulanan 1,236 kj dikey çarpma enerjisinin B100dOr betonarme plak elemana etkiyen çarpma yükü Şekil 5.56'da, plağın orta bölgesinde ölçülen deplasman 1'in zamana göre değişimleri Şekil 5.57'de verilmiştir.

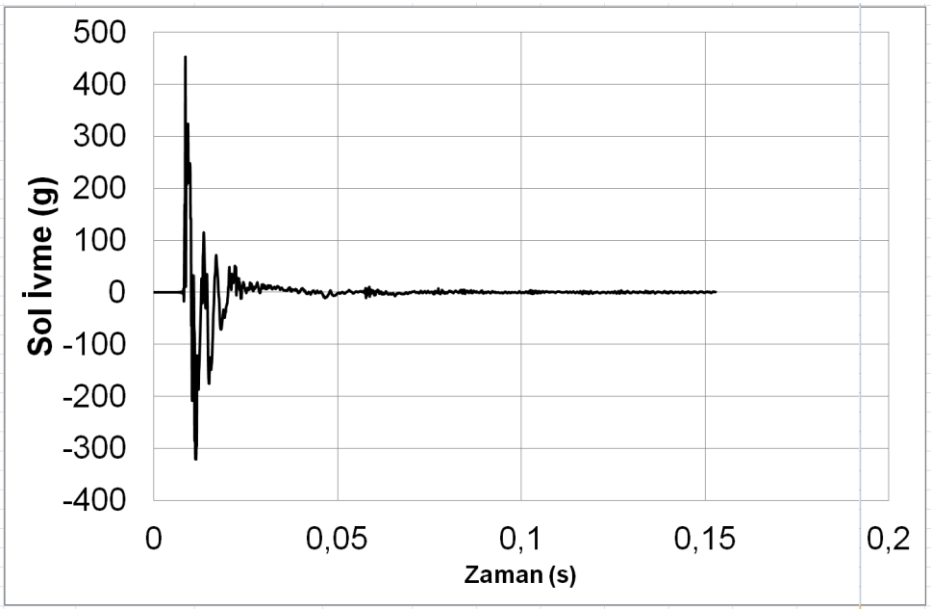


Şekil 5.56. B100dOr plağına ait darbe yükü-zaman grafiği

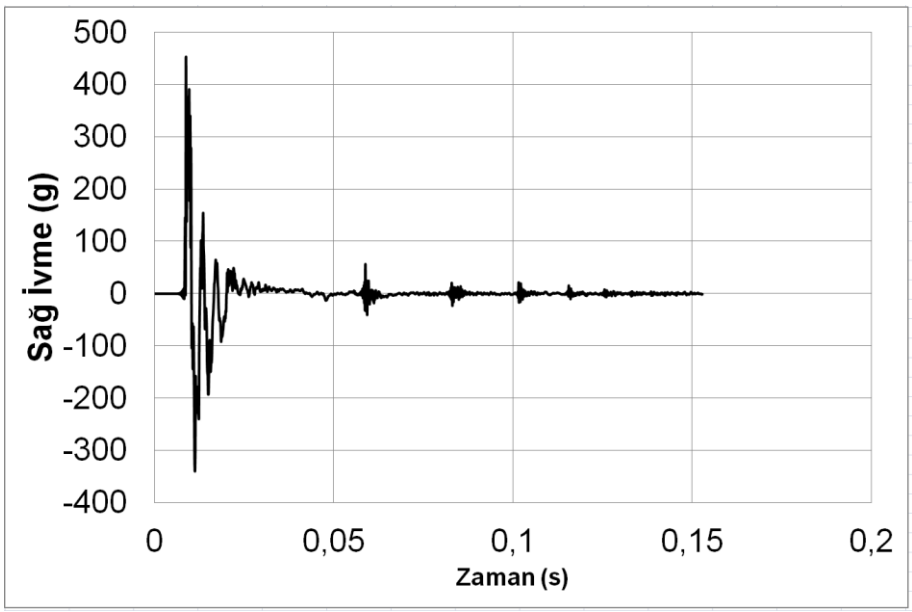


Şekil 5.57. B100dOr plağına ait deplasman - zaman grafiği

Şekil 5.58’ de sol ivmeölçerin, çarpma yükünün etkisi ile ölçtüğü ivmelerin zaman tanım alanındaki değişimi, Şekil 5.59’da ise sağ ivmeölçerden ölçülen veriler gösterilmiştir.

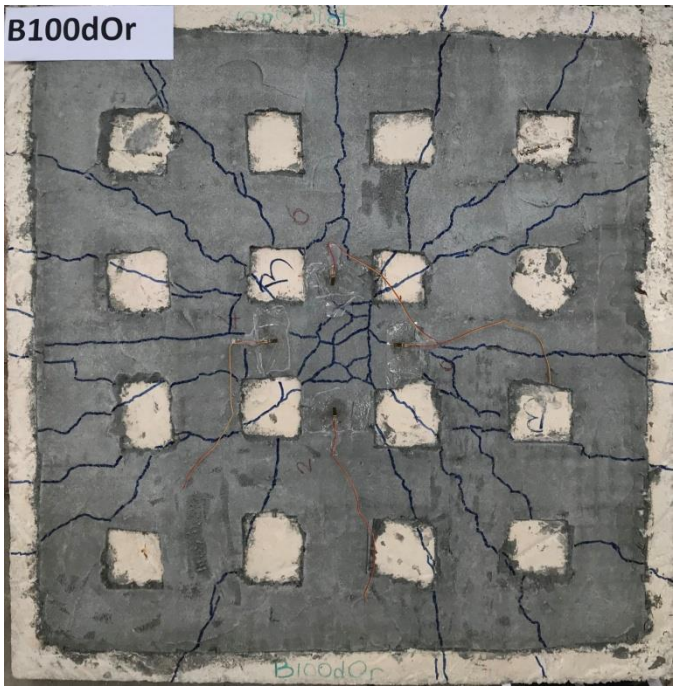


Şekil 5.58. B100dOr plağına ait sol ivme-zaman grafiği



Şekil 5.59. B100dOr plağına ait sağ ivme-zaman grafiği

Çarpma yükü etkisi ile R1 betonarme plakta meydana gelen çatlak dağılımı Şekil 5.60'de verilmiştir.



Şekil 5.60. B100dOr plağında meydana gelen çatlak dağılımı

5.1.13. B100dOr-A deney elemanı

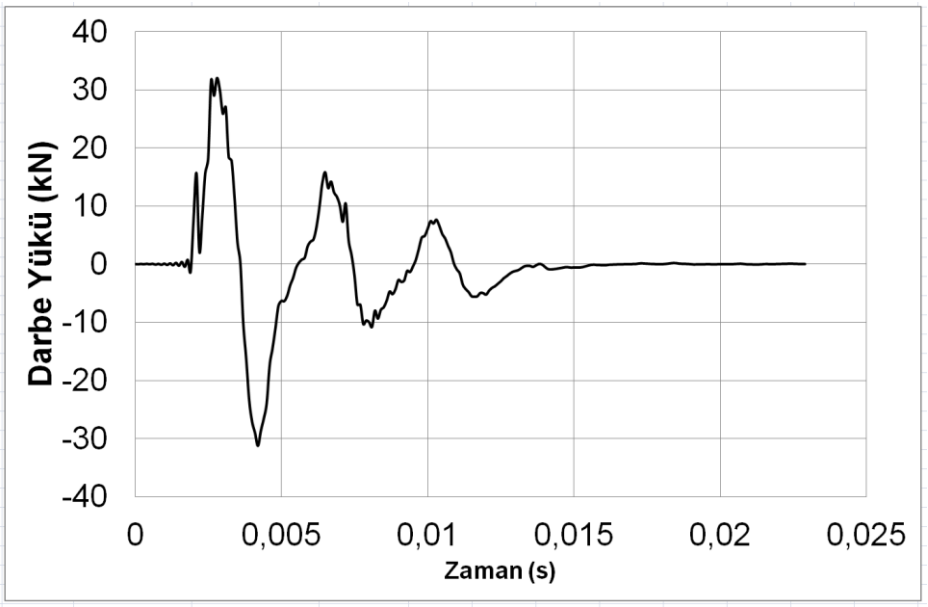
B100dOr-A deney elemanı, ortogonal iki yönde de 100 mm'lik bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilmiş ve 5 noktadan ankraj uygulaması yapılmış ve ağırlık düşürücü deney aleti ile çarpma yükünün etkileri gözlenmiştir. Referans numune B100dOr-A'ya uygulanan çarpma enerjisi 1,236 kj'dür.

B100dOr-A'ya uygulanan çarpma enerjisi etkisi ile B100dOr-A'ya etkiyen çarpma yükü büyüklüğünün en büyük değeri 32,03 kN olarak ölçülmüştür. Sol ivmeölçerde, çarpma yükünün etkisi ile ölçülen en büyük ivme değeri 533,26 g iken en küçük ivme değeri -219,61 g olarak ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde ölçülen en büyük ivme değeri 532,16 g, en küçük ivme değeri -279,43 g'dir. Plak orta bölgesinde oluşan en büyük deplasman 1,389 mm iken kalıcı deplasman 0,148 mm olarak ölçülmüştür.

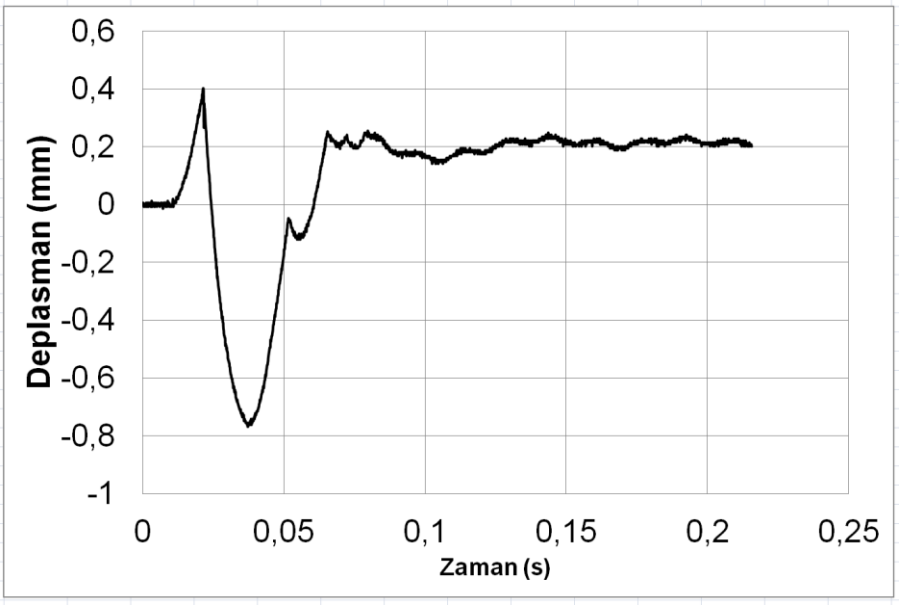
Deney sonrasında B100dOr-A betonarme plakta çatlaklar meydana gelmiştir fakat çatlak sayısı azalmıştır. Numune incelendiğinde, B100dOr'ye göre maksimum deplasmanında % 20 azalma olduğu, kalıcı deplasmanında ise % 44 azalma olduğu

gözlemlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında ise maksimum deplasmanında % 72 azalma olduğu, kalıcı deplasmanında da % 87 azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Uygulanan 1,236 kj dikey çarpma enerjisinin B100dOr-A betonarme plak elemana etkiyen çarpma yükü Şekil 5.61'de, plağın orta bölgesinde ölçülen deplasman 1'in zamana göre değişimleri Şekil 5.62'de verilmiştir.

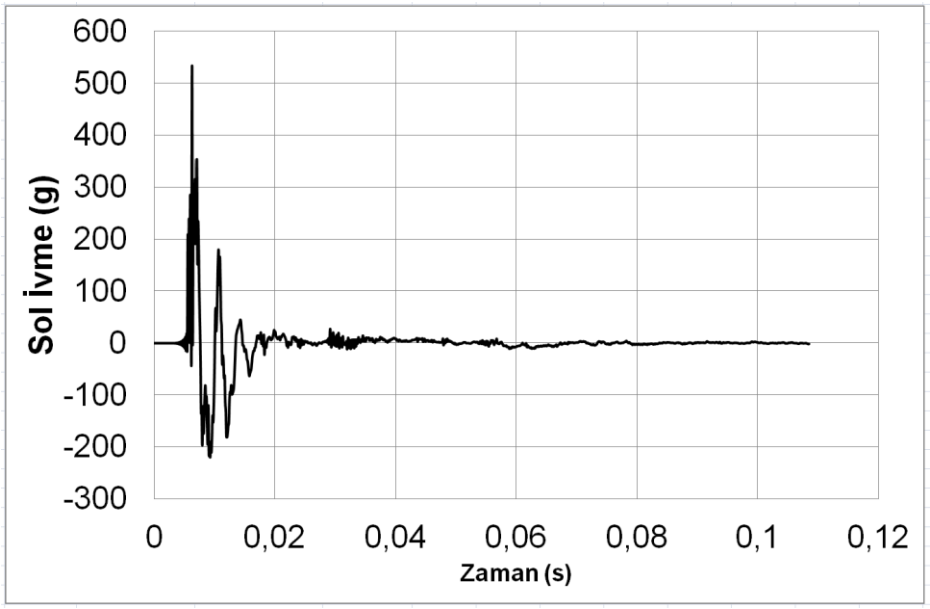


Şekil 5.61. B100dOr-A plağına ait darbe yükü-zaman grafiği

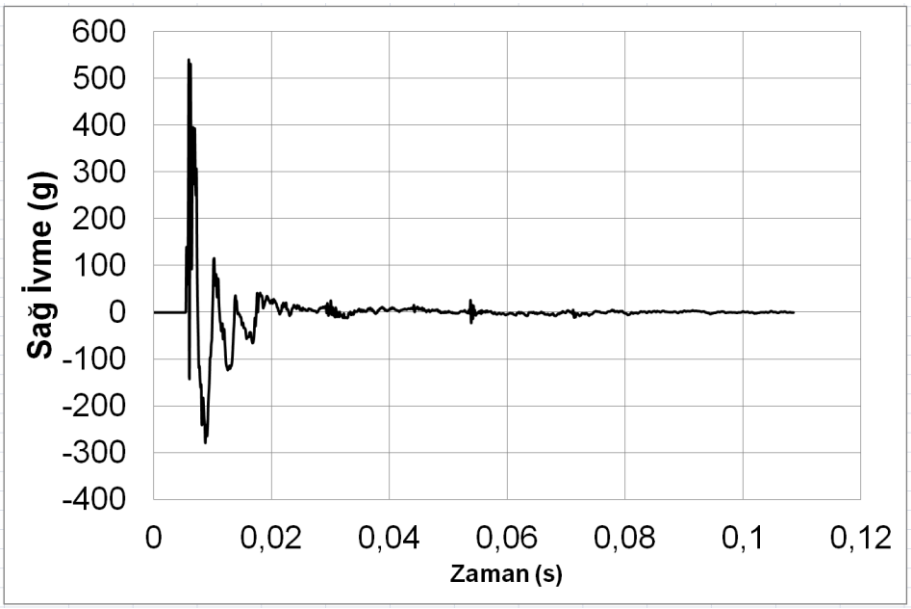


Şekil 5.62. B100dOr-A plağına ait deplasman - zaman grafiği

Şekil 5.63'de sol ivmeölçerin, çarpma yükünün etkisi ile ölçtüğü ivmelerin zaman tanım alanındaki değişimi, Şekil 5.64'de ise sağ ivmeölçerden ölçülen veriler gösterilmiştir.

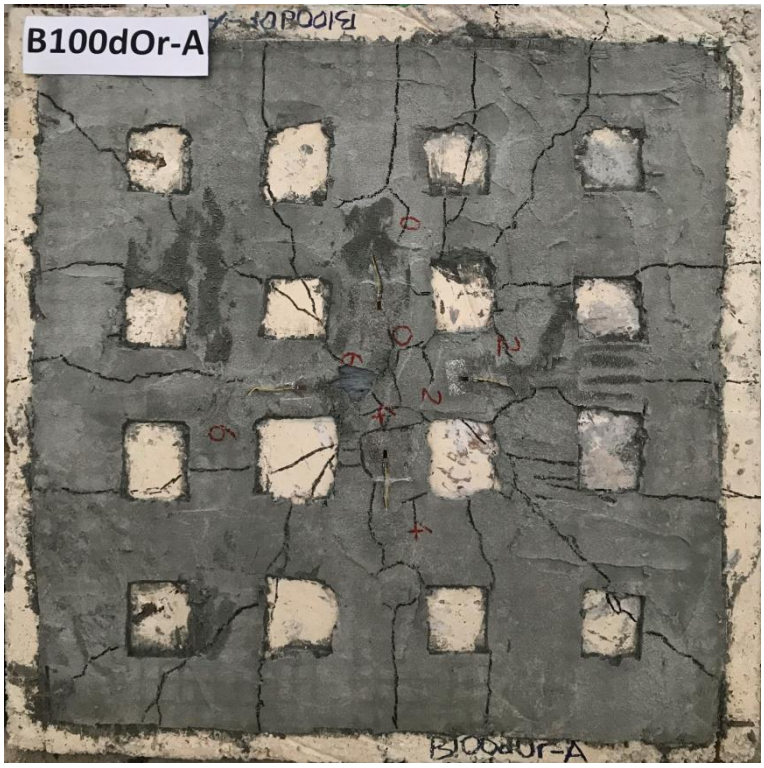


Şekil 5.63. B100dOr-A plağına ait sol ivme-zaman grafiği



Şekil 5.64. B100dOr-A plağına ait sağ ivme-zaman grafiği

Çarpma yükü etkisi ile B100dOr-A betonarme plakta meydana gelen çatlak dağılımı Şekil 5.65'de verilmiştir.



Şekil 5.65. B100dOr-A plağında meydana gelen çatlak dağılımı

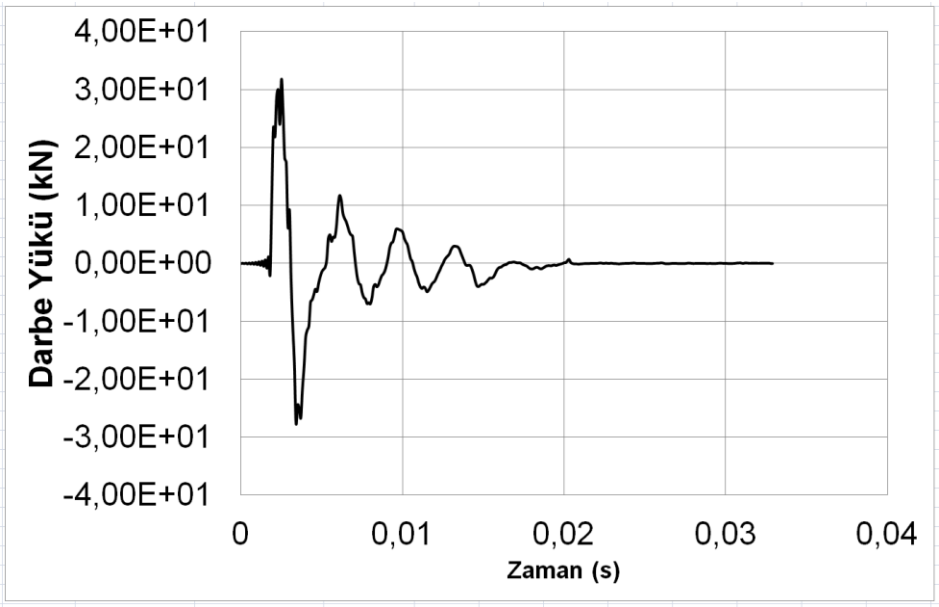
5.1.14. B50dDİ deney elemanı

B50dDi deney elemanı, diyagonal iki yönde de 50 mm'lik bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilmiş ve ağırlık düşürücü deney aleti ile çarpma yükünün etkileri gözlenmiştir. B50dDi'ye uygulanan çarpma enerjisi 1,236 kj'dür.

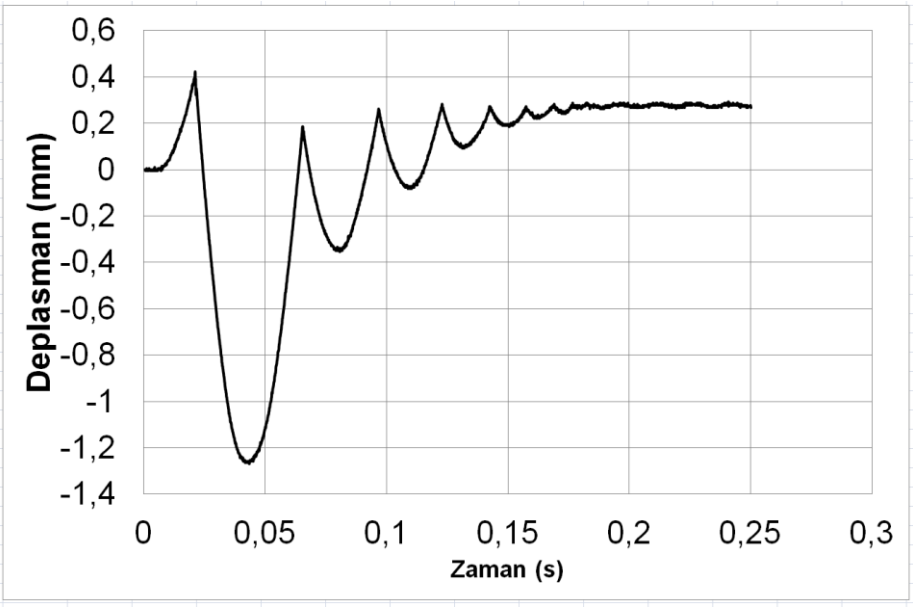
B50dDi'ye uygulanan çarpma enerjisi etkisi ile B50dDi'ye etkiyen çarpma yükü büyüklüğünün en büyük değeri 31,84 kN olarak ölçülmüştür. Sol ivmeölçerde, çarpma yükünün etkisi ile ölçülen en büyük ivme değeri 454,32 g iken en küçük ivme değeri -452,61 g olarak ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde ölçülen en büyük ivme değeri 451,05 g, en küçük ivme değeri -321,12 g'dir. Plak orta bölgesinde oluşan en büyük deplasman 1,785 mm iken kalıcı deplasman 0,262 mm olarak ölçülmüştür.

Deney sonrasında B50dDi betonarme plakta çatlaklar meydana gelmiştir fakat çatlak sayısında azalma görülmüştür. Numune incelendiğinde, referans numuneye göre maksimum deplasmanında % 64 azalma olduğu, kalıcı deplasmanında da % 76 azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Uygulanan 1,236 kj dikey çarpma enerjisinin B50dDi betonarme plak elemana etkiyen çarpma yükü Şekil 5.66'da, plağın orta bölgesinde ölçülen deplasman 1'in zamana göre değişimleri Şekil 5.67'de verilmiştir.

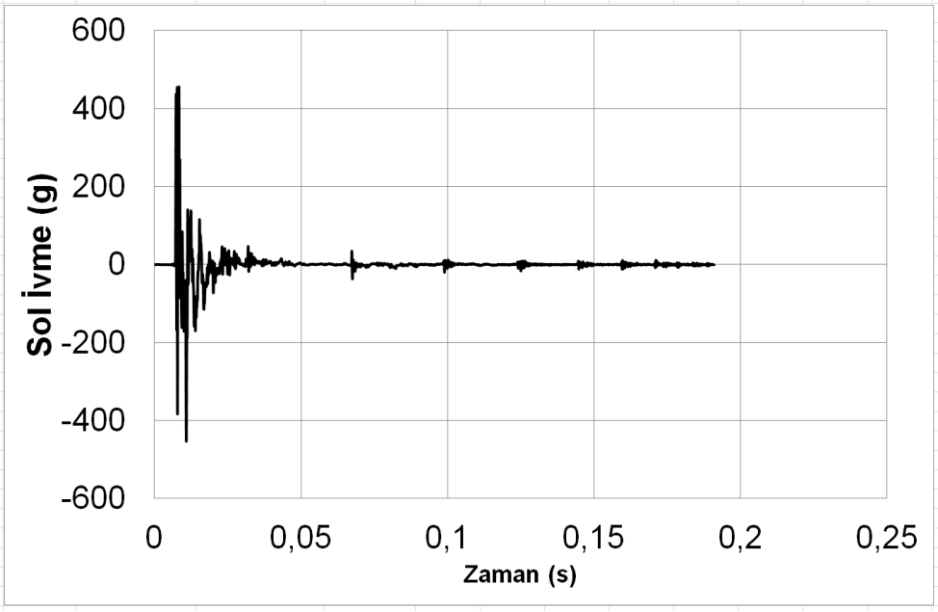


Şekil 5.66. B50dDi plağına ait darbe yükü-zaman grafiği

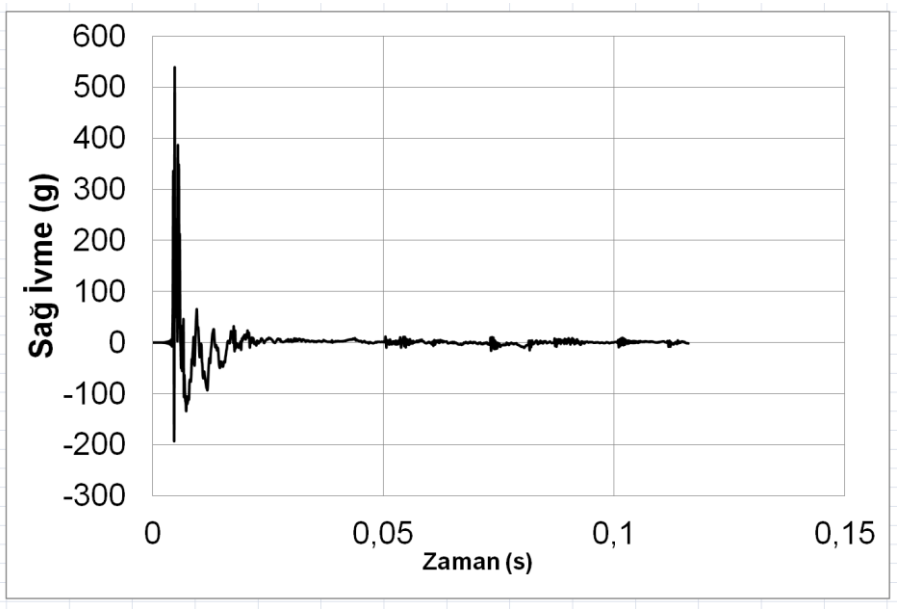


Şekil 5.67. B50dDi plağına ait deplasman - zaman grafiği

Şekil 5.68'de sol ivmeölçerin, çarpma yükünün etkisi ile ölçtüğü ivmelerin zaman tanım alanındaki değişimi, Şekil 5.69'da ise sağ ivmeölçerden ölçülen veriler gösterilmiştir.

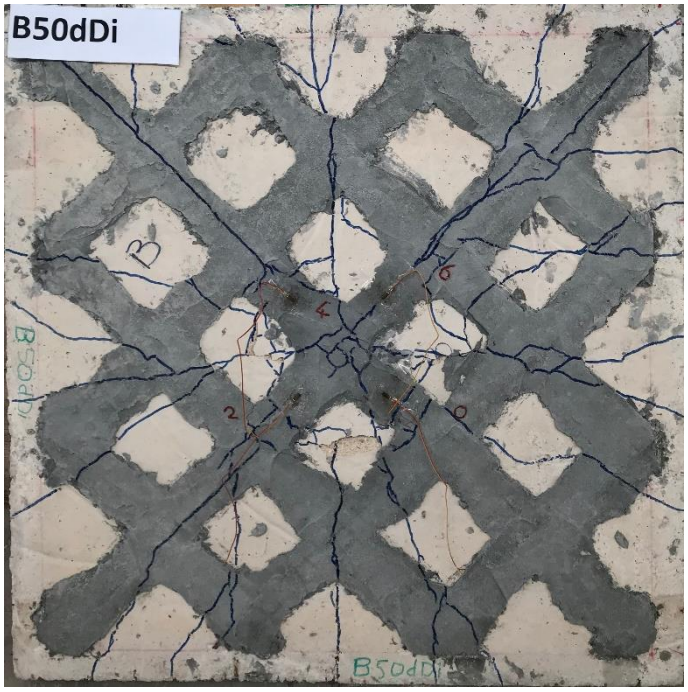


Şekil 5.68. B50dDi plağına ait sol ivme-zaman grafiği



Şekil 5.69. B50dDi plağına ait sağ ivme-zaman grafiği

Çarpma yükü etkisi ile B50dDi betonarme plakta meydana gelen çatlak dağılımı Şekil 5.70'de verilmiştir.



Şekil 5.70. B50dDi plağında meydana gelen çatlak dağılımı

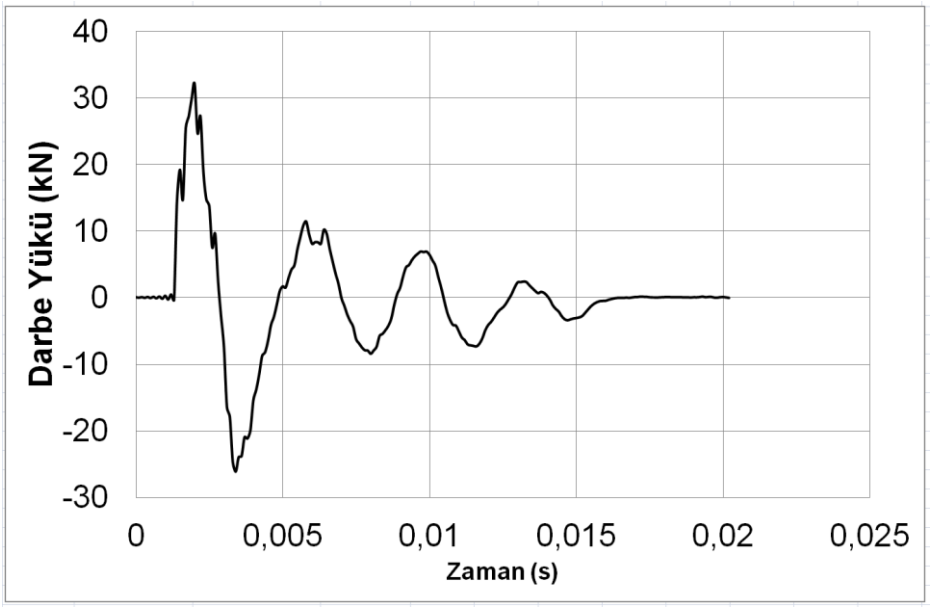
5.1.15. B50dDi-A deney elemanı

B50dDi-A deney elemanı, diyagonal iki yönde de 50 mm'lik bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilmiş ve 5 noktadan ankraj uygulaması yapılmış ve ağırlık düşürücü deney aleti ile çarpma yükünün etkileri gözlenmiştir. Referans numune B50dDi-A'ya uygulanan çarpma enerjisi 1,236 kj'dür.

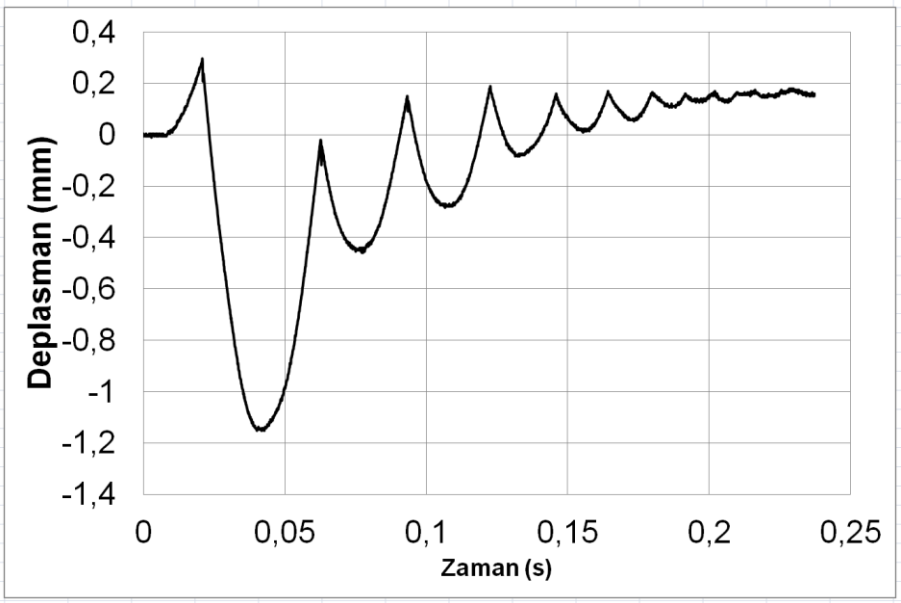
B50dDi-A'ya uygulanan çarpma enerjisi etkisi ile B50dDi-A'ya etkiyen çarpma yükü büyüklüğünün en büyük değeri 32,08 kN olarak ölçülmüştür. Sol ivmeölçerde, çarpma yükünün etkisi ile ölçülen en büyük ivme değeri 538,29 g iken en küçük ivme değeri -351,32 g olarak ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde ölçülen en büyük ivme değeri 536,71 g, en küçük ivme değeri -179,89 g'dir. Plak orta bölgesinde oluşan en büyük deplasman 1,451 mm iken kalıcı deplasman 0,161 mm olarak ölçülmüştür.

Deney sonrasında B50dDi -A betonarme plakta çatlaklar meydana gelmiştir fakat çatlak sayısının azaldığı görülmüştür. Numune incelendiğinde, B50dDi'ye göre maksimum deplasmanında % 19 azalma olduğu, kalıcı deplasmanında ise % 38 azalma olduğu gözlemlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında ise maksimum deplasmanında % 70 azalma olduğu, kalıcı deplasmanında da % 86 azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Uygulanan 1,236 kj dikey çarpma enerjisinin B50dDi-A betonarme plak elemana etkiyen çarpma yükü Şekil 5.71'de, plağın orta bölgesinde ölçülen deplasman 1'in zamana göre değişimleri Şekil 5.72'de verilmiştir.

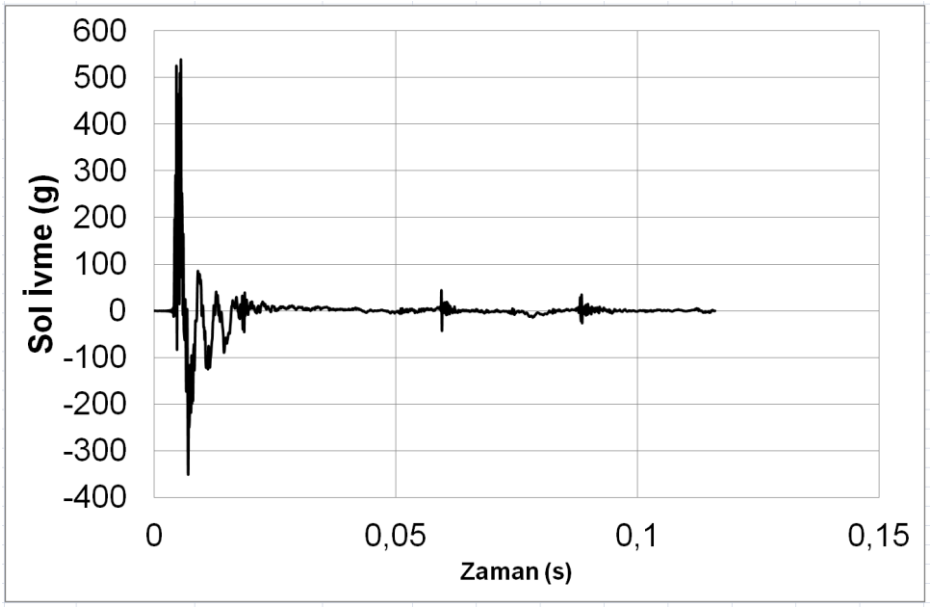


Şekil 5.71. B50dDi-A plağına ait darbe yükü-zaman grafiği

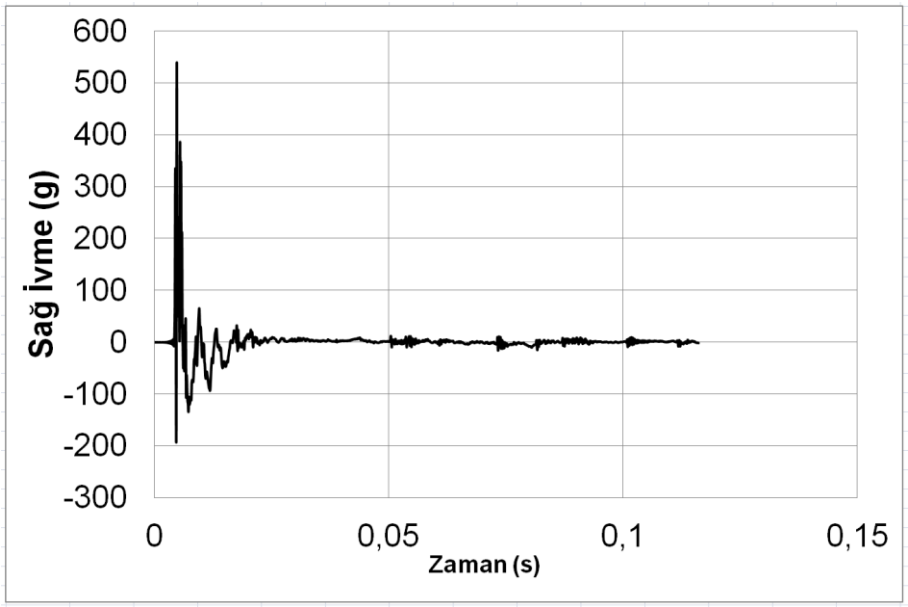


Şekil 5.72. B50dDi-A plağına ait deplasman - zaman grafiği

Şekil 5.73’ de sol ivmeölçerin, çarpma yükünün etkisi ile ölçtüğü ivmelerin zaman tanım alanındaki değişimi, Şekil 5.74’de ise sağ ivmeölçerden ölçülen veriler gösterilmiştir.

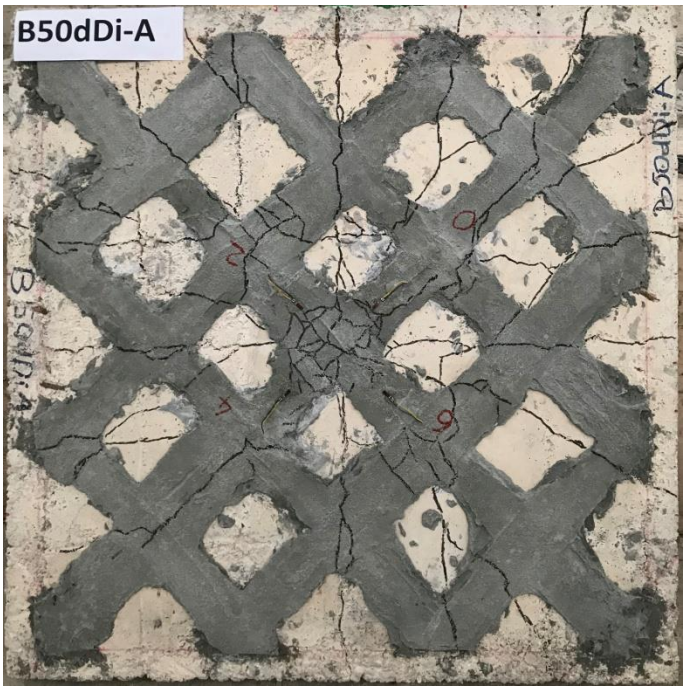


Şekil 5.73. B50dDi-A plağına ait sol ivme-zaman grafiği



Şekil 5.74. B50dDi-A plağına ait sağ ivme-zaman grafiği

Çarpma yükü etkisi ile B50dDi-A betonarme plakta meydana gelen çatlak dağılımı Şekil 5.75'de verilmiştir.



Şekil 5.75. B50dDi-A plağında meydana gelen çatlak dağılımı

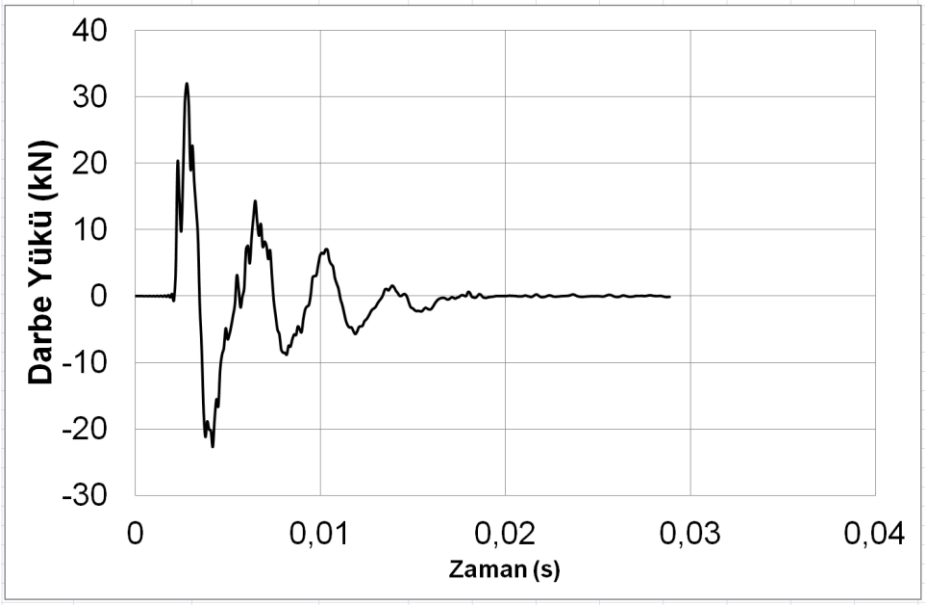
5.1.16. B100dDİ deney elemanı

B100dDi deney elemanı, diyagonal iki yönde de 100 mm'lik bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilmiş ve ağırlık düşürücü deney aleti ile çarpma yükünün etkileri gözlenmiştir. Referans numune B100dDi'ye uygulanan çarpma enerjisi 1,236 kj'dür.

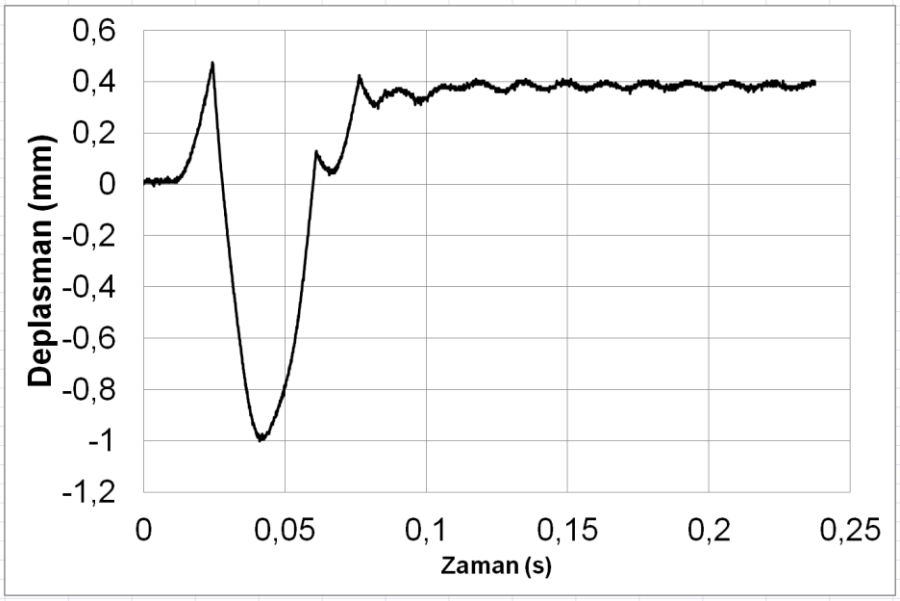
B100dDi'ye uygulanan çarpma enerjisi etkisi ile B100dDi'ye etkiyen çarpma yükü büyüklüğünün en büyük değeri 32 kN olarak ölçülmüştür. Sol ivmeölçerde, çarpma yükünün etkisi ile ölçülen en büyük ivme değeri 533,83g iken en küçük ivme değeri -366,14 g olarak ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde ölçülen en büyük ivme değeri 532,29 g, en küçük ivme değeri -337,77 g'dir. Plak orta bölgesinde oluşan en büyük deplasman 1,543 mm iken kalıcı deplasman 0,196 mm olarak ölçülmüştür.

Deney sonrasında B100dDi betonarme plakta çatlaklar meydana gelmiştir fakat çatlak sayısının çok az olduğu görülmüştür. Numune incelendiğinde, referans numuneye göre maksimum deplasmanında % 68 azalma olduğu, kalıcı deplasmanında da % 82 azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Uygulanan 1,236 kj dikey çarpma enerjisinin B100dDi betonarme plak elemana etkiyen çarpma yükü Şekil 5.76'da, plağın orta bölgesinde ölçülen deplasman 1'in zamana göre değişimleri Şekil 5.77'de verilmiştir.

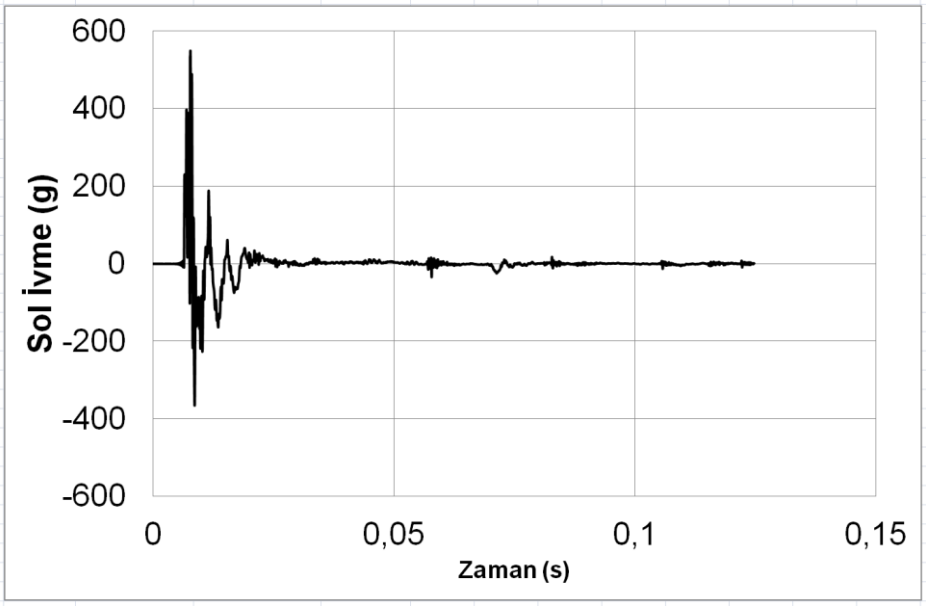


Şekil 5.76. B100dDi plağına ait darbe yükü-zaman grafiği

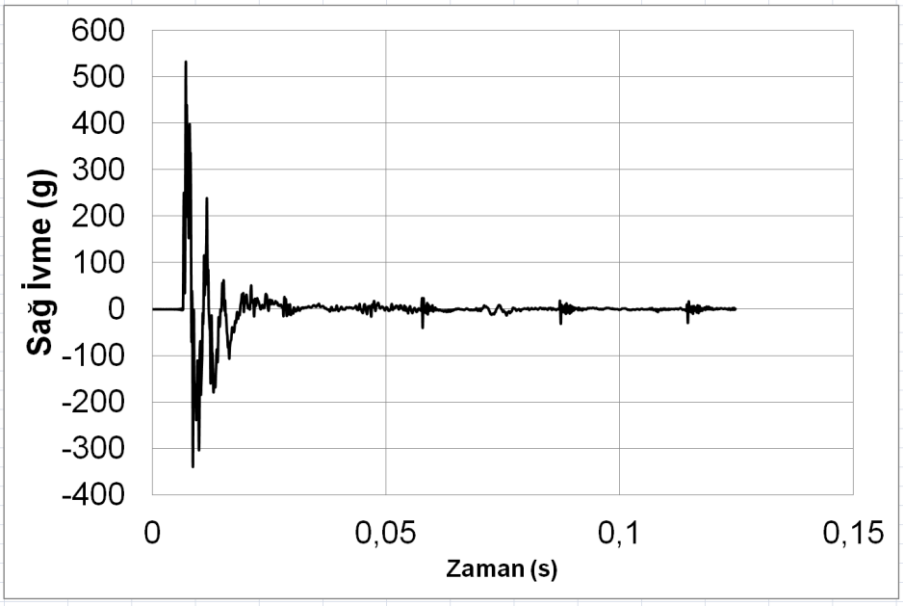


Şekil 5.77. B100dDi plağına ait deplasman - zaman grafiği

Şekil 5.78'de sol ivmeölçerin, çarpma yükünün etkisi ile ölçtüğü ivmelerin zaman tanım alanındaki değişimi, Şekil 5.79'da ise sağ ivmeölçerden ölçülen veriler gösterilmiştir.

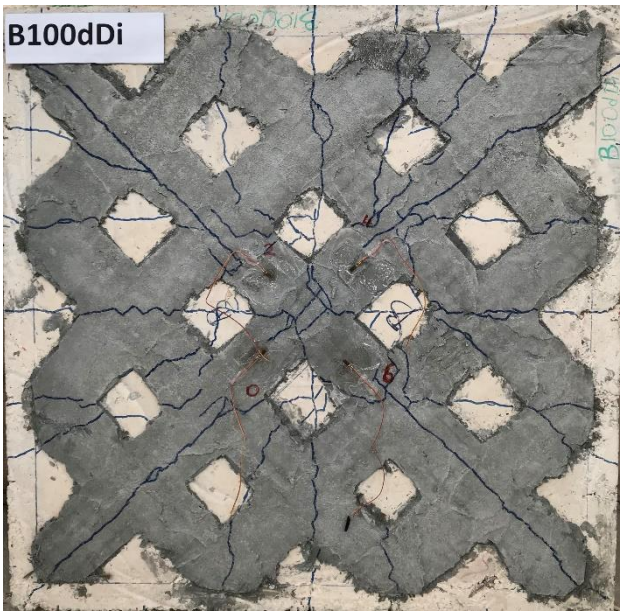


Şekil 5.78. B100dDi plağına ait sol ivme-zaman grafiği



Şekil 5.79. B100dDi plağına ait sağ ivme-zaman grafiği

Çarpma yükü etkisi ile B100dDi betonarme plakta meydana gelen çatlak dağılımı Şekil 5.80'de verilmiştir.



Şekil 5.80. B100dDi plağında meydana gelen çatlak dağılımı

5.1.17. B100dDi-A deney elemanı

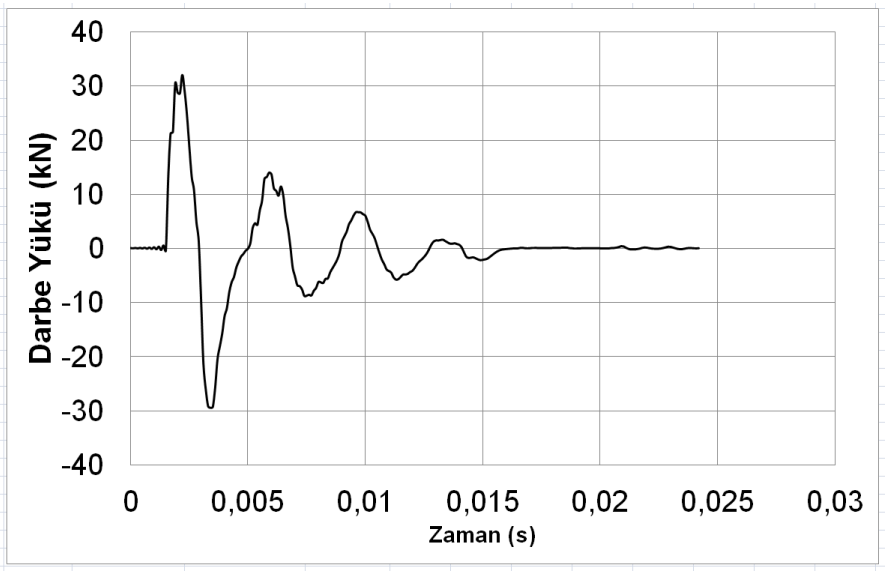
B100dDi-A deney elemanı, diyagonal iki yönde de 100 mm'lik bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilmiş ve 5 noktadan ankraj uygulaması yapılmış ve ağırlık düşürücü deney aleti ile çarpma yükünün etkileri gözlenmiştir B100dDi-A'ya uygulanan çarpma enerjisi 1,236 kj'dür.

B100dDi-A'ya uygulanan çarpma enerjisi etkisi ile B100dDi-A'ya etkiyen çarpma yükü büyüklüğünün en büyük değeri 32 kN olarak ölçülmüştür. Sol ivmeölçerde, çarpma yükünün etkisi ile ölçülen en büyük ivme değeri 628,61 g iken en küçük ivme değeri -288,87 g olarak ölçülmüştür. Sağ ivmeölçerde ölçülen en büyük ivme değeri 627,51 g, en küçük ivme değeri -482,59 g'dir. Plak orta bölgesinde oluşan en büyük deplasman 1,158 mm iken kalıcı deplasman 0,116 mm olarak ölçülmüştür.

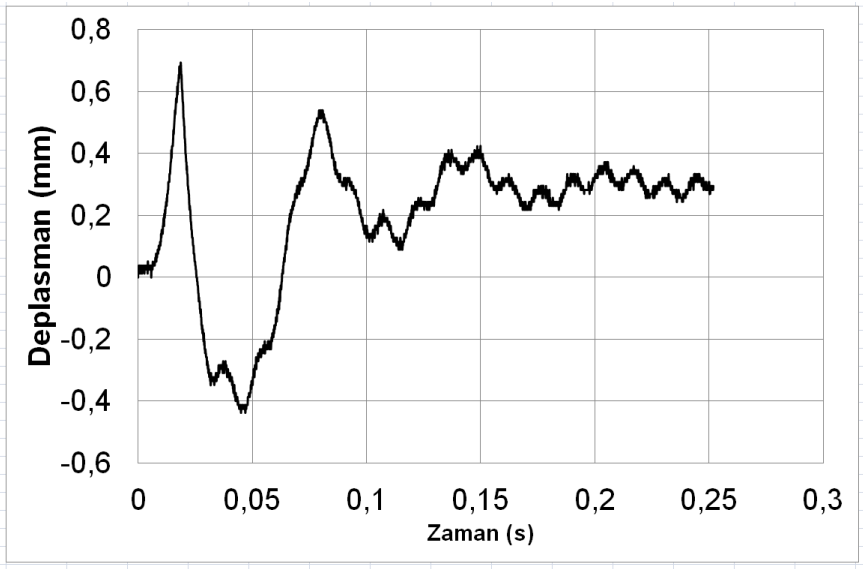
Deney sonrasında B100dDi -A betonarme plakta çatlaklar meydana gelmiştir fakat çatlak sayısının çok az olduğu görülmüştür. Numune incelendiğinde, B100dDi'ye göre maksimum deplasmanında % 25 azalma olduğu, kalıcı deplasmanında ise % 41 azalma olduğu gözlemlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında ise maksimum

deplasmanında % 76 azalma olduğu, kalıcı deplasmanında da % 89 azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Uygulanan 1,236 kj dikey çarpma enerjisinin B100dDi-A betonarme plak elemana etkiyen çarpma yükü Şekil 5.81'de, plağın orta bölgesinde ölçülen deplasman 1'in zamana göre değişimleri Şekil 5.82'de verilmiştir.

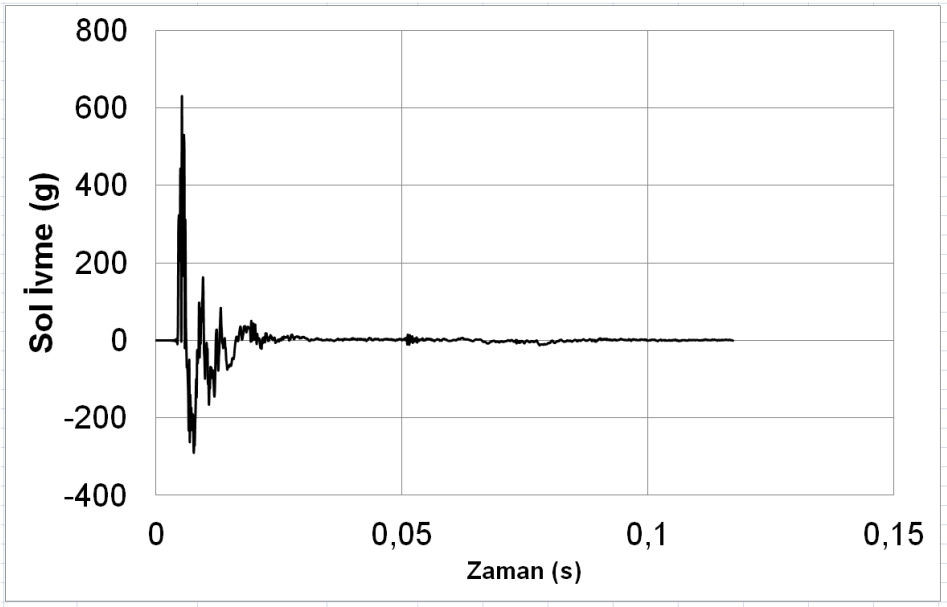


Şekil 5.81. B100dDi-A plağına ait darbe yükü-zaman grafiği

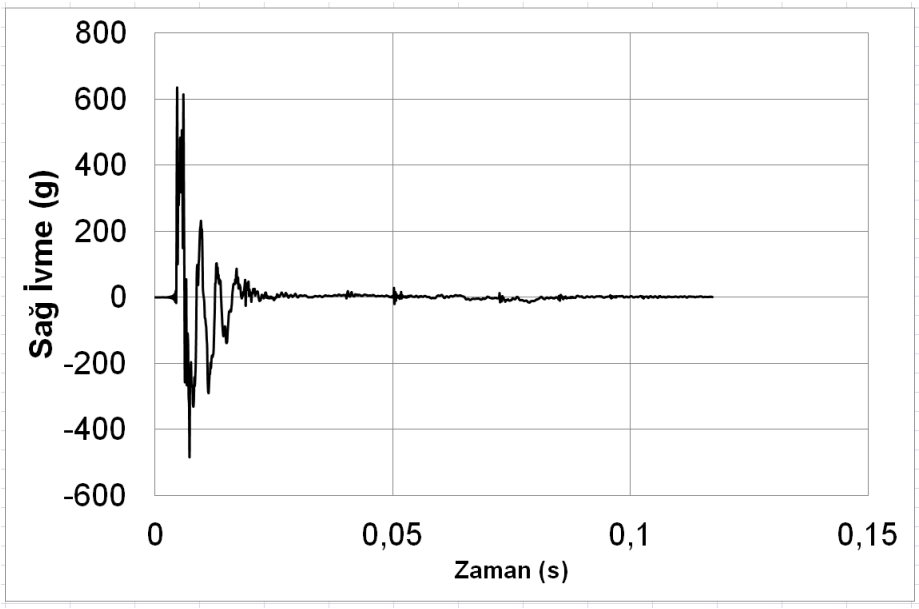


Şekil 5.82. B100dDi-A plağına ait deplasman - zaman grafiği

Şekil 5.83'de sol ivmeölçerin, çarpma yükünün etkisi ile ölçtüğü ivmelerin zaman tanım alanındaki değişimi, Şekil 5.84'de ise sağ ivmeölçerden ölçülen veriler gösterilmiştir.

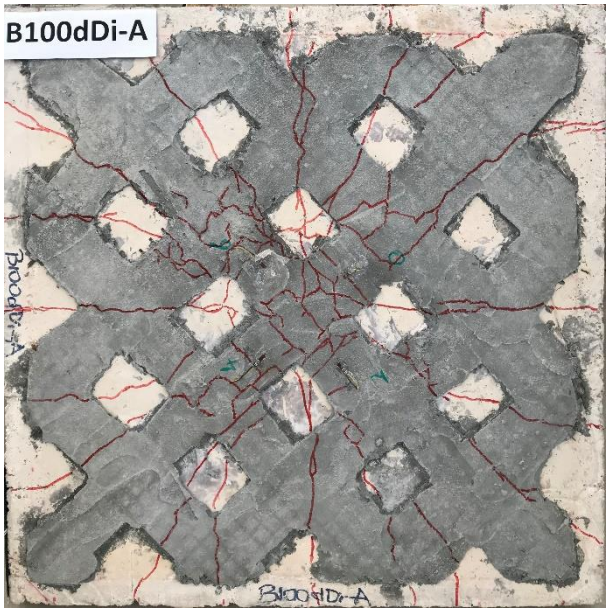


Şekil 5.83. B100dDi-A plağına ait sol ivme-zaman grafiği



Şekil 5.84. B100dDi-A plağına ait sağ ivme-zaman grafiği

Çarpma yükü etkisi ile B100dDi-A betonarme plakta meydana gelen çatlak dağılımı Şekil 5.85'de verilmiştir.



Şekil 5.85. B100dDi-A plağında meydana gelen çatlak dağılımı

5.2 Tartışma

Tez çalışmasında, bazalt tekstil katkılı harç ile güçlendirilmiş plakların çarpma yükü etkisi altındaki davranışının deneysel olarak incelenmesi araştırılmış, ağırlık düşürücü test düzeneği ile ağırlık düşürülen plaklara darbe yükü uygulanmış ve plakların çarpma yükü altındaki davranışları incelenmiştir. Tez çalışmasının tartışma kısmında plaklarda 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 5.1.'de deney sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.1. Deneysel çalışmada elde edilen sonuçlar

Deney Elamanı	Sol ivme (g)		Sağ ivme (g)		MaksDarbe Yükü (kN)	Deplasman (mm)	
	Maks	Min	Maks	Min		Maksimum	Kalıcı
Referans	218,64	-171,97	216,89	-96,10	31,97	4,92	1,12
B50sOr	298,14	-186,3	297,32	-126,59	32,11	3,99	1,60
B50dOr	390,17	-300,84	389,08	-193,31	32,02	2,46	0,42
B50sdi	348,29	-152,06	346,7	-308,36	32,03	2,75	0,51
B50dDi	454,32	-452,61	451,05	-321,12	31,84	1,78	0,26
B100sOr	347,88	-283,16	344,98	-229,49	31,99	2,56	0,61
B100dOr	451,87	-320,4	448,62	-339,70	32,09	1,74	0,26
B100sdi	400,18	-218,76	398,61	-240,55	32,11	1,97	0,39
B100dDi	533,83	-366,14	532,29	-337,77	32,00	1,54	0,19
B50sOrA	346,32	-200,74	344,8	-151,81	32,04	3,21	0,78
B50dOrA	453,08	-218,05	451,98	-429,38	31,99	1,98	0,35
B50sdiA	409,62	-292,84	406,65	-223,30	31,97	2,22	0,46
B50dDiA	538,29	-351,32	536,71	-179,89	32,08	1,45	0,16
B100sOrA	413,82	-143,94	411,93	-318,73	32,03	2,06	0,41
B100dorA	533,26	-219,61	532,16	-279,43	32,03	1,38	0,14
B100sdiA	471,72	-213,85	469,11	-196,40	32,06	1,57	0,19
B100dDiA	628,61	-288,87	627,51	-482,59	32,00	1,15	0,11

Yapılan deneysel çalışma sonucunda elde edilen sonuçlara göre yüksek dayanımlı harçla uygulanan bazalt tekstil şeritlerinin plaklarda çarpma yüküne karşı numunelerin gösterdiği davranışa olumlu katkısı olduğu gözlemlenmiştir. Uygulanan bazalt tesktil kumaşlar plakların rijitliğini arttırmış, çarpma yükünden ötürü plaklarda oluşan ivmeler artmış, maksimum deplasman değerleri ve kalıcı deplasman değerleri azalmıştır.

50 mm genişliğinde, ankraj uygulaması yapılmamış, bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilen plaklar referans numuneye göre, çizelgedeki sırasıyla % 19, % 49, % 44, % 63 değerlerinde maksimum deplasmanlarında azalma sağlamıştır. Ankraj uygulaması yapılmış plakların maksimum deplasmanlarında ise sırasıyla % 34, % 59, % 54, % 70 azalma olduğu

görülmüştür. Numuneler maksimum deplasman açısından kendi aralarında kıyaslandığında ise B50sOr-A numunesi B50sOr numunesine göre % 19 daha iyi performans göstermiştir. Tek yönde diyagonal bazalt şeritler ile güçlendirilmiş ve ankraj uygulaması yapılmış B50sDi-A numunesi B50sDi numunesine göre % 19 daha az deplasman yapmıştır. İki yönde orthogonal olarak güçlendirilmiş ve ankraj uygulanmış B50dOr-A numunesi B50dOr numunesine göre % 19 daha az deplasman yapmıştır. İki yönde diyagonal güçlendirilmiş ve ankraj yapılmış B50dDi-A plağı B50dDi plağına göre % 18 daha az deplasman yaptığı gözlemlenmiştir.

100 mm genişliğinde, ankraj uygulaması yapılmamış, bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilen plaklar referans numuneye göre, çizelgedeki sırasıyla % 47, % 64, % 60, %68.68 değerlerinde maksimum deplasmanlarında azalma sağlamıştır. Ankraj uygulaması yapılmış plakların maksimum deplasmanlarında ise sırasıyla % 58, % 71, % 67, % 76 azalma olduğu görülmüştür. Numuneler maksimum deplasman açısından kendi aralarında kıyaslandığında ise B100sOr-A numunesi B100sOr numunesine göre % 19 daha iyi performans göstermiştir. Tek yönde diyagonal bazalt şeritler ile güçlendirilmiş ve ankraj uygulaması yapılmış B100sDi-A numunesi B100sDi numunesine göre % 19 daha az deplasman yapmıştır. İki yönde orthogonal olarak güçlendirilmiş ve ankraj uygulanmış B100dOr-A numunesi B100dOr numunesine göre % 20 daha az deplasman yapmıştır. İki yönde diyagonal güçlendirilmiş ve ankraj yapılmış B100dDi-A plağı B100dDi plağına göre % 24 daha az deplasman yaptığı gözlemlenmiştir.

Yapılan güçlendirme sonucunda betonarme plakların maksimum ivmelerinde artış olduğu gözlemlenmiştir. 50 mm genişliğinde, ankraj uygulaması yapılmamış, bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilen plaklar referans numuneye göre, çizelgedeki sırasıyla % 36, % 78, % 59, % 107 değerlerinde maksimum ivmelerinde artış olmuştur. Ankraj uygulaması yapılmış plakların maksimum ivmeleri ise sırasıyla % 58, % 107, % 87, % 146 oranında arttığı görülmüştür. Numuneler maksimum ivme açısından kendi aralarında kıyaslandığında ise B50sOr-A numunesi B50sOr numunesine göre % 16 daha iyi performans göstermiştir. Tek yönde diyagonal bazalt şeritler ile güçlendirilmiş ve ankraj uygulaması yapılmış B50sDi-A numunesi B50sDi numunesine göre % 17 daha çok ivme değerine sahiptir. İki yönde orthogonal olarak güçlendirilmiş ve ankraj uygulanmış B50dOr-A numunesi B50dOr

numunesine göre % 16 daha çok ivme değeri sergilemiştir. İki yönde diyagonal güçlendirilmiş ve ankraj yapılmış B50dDi-A plağı B50dDi plağına göre % 18 daha çok ivmeye sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Çalışma kapsamında şerit dizimlerinin yanı sıra şerit genişlikleri de değişken olarak belirlenmiş ve deney sonucunda plakların 100mm'lik şeritler ile güçlendirildiğinde, 50mm'lik şeritlere göre maksimum ivmelerinde artış olduğu gözlemlenmiştir. 100 mm genişliğinde, ankraj uygulaması yapılmamış, bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilen plaklar referans numuneye göre, çizelgedeki sırasıyla % 59, % 106, % 83, % 144 değerlerinde maksimum ivmelerinde artış olmuştur. Ankraj uygulaması yapılmış plakların maksimum ivmeleri ise sırasıyla % 89, % 143, % 115, % 187 oranında arttığı görülmüştür. Numuneler maksimum ivme açısından kendi aralarında kıyaslandığında ise B100sOr-A numunesi B100sOr numunesine göre % 19 daha iyi performans göstermiştir. Tek yönde diyagonal bazalt şeritler ile güçlendirilmiş ve ankraj uygulaması yapılmış B100sDi-A numunesi B100sDi numunesine göre % 17 daha çok ivme değerine sahiptir. İki yönde orthogonal olarak güçlendirilmiş ve ankraj uygulanmış B100dOr-A numunesi B100dOr numunesine göre % 18 daha çok ivme değeri sergilemiştir. İki yönde diyagonal güçlendirilmiş ve ankraj yapılmış B100dDi-A plağı B100dDi plağına göre % 17 daha çok ivmeye sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Betonarme plakların darbe yüküne karşı gösterdikleri titreşim sonrası numunelerde oluşan kalıcı deplasmanlar referans numuneye kıyasla daha az olduğu gözlemlenmiştir. 50 mm genişliğinde, ankraj uygulaması yapılmamış, bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilen plaklar referans numuneye göre, çizelgedeki sırasıyla % 43, %62, % 54, % 76 değerlerinde kalıcı deplasmanlarında azalma sağlamıştır. Ankraj uygulaması yapılmış plakların kalıcı deplasmanlarında ise sırasıyla % 31, % 68, % 58, % 85 azalma olduğu görülmüştür. Numuneler kalıcı deplasman açısından kendi aralarında kıyaslandığında ise B50sOr-A numunesi B50sOr numunesine göre % 51 daha iyi performans göstermiştir. Tek yönde diyagonal bazalt şeritler ile güçlendirilmiş ve ankraj uygulaması yapılmış B50sDi-A numunesi B50sDi numunesine göre % 9 daha az deplasman yapmıştır. İki yönde orthogonal olarak güçlendirilmiş ve ankraj uygulanmış B50dOr-A numunesi B50dOr numunesine göre % 17 daha az deplasman yapmıştır. İki yönde diyagonal güçlendirilmiş ve ankraj yapılmış

B50dDi-A plağı B50dDi plağına göre % 38 daha az kalıcı deplasman yaptığı gözlemlenmiştir.

Deneysel çalışma kapsamında 100 mm genişliğindeki tekstiller ile güçlendirilen, ankraj uygulaması yapılmamış, bazalt tekstil şeritler ile güçlendirilen plaklar referans numuneye göre, çizelgedeki sırasıyla % 46, % 76, % 65, % 82 değerlerinde kalıcı deplasmanlarında azalma sağlamıştır. Ankraj uygulaması yapılmış plakların kalıcı deplasmanlarında ise sırasıyla % 63, % 87, % 82, % 89 azalma olduğu görülmüştür. Numuneler kalıcı deplasman açısından kendi aralarında kıyaslandığında ise B100sOr-A numunesi B100sOr numunesine göre % 33 daha iyi performans göstermiştir. Tek yönde diyagonal bazalt şeritler ile güçlendirilmiş ve ankraj uygulaması yapılmış B100sDi-A numunesi B100sDi numunesine göre % 49 daha az deplasman yapmıştır. İki yönde orthogonal olarak güçlendirilmiş ve ankraj uygulanmış B100dOr-A numunesi B100dOr numunesine göre % 43 daha az deplasman yapmıştır. İki yönde diyagonal güçlendirilmiş ve ankraj yapılmış B100dDi-A plağı B100dDi plağına göre % 41 daha az kalıcı deplasman yaptığı gözlemlenmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Deneysel çalışma kapsamında betonarme plaklar bazalt tekstil katkılı harç ile güçlendirilmiş ve çarpma yükü etkisi altındaki davranışları incelenmiştir. Betonarme plaklara 50 mm ve 100 mm genişliğinde bazalt tekstil kumaşlar farklı dizilimler ile yapıştırılmış, numuneler ankrajlı ve ankrajsız olarak üretilmiş daha sonra ağırlık düşürücü deney aleti ile güçlendirme malzemesinin plaklar üzerindeki performansları referans numune ile karşılaştırılarak incelenmiştir. Bazalt tekstil kumaşlar numunelere tek ve çift yönde, ortogonal ve diyagonal doğrultuda olacak şekilde farklı dizilimler ile yapıştırılmış ve 8 tanesine ankraj uygulaması yapılarak da güçlendirme malzemesinin numuneler üzerindeki etkileri gözlemlenmiştir. Deneysel çalışma kapsamında numunelerin darbe yüküne maruz kaldığında meydana gelen birim deformasyon değişimleri, deplasman ve ivme değerleri, 1500 mm yükseklikten düşürülen 87 kg'lık ağırlık düşürücü deney aleti ile incelenmiştir.

Bazalt tekstil kumaş ile güçlendirilen betonarme plakların güçlendirme yapılmamış referans numuneye göre rijitleştiği ve maksimum ivme değerlerinin arttığı, çarpma yüküne karşı daha iyi performans gösterdiği gözlemlenmiştir. Çalışma kapsamında şerit genişliklerinin çarpma yüküne karşı gösterdikleri enerji tüketme kapasiteleri incelendiğinde ise 100 mm genişliğindeki şeritlerin 50 mm olanlara göre daha iyi performans gösterdiği, maksimum ivme değerlerinin daha çok arttığı sonucuna varılmıştır. Bir diğer değişken olan şerit dizimlerine göre bakıldığında ise çift yönde yerleştirilen şeritlerin tek yönde yapılanlara göre numunenin çarpma yüküne karşı daha iyi bir davranış ortaya koyduğu, maksimum ivmelerinin daha yüksek olduğu dolayısıyla daha çok rijitlik kazandığı görülmüştür. Plaklara yapılan ankraj uygulaması maksimum ivme açısından karşılaştırıldığında ise ankraj yapılmış numunelerin ankraj yapılmamış plaklara göre daha yüksek maksimum ivme değerlerine sahip olduğu görülmüştür.

Çalışma kapsamında güçlendirilen betonarme plakların güçlendirme sonrası çatlak sayılarında, çatlak genişliklerinde ve düşey deplasmanlarında azalma olduğu gözlemlenmiştir. En iyi davranışı ise diyagonal her iki yönde bazalt şeritler ile güçlendirilmiş ve ankraj uygulanmış B100dDi-A numunesi göstermiştir. Şerit genişliği bakımından 100 mm olarak yapıştırılan şeritler 50 mm yapıştırılanlara göre daha az deplasman yapmış ve

numunelerde oluşan çatlak sayısı ve genişliği açısından daha iyi performans göstermişlerdir. Dizilim şekillerine göre çift yönde yerleştirilen bazalt tekstil şeritler tek yönde yerleştirilenlere göre darbe yüküne maruz kalan betonarme plakların maksimum deplasmanlarında daha çok azalmaya neden olmuştur. Çift doğrultuda 100 mm'lik bazalt şeritler ile güçlendirilen plakların deplasman değerlerinin büyük oranda azaldığının görülmesi, darbe yüküne maruz kalan betonarme plakların darbe yüklerine karşı performanslarının arttığını, davranışlarının iyileştiğini ve güçlendirilme yapılmamış numuneye kıyasla daha az hasar aldığını göstermektedir.

Bazalt tekstil ile güçlendirilmiş betonarme plakların, ağırlık düşürücü deney aleti ile darbe yüküne maruz bırakıldıktan sonra numunelerde oluşan plastik deformasyon değerlerinde azalma olduğu görülmüştür. Özellikle 100 mm'lik çift yönde diyagonal ve orthogonal güçlendirilmiş plakların darbe yüküne maruz kaldıktan sonra numunelerde oluşan kalıcı deplasmanları azalttığı ortaya konmuştur.

Güçlendirilme yapılmamış ve tek yönde orthogonal, 50 mm'lik bazalt şeritler ile güçlendirilmiş numunelerin birim deformasyon değerleri yüksek çıkmış, çok sayıda çatlak meydana gelmiştir. 50 mm genişliğindeki şeritlerin diyagonal olarak yapıştırıldığı durumda 50 mm orthogonal yapıştırılan dizilime göre daha az çatlak oluşmuş, birim deformasyon değerlerinde azalma görülmüştür. Şerit kalınlığı değişimi açısından incelendiğinde, şerit kalınlığı artırıldıkça numunelerin birim deformasyon değerlerinde daha çok azalma olduğu, şerit kalınlığı ile birlikte her iki yönde ve 100 mm'lik şeritlerle dizilimi yapılan numunelerde çatlak sayısında daha çok azalma olduğu, numunenin daha az hasar aldığı ve birim deformasyonlarında daha çok azalma olduğu görülmüştür. Numunelerin ağırlık düşürücü deney aleti ile uygulanan darbe yükü karşısında daha az deforme olduğu, güçlendirme malzemesinin çarpma yüküne karşı numunelerin enerji tüketme kapasitelerinin arttığı gözlemlenmiştir.

Bu çalışma, bazalt tekstil katkılı harç ile güçlendirilen betonarme plakların ağırlık düşürücü deney aleti ile uygulanan darbe yüküne karşı gösterdikleri davranışın iyileştiği, numunelerde oluşan çatlak sayısı, çatlak genişliği ve maksimum deplasmanlarında azalma

olduğu göstermiştir. Güçlendirilen plaklar içerisinde en iyi performansı çift yönlü diyagonal ankrajlı numune olan B100dDi-A sergilemiştir.

Bu deneysel çalışma farklı kompozit güçlendirme malzemeleri ile yapılacak olan çalışmalarla kıyaslanabilir. Kompozit malzemelerin ankraj uygulaması ile birlikte darbe yüklerine etkisi ankraj sayısı artırılarak denenebilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Adheem A.H. (2019), Fiber Takviyeli Simantasyon Matrisi, FRCM ile Güçlendirilmiş RC Tek Yönlü Döşemelerin Eğilme Davranışı

Anıl Ö., Kantar E., Yilmaz M. C., (2015), Çarpma etkisine maruz kalmış yüksek dayanımlı betonarme kirişlerin davranışlarındaki değişimin deneysel olarak incelenmesi.

Anonim,https://www.pcb.com/contentStore/docs/pcb_corporate/forcetorque/products/manuals/200c50.pdf PCB Piezotronics işletim kılavuzu (erişim : 6.02.2021)

Anonim, http://web.deu.edu.tr/mechatronics/old/TUR/strain_gauge.htm 11.05.2021

Anonim, https://www.variohm.com/news-media/technical-blog-archive/what-is-a-strain-gauge- 11.05.2021

Anonim, https://www.michsci.com/what-is-a-strain-gauge/ 11.05.2021

Bursa Teknik Üniversitesi Doğa Bilimleri Ve Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Düşen Ağırlık Darbe Testi Deney Föyü (ölçüm düzeneği).

Kaymaz K, Arıcı E, Betonun Mekanik Özelliklerinin Çarpma Dayanımına Etkisi

Kim H.Y., You Y.J., Ryu G.S., Koh K.T., Ahn G.H., Kang S.E. (2020) Döşeme Tipi Elemanların Tekstil Takviyeli Beton ile Eğilme Güçlendirilmesi

Kishi N., Komuro M., Tomoki Kawarai and Hiroshi Mikami, Yapıştırılmış frp levhalarla eğilmede güçlendirilmiş rc kirişlerin düşük hızlı darbe yükü testi

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Iqbal M.A., Kumar V. ve Mittal A. K. (2016), Darbe yükleri altında donatılı ve öngerilmeli beton plakalarda oluşan hasarlar. 4. Uluslararası Koruyucu Yapılar Konferansı'nın Önsözleri (ICPS4). Beijing, China (pp. 307-312).

Oltulu M., Altun G.M, Betonun Darbe Dayanımının Tespitinde Ağırlık Düşürme Deney Yöntemi ve Yapılan Çalışmalar * , 29.11.2017

Özalp F., Şengül Ö., Taşdemir M.A., Kür Koşulları ve Tecrit Malzemesinin Betonun Geçirimlilik ve Mekanik Özeliklerine Etkisi, ağustos 2015

Paramasivam P. (2018), Darbe yükü altında farklı geometrilere sahip RC duvarların sonlu eleman analizi.

Saatci, S., Vecchio, F.J. Kesme mekanizmalarının betonarme kirişlerin darbe davranışına etkileri

Sim J., Park C., Moon D.Y., 2005. Beton yapılarda güçlendirme malzemesi olarak bazalt elyafın özellikleri. Kompozit bölüm b: Mühendislik, 36 (6-7): 504–512.

Sui Z. (2020), Flexural behavior of fire-damaged prefabricated rc hollow slabs strengthened with cfrp versus trm.

Zineddin M., Krauthammer T. (2007), Darbe yükü altındaki betonarme döşemelerin dinamik tepkisi ve davranışı