Karbon Tekstille Takviye Edilmiş Sıva Katmanı ile Güçlendirilmiş Döşemelerin Çarpma Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi

Hasan Can GÜRDAL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak 2022

Experimental İnvestigation of the İmpact Behavior of Slab Strengthening with Mortar Layer Reinforced with Carbon Textile

Hasan Can GÜRDAL

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Civil Engineering

January 2022

Karbon Tekstille Takviye Edilmiş Sıva Katmanı ile Güçlendirilmiş Döşemelerin Çarpma Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi

Hasan Can GÜRDAL

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 H. Selim ŞENGEL

Bu Tez Çalışması, 2020-15006 Proje Koduyla ESOGÜ-BAP (Bilimsel Araştırma Projesi) Kapsamında Desteklenmiştir.

Ocak 2022

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Dr. Öğr. Üyesi H. Selim Şengel danışmanlığında hazırlamış olduğum "Karbon Tekstille Takviye Edilmiş Sıva Katmanı ile Güçlendirilmiş Döşemelerin Çarpma Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi" başlıklı YÜKSEK LİSANS tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 24/01/2022

Hasan Can GÜRDAL

İmza

ÖZET

İnsanlık var olduğundan beri en temel ihtiyaçlarından birisi hiç şüphesiz barınma ihtiyacıdır. Bu ihtiyaçları doğrultusunda da geçmişten günümüze çeşitli yapıları inşa etmişlerdir ve bu amaç için çeşitli yapı malzemeleri kullanmışlardır. Günümüzde ise en yaygın olarak kullanılan yapı malzemesi çelikle entegre edilen betonlar, yani betonarme yapılardır.

Betonarme yapılar ihtiyaca göre farklı tasarımlarla karşımıza çıkmaktadır. Servis ömürleri boyunca da çeşitli kuvvetlerle ve etkilerle karşılaşırlar. Bunlara; yapı elemanlarının öz yüklerinden oluşan kalıcı yükler, yapı elamanına çeşitli zamanlarda etkiyen ve yer değiştirebilen hareketli yükler, deprem yükü, rüzgâr ve buz etkilerinden kaynaklanan yükler, toprak itkisi, farklı oturmalardan meydana gelen yükler gibi literatürlerde var olan yükler örnek olarak verilebilir.

Güvenli ve sağlam konstrüksiyon için az önce bahsedilen yüklere ek olarak dinamik etkiye sahip olan çarpma yükü de tasarım kriterlerinde göz önüne alınmalıdır. Ani darbe veya patlama gibi beklenmedik şekilde gerçekleşebilen çarpma yükü etkisi, yapının saniyeler içerisinde göçmesine neden olabilecek boyutlarda olabilir. Bu nedenle hiç şüphesiz ki yapı elemanlarının çarpma etkisi altındaki davranışının bilinmesi de emniyetli yapılar için çok önemli bir yere sahiptir.

Bu doğrultuda betonarme döşemelerin çarpma etkisi altında gösterdikleri davranışlar ve çeşitli güçlendirme yöntemlerini görebilmek adına bu tez çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda ortogonal ve diyagonal şekilde, çeşitli genişliklerde ve doğrultularda karbon tekstille takviye edilmiş sıva katmanı ile güçlendirilmiş döşemelerin çarpma etkisi altındaki davranışları incelenmiştir.

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

SUMMARY

Undoubtedly, one of the basic needs of humanity since its existence is the need for shelter. In line with these needs, they have built various buildings from the past to the present and used various building materials for this purpose. Today, the most widely used building material is concrete integrated with steel, ie reinforced concrete structures.

Reinforced concrete structures appear with different designs according to the needs. During their service life, they encounter various forces and effects. To these; The loads defined in the regulations such as permanent loads formed by the self-loads of the structural elements, live loads acting on the building element at various times and can be displaced, earthquake load, wind load, soil thrust, ice load, loads consisting of different settlements can be given as examples.

In addition to the loads, the impact load, which has a dynamic effect, should be considered in the design for a safe structure. Impact load effects that can occur unexpectedly, such as sudden impact or explosion, may also cause the structure to migrate for seconds. It is doubtless that knowing the impact behavior of structural elements has a very important place for safe structures.

In this direction, this thesis study was carried out in order to see the behavior of reinforced concrete slabs under the impact of impact and various strengthening methods. In this context, the behavior of floors reinforced with carbon textile reinforced plaster layer in various widths and directions, orthogonal and diagonal shapes, under impact were investigated.

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

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET vi
SUMMARY vii
TEŞEKKÜR viii
İÇİNDEKİLER ix
ŞEKİLLER DİZİNİ xi
ÇİZELGELER DİZİNİ xx
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ xxi
1. GİRİŞ VE AMAÇ 1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 4
3. MATERYAL VE YÖNTEM 15
3.1. Materyal 15
3.1.1. Ağırlık düşürücü deney sistemi 15
3.1.2. Kauçuk ve plaka 18
3.1.3. Ölçüm cihazları 18
3.1.3.1. İvmeölçerler 18
3.1.3.2. Kuvvet algılayıcısı 24
3.1.3.3. Potansiyometrik konum algılayıcıları 28
3.1.3.4. Strain gauge 32
3.1.4. Veri toplama cihazları 34
3.1.5. Bağlantıyı sağlayan kablolar 39
3.1.6. Deneylerde kullanılan malzemelerin özellikleri 40
3.1.6.1. Donatı çeliği 41
3.1.6.2. Beton 43
3.1.6.3. Karbon tekstil 45
3.1.6.4. Tamir harcı 47
3.1.6.5. Epoksi 50

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

3.1.6.6. Ankraj 54
3.1.7. Kullanılan malzemelerin deneye hazırlanması 58
3.2. Yöntem 68
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 76
4.1. Bulgular 76
4.1.1. S1 numunesi 76
4.1.2. S2 numunesi 81
4.1.3. S3 numunesi 86
4.1.4. S4 numunesi 91
4.1.5. S5 numunesi 96
4.1.6. S6 numunesi 101
4.1.7. S7 numunesi 106
4.1.8. S8 numunesi 111
4.1.9. S9 numunesi 116
4.1.10. S10 numunesi 121
4.1.11. S11 numunesi 126
4.1.12. S12 numunesi 131
4.1.12. S13 numunesi 136
4.1.14. S14 numunesi 141
4.1.15. S15 numunesi 146
4.1.16. S16 numunesi 151
4.1.17. S17 numunesi 156
4.2. Tartışma 161
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 179
KAYNAKLAR DİZİNİ 182

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil **Sayfa**

3.1. Ağırlık düşürücü deney sistemi 16
3.2. Çekiç 16
3.3. Pnömatik valf 17
3.4. Çekiç başı boyutları 17
3.5. Kauçuk ve çelik plak 18
3.6. 352B70 Model ivmeölçer 20
3.7. Montaj türüne göre ivmeölçerlerin hassasiyet-frekans grafiği 20
3.8. Döşeme üzerine uygun çapta delik açılması 21
3.9. Montajı gerçekleştirilmiş çelik dübel 22
3.10. Metrik vida 22
3.11. Pirinç aparat 22
3.12. Montaj işlemi gerçekleştirilmiş ivmeölçer 23
3.13. Kuvars yapıdaki darbe kuvveti algılayıcısı 25
3.14. Serbest duruş montaj biçimi 26
3.15. Kuvars darbe kuvveti algılayıcısının deneye hazır hale getirilmesi 26
3.16. Potansiyometrik konum algılayıcısı devresi 28
3.17. LPS model potansiyometrik konum algılayıcısı 29
3.18. Potansiyometrik konum algılayıcılarının temas yüzeylerine cam monte edilmesi 29
3.19. Sensör besleme kutusu 30
3.20. Montaj işlemi gerçekleştirilmiş potansiyometrik konum algılayıcılar 31
3.21. Strain gauge yapısı 32
3.22. Loctice 495 siyanokrilat yapıştırıcı ile strain gauge montajı 33
3.23. Kablo birleşim yerlerinin silikon ile döşemeye sabitlenmesi 34
3.24. NI 9234 veri elde etme cihazı 35
3.25. NI 9201 bağlantı çeşitleri ile vidalı terminal tipi veri algılayıcı 36
3.26. NI 9235 veri elde etme cihazı 37
3.27. c-DAQ-9174 veri birleştirme ana gövdesi 38
3.28. 003A10 model koaksiyel kablo 39

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

3.29. 003A10 cinsi koaksiyel kablo detayları 40
3.30. Kullanılan döşeme elemanlarının ebatları 41
3.31. Üretilen hasır donatılar 41
3.32. Kullanıma hazır ve yerleşme işlemi tamamlanmış hasır döşeme 42
3.33. Donatı detayları 42
3.34. Beton dökümünün gerçekleştirilmesi 43
3.35. Beton dökümü gerçekleştirilmiş numuneler 44
3.36. Beton basınç dayanımları 44
3.37. ticm firmasına ait CR370 model karbon tekstil 45
3.38. Teknorep 300 47
3.39. Sikadur®-330 51
3.40. Teknobar C model karbon fiber çubuk 55
3.41. 50 mm genişliğine sahip karbon tekstillerin yerleşim planı 58
3.42. 100 mm genişliğe sahip karbon tekstillerin yerleşim planı 59
3.43. Karbon tekstil uygulanacak yerlerin döşeme üzerinde çizimle belirtilmesi 60
3.44. Karbon tekstil uygulanacak kısımların pürüzlendirme işlemi 61
3.45. Ankrajların epoksi ile döşeme üzerine yerleştirilmesi 62
3.46. 50 mm genişlikte karbon tekstil kullanılan döşemelerde ankraj yerleşimi 63
3.47. 100 mm genişlikte karbon tekstil kullanılan döşemelerde ankraj yerleşimi 64
3.48. Teknorep 300 tamir harcının hazırlanması 65
3.49. Tamir harcı ile karbon tekstillerin yerleştirilmesi 65
3.50. 50 mm şerit genişliğine sahip karbon tekstil uygulaması yapılmış döşemeler 66
3.51. 100 mm şerit genişliğine sahip karbon tekstil uygulaması yapılmış döşemeler 67
3.52. Tek doğrultuda çalışan döşemelerin strain gauge yerleşimleri 70
3.53. Çift doğrultuda çalışan döşemelerin strain gauge yerleşimleri 70
3.54. Betonarme döşemelerin yerleştirildiği çelik platform 71
3.55. Döşeme merkezine sabitlenmiş neopren kauçuk ve çelik plak 72
3.56. İvmeölçerler, potansiyometrik konum algılayıcıları yerleşimi 73

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

3.57. Veri toplama ana gövdesine bağlanmış veri toplama aygıtları 74
3.58. Betonarme döşemenin deneye hazır hale getirilmiş hali 75
4.1. S1 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı 77
4.2. S1 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı 77
4.3. S1 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı 78
4.4. S1 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı 78
4.5. S1 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı 79
4.6. S1 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı 79
4.7. S1 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı 80
4.8. S1 döşemesinde oluşan hasarlar 80
4.9. S2 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı 81
4.10. S2 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı 82
4.11. S2 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı 82
4.12. S2 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı 83
4.13. S2 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı 83
4.14. S2 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı 84
4.15. S2 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı 84
4.16. S2 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı 85
4.17. S2 numunesinde oluşan hasarlar 85
4.18. S3 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı 86
4.19. S3 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı 87
4.20. S3 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı 87
4.21. S3 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı 88
4.22. S3 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı 88
4.23. S3 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı 89
4.24. S3 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı 89
4.25. S3 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman grafiği 90
4.26. S3 numunesinde oluşan hasarlar 90

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

4.27. S4 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı 91
4.28. S4 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı 92
4.29. S4 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı 92
4.30. S4 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı 93
4.31. S4 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı 93
4.32. S4 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı 94
4.33. S4 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı 94
4.34. S4 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı 95
4.35. S4 numunesinde oluşan hasarlar 95
4.36. S5 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı 96
4.37. S5 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı 97
4.38. S5 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı 97
4.39. S5 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı 98
4.40. S5 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı 98
4.41. S5 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı 99
4.42. S5 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı 99
4.43. S5 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı 100
4.44. S5 numunesinde oluşan hasarlar 100
4.45. S6 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı 101
4.46. S6 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı 102
4.47. S6 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı 102
4.48. S6 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı 103
4.49. S6 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı 103
4.50. S6 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı 104
4.51. S6 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı 104
4.52. S6 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı 105
4.53. S6 numunesinde oluşan hasarlar 105
4.54. S7 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı 106

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

4.55. S7 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı 107
4.56. S7 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı 107
4.57. S7 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı 108
4.58. S7 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı 108
4.59. S7 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı 109
4.60. S7 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı 109
4.61. S7 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı 110
4.62. S7 numunesinde oluşan hasarlar 110
4.63. S8 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı 111
4.64. S8 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı 112
4.65. S8 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı 112
4.66. S8 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı 113
4.67. S8 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı 113
4.68. S8 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı 114
4.69. S8 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı 114
4.70. S8 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı 115
4.71. S8 numunesinde oluşan hasarlar 115
4.72. S9 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı 116
4.73. S9 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı 117
4.74. S9 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı 117
4.75. S9 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı 118
4.76. S9 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı 118
4.77. S9 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı 119
4.78. S9 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı 119
4.79. S9 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı 120
4.80. S9 numunesinde oluşan hasarlar 120
4.81. S10 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı 121
4.82. S10 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı 122

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

4.83. S10 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı 122
4.84. S10 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı 123
4.85. S10 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı 123
4.86. S10 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı 124
4.87. S10 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı 124
4.88. S10 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı 125
4.89. S10 numunesinde oluşan hasarlar 125
4.90. numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı 126
4.91. S11 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı 127
4.92. S11 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı 127
4.93. S11 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı 128
4.94. S11 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı 128
4.95. S11 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı 129
4.96. S11 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı 129
4.97. S11 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı 130
4.98. S11 numunesinde oluşan hasarlar 130
4.99. S12 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı 131
4.100. S12 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı 132
4.101. S12 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı 132
4.102. S12 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı 133
4.103. S12 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı 133
4.104. S12 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı 134
4.105. S12 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı 134
4.106. S12 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı 135
4.107. S12 numunesinde oluşan hasarlar 135
4.108. S13 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı 136
4.109. S13 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı 137
4.110. S13 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı 137

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

4.111. S13 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı 138
4.112. S13 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı 138
4.113. S13 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı 139
4.114. S13 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı 139
4.115. S13 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı 140
4.116. S13 numunesinde oluşan hasarlar 140
4.117. S14 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı 141
4.118. S14 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı 142
4.119. S14 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı 142
4.120. S14 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı 143
4.121. S14 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı 143
4.122. S14 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı 144
4.123. S14 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı 144
4.124. S14 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı 145
4.125. S14 numunesinde oluşan hasarlar 145
4.126. S15 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı 146
4.127. S15 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı 147
4.128. S15 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı 147
4.129. S15 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı 148
4.130. S15 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı 148
4.131. S15 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı 149
4.132. S15 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı 149
4.133. S15 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı 150
4.134. S15 numunesinde oluşan hasarlar 150
4.135. S16 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı 151
4.136. S16 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı 152
4.137. S16 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı 152
4.138. S16 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı 153

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

4.139. S16 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı 153
4.140. S16 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı 154
4.141. S16 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı 154
4.142. S16 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı 155
4.143. S16 numunesinde oluşan hasarlar 155
4.144. S17 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı 156
4.145. S17 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı 157
4.146. S17 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı 157
4.147. S17 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı 158
4.148. S17 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı 158
4.149. S17 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı 159
4.150. S17 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı 159
4.151. S17 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı 160
4.152. S17 numunesinde oluşan hasarlar 160
4.153. Döşemelerin şerit genişliklerine göre maksimum ivme değer ortalamaları 163
4.154. Döşemelerin şerit yönlerine göre maksimum ivme değer ortalamaları 163
4.155. Döşemelerin şerit yerleşim şekline göre maksimum ivme değer ortalamaları 164
4.156. Döşemelerin ankraj kullanımına göre maksimum ivme değer ortalamaları 165
4.157. Deney elemanlarında ölçülen maksimum ivme değerleri 165
4.158. Döşemelerin şerit genişliklerine göre maksimum deplasman değer ortalaması 166
4.159. Döşemelerin şerit yönlerine göre maksimum deplasman değer ortalamaları 167
4.160. Döşemelerin şerit yerleşimlerine göre maksimum deplasman değeri ortalamaları 168
4.161. Döşemelerin ankraj kullanımına göre maksimum deplasman değer ortalamaları 168
4.162. Deney elemanlarında ölçülen maksimum deplasman değerleri 170
4.163. Döşemelerin şerit genişliklerine göre kalıcı deplasman değer ortalaması 171
4.164. Döşemelerin şerit yönlerine göre kalıcı deplasman değer ortalamaları 172
4.165. Döşemelerin şerit yerleşimlerine göre kalıcı deplasman değeri ortalamaları 172
4.166. Döşemelerin ankraj kullanımına göre kalıcı deplasman değer ortalamaları 173

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

4.167. Deney elemanlarında ölçülen kalıcı deplasman değerleri 173
4.168. Döşemelerin şerit genişliğine göre maksimum birim deformasyon değer ortalamaları.....174
4.169. Döşemelerin şerit yönlerine göre maksimum birim deformasyon değer ortalamaları ..174
4.170. Döşemelerin şerit yerleşimlerine göre maksimum birim deformasyon değeri ortalamaları.....175
4.171. Döşemelerin ankraj kullanımına göre maksimum birim deformasyon değer değer ortalamaları 176
4.172. Deney elemanlarında maksimum birim deformasyon değerleri 176
4.173. Parametrelere bağlı olarak değişen ortalama dinamik tepki değerleri 177

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

3.1. Deney kapsamında kullanılan 352B70 model ivmeölçere ait teknik bilgiler 23
3.2. Kuvars yapıdaki darbe kuvveti algılayıcısına ait teknik bilgiler 27
3.3. Potansiyometrik konum algılayıcısına ait teknik özellikler 30
3.4. BF-120-10-AA tipi strain gauge teknik özellikleri 32
3.5. NI 9234 veri elde etme cihazının teknik özellikleri 35
3.6. NI 9201 veri elde etme cihazının teknik özellikleri 37
3.7. NI 9235 veri elde etme cihazının teknik özellikleri 38
3.8. c-DAQ-9174 veri birleştirme ana gövdesinin teknik özellikleri 39
3.9. 003A10 türü koaksiyel kablo bilgileri 40
3.10. CR370 model karbon tekstilin teknik özellikleri ve gerekli bilgiler 45
3.11. Teknorep 300 tamir harcı için gerekli bilgiler ve teknik özellikler 47
3.12. Sikadur®-330 teknik özellikleri 51
3.13. Teknobar C model karbon fiber çubuğun teknik özellikleri 56
3.14. Döşemelerin isimlendirilmesi için kullanılan semboller 68
3.15. Deney elemanlarının isimlendirilmesi ve değişken parametreleri 69
4.1. Gerçekleştirilen çalışmada tespit edilen değerler 161

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
AC	Alternatif akım
cm	Santimetre
ºC	Santigrat derece
dB	Desibel
DC	Doğru akım
g	Yerçekimi ivmesi
GPa	Gigapascal
gr	Gram
Hz	Hertz
J	Joule
Kg	kilogram
kHz	Kilohertz
kJ	Kilojoule
kN	Kilonewton
kNm	Kilonewtonmetre
kΩ	Kiloohm
m	Metre
mA	Miliamper
MA	Megaamper
MHz	Megahertz
mm	Milimetre
Mpa	Megapascal
ms	Milisaniye
mV	Milivolt
MΩ	Megaohm
N	Newton
ns	Nanosaniye
pF	Pifofarad
s	Saniye

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ(devam)

Simgeler	**Açıklama**
V	Volt
V_b	Besleme voltajı
VDC	Volt, doğru akım
V_0	Ölçüm voltajı
x_s	Sürgü konumu
x_{max}	Maksimum ölçme boyutu
Ø	Çap
Ω	Ohm
μA	Mikroamper

Kısaltmalar	**Açıklama**
RC	Betonarme
FRP	Fiber takviyeli polimer
SFRC	Çelik lifler içeren beton
TRM	Tekstil takviyeli harç
CDP	Beton hasar plastisite yapıcı modeli
UHP-FRC	Yeni ultra yüksek performanslı fiber takviyeli beton
CFRP	Karbon lif takviyeli polimer

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Agrega, çimento ve suyun kimyasal ve mineral katkı maddeleri ilave edilerek veya edilmeden homojen olarak karıştırılmasıyla oluşan, başlangıçta plastik kıvamlı olup zamanla prizini alarak sertleşen kompozit yapı malzemesine beton adı verilir. Beton; dış kuvvetlere karşı gösterdiği yüksek mukavemet, suya karşı geçirimsiz özelliği, yangına dirençli olması, enerji verimliliği, ekonomik oluşu ve hemen hemen istenilen her yerde üretiminin gerçekleştirilebilmesi nedeniyle günümüzde kullanılan en yaygın yapı malzemelerinin başında gelir.

Bilindiği üzere beton gevrek bir malzemedir ve bu sebeple yüksek basınç dayanımı, düşük çekme dayanımına sahiptir. Beton ile çelik arasındaki yüksek aderanstan kaynaklı olarak yapıya etki eden çekme kuvvetlerini karşılamak maksadıyla beton ve çelik birlikte kullanılarak betonarme yapılar oluşturulmuştur. Günümüzde de baraj, köprü, bina gibi yapıların çok önemli bir kısmı betonarme sistemlerle imal edilmektedir.

Betonarme yapılar servis ömürleri boyunca; yapı elemanlarının öz yüklerinden oluşan kalıcı yükler, yapı elamanına çeşitli zamanlarda etkiyen ve yer değiştirebilen hareketli yükler, deprem yükü, rüzgâr yükü, toprak itkisi, buz yükü, farklı oturmalardan meydana gelebilen yükler gibi literatürde var olan çeşitli yüklere maruz kalırlar. Fakat emniyetli bir yapı tasarlanırken bu yüklere ek olarak dinamik etkiye sahip olan çarpma yükünün de kesinlikle göz ardı edilmemesi gerekir. Sanayi yapılarında meydana gelen patlamalar, terör saldırıları, heyelan veya herhangi bir sebepten ötürü arazi üzerindeki kaya gibi malzemelerin yapı üzerine düşmesi, su içerisinde veya kenarında bulunan yapılara akıntı sonucu suyun içindeki katı malzemelerin çarpması gibi etkiler çarpma yükü olarak değerlendirilebilir.

Çarpma yükü; çarpan nesnenin boyutu, tesir süresi, çarpan nesnenin fiziksel özelliklerine göre değişeceği için etkisi ve büyüklüğü net olarak belli olmayan bir yüktür. Bu nedenle yapıların çarpma yükü altındaki davranışlarının mümkün olan en iyi şekilde bilinmesi gerekir.

Geçmişte yapılan araştırmalarda çeşitli yapı elemanlarının çarpma etkisi altındaki davranışları incelenmiştir. Bu çalışmalarda standart bir deney düzeneği olmamasına karşın büyük çoğunluğunda ağırlık düşürme yöntemi kullanılmıştır. Fakat çoğu çalışmada sadece hasar analizi yapılmış, güçlendirme önerileri ve deneyleri hakkında yeteri kadar çalışmada bulunulmamıştır.

Bu doğrultuda betonarme döşemelerin çarpma etkisi altında gösterdikleri davranışlar ve çeşitli güçlendirme yöntemlerini görebilmek adına bu tez çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda ortogonal ve diyagonal şekilde, çeşitli genişliklerde karbon tekstille takviye edilmiş sıva katmanı ile güçlendirilmiş döşemelerin çarpma etkisi altındaki davranışları incelenmiştir.

Yapılan çalışmada; yüksek çekme dayanımı, yüksek dayanım ve süneklilik, yüksek dürabilite özelliklerine sahip olması, kolay uygulanabilirliği ve yüksek aderansa sahip olması nedeniyle karbon tekstil seçilmiştir.

Çalışma kapsamında deneyler 1'i referans numunesi olmak üzere toplamda 17 betonarme plak üzerinde gerçekleştirilmiştir. Betonarme plakların boyutu 1000x1000x80 mm şeklindedir. Döşemelerin çarpma etkisi altındaki davranışı ağırlık düşürme yöntemiyle test edilmiştir. Düşürülen ağırlığın yüksekliği, kütlesi ve beton basınç dayanımı sabittir. Değişken sabitler karbon tekstillerin sıva katmanıyla beraber betona entegre ediliş şekli, doğrultusu ve ankraj kullanılıp kullanılmamasıdır. Karbon tekstiller 8'i ortogonal 8'i diyagonal şekilde yerleştirilmiştir. Ortogonal olarak yerleştirilenlerden 4'ü çift doğrultulu, diğer 4'ü ise tek doğrultuludur. Güçlendirme yapılan bölgelerin genişliği 2 numunede çift doğrultuda olmak üzere toplam 4 numunede 100 mm, 2 numune çift doğrultulu olmak üzere diğer 4 numunede ise 50 mm'dir. Aynı ölçülere sahip olan her 2 numunenin birisinde 4 adet ankraj kullanılmıştır. Ankrajlar epoksi kullanılarak sabitlenmiştir. Diyagonal olarak güçlendirilen 8 numunede de durum bu şekildedir. Karbon tekstiller 4'ü çift doğrultulu, diğer 4'ü ise tek doğrultuludur. Güçlendirme yapılan bölgelerin genişliği 2 numunede çift doğrultuda olmak üzere 4 numunede 100 mm, 2 numune çift doğrultulu olmak üzere diğer 4 numunede ise 50 mm'dir. Aynı ölçülere sahip olan her 2 numunenin birisinde 4 adet ankraj kullanılmıştır. Ankrajlar epoksi kullanılarak sabitlenmiştir. Ankrajın kullanılma sebebi yapılan güçlendirme çalışmaları üzerindeki etkisinin incelenmesidir.

Tez çalışması yürütülürken, betonarme döşemelerde meydana gelen çarpma etkisinin sonucunda oluşan ivme ve deplasman değerlerinin ölçülmesinde modern tekniklerden ve çeşitli yazılımlardan yararlanılmıştır. Uygulanan güçlendirme yönteminin betonarme döşemeler üzerindeki etkisi titizlikle incelenmiştir.

Tez çalışmasının ikinci bölümünde, bu konuyla ilgili veya benzer çalışmaların incelendiği ve değerlendirildiği literatür araştırması kısmı yer almaktadır. Üçüncü bölümde deneyde kullanılan malzemeler, aletler, deney düzeneği ve deneyin yöntemi açıklanmıştır. Dördüncü bölümde numunelerden elde edilen veriler ve tepkiler sunulmuştur. Son bölümde ise deneyin sonuçları özetlenmiş, yorumlanmış ve bundan sonra yapılacak olan çalışmalara yol göstermesi açısından önerilerde bulunulmuştur.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Betonarme döşemelerin farklı parametrelere bağlı olarak çarpma yükü etkisi altında göstermiş olduğu davranışlar üzerine bir literatür çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda döşemeler üzerinde; farklı tipte ve oranda donatı kullanımı, uygulanan darbe yüklerinin enerji çeşitliliği, farklı döşeme kalınlıkları ve mesnet koşulları, çeşitli güçlendirme elemanları gibi etkenlere bağlı olan değişkenleri konu alan çeşitli deneysel araştırmalar incelenmiştir. Bu kısımda incelenen çalışmalar özetlenerek çeşitli çıkarımlarda bulunulmuştur.

Zineddin (2007), gerçekleştirdiği çalışmada farklı tipte döşeme donatılarının ve uygulanan darbe yüklerinin betonarme döşemelerin dinamik tepkisi ve davranışı üzerindeki etkileri araştırmıştır. Bunun için 3 farklı şekilde 1524x353x90 mm boyutunda betonarme döşemeler oluşturulmuştur. Birinci tip levhanın her iki yüzünde beton örtünün altında yerleştirilmiş iki adet 5 mm tel çapına sahip 152x152 mm kaynaklı çelik tel örgü ağı kullanılmıştır. İkinci tip levhada da aynı çelik tel örgü ağı döşemenin ortasına 9.5 mm çapında olacak şekilde uygulanmıştır. Üçüncü tip levhada ise döşemenin her iki yüzünde beton örtünün altında olacak şekilde 9.5 mm çapında aynı kaynaklı çelik tel örgü ağı yerleştirilmiştir. Darbe ağırlığının düşü yükseklikleri sırasıyla 152 mm, 305 mm ve 610 mm'dir. Yük darbeleri, çekicin çarpma plakasına takılan bir yük hücresi ile ölçülmüştür. İvmeölçerler, plakaların tepkisini ölçmek için plakaların arka yüzeyine farklı konumlarda yerleştirilmiştir. Darbe ağırlığı ise 2608 kg'dır. Yapılan çalışmanın sonuçlarından elde edilen veriler, bir döşemenin tepkisinin çelik donatı miktarından ve düşme yüksekliğinden etkilendiğini göstermiştir. Özellikle donatı miktarlarının döşeme kırılma modlarını etkilediği görülmüştür. Daha ağır donatıya sahip levhalar, daha hafif donatıya sahip levhalara kıyasla daha yüksek ivmelenmeler yaşamışlardır. Bir betonarme levhanın davranışında yerel etki altında dört veya daha fazla aşama gözlenmiştir: (a) çarpmadan önce stabil durumdadır; (b) darbe kütlesi levhanın üst yüzeyine temas ettiği anda, levha elastik bir levha görevi görmüş ve çok kısa bir süre için lokalize bir gerilime maruz kalmıştır; (c) çatlamadan sonra ve donatı esnemesinden önce, levha artık sabit sertlikte değildir, beton, darbe alanının çevresinde ciddi şekilde çatlamıştır; (d) Donatının akması sonunda darbe kütlesinin altındaki alanda hasar başlamış ve darbe bölgesinden uzaktaki

radyal şekilli çatlaklara yayılmıştır; (e) levhanın merkezinde darbe kütlesinin tam olarak nüfuz etmesi ile döşemenin artan sapması, üst yüzeyde akma hattı mekanizmasının hızlı ilerlemesine neden olmuştur; (f) akma bölgesinde daha fazla yük ile, merkezdeki levha sapmasındaki bir artış, betonun şiddetli bir şekilde delinmesine neden olacak kadar şiddetlidir. Döşemeler, yavaş yükleme hızlarında sünek, bölgesel darbe altında ise kırılgan bir davranış sergilemişlerdir. Darbe alanı altında meydana gelen aşırı kesme kırılması, donatı ağının kesilmesine neden olmuştur. Betondaki gerilme göçmesi nedeniyle plakaların üst yüzeyinde daha fazla çatlak da görülmüştür. Donatı detayları ve düşme yüksekliği çeşitleri için, betonun levhanın arka yüzeyindeki dökülme alanı grup genelinde farklılıklar göstermiştir. Dökülmenin çoğu, levhanın genişliği ve donatı türleri tarafından sınırlandırılmıştır. İkinci tip levhanın donatısının döşemenin ortasında olması nedeniyle levhanın arka yüzeyinden daha fazla beton sıyrılmıştır. Üst döşeme yüzeyindeki delme kesme deliğinin boyutu, düşme yüksekliğiyle ilişkilidir. Daha yüksek düşü yükseklikleri, daha küçük delme deliklerine neden olmuştur. Düşme yüksekliği artırıldığında, levhanın delme veya doğrudan kesmeye uğrama olasılığı artmıştır. Genel olarak, donatı detaylarının ve düşme yüksekliğinin döşemelerin yapısal davranışına etkisine rağmen, çelik alanından dolayı gruplar genelinde maksimum yük çok farklı olmamıştır. Aslında, daha fazla çelik donatı, betonda bölgesel bir delme kayma başarısızlığına neden olmuştur. Öte yandan, daha az çelik takviye, betonda kırılgan bir kırılmaya neden olmuştur. Sonuç olarak, hem çarpma yükünün hem de donatı detaylarının, yapısal döşemelerin göçme modundaki etkili parametreler olarak değerlendirilmesi gerektiği sonucu çıkarılmıştır.

Almussalam vd. (2014), betonarme (RC) tek yönlü plakaların eğilme kapasitesini yükseltmek için harici olarak bağlanmış Fiber Takviyeli Polimer (FRP) kompozitlerin kullanımını deneysel ve sayısal olarak araştırmıştır. Deney çalışmasında kullanılan tüm numuneler 930x2010x100 mm boyutunda ve 1080 mm etkili açıklığa sahiptir. Toplamda 8 adet döşeme kullanılmıştır. Döşemeler 250 mm aralıklarla 8Ø10 mm çelik çubuklarla boylamasına güçlendirilmiş ve% 0,42'lik bir donatı oranı sağlanmıştır. Enine yönde 300 mm aralıklarla 4Ø8 mm çelik çubuk yerleştirilmiştir. Tüm döşeme kesitleri, ana çekme çeliğinin akması ile başlatılan eğilme kırılma modlarını sağlamak ve FRP kompozitlerinin eğilme kapasitesini artırmadaki etkinliğini ortaya çıkarmak için bilinçli olarak güçlendirilmiş olacak şekilde tasarlanmıştır. Referans numunesi olarak 2 numune seçilmiş ve kalan 6 numune ise FRP kompozitleri ile bükülmede harici olarak güçlendirilmiştir.

Deneysel olarak incelenen ana parametreler FRP sistemi tipi ve eksenel FRP sertliğidir. Üç eksenel sertlik değerine sahip üç farklı FRP sistemi incelenmiştir. Bunlardan birisi, pultrüzyon işlemi kullanılarak şerit şeklinde imal edilen tek yönlü karbondan; diğer ikisi ise kumaş üzerinde ıslak serme işlemi kullanılarak üretilen tek yönlü karbondan oluşuyordu. İlk sistemde prefabrike şeritler epoksi yapıştırıcı kullanılarak beton yüzeye yapıştırıldı. Diğer iki sistem, hem betona yapıştırıcı hem de FRP kompoziti için matris görevi gören reçine sistemi ile plakalar üzerinde oluşturulmuştur. Üç FRP sistemi, yapıştırmaya uygun bir alt tabaka sağlamak için kumlama, fırçalama ve temizlemeden sonra plakaların gerilim yüzeyine uygulanmıştır. Sekiz levha, toplam 0.93 m açıklıkta ve 0.365 m kayma açıklığında 4 noktalı eğilmeye tabi tutulmuştur. Yük, sert bir reaksiyon çerçevesine bağlı bir 600 kN hidrolik kriko kullanılarak uygulanmıştır. Yapılan çalışma sonuçlarına göre dışarıdan bağlanan FRP kompozit sistemlerinin, betonarme tek yönlü plakaların eğilme kapasitesini ve sertliğini yükseltmede etkilidir, ancak sapma sünekliklerinin azaltılması gerekir. Aynı FRP donatı alanıyla, FRP genişliğini artırmak, betonarme tek yönlü plakaların eğilme kapasitesini yükseltmek açısından kalınlığını artırmaktan önemli ölçüde daha etkilidir. Genel olarak, harici olarak bağlanmış FRP kompozitlerinin, RC tek yönlü plakaların bükülme kapasitesini ve sertliğini arttırmak açısından etkili olduğu sonucuna varılabilir.

Radnic vd. (2014), çift yönlü betonarme döşemeler ve karbon fiber takviyeli polimer ile güçlendirilmiş özdeş döşemelerin darbe kuvvetleri altındaki davranışlarını deneysel olarak incelemiştir. Bu kapsamda üretilen döşemeler 1000x1000x55 mm boyutlarındadır. Çalışmada düşürülen çekicin ağırlığı ve düşü yüksekliği değişken olarak belirlenmiştir. Döşemeler, statik ve dinamik yüklemeler altında test edilmiştir. İki farklı yüklemenin gerçekleştirilmesinin nedeni, betonarme yapıların davranışlarının yükleme hızına yani gerinim hızına bağlı olmasıdır. Gerinim hızı arttıkça elemanların mukavemetleri artmakta ve deformasyon oranları azalmaktadır. Düşük bir yükleme hızında beton ve çeliğin davranışı, statik yükleme sonucu oluşan davranıştan pek farklı değildir. Deneysel süreçte bazı elemanlar kesme kuvveti etkisiyle oluşan zımbalama etkisi gerçekleşene kadar art arda darbe yükü maruz bırakılarak test edilmiş, bazılarına ise yükleme tek sefer yapılmıştır. Tüm deney elemanları, ilk başta statik yükleme altında test edilmiştir. Güçlendirme çalışması yapılan elemanlarda döşemelerin alt yüzeyine yerleştirilen 4 şeridin ortogonal konfigürasyonu kullanılmıştır. Buradaki amaç, bu şeritleri

zımabalama yaşanacak kısıma yerleştirmek ve zımbalama kapasatisenini arttırmaktır. Gerçekleştirilen statik testlerde; karbon fiber şeritlerle güçlendirilmiş deney elemanlarının, betonarme plakalardan yaklaşık %25 daha fazla nihai taşıma kapasitesine sahip olduğu görülmüştür. Darbe testlerinde ise; güçlendirilen elemanların, betonarme elemanlara göre %10 oranında daha büyük nihai taşıma kapasitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu farkın sebebi, yükleme hızının azaldıkça yani eleman daha uzun süre yüke maruz kaldıkça betonarme plakaların basınç dayanımının azalmasıdır. Bu durumun nedeni yükleme sonucu meydana gelen sünmeden oluşmaktadır.

Trevor vd. (2014), çelik lif takviyeli beton döşemelerin darbe yükü altındaki davranışını incelemek üzere bir çalışma yapmışlardır. Plakalar 1800x1800x130 mm boyutlarında olmak üzere toplam 7 adettir. 3 plaka düz beton kullanılarak inşa edilmiş, 4 plaka ise çeşitli hacimlerde uç kancalı çelik lifler içeren bir çelik telle güçlendirilmiş beton(SFRC) karışım tasarımıyla imal edilmiştir. Levhalar arasında iki parametrenin etkisi incelenmiştir. Bunlar; %0-%1,5 arasında değişen çelik elyaf hacim fraksiyonu(Vf) ve levhaların düzlemsel yönlerinde eşit olan ve katman başına %0,273-%0,592 arasında değişen boylamasına donatı oranıdır. Her plakanın her bir takviye şiltesi iki dikey takviye tabakasından oluşmak üzere, takviye alt ve üst örtülerinde eşit miktarda çelikle iki kat takviye uygulanmıştır. Boylamasına donatı oranını çeşitlendirmek için iki tip donatı kullanılmıştır. Bunlar; 71 mm^2 kesit alanına ve 9,5 mm çapa sahip donatı çubukları, 100 mm^2 kesit alanına ve 11,3 mm çapa sahip donatı çubuklarıdır. Darbe yükü nedeniyle plakaların geri tepmesini engellemek amacıyla pozitif ve negatif dikey ötemeleri kısıtlayan ancak plakaların köşesinden serbestçe dönmesine izin veren bir test çerçevesi seçilmiştir. Deneyde 25 potansiyometre ve 13 ivmeölçer kullanılmıştır. Darbe yükü, serbest ağırlık düşürme yöntemiyle uygulanmıştır. Düşü yüksekliği 3,26 m olarak seçilmiştir ve plakalara çarpan nesnenin temas yüzü düz, 25 mm kalınlığında, 300 mm genişliğinde kare çelik plakadan oluşturulmuştur. Döşemeler, 150 kg-300 kg arasında değişen kütlelerin çarpma etkisine maruz bırakılmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda hacimce %1,5 çelik elyaf içeren döşemenin hasara karşı en çok direnç gösteren döşeme olduğu gözlemlenmiştir. Çelik elyaf eklenen döşemelerde, miktarıyla orantılı olarak çatlak aralıkları ve genişlikleri azalmıştır. Boyuna donatı oranının hasar kapasitesinde etkisinin sınırlı olduğu görülmüştür. Takviye oranı %0,420 olan levha %0,273 takviye oranına sahip levhaya göre daha iyi

performans göstermiştir fakat %0.420 ve %0,592 boyuna donatı takviyesi içeren döşemelerin darbe kapasitesinin eşit olduğu sonucuna varılmıştır.

Bournas vd. (2015), karbon fiber ankrajların, dışarıdan bağlanmış fiber takviyeli polimerlerin(FRP) ve tekstil takviyeli harç levhalarının(TRM) betona entegre edilmesi üzerine etkisini araştırmak üzere bu çalışmayı yürütmüşlerdir. Deneyde toplamda 8 adet 200x200 mm kesitli kolon ve 400x400 mm kesitli temel elemanı FRP ankrajları ile bağlanmıştır. Çalışmada; ankraj sayısı, ankraj kesit alanı, ankrajları sabitlemek için kullanılan malzeme türü(epoksi, harç) ve ankrajlara bağlı karbon fiber levha sayıları değişken olarak tutulmuştur ve etkileri gözlemlenmiştir. Güçlendirme aşamasında 600 mm uzunluğunda, 200 mm genişliğinde tek yönlü veya çift yönlü karbon tekstil kolonların yüzeylerine yapıştırılmıştır. Tek yönlü levhalar dikey şekilde liflerle yerleştirilmiştir ve kolon tabanında sonlandırılmıştır. Ankrajlar, 200 mm uzunluğunda 18 mm çapında deliklere yerleştirilmiştir. Delikler, uzunluklarının yarısına kadar epoksi ile doldurulmuştur. Ankraj kullanılmasının sebebi doğrudan gerilim kuvvetlerini kompozit levhadan beton tabana aktarmaktır. Yapılan çalışmanın sonuçlarına göre ankraj miktarının iki katına çıkarılması, ankraj-fiber takviyeli polimer(FRP) çekme kapasitesinin% 70 oranında artmasına neden olmuştur, ancak tekstil takviyeli harç(TRM) levhalarını betona bağlamak için aynı ankrajlar kullanıldığında karşılık gelen artış sadece %50'dir. Ankrajlar, FRP ve TRM levhalarının beton yüzeylerden erken delaminasyonunu önlemede etkilidir. Ankrajların FRP tek eksenli levhaları betona bağlamadaki etkinliği, çift yönlü tekstil elyaf levhalarını bağlama kapasitelerinin iki katıdır. Ankrajları sabitlemek için epoksi yerine harç kullanıldığında çift yönlü tekstil takviyesini betona bağlamadaki etkinliği yaklaşık olarak %15 daha düşüktür.

Koutas vd. (2016), çift doğrultuda çalışan betonarme döşemelerin tekstil takviyesi ile dayanımlarındaki değişikliklerin gözlemlenmesi amacıyla bu çalışmayı gerçekleştirmişlerdir. İncelenen parametreler arasında tekstil takviyesinin katman sayısı, tekstil elyafları malzemesi(karbon, cam) ve döşemedeki ilk çatlamanın rolü yer almaktadır. Deneyde 1800x1800x100 mm boyutunda 6 adet plaka kullanılmıştır. Dört levhada dış takviye olarak karbon tekstil kullanılırken bir levhada cam tekstil kullanılmıştır. Bir levhada ise güçlendirme işlemi uygulanmamıştır. Güçlendirme yapılan plakalar üzerine 2mm harç tabakası serilmiştir ardından da tekstil malzemesi el basıncıyla harcın içine

uygulanmıştır. Ardından tekstil tabakasını örtmek amacıyla tekrardan 2 mm kalınlığında harç tabakası kullanılmıştır. Tekstil takviyesinin katman sayısının fazla olduğu döşemelerde de bu işlem tekrarlanmıştır. Belirtilen parametreler dışındaki tüm değerler sabit tutulmuştur. Yapılan çalışma sonucunda tekstil takviyesinin uygulanması, iki yönlü döşemelerin dayanım kapasitesini önemli ölçüde arttırdığı gözlemlenmiştir. Takviye katmanlarının sayısının artırılması, başlangıç sertliği, çatlama yükü ve nihai yük kapasitesinde artışlara neden olmuştur. Servis edilebilirlik sınırı durumundaki bükülme direnci de artmıştır. Levhanın tam yüzünü tek bir tekstil tabakası ile kaplamak, dayanım kapasiteyi artırmada, çapraz konfigürasyonda yarım genişliğe sahip iki şerit uygulamaktan daha etkilidir. Bununla birlikte, ana yöndeki lifler ikinci durumda daha iyi aktive edilir, böylece istenilen verim artar. Farklı lif türleri (cam veya karbon), tekstil katmanlarının eksenel sertliği ile orantılı bir yük kapasitesi artışına neden olur.

Othman ve Marzouk (2016), betonarme döşemelerin çarpma etkisi altında gösterdiği dinamik etkiyi görmek üzere bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada 5 adet 1950x1950x100 mm boyutunda, 56 günlük silindir basınç dayanımı 80 MPa olan yüksek dayanımlı beton kullanılmıştır. Numunelerin özdeş beton özelliklerine sahip olması için tüm numunelere tek bir beton harmanı kullanılarak aynı anda döküm gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada çelik donatı dağılımları değişken olarak tutulmuş, ana çelik donatı oranı ve çelik takviyeleri(tek veya çift takviyeli plakalar) olmak üzere toplamda 2 parametrenin etkisi incelenmiştir. Deney, serbest ağırlık düşürme yöntemiyle yapılmıştır. Düşü yüksekliği 4,15m, düşürülen çelik ise 475 kg'dir. Her numune üzerinde toplamda 10 darbe testi gerçekleştirilmiştir. Döşemelerde akma dayanımları 433,40 MPa, 435 MPa, 451,20 MPa olan 3 adet donatı tipi kullanılmıştır. Tüm numuneler aynı yükleme ve destekleme koşulları altında test edilmiştir. Deneysel sonuçlar, betonarme plakaların darbe kuvveti özellikleri ve çarpma davranışları baz alınarak değerlendirilmiştir. Test edilen numunelerde gözlemlenen çatlak ve hasar dağılımına göre, çatlak deseninin donatı oranından ziyade donatı düzenine bağlı olduğu ortaya çıkmıştır. Tek takviyeyle güçlendirilmiş tüm numuneler lokalize ani delmeye maruz kalmışlardır. Çift takviyeyle güçlendirilmiş numunelerde ise sünek bir şekilde gerçekleşen zımbalama etkisi görülmüştür. Pik deplasman çift takviyeyle güçlendirilmiş döşemeler için donatı miktarı arttıkça azalan değer göstermiştir. Artan çelik donatı miktarının, tek takviyeyle güçlendirilmiş döşemeler için tepe yer değiştirme üzerinde kayda değer bir etkisi yoktur. Öte yandan, artık yer

değiştirme, donatı oranı ile ters korelasyon ilişkisi içindedir. Hasar etkisinin donatı oranından çok donatı dizilim şekline göre değişkenlik gösterdiği görülmüştür. Minimum üst takviye tabakasının eklenmesi hasarı sınırlamada önemli rol oynamıştır. Yapılan tüm bu çalışmalar çelik donatı dağılımının darbe yüklemesine maruz kalan betonarme plakaların davranışı üzerindeki etkisinin daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır.

Xiao vd. (2017), yaptıkları çalışmada düşük hız altında çarpma yükü etkisine maruz kalan döşemelerin davranışlarını incelemişlerdir. Çarpma enerjisi, çarpma yükü etkisini sağlayan nesnenin çapı ve şekli değişken etkenler olarak belirlenmiştir. Bu doğrultuda 15 adet 1200x1200x150 mm plaka hazırlanmıştır. Donatı oranı, özellikleri ve kullanılan betonun basınç dayanımı her plakada özdeştir. Bu 15 adet döşeme; çarpma tertibatının burun şekli ve çapına göre 10H, 10F ve 20F olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. 10H; 10 cm çapında yarım küre burnu, 10F; 10 cm çapında düz burnu ve 20F; 20 cm çapında düz burnu temsil etmektedir. Her grupta özdeş özelliklere sahip 5 levha seçilmiş, farklı düşü ağırlıkları ve düşü yüksekliği altında test edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda plakaların ortalama penetrasyon derinlikleri 10H grubu için 16,6mm, 10F gurubu için 17,8mm ve 20F grubu içinse 8,8 mm olarak ölçülmüştür. Bu değerler yükleme alanının çapı arttığında penetrasyon derinliğinin azaldığı göstermektedir. Çarpma tertibatının burun şekli göz önüne alındığında ise, yarı küresel burnun nispeten küçük darbe enerjisi ile levhalara girebildiği, düz burnun ise darbe enerjisi büyük olduğunda yarım küre buruna nazaran daha büyük penetrasyon derinliğine neden olduğu gözlemlenmiştir. Çarpma enerjisinin artmasıyla döşemelerin alt yüzeyinde meydana gelen hasarlarda da artış görülmüş, çevresel çatlakların genişliği artmış ve tipik delme kesme kırılma modunu temsil eden beton kabuklanma olayı daha şiddetli şekilde meydana gelmiştir. Dış çevresel çatlaklarla çevrili döşeme alanı hasarlı alan olarak tanımlanmış ve 10H gurubu için 695 mm, 10F grubu için 735 mm, 20F gurubu için 872 mm olarak tespit edilmiştir. Çarpma yükü altındaki döşemelerin hasarının darbe enerjisiyle güçlü bir ilişki içerisinde olduğu tespiti yapılmıştır. Çarpma tertibatının kütle ve düşme yüksekliğinin değişmesi, darbe enerjisi sabit olduğu sürece döşeme hasarını o kadar etkilemediği görülmüştür. Bu nedenle, düşük hızlı darbe alanında, çarpma tertibatının kesin hızını ve kütlesini bilmeden, çarpma enerjisini levha tepkisi ve hasarı ile doğrudan ilişkilendirmek mümkündür. Düz burunlu çarpma tertibatına kıyasla, yarım küre şeklindeki burun şekli çarpma tertibatı, nispeten küçük darbe enerjisine sahip betonarme levhalara nüfuz etmeye yeterlidir, ancak üzerlerinde delme kesme

arızasına neden olmak için daha fazla darbe enerjisi gerektirir. Ek olarak, çarpma tertibatının çapı arttığında betonarme plakaların aldığı hasar azalmaktadır.

Othman ve Marzouk (2018), beton hasar plastisite (CDP) yapıcı modelinin, çeşitli tahribat kademelerinde darbe yükleme hızları etkisinde yeni ultra yüksek performanslı fiber takviyeli beton (UHP-FRC) malzemeyi simüle etmek amacıyla kullanılabilirliğini test edebilmek için nümerik bir araştırmada bulunmuşlardır. Sayısal modellemelerin performansı, yazarlar tarafından evvelden test edilmiş deneysel verilerin sayısal sonuçlarıyla karşılaştırılmasıyla doğrulanmıştır. Bu çalışmada ayrıca yeni ultra yüksek performanslı fiber takviyeli beton (UHP-FRC) üzerindeki gerilim hızı etkisini de karakterize etmeye çalışan deneysel testler de sunulmaktadır. Sayısal simülasyonlar ABAQUS / Explicit kullanılarak yapılmıştır. CDP parametreleri, bir kontrol numunesinin darbe testi sonuçlarına göre tanımlanır. Daha sonra, kalibre edilmiş modelin öngörü kabiliyeti, tekrarlanan düşme ağırlığı darbe yükleri altında test edilen çeşitli çelik donatı oranlarına sahip iki UHP-FRC plakasını simüle ederek araştırılmıştır. UHP-FRC, çimento, ince kum, silis dumanı, süperplastikleştirici, çok düşük su-çimento esaslı malzeme oranı ve liflerin optimum bir kombinasyonundan oluşan nispeten yeni nesil çimentolu bir malzemedir. UHP-FRC, geleneksel muadillerine kıyasla olağanüstü mekanik ve dayanıklılık özellikleri sergiler. UHP-FRC, 150 MPa'dan daha büyük sınırlandırılmamış basınç dayanımına, 8–15 MPa aralığında gerilme mukavemetine, yüksek elastik modülüne sahiptir. UHP-FRC'nin bariz avantajına rağmen, yapısal uygulamaları yaygın değildir. UHP-FRC'nin yaygın kullanımını geciktiren ana nedenlerden biri, geniş çapta kabul gören ve güvenilir UHP-FRC kurucu yasası ve / veya tasarım yönergelerinin olmamasıdır. Ek olarak, güçlendirilmiş UHP-FRC üyelerinin yapısal tepkilerinin modellenmesi üzerine sınırlı sayısal çalışmalar yapılmıştır. Bu araştırmanın temel amacı, ayarlanabilir malzeme parametrelerine sahip mevcut CDP kurucu modelin, UHP-FRC yapısal elemanlarının dinamik tepkisini tahmin edip edemeyeceğini değerlendirmektir. Yapılan çalışmalar sonucunda, UHP-FRC'nin plastik hacimsel değişiminin geleneksel betona kıyasla daha küçük olduğu görülmüştür. UHP-FRC döşemelerin hesaplanan dinamik tepkisinin, gerilme mukavemeti, kırılma enerjisi ve hacimsel dilatans girdilerinden önemli ölçüde etkilenmiştir.

Sezer (2018), karbon lif takviyeli polimer(CFRP) şeritlerle güçlendirilmiş betonarme döşemelerin çarpma davranışını deneysel olarak incelemiştir. Çalışmada 9 adet 1000x1000x80 mm boyutunda döşemeler kullanılmıştır. Çarpma yükü olarak serbest ağırlık düşürme yöntemi tercih edilmiştir. Düşen kütlenin ağırlığı (84 kg), beton karakteristik silindir basınç dayanımı (25 MPa) ve düşü yüksekliği(1500 mm) sabit tutulmuştur. Tüm plakalarda hasır döşeme 6 mm çapında ve 150 mm aralıklarla yerleştirilmiştir. Donatıların ortalama akma dayanımı 576 MPa, çekme dayanımı ise 630 MPa'dır. Uygulanan CFRP şerit genişliği ve şerit yerleşim şekli değişken olarak seçilmiştir. Şeritler döşemeye entegre edilmeden önce şeritlerin uygulanacağı yüzeyler aderansı arttırmak amacıyla pürüzlendirilmiştir. Yapıştırma aşamasında epoksi kullanılmıştır. Yapılan çalışma, CFRP şeritlerle güçlendirilen döşemelerin rijitliğinin ve bu döşemelerde ölçülen ivme değerlerinin arttığını göstermiştir. Şerit genişliğinin 50 mm'den 100 mm'ye çıkarılması, deney elemanlarının çarpma yükü etkisine karşı göstermiş oldukları direncin artmasını sağlamıştır. Şerit genişliğine ek olarak şerit yerleşim şeklinin de katkısının büyük olduğu gözlemlenmiştir. CFRP yerleşim şekli çift doğrultulu ve diyagonal biçiminde olan döşemelerde, tek doğrultulu ve ortogonal biçiminde CFRP uygulanmış döşemelere göre yüksek ivme değeri görülürken; daha düşük düşey deplasman miktarı, çatlak genişliği ve çatlak sayısı gözlemlenmiştir. İvme değerinin artması da döşemelerin çarpma yükü etkisine karşı gösterdikleri direncin arttığı anlamına gelmektedir. Deneysel çalışma kapsamında uygulanan güçlendirme metodu, döşemelerin çarpma yükü etkisi altındaki davranışını gayet olumlu şekilde etkilemiştir. Deney elemanları içinde maksimum verim; çift doğrultulu, diyagonal ve 100 mm şerit genişliği baz alınarak uygulanan döşemede görülmüştür.

Hering vd. (2019), darbe yükü altında farklı kalınlıklardaki betonarme döşemelerin davranışlarını incelemek üzere bu çalışmayı gerçekleştirmişlerdir. Döşemeler 1500x1500x300 mm boyutundaki kalıplarda üretilmişlerdir. Plaka kalınlıkları ise 100, 200 ve 300 mm olarak seçilmiştir. Tüm numuneler C 35/45 basınç dayanımına sahiptir. Çalışmada plaka kalınlığı ve darbe yükü hızı değişken olarak seçilmiş, diğer değerler sabit parametrelerden oluşturulmuştur. Kullanılan darbe yükünün ağırlığı 21,66 kg uzunluğu ise 380 mm'dir. Hız değişimi gözlemlenmek istenen bir parametre olduğundan düşü yüksekliği sabit değildir. Yapılan çalışma sonuçlarına göre etki eden darbenin hızı arttıkça, tahribatın hasarının da arttığını gözlemlemek gayet kolaydır. Düşük hızlarda döşemenin

neredeyse hiç segmentasyonu olmazken yüksek hızlarda daha küçük parçalara ayrılmıştır. Deney esnasında döşemelerde artan darbe yükü hızı etkisi altında delinmeler gerçekleşirken kalınlığı 300 mm olan döşemelerde artan darbe hızı neticesinde var olan kinetik enerjinin döşemenin tamamen yıkımıyla sonuçlanmayacağı, bu enerjinin çoğunun plakada yüzey hasarına neden olacağı tahmini yapılmıştır. Bu varsayıma destek olarak da farklı hızlarda darbe yüküne maruz kalan plakaların iç hasarının neredeyse aynı olması örnek gösterilmiştir.

Hoşkal (2019), farklı mesnetlenme koşullarına sahip betonarme döşemelerin çarpma yükü etkisi altındaki davranışlarının ve hasarlarının irdelenmesi amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışma kapsamında 9 adet 1000x1000x80 mm boyutunda döşemeler hazırlanmıştır. Bütün numunelerin özdeş beton özelliklerine sahip olabilmesi için döküm tek seferde gerçekleştirilmiştir. Betonun 28 günlük basınç dayanımı 25 MPa'dır. Donatı olarak kullanılan çelik hasır ise 6 mm çaplı ve 150 mm aralıklarla yerleştirilmiştir. Çeliğin akma dayanımı 576 MPa, çekme dayanımı ise 630 MPa'dır. Döşemeler 4 farklı mesnet koşulu ve 2 farklı çarpma enerji seviyesi parametreleri altında test edilmiştir. Düşü yüksekliği sabit olup 1.5 m'dir. Darbe yükünün ağırlığı ise 84 kg ve 102.8 kg'dır. Mesnetlenme koşulları ise; 2 döşeme için 4 kenarından ankastre, 2 döşeme için 3 kenarından ankastre, 2 döşeme için bitişik 2 kenarından ankastre, 2 döşeme için karşılıklı 2 kenarı ankastre ve 1 döşeme için 4 kenarı da serbest mesnet koşullarına sahiptir. Ölçümler modern tekniklerle gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçları, mesnetlenme koşulunun betonarme döşemeler üzerindeki etkisinin önemini göstermiştir. Ankastre mesnetli kenar sayısı azaldıkça ölçülen ivme değeri ve oluşan deplasmanlarda artış görülmüştür. Buna ek olarak ankastre mesnetli kenar sayısı arttıkça döşemelerde meydana gelen çatlakların arttığı da gözlemlenmiştir. Çarpma enerjisinin artması ise ölçülen ivme değerlerinin, deplasmanlarının ve döşemenin alt kısmında meydana gelen çatlakların artmasına neden olmuştur.

Batarlar vd. (2021), betonarme plakalar için mukavemet katmanı olarak kullanılan karbon tekstil takviyesinin tekrarlanan darbe yükleri altındaki performansını göstermek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu doğrultuda üçü güçlendirilmiş olmak üzere toplamda beş adet aynı çelik donatı oranına ve aynı beton basınç dayanımına sahip 1500x1500x200 mm boyutunda döşemeler üretilmiştir. Döşemelere 8 mm çaplı ve 100'er

mm aralıklı donatılar yerleştirilmiştir. Güçlendirme işlemi ise 20 mm kalınlığında ince taneli beton katmana gömülü üç farklı karbon tekstil takviyesi ile sağlanmıştır. Bu deneysel çalışmada, hızlandırılmış ağırlıklar kullanılmıştır. Tüm numuneler, 21,6 kg kütleli, 100 mm düz temas yüzeyi çapında ve 380 mm uzunluğunda aynı hızlandırılmış silindirik çelik vurucu kullanılarak sert darbelere maruz bırakılmıştır. Testlerden gözlemlenen sonuçlar, karbon tekstil takviyesinin numunelerin darbe kapasitelerini artırmada çok etkili olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, darbe yüklemeleri sırasında karbon tekstili takviye türleri ve oranları nedeniyle deplasman-zaman geçmişleri ve çatlak profilleri büyük ölçüde etkilenmektedir. Katmanların güçlendirilmesi, sadece çatlak genişliklerinin azaltılmasında değil, aynı zamanda çatlakların numunelerin alt yüzeyine dağıtılmasında da önemli bir etkiye sahiptir. Karbon tekstili donatı oranının artması ile daha küçük çatlaklar oluşmuş ve bunlar güçlendirilmiş plaka numunelerinin alt yüzeylerine dağılmıştır. Döşemelerin karbon tekstil takviyeleriyle güçlendirilmesinin, başarısızlık meydana gelene kadar etki sayısı düşünüldüğünde, etki kapasitesinin artırılmasında çok etkili olduğu bulunmuştur. Karbon tekstil takviyelerinin katkısı, özellikle daha sonraki darbe testi aşamaları için, karbon tekstil takviye oranlarının artmasıyla artmaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Betonarme döşeme elemanlarının çarpma yükü etkisi altında göstermiş olduğu dinamik etkiler üzerine gerekli literatür çalışması yapıldıktan sonra gerçekleştirilecek deney kapsamında daha önceki çalışmalarda da kullanılan yüksek performans veren serbest ağırlık düşürme yönteminin uygulanmasına karar verilmiştir. Deneysel çalışma süresince modern ölçüm tekniklerinden yararlanılmıştır. Geniş ölçüm bandına sahip sensörler, bilgisayar yazılımları, veri toplayıcı cihazlar ve veri toplayıcı kablolar kullanılmıştır. Çalışma kapsamında beton karakteristik basınç dayanımı, donatı oranı, düşü yüksekliği ve düşürülen nesnenin kütlesi sabit tutulmuştur. Döşemelere çarpma yükü olarak etkiyen enerji sabittir. Karbon tekstil takviyesinin şerit genişliği, yerleşim şekli ve ankraj kullanılıp kullanılmaması değişken parametreler olarak seçilmiştir. Toplamda, 1 tanesi referans numunesi olmak üzere 17 adet betonarme döşeme hazırlanmıştır.

3.1.1. Ağırlık düşürücü deney sistemi

Ağırlık düşürücü deney düzeneğinin temel prensibi, enerjinin korunumu kanundan gelmektedir. Belirli bir yüksekliğe sahip düşü elemanının sahip olduğu potansiyel enerji, serbest bırakıldığı anda yüksekliği sıfırlanana kadar mevcut enerjisini kademeli olarak kinetik enerjiye dönüştürür. Betonarme döşemeyle teması anında da başlangıçta sahip olduğu enerjinin tamamını kinetik enerjiye dönüştürerek deney elemanına aktarır. Alüminyum gövdeden oluşmaktadır ve portatif bir yapıya sahiptir. Deney elemanının türüne (kolon, kiriş, döşeme) ve çeşitli özelliklerine göre revize edilebilecek bir tasarımda oluşturulmuştur. Deneysel programda kullanılan ağırlık düşürücü deney düzeneği, Şekil 3.1’de gösterilmektedir.



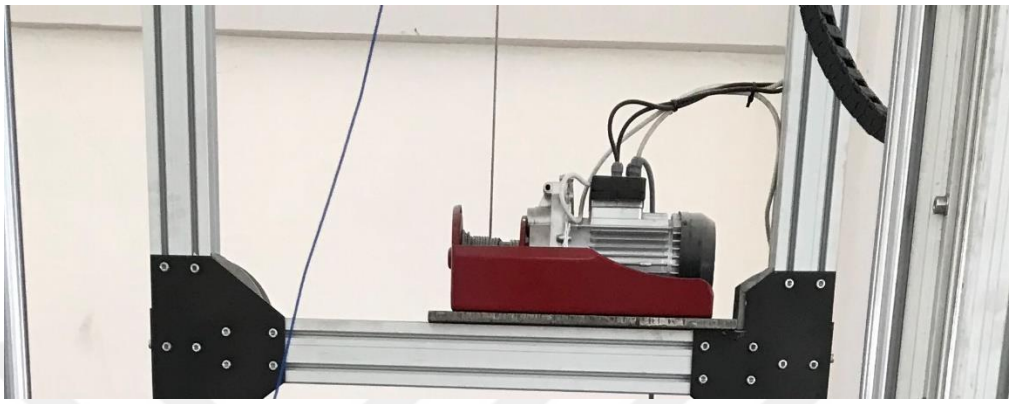
Şekil 3.1. Ağırlık düşürücü deney sistemi

Ağırlık düşürücü deney düzeneğinde, döşemeye enerji aktarımını sağlayan ve bu amaç doğrultusunda düşürülen nesneye çekiç adı verilmektedir (Şekil 3.2). Çekicin ağırlığı 84 kg'dır. İhtiyaç olması halinde, her biri 9,4 kg olan 16 adet disk istenilen enerji düzeyi doğrultusunda çekice monte edilebilmektedir. İlave edilen disklerle çekicin üniform ve rijit şekilde davranış göstermesi için çekiçte vidalama sistemi bulunmaktadır. Bu sistem kilit görevi görerek çekicin ve ilave edilen ağırlıkların çarpma anında hareketini önlemektedir.



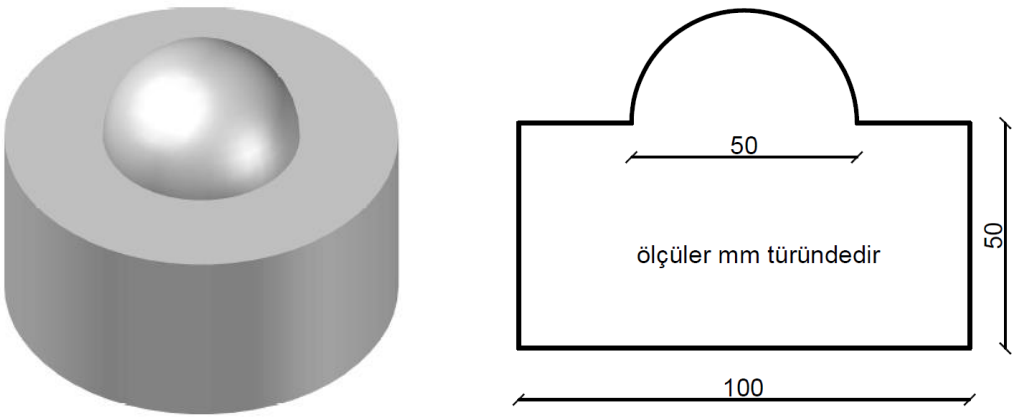
Şekil 3.2. Çekiç

Çekicin sisteme sabitlenmesi ve düşürme durumlarında serbest bırakılması hava basıncı ile pnömatik valf ile gerçekleştirilir (Şekil 3.3). Pnömatik valf, gazın geçişine izin veren anahtar sistemidir.



Şekil 3.3. Pnömatik valf

Çarpma yükünü betonarme plakaya ileten çekiç, silindirik bir geometriye sahiptir. Deney elemanı ile temas eden çekiç başı işe yarım küre şeklindedir. Geometrik özellikleri Şekil 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.4. Çekiç başı boyutları

3.1.2. Kauçuk ve Plaka

Kauçuk; çeşitli bitkilerin öz suyundan ya da petrol ve doğalgaz imal edilen, uygulanan kuvvetlere karşı sünek bir davranış gösteren, günümüzde çok yaygın olarak kullanılan esnek polimer maddedir.

Deneysel çalışma esnasında düşü yapan çekicin döşemeye aktaracağı yükü sağlıklı bir şekilde üniform olarak yaymak amacıyla çekicin çarpacağı nokta doğrultusunda neopren kauçuk ve çelik plaka kullanılmıştır (Şekil 3.5). Bu durum, elemanda görülmesi muhtemel delme etkisini ortadan kaldırmak ve daha sağlıklı veriler elde etmek için uygulanmıştır. Döşeme elemanının üzerine çapraz iki köşesinden vidalar ile sabitlenmiştir.



Şekil 3.5. Kauçuk ve çelik plak

3.1.3. Ölçüm cihazları

3.1.3.1. <u>İvmeölçerler</u>

İvmeölçerler; mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çeviren, bir kütlenin sahip olduğu ivmeyi ölçmek için kullanılan sensörlerdir. Yapısında sismik kütle, yay ve sönümleyici sistem bulunmaktadır. Kütleye etkiyen atalet kuvvetinin neden olduğu ivme değerini ölçerler. Ölçüm yapılırken konumlandırılmış kütlenin değişken konumundan faydalanılır.

Başta akademik çalışmalarda, endüstriyel alanda olmak üzere çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Genel kullanım amacı olarak hareket ölçümlerinde, şok ve titreşim ölçümlerinde kullanılırlar.

İvmeölçerler çeşitli çalışma yöntemlerine sahiptir. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanları piezoelektrik ve kapasitif ivmeölçerlerdir. İvme sensörü seçiminde; eksen sayısı, hassasiyet, bant genişliği, emepedans gibi parametreler göz önüne alınmalıdır.

Kapasitif ivmeölçerler, birbirine yakın ve paralel olacak şekilde konumlandırılmış, kapasitör şeklinde çalışan iki adet levha arasındaki kapasitans değerlerinin değişmesi prensibi ile çalışmaktadır. Herhangi bir ivme meydana geldiğinde, sabit ve hareketli elektrot arasındaki mesafeler değişir. Mesafenin değişimiyle kapasitans değerlerinde değişim gözlemlenir ve ivme ile orantısal bir sinyal ortaya çıkar. Düşük seviyeli, düşük frekanslı ivmeleri ölçmede kullanılırlar.

Piezoelektrik ivmeölçerler, bünyesinde bulundurdukları kuvars gibi mikroskobik kristaller yardımıyla kristallerin etkisi altında kaldıkları stresin sonucu olarak gerilim meydana getirirler. Meydana gelen gerilim değeri ilk başta durağan şekildeki gerilim değeriyle kıyaslanarak istenilen ivme değeri ölçülmüş olur. İvmeye bağlı kuvvet uygulandığında piezoelektrik malzeme şekil değiştirir ve elektrik yükü oluşur. Açığa çıkan yük, uygulanan kuvvetle yani ivmeyle doğru orantılıdır. Sinyal biçimlendirme devreleriyle birlikte yükselteçler kullanılarak üretilen yük gerilime dönüştürülür. Genç dinamik çalışma ve genç frekans çalışma aralığına sahip olmaları, mükemmel doğrusallık, yıpranma ve aşınmaya karşı dirençli olmaları, harici bir güç kaynağı gerektirmemeleri, ısıya dayanıklı olmaları tercih edilme nedenleridir.

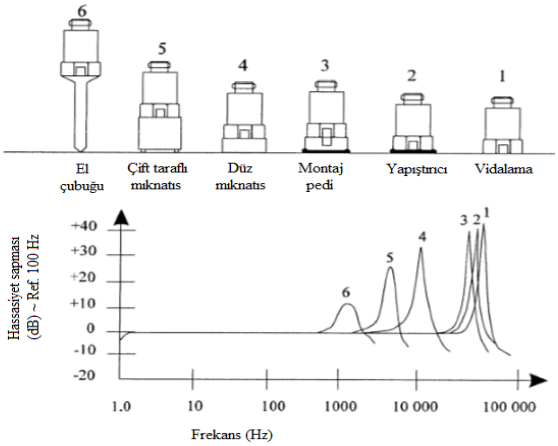
Deneysel çalışma kapsamında PCB Group firmasına ait ICP tipi 352B70 modele sahip iki adet piezoelektrik ivmeölçer kullanılmıştır. (Şekil 3.6)



Şekil 3.6. 352B70 Model ivmeölçer

ICP tipi ivmeölçerler, kablo tipi ve uzunluğu gibi parametrelerden bağımsız olarak voltaj değerinin stabil olmasını sağlar. Çevresel koşullardan etkilenmeksizin yüksek verimlilikte sinyal kalitesi ileten düşük empedanslı çıkış sinyali üretirler. ICP tipi ivmeölçerler, düşük gürültü aralığına sahiptir. Veri kaydedici, standart okuyucu, voltaj çıkış sinyalleri, sinyal analizi ve çeşitli veri toplama donanımları ile uyumluluğa sahiptir.

Konum, erişilebilirlik, sıcaklık, sağlamlık, taşınabilirlik ve genlik aralığı gibi parametreler ivmeölçerlerin montaj türünün belirlenmesinde göz önüne alınması gereken değişkenlerdir. İvmeölçerlerin performansı, montaj türüne göre değişmektedir. PCN Group, üretici firma olarak çeşitli montaj türleri için ivmeölçerlerin analizlerini deneysel çalışma olarak sunmuştur. Montaj türlerine göre ivmeölçerlerin frekansları ve hassasiyetleri arasındaki ilişki Şekil 3.7'de gösterilmektedir.

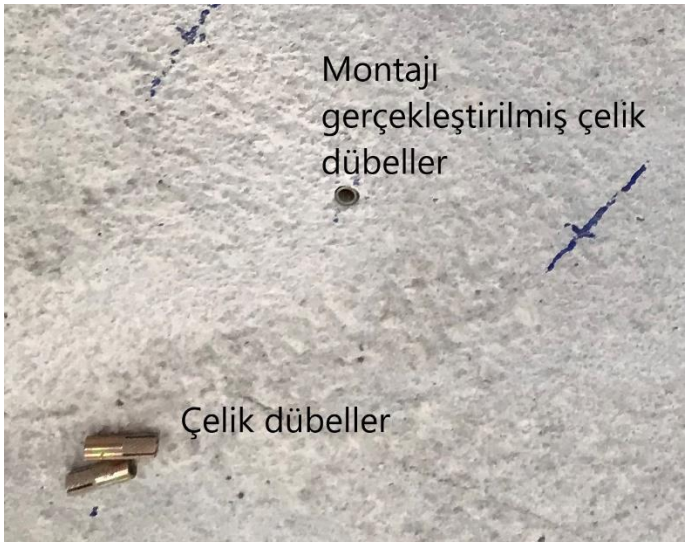


Şekil 3.7. Montaj türüne göre ivmeölçerlerin hassasiyet-frekans grafiği

Deneysel çalışma esnasında gerçekleştirilen çarpma testlerinde yüksek frekansların elde edilebilmesi amacıyla ivmeölçerim deney elemanı yüzeyine montajı vidalama yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Montaj düzeneği, ivmeölçerlerden elde edilen verilerin sağlıklı olmasında etkilidir. Deney elemanı yüzeyinin temiz, pürüzsüz ve düz olması, ivmeölçerlerin veriminin arttırmaktadır. Çalışma programı kapsamında uygulanan vidalı montaj tekniği için, betonarme döşemelerin üzerine uygun çapta ve derinlikte delikler açılmıştır (Şekil 3.8). Açılan bu deliklere çelik dübeller çakılmış ve sabitlenmiştir (Şekil 3.9). Bu çelik dübellerin içine metrik vidalar takılmıştır (Şekil 3.10). İletkenlik seviyesi yüksek olan pirinç elementinden üretilen montaj aparatı kullanılarak ivmeölçerler betonarme döşemeler üzerine sabitlenmiştir (Şekil 3.11). Pirinç elementinden üretilen aparatın kullanılması, ivmeölçerin daha hassas bir sonuç alabilmesini sağlamıştır. Montaj işlemi gerçekleştirilmiş ivmeölçer Şekil 3.12'de gösterilmiştir. Çizelge 3.1'de kullanılan ivmeölçerin teknik özellikleri sunulmuştur.



Şekil 3.8. Döşeme üzerine uygun çapta delik açılması



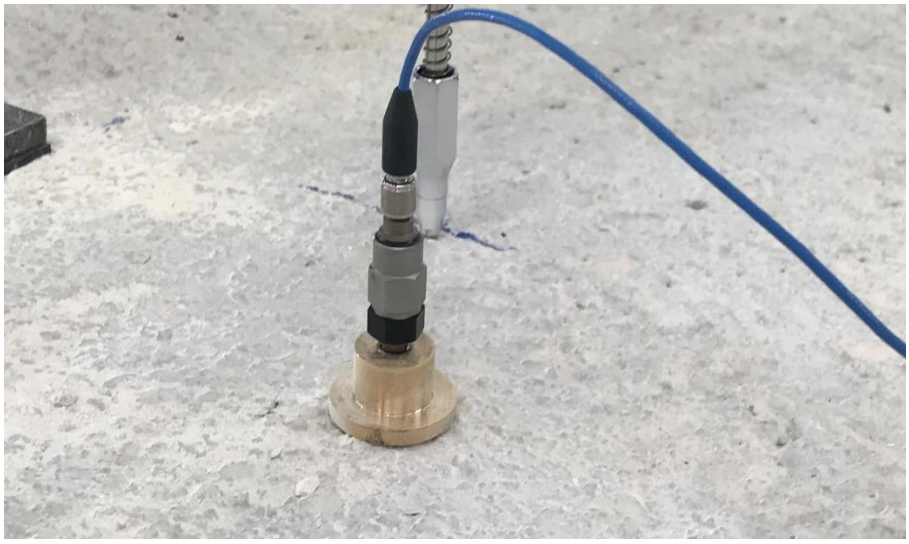
Şekil 3.9. Montajı gerçekleştirilmiş çelik dübel



Şekil 3.10. Metrik vida



Şekil 3.11. Pirinç aparat



Şekil 3.12. Montaj işlemi gerçekleştirilmiş ivmeölçer

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

Özellik	Değer
Hassasiyet (± %25)	0,1 mV/(m/s2)
Ölçüm Aralığı	± 49000 m/s2 pk
Frekans Aralığı (± %5)	0,7-9000 Hz
Frekans Aralığı (-3 dB)	0,4-20000 Hz
Rezonans Frekansı	≥ 55 kHz
Genişbant Hassasiyeti (1-10000 Hz)	0,25 m/s2 rms
Düzensizlik	≤ %1
Çaprazlama Hassasiyet	≤ %7
Filtre Türü	Düşük frekans
Elektronik Filtre Köşe Frekansı	23 kHz
Elektronik Filtre Azalım Eğimi	12 dB/octa√e
Aşırı Yük Sınırı	± 98000 m/s2 pk
Çalışma Sıcaklığı	-54, +121 ºC değerleri arasında
Uyarma Voltajı	20-30 VDC
Sabit Akım Uyarma	2-20 mA
Çıkış Empedansı	≤ 200

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

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 İzolasyonu	> 100000000
Ebat (Yükseklik)	22,9 mm
Ebat (Altıgen Gövde)	9,525 mm
Ağırlık	4,3 gr
Algılama Elemanı	Seramik
Algılama Geometrisi	Kayma
Koruyucu Malzeme	Titanyum
Sızdırmazlık	Hava sızdırmaz
Elektrik Bağlantısı	M5 x 0,8 koaksiyal jak
Elektrik Bağlantı Pozisyonu	Üst
Bağlantı Yivi	M5 x 0,8 dişi tipte

3.1.3.2. Kuvvet algılayıcısı

Kuvars kuvvet algılayıcıları, yüksek frekanslı dinamik kuvvet ve gerinim olaylarının ölçümü için kullanılan çok üstün özelliklere sahip yüksek dayanımlı elemanlardır. Darbe kuvvetlerinin ve baskı kuvvetlerinin ölçülmesi, çarpma ve düşürme testleri, penetrasyon ve mukavemet deneyleri, kopma testleri gibi çeşitli çalışmalarda sıkça kullanılmaktadır. Sağlam ve dayanıklılık, yüksek sertlik, yüksek frekans aralığı, geniş dinamik alan, hızlı yükselme süresi, çok tekrarlanabilirlik tercih edilme sebepleridir.

Kuvars kuvvet algılayıcıları herhangi bir kuvvete maruz kaldığında bu kuvvetle doğrusal orantılı olacak şekilde elektriksel bir çıkış meydana gelir. Meydana gelen bu sinyalin veri toplayıcıya aktarımı için; sinyalin tespit edilebilir ve taşınabilir şekilde alçak empedanslı voltaj sinyaline dönüştürülmesi, gerekli sinyal gücünün belirlenmesi gerekir. Bu şartlama bütünleşik elektronik piezoelektrik (IEPE) algılayıcılarda nesnede bulunan

mikro-elektronik devrelerle, yük modu algılayıcılarında ise yük amplifikatörü kullanılarak gerçekleştirilir.

IEPE tipi algılayıcılar içindeki minyatür devreler, voltaj ya da yük amplifikatörleridir. Mikro-elektronik devreler, algılayıcıya takılmış haldedir. Bu mikro-elektronik devreler, sinyal okuma cihazlarıyla eşleşik şekilde alçak empedanslı voltaj sinyali üretirler. 18-30 VDC arasında değişkenlik gösteren besleme montajı değerine sahiplerdir. 2 mA sabit akım kaynağı ile beslenirler. Çeşitli kablo uzunluklarında ve ortam şartlarında sinyal kalitesi veriminde kayba uğramazlar. Beslenme gerilimine bağlı olmaksızın her algılayıcı için hassasiyet ve frekans aralığı gibi özellikleri sabittir.

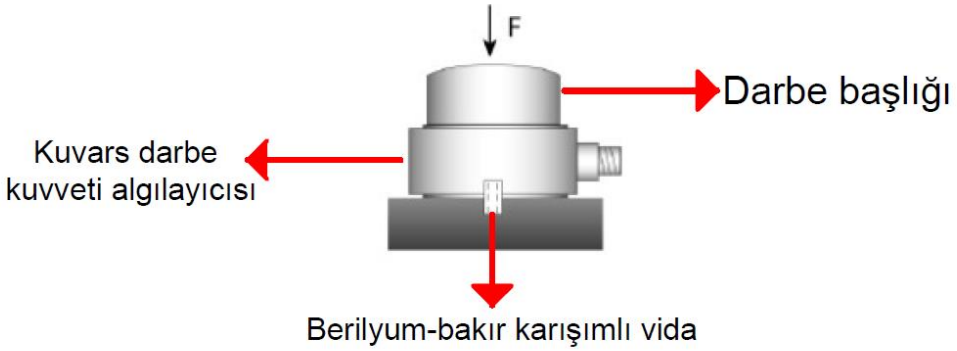
Yük modu algılayıcılar ile IEPE tipi algılayıcılar arasında mekanik ve algılayıcı eleman olarak benzerlikler söz konusudur. Yük modu algılayıcılarda IEPE tipi algılayıcılardan farklı olarak sinyal koşullama devresi, algılayıcının dışındadır. Buna ilaveten yük modu algılayıcıların sahip olması gereken çıkış empedans değeri daha yüksektir. Çıkış sinyali kablo hareketlerinin neden olduğu çeşitli gürültülerden etkilendiği için düşük gürültülü özel kablolar kullanılmalıdır. Kablo uzunluğu ve sinyal koşullayıcısının ayarları, algılayıcının hassasiyet ve frekans aralığını etkiler.

Yürütülen deneysel çalışma kapsamında PCB Group ürünü ICP kuvars darbe kuvveti algılayıcısı 200C50 modelinin kullanılması uygun görülmüştür (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Kuvars yapıdaki darbe kuvveti algılayıcısı

Kuvars yapıdaki kuvvet algılayıcıları vasıtasıyla sağlıklı sonuçların elde edilebilmesi amacıyla montaj adımına gereken önem verilmelidir. Üretici firma, çalışmada kullanılan kuvvet algılayıcısı için bakır-berilyum alaşımı bir vida yardımıyla düzenlenen serbest duruş montaj şeklini tavsiye etmektedir (Şekil 3.14). Bu vida vasıtasıyla darbe başlığı kuvars darbe kuvveti algılayıcısına sabitlenmektedir. Çarpma yükü ölçümü çekiç üzerinden alınmıştır. Algılayıcının uygun şekilde montajı için çelik bağlantı elemanları kullanılmıştır. Kuvars darbe yükünün montajının gerçekleştirilmiş hali Şekil 3.15'de gösterilmiştir. Teknik özellikleri Çizelge 3.2'de sunulmuştur.



Şekil 3.14. Serbest duruş montaj biçimi



Şekil 3.15. Kuvars darbe kuvveti algılayıcısının deneye hazır hale getirilmesi

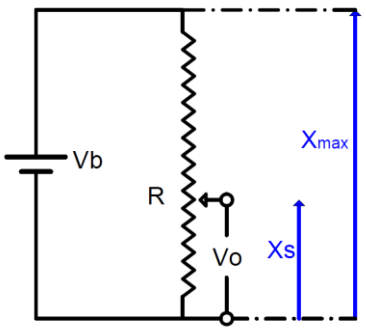
Çizelge 3.2. Kuvars yapıdaki darbe kuvveti algılayıcısına ait teknik bilgiler

Özellik	Değer
Hassasiyet (± %15)	22,48 mV/kN
Ölçüm Aralığı (Basınç Kuvveti)	222,4 kN
Maksimum Statik Kuvvet(Basınç)	333,6 kN
Genişbant Hassasiyeti (1-10000 Hz)	4,45 N-rms
Düşük Frekans Tepkisi (- %5)	0,0003 Hz
Üst Frekans Limiti	30 kHz
Düzensizlik	≤ %1 FS
Çalışma Sıcaklığı	-54 ve +121 ºC değerleri arasında
Sıcaklık Hassasiyet Katsayısı	≤ %0,27 %/ºC
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
Ebat (Çap)	53,9 mm
Ebat (Yükseklik)	19 mm
Ağırlık	280 gr
Koruyucu malzeme	Paslanmaz çelik
Sızdırmazlık	Hava sızdırmaz
Elektrik bağlantısı	M5 x 0,8 Koaksiyal jak
Elektrik bağlantı pozisyonu	Yan
Bağlantı yivi	M5 x 0,8 Dişi tipte

3.1.3.3. Potansiyometrik konum algılayıcısı

Gerçekleştirilen çalışmada çarpma yükü etkisindeki elemanlarda oluşan deplasman değerlerinin tespiti için potansiyometrik konum algılayıcısı kullanılmıştır.

Potansiyometrik konum algılayıcısı, hareket etme yeteneğine sahip dıştan yayı veya sürgüsü bulunan bir direnç elemanıdır. Birim direnç değeri eşittir. Direnç ile temas halinde olan sürgü, deplasman değeri ölçülecek olan numuneye bağlanır. Direncin başlangıç noktası ile sürgü arasındaki direnç, sürgünün hareketiyle değişmektedir. Buradan hareketle direnç ile sürgü pozisyonu arasında doğrusal bir bağlantı olduğu ifade edilir. Voltaj bölücü prensibinden yola çıkılarak dirence sabit voltaj uygulanır. Sürgü hareketi ile değişen direnç gerilim değeri arasında doğrusal orantı vardır. Potansiyometrik konum algılayıcısı devresi Şekil 3.16'da verilmiştir. X_s sürgü konumunu, x_{max} en yüksek ölçü boyunu ifade etmektedir. Ölçüm voltajı $V_{0,}$ besleme voltajı V_b olmak üzere aralarında $V_0=V_b(x_s/x_{max})$ bağlantısı vardır.



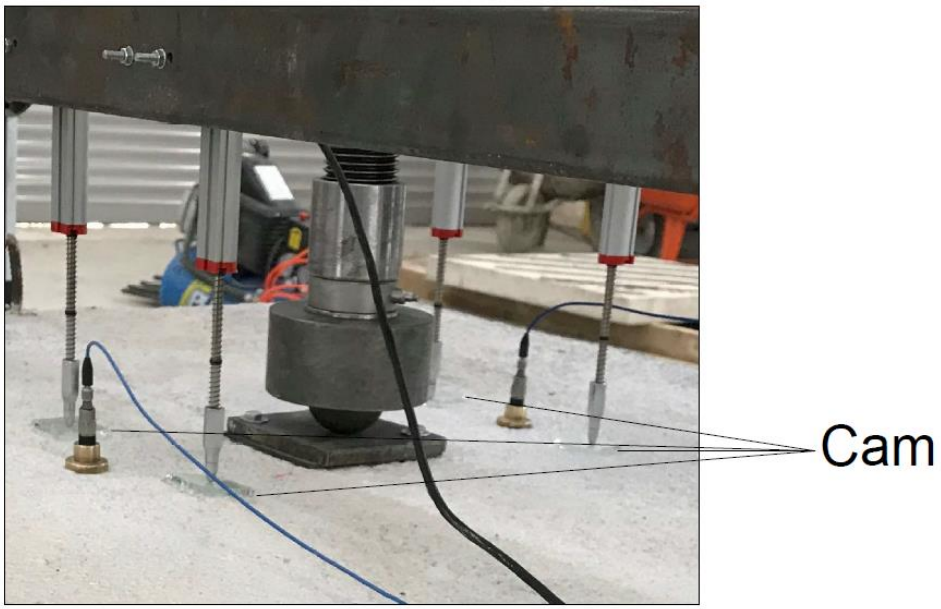
Şekil 3.16. Potansiyometrik konum algılayıcısı devresi

Gerçekleştirilen deneysel çalışma kapsamında Opkon firmasına ait LPS model yaylı potansiyometrik konum algılayıcısı kullanılmıştır (Şekil 3.17). Dar alan çalışmalarına uygun, yüksek hassasiyetli, uzun ömürlü olması tercih edilme sebeplerindendir.



Şekil 3.17. LPS model potansiyometrik konum algılayıcısı

Uygulama aşamasında numune üzerinde düz bir şekilde temas etmesi amacıyla, potansiyometrik konum algılayıcısının betonarme döşemeyle temas ettiği yüzeye cam monte edilmiştir (Şekil 3.18). Cam, döşeme üzerine silikon yardımıyla sabitlenmiştir. Deplasman ölçümleri, sekiz kanallı sensör besleme kutusu vasıtasıyla veri toplama cihazına iletilmiştir (Şekil 3.19). Kullanılan potansiyometrik konum algılayıcısının teknik özellikleri Çizelge 3.3'de sunulmuştur.



Şekil 3.18. Potansiyometrik konum algılayıcılarının temas yüzeylerine cam monte edilmesi



Şekil 3.19. Sensör besleme kutusu

Çizelge 3.3. . Potansiyometrik konum algılayıcısına ait teknik özellikler

Özellik	Değer
Ölçme boyu	10-100 mm
Linearite	± %0,2 (75-130mm), ± %0,5 (<75mm)
Tekrarlanabilirlik	<0,01mm
Çözünürlük	Sonsuz
Direnç	10-50 mm : 2kOhm, 75-100 mm : 5 kOhm
Direnç toleransı	± %20
Yük direnci	100 kOhm min.
Tavsiye edilen kontak akımı	<1 µA
Maksimum besleme voltajı	28 VDC maks.
Elektriksel bağlantı	Kablo veya Konnektör çıkışlı
Hız	< 5 m/s
Mekanik ömür	100 milyon hareket
Gövde ölçüleri	ϕ 18 mm
Gövde malzemesi	Eloksallı alüminyum
Mil malzemesi	Paslanmaz çelik
Mil çapı	Φ5 mm
Mekanik sabitleme	Hareketli ayaklar
IP koruma sınıfı	IP 65
Çalışma sıcaklığı	-20 ºC ile +80 ºC arası
Saklama sıcaklığı	-30 ºC ile +90 ºC arası

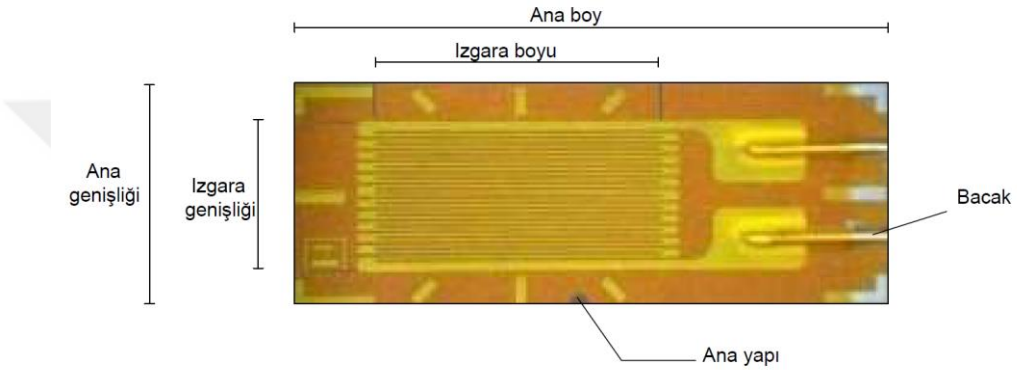
Potansiyometrik konum algılayıcılarının döşeme üzerine montajında, algılayıcının istenilen yere sabitlenmesi ve çarpma etkisi anında oluşacak titreşimden etkilenmemesi amacıyla, ağırlık düşürücü deney düzeneğinden bağımsız, yatay ve dikey yönde hareket edebilen çelik profil kenar ayaklardan yararlanılmıştır. Çalışma kapsamında belirlenen ölçü hizasına getirildiği anda vida, somun ve rondela kullanılarak sabitleme işlemi tamamlanmıştır. 4 adet potansiyometrik konum algılayıcısı kullanılmıştır. Montaj ve sabitleme işleminin ardından deneye hazır hale getirilmiş hali Şekil 3.20'de gösterilmiştir.



Şekil 3.20. Montaj işlemi gerçekleştirilmiş potansiyometrik konum algılayıcılar

3.1.3.4. Strain-gauge

Strain gauge, üzerine yerleştirildikleri nesnelerin yüzeylerinde oluşan gerilim sonucu meydana gelen birim uzamaları ölçmek için kullanılan sensördür. Çok küçük kesitli iletken bir telin, aynı şekilde çok ince olan bir şerit üzerine tekrarlı sarımlar halinde yerleştirilmesiyle oluşur. İletken teller genelde bakır-nikel, nikel-krom, platinyum-nikel, nikel-demir alaşımlarından oluşur. Şekil 3.21'de strain gauge yapısı gösterilmiştir.



Şekil 3.21. Strain gauge yapısı

Yürütülen çalışma kapsamında BF-120-10-AA tipi strain gauge kullanılmıştır. Teknik özellikleri Çizelge 3.4'de sunulmuştur.

Çizelge 3.4. BF-120-10-AA tipi strain gauge teknik özellikleri

Özellik	Değer
Grid boyutu	10x2,5 mm
Taban boyutu	16,7x5,0 mm
Direnç	120 Ω
Yaklaşık gauge faktörü	2
Çalışma ve saklama sıcaklığı	-20 ºC ile +80 ºC arasında
Grid ebatı	10 mm
Koruyucu taban	Polimid
Element	Cu(Bakır)-Ni(Nikel)

Çizelge 3.4. BF-120-10-AA tipi strain gauge teknik özellikleri (devam)

Strain limit	%3
Eksen tipi	Tek
Fatig test ömrü	$1x10^6$

Gerçekleştirilen çalışmada, karbon tekstil kullanılan şeritlerdeki birim deformasyonu ölçmek için kullanılan strain gauge dirençleri, her bir numuneye 4 adet olacak şekilde monte edilmiştir. Strain gauge yapısının sahip olduğu incelik nedeniyle, nesnelere montajı konusunda hassasiyet gösterilmelidir. Sağlıklı bir ölçüm gerçekleştirmek için yüzeye çok iyi bir şekilde yerleştirilmesi, malzemeyle birlikte sanki tek bir nesneymiş gibi davranması gerekir. Bu doğrultuda deneysel çalışma kapsamında strain gauge yerleştirilecek kısımlar temizlenerek tozdan arındırılmıştır. Ardından, Loctice 495 tipi siyanoakrilat hızlı yapıştırıcı kullanılarak yüzeye montajı gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.22). Çarpma etkisi altında bağlantı kablolarının kopmasını engellemek için döşemeyle temas eden birleşim yerleri silikon yardımıyla sabitlenmiştir (Şekil 3.23).



Şekil 3.22. Loctice 495 siyanokrilat yapıştırıcı ile strain gauge montajı



Şekil 3.23. Kablo birleşim yerlerinin silikon ile döşemeye sabitlenmesi

3.1.4. Veri toplama cihazları

Veri toplayıcı aygıtlar, çalışma kapsamında kullanılan ölçüm aletlerinden elde edilen ölçümleri toplayarak bu verilerin değerlendirilebilmesi için bilgisayar ortamına aktarabilen cihazlardır. Bu aygıtların seçiminde, kullanılan ölçüm aletlerinin türü ve dinamik yükleme durumu göz önüne alınmıştır.

Yürütülen çalışmada kuvars darbe kuvveti algılayıcısında oluşan çarpa yükü büyüklüğü ile ivmeölçerlerden elde edilen veriler, National Instruments firmasının NI 9234 model veri elde etme cihazı vasıtasıyla bilgisayar ortamına aktarılmıştır (Şekil 3.24). NI 9234, yüksek doğruluk payına sahip dört kanallı dinamik sinyal yakalayıcısıdır. Algılayıcıları, IEPE tipidir. Deneyde kullanılan 2 adet ivmeölçer ve kuvars darbe kuvveti algılayıcısı, NI 9234 veri elde etme cihazının kanallarına koaksiyel kablo vasıtasıyla bağlanarak veri transferi gerçekleştirilmiştir. NI 9234 veri elde etme cihazına ait özellikler Çizelge 3.5'de sunulmuştur.



Şekil 3.24. NI 9234 veri elde etme cihazı

Çizelge 3.5. NI 9234 veri elde etme cihazının teknik özellikleri

Özellik	Değer
Kanal sayısı	4 adet analog giriş
Çözünürlük	24-Bit
Dinamik aralık	102 dB
Minimum data oranı	1,652 kS/s
Maksimum data oranı	51,2 kS/s
Frekans	13,1072 Mhz
Giriş akımı	AC/DC (yazılımla seçilebilir)
Hassasiyet	±50 ppm maksimum
Minimum AC voltajı	± 5 V
Maksimum AC voltajı	±5,2 V
Giriş voltaj aralığı	± 5 V
IEPE uygun voltaj	19 V maksimum
IEPE minimum uyarma akımı	2,0 mA
Hassasiyet (25 ºC, kalibre edilmiş)	± %0,05 (kazanç), ± %0,06 (ofset)
Gürültü 51,2, 25,6, 2,048 kS/s	50, 40, 25 µVrms
Bağlantı (Veri toplama ana gövdesi ile)	CompactDAQ, CompactRIO
Bağlantı	Tek modüllü USB taşıyıcı

Çizelge 3.5. NI 9234 veri toplama aygıtı teknik özellikleri (devam)

Çalışma sıcaklığı	-40 ºC ile +70 ºC arası
Saklama sıcaklığı	-40 ºC ile +85 ºC arası
Ağırlık	173 gr

Gerçekleştirilen deneysel çalışma kapsamında, betonarme döşemelerde meydana gelen deplasman değerlerinin potansiyometrik konum algılayıcısı vasıtasıyla ölçülmesinin ardından bu verilerin bilgisayar ortamına aktarılabilmesi amacıyla National Instruments firmasına ait NI 9201 model veri elde etme cihazı kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan 4 adet potansiyometrik konum algılayıcısının gerekli besleme voltajını sensör besleme ünitesi karşılamıştır. Buna ek olarak bu ünite, ölçüm sinyallerini NI 9201 veri toplama aygıtına aktarmaktadır. NI 9201 modelinin farklı tip bağlantı çeşitleri mevcuttur. Bu çeşitler; DSUB, yaylı terminal ve vidalı terminaldir. Deneysel çalışmada kullanılan NI 9201 veri toplama aygıtında vidalı terminal tipi bağlantısı bulunmaktadır. NI 9201 veri toplama aygıtına ait farklı türde bağlantı çeşitleri ve uygulamada kullanılan vidalı terminal tipi algılayıcı, sırasıyla Şekil 3.25'te gösterilmiştir. NI 9201 veri elde etme cihazına ait teknik özellikler Çizelge 3.6'da sunulmuştur.



Şekil 3.25. NI 9201 bağlantı çeşitleri ve vidalı terminal tipi veri algılayıcı

Çizelge 3.6. NI 9201 veri elde etme cihazının teknik özellikleri

Özellik	Değer
Kanal sayısı	8 kanallı
Çözünürlük	12-Bit
Maksimum data oranı tek kanal	475 (R serisi ana gövde)-800 (diğer) kS/s
Maksimum data oranı (tarama)	475 (R serisi ana gövde)-500 (diğer) kS/s
Minimum ölçüm voltajı	± 10,3 V
Maksimum ölçüm voltajı	± 10,8 V
Giriş voltaj aralığı	± 10 V
Giriş bant genişliği	690 kHz minimum
Giriş rezistansı	5 pF
Giriş gürültüsü	0,7 LSBrms (RMS), 5 LSB (pikten pike)
Hassasiyet (25 ºC, kalibre edilmiş)	± %0,04 (kazanç), ± %0,07 (ofset)
Bağlantı (Veri toplama ana gövdesi ile)	CompactDAQ, CompactRIO
Çalışma sıcaklığı	-40 ºC ile +70 ºC arası
Saklama sıcaklığı	-40 ºC ile +85 ºC arası
Ağırlık (vidalı terminal)	165 gr

Gerçekleşen birim deformasyonu ölçmek için kullanılan strain gauge dirençlerinden elde edilen veriler, National Instruments firmasına ait NI 9235 model veri elde etme cihazı vasıtasıyla bilgisayar verilerine dönüştürülmüştür (Şekil 3.26). Bu aygıt; modül başına eşzamanlı 8 kanal ile daha küçük, daha yoğun kanallı bir sistemle daha fazla ölçüm yapılmasına olanak sağlar. Eşzamanlı örnekleme, etki testleri gibi belirli bir anda farklı konumlardan alınan sonuçların karşılaştırılmasının gerekli olduğu yüksek hızlı edinimler için önemlidir. NI 9235 veri elde etme cihazına ait teknik özellikler Çizelge 3.7'de sunulmuştur.



Şekil 3.26. NI 9235 veri elde etme cihazı

Çizelge 3.7. NI 9235 veri elde etme cihazının teknik özellikleri

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

Gerçekleştirilen çalışma kapsamında kullanılan tüm veri elde etme cihazları, National Instruments firması bünyesinde üretilen dört kanallı cDAQ-9174 model kompakt veri birleştirme ana gövdesine bağlanmıştır (Şekil 3.27). Bu ana gövde, çarpma yükü ve ivme ölçümlerinin toplandığı NI 9201, deplasman ölçümlerinin toplandığı NI 9234, strain gauge direncinde meydana gelen birim deformasyon değerlerinin toplandığı NI 9235 veri toplayıcı aygıtlarının eşzamanlı olarak çalışmasını sağlar ve toplanan ölçüm değerlerini usb vasıtasıyla bilgisayara aktarır. Veri birleştirme ana gövdesi cDAQ-9174 modelinin teknik özellikleri Çizelge 3.8'de sunulmuştur.



Şekil 3.27. c-DAQ-9174 veri birleştirme ana gövdesi

Çizelge 3.8. c-DAQ-9174 veri birleştirme ana gövdesinin teknik özellikleri

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

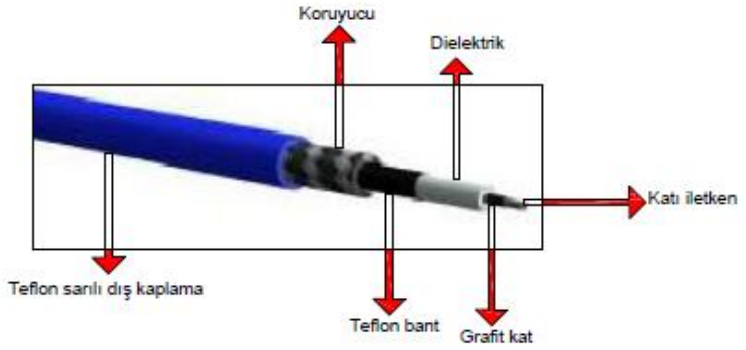
Veri toplayıcılardan alındıktan sonra bilgisayar ortamına aktarılan bütün ölçüm ve veriler, LabVİEW SignalExpress yazılımı vasıtasıyla arzu edilen veri türünde kayıt altına alınmıştır. Çalışmada kullanılan ölçüm aletlerinin kalibrasyon işlemleri de bu yazılım aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.

3.1.5. Bağlantıyı sağlayan kablolar

Yürütülen çalışma kapsamında; kuvars kuvvet algılayıcısı, potansiyometrik konum algılayıcısı ve strain gauge dirençleri, koaksiyel kablolar ile veri toplama aygıtlarına bağlanmışlardır. Koaksiyel kablolar, düşük gürültülüdürler. Bu sayede ölçüm aygıtlarından elde edilen veriler, herhangi bir kayba uğramadan veri toplayıcısına aktarılmış olurlar. Deneylerde PCB Group firmasına ait 003A10 model kablolar kullanılmıştır (Şekil 3.28). Koaksiyel kablonun iç yapısı Şekil 3.29'da gösterilmiştir.Teknik özellikleri Çizelge 3.8'de sunulmuştur.



Şekil 3.28. 003A10 model koaksiyel kablo



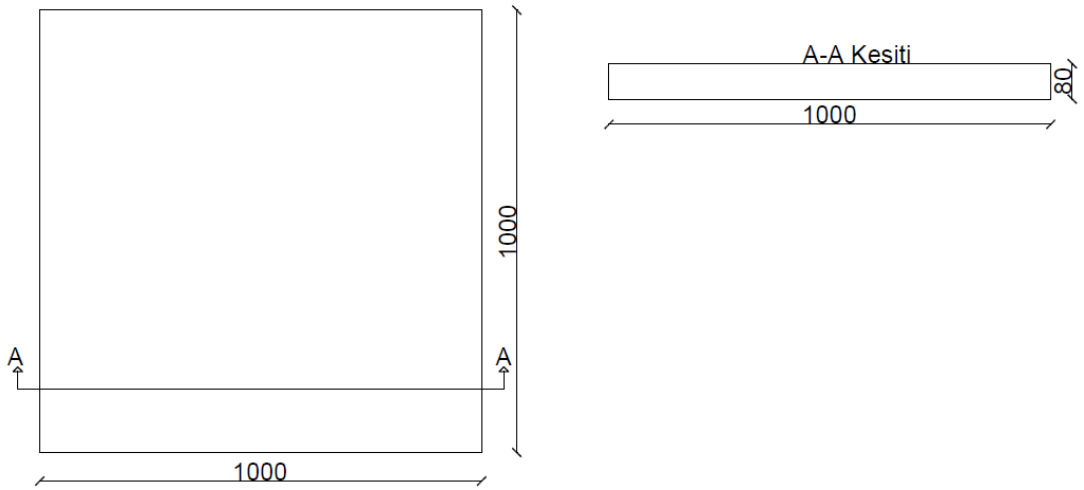
Şekil 3.29. 003A10 model koaksiyel kablo detayları

Çizelge 3.9. 003A10 türü koaksiyel kablo bilgileri

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

3.1.6. Deneylerde Kullanılan Malzemelerin Özellikleri

Deneysel program kapsamında kullanılan gereçler; donatı çeliği, beton, karbon tekstil, tamir harcı, epoksi ve ankrajdır. Bu temel malzemelerin özellikleri, bu kısımda ayrıntılı olarak incelenmiştir. Yürütülen çalışmada, karbon tekstille takviye edilmiş sıva katmanı ile güçlendirilmiş döşemelerin çarpma davranışının deneysel olarak incelenmesi amacıyla, 1000x1000x80 mm boyutlarına sahip 17 adet betonarme döşeme üretimi gerçekleştirilmiştir. Döşeme elemanlarının boyutları Şekil 3.30'de gösterilmiştir.



Şekil 3.30. Kullanılan döşeme elemanlarının ebatları

3.1.6.1. Donatı çeliği

Deneysel çalışma kısmında, betonarme döşemelerde kullanılmak üzere 6 mm çapındaki donatının 150 mm aralıklar ile döşenmesiyle hasır donatılar üretilmiştir(Şekil 3.31). Donatı üretiminde kullanılan çeliklere yapılan deneyler sonucunda malzemenin yaklaşık 576 MPa akma dayanımı ve 630 MPa çekme dayanımı değerinde olduğu görülmüştür.

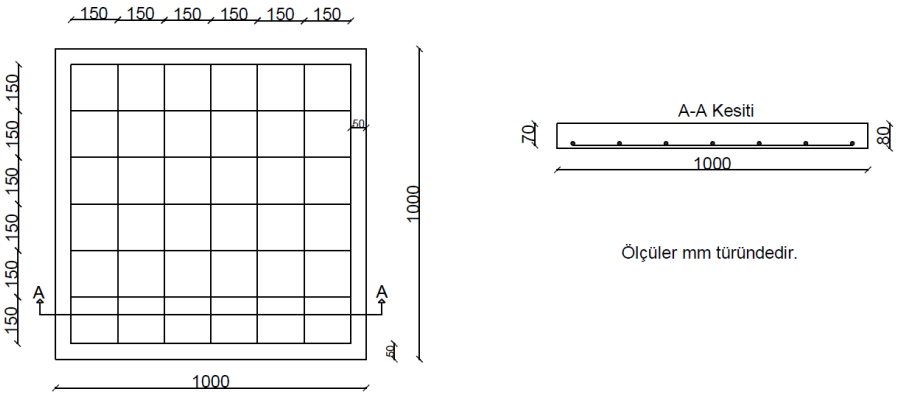


Şekil 3.31. Üretilen hasır donatılar

Hasır donatılar, deney elemanlarının çekme yüzeyine yani alt kısmına 10 mm pas payı bırakılmak suretiyle yerleştirilmiştir. Pas payının bırakılmasındaki amaç numunelerde meydana gelebilecek korozyonu engellemektir. Çalışma esnasında döşemelerin vinç ile taşınması esnasında kanca kullanılacağı tasarlanmış ve bu doğrultuda döşeme kenarlarına 2 adet çelik aparat sabitlenmiştir. Kullanıma hazır hale getirilmiş ve yerleşimi tamamlanmış donatı Şekil 3.32'de gösterilmiştir. Donatı detayları Şekil 3.33'te sunulmuştur.



Şekil 3.32. Kullanıma hazır ve yerleşme işlemi tamamlanmış hasır döşeme



Şekil 3.33. Donatı detayları

3.1.6.2. Beton

Çalışma kapsamında oluşturulan kalıp ve kalıp içerisine yerleştirilen hasır donatıların ardından beton dökümü için karakteristik silindir basınç dayanımı 40 MPa olan C40 beton türü tercih edilmiştir.

Beton dökümü gerçekleştirilmeden önce kalıplar temizlenmiştir. Döşemenenin zarar görmemesi ve betonarme yapının kalıptan kolayca sökülebilmesi amacıyla kalıplar yağlanmıştır. Kalıplar beton dökümüne hazır hale getirildikten sonra istenilen basınç dayanım kriterini sağlayan beton, Selka Hazır Beton A.Ş. firması tarafından hazır beton olarak temin edilmiştir (Şekil 3.34).



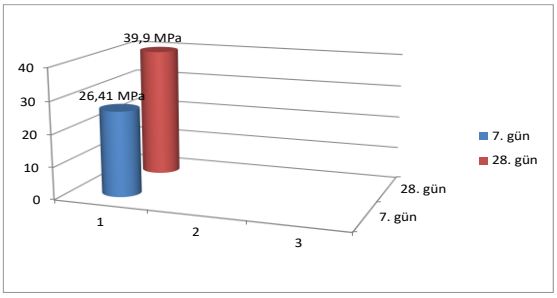
Şekil 3.34. Beton dökümünün gerçekleştirilmesi

Deneyde kullanılacak olan her döşemenin beton kriterlerinin özdeş olması amacıyla beton dökümü tek seferde kısa bir zaman aralığında gerçekleştirilmiştir. Döşeme yüzeylerinin düzgün olması maksadıyla dökümle paralel şekilde plakalar mala ile perdahlanarak düz yüzeylerin oluşması sağlanmıştır (Şekil 3.35).



Şekil 3.35. Beton dökümü gerçekleştirilmiş numuneler

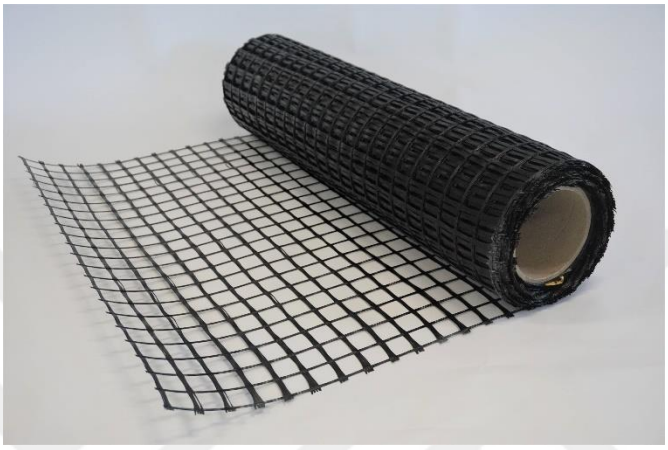
Betonarme döşemelerin imalatında kullanılan hazır betonun istenilen basınç dayanımına sahip olup olmadığını kontrol etmek için 150x150x150 mm boyutlarında sahip, döküm aşamasının; başlangıcında, ortasında ve sonunda üçer adet olmak üzere toplam 9 adet numune alınmıştır. Kür havuzuna konulan numunelerin 7 ve 28 gün ardından dayanımları konrol edilmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 3.36'da grafik olarak gösterilmiştir. Elde edilen verilere göre istenilen basınç dayanımının sağlandığı görülmüştür.



Şekil 3.36. Beton basınç dayanımları

3.1.6.3. Karbon tekstil

Deneysel çalışma kapsamında değişken parametre olarak tutulan karbon tekstil için ticm firmasının CR370 modelinin kullanılması uygun bulunmuştur (Şekil 3.37).



Şekil 3.37. ticm firmasına ait CR370 model karbon tekstil

Tarihi yapıların güçlendirilmesinde, yığma elemanların takviye edilmesinde, tonoz ve kemerlerin güçlendirilmesinde, kazı çalışmalarında uygulanarak gerekli güvenlik önlemlerinin artırılmasında, kolon, kiriş ve döşeme gibi taşıyıcı elemanların yapısal güçlendirilmelerinde kullanılmaktadır. Teknik özellikleri ve gerekli bilgiler Çizelge 3.10'da sunulmuştur.

Çizelge 3.10. CR370 model karbon tekstilin teknik özellikleri ve gerekli bilgiler

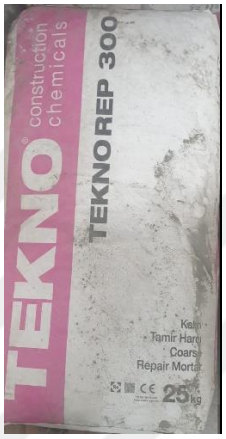
Ürün adı	Ticm TEX karbon
Kaplama	Özel reaktif kaplama
Standart ölçüleri	1,95 m x 50 m / 1 m x 50 m
Saklama koşulları	Paketinde, kuru ve korunaklı bir alanda saklanmalıdır.
Kesim	Endüstriyel makaslar kullanılarak kesilebilir.

Çizelge 3.10. CR370 model karbon tekstilin teknik özellikleri ve gerekli bilgiler (devam)

Performans özellikleri	● Yüksek çekme dayanımı ● Yüksek dayanım ve süneklilik ● Yüksek dürabilite özellikleri ● Yapıya zarar vermeden geri alınabilirlik ● Basit ve kolay uygulanabilirlik ● Sahip olduğu özel reaktif kaplama sayesinde yüksek aderansa sahip olunması
Lif tipi	Karbon
Ana doğrultuda ağırlık(g/m^2)	370
Elastisite modülü (GPa)	≥ 240
Çekme dayanımı (MPa)	>4300
Yoğunluk (g/cm^3)	1,78
Uzama (%)	1,8
Rulo ölçüleri (m x m)	1 x 25
Açıklık ölçüleri (mm x mm)	25 x 25
Ana doğrultuda kesit alanı	71 (mm^2/m)
Döşeme güçlendirme için uygulama önerileri	●Uygulama öncesinde bozuk zemin kaldırılır ve mevcut yüzey, gevşek malzeme, toz ve her türlü kirden arındırılır. ●Yüzey, serbest su kalmayacak şekilde nemlendirilir. ●Uygulamanın döşeme üzerine ya da altına yapılacak olmasına göre tamir harcının ilk kat uygulaması yapılır. ●İstenilen ticm TEX karbon ürünü, aralarda boşluk kalmayacak ve birleşim yerlerinde yaklaşık 200 mm bindirme yapılacak şekilde yüzeye el ile yerleştirilir. ●Tamir harcının ikinci kat uygulaması yapılır.

3.1.6.4. Tamir harcı

Yürütülen deneysel çalışma kapsamında döşemeler üzerine çeşitli genişlik ve doğrultularda uygulanacak olan karbon tekstillerin numuneler üzerine monte edilmesi amacıyla Tekno Yapı Kimyasalları firmasına ait Teknorep 300 marka tamir harcının kullanılması uygun görülmüştür (Şekil 3.38). Teknorep 300 marka tamir harcı hakkında gerekli bilgiler ve teknik özellikler Çizelge 3.11'de sunulmuştur.



Şekil 3.38. Teknorep 300

Çizelge 3.11. Teknorep 300 tamir harcı için gerekli bilgiler ve teknik özellikler

Ürün tanımı	Çimento esaslı, tek bileşenli, elyaf takviyeli, polimer katkılı, kalın tamir harcı
Kullanım alanları	●Betonarme yapılardaki gergi demiri boşluklarının (Tij delikleri / Tie-road delikleri) ve karot boşluklarının doldurulmasında, ●Kalıp alındıktan sonra bazı durumlarda gereken betonların tamirinde, ●Özel kaplamalar gelecek döşemelerde ve yüzey tamiratlarında, ●Her türlü endüstriyel betonarme yapıda, ●Metro, otoyol, baraj gibi mühendislik yapılarında, ●Onarım, tamir ve betonarme güçlendirme projelerinde, ●Prefabrike elemanların tamirinde, ●10-40 mm kalınlıktaki yüzey bozukluklarının onarılmasında kullanılır.

Çizelge 3.11. Teknorep 300 tamir harcı için gerekli bilgiler ve teknik özellikler (devam)

Özellikleri ve avantajları	●Uygulaması kolaydır. ●Yapısal tamirlerde kullanılır. ●Metal içermediğinden dolayı nemden etkilenmez. ●Yüksek yapışma gücüne sahiptir. ●Sülfat ve klora karşı dayanıklıdır. ●Korozyona neden olmaz. ●Donmaya ve çözülmeye karşı dayanıklıdır. ●Düşey ve baş üstü uygulamalar için uygundur. ●Büzülme yapmaz. ●Karbonatlaşmaya karşı dirençlidir. ●Yüksek basınç dayanımına sahiptir. ●Su geçirimsizdir. ●Klorür içermediği için donatıyla temas halinde kullanılabilir.
Uygulama talimatları	●Yüzey kalitesi: Yüzeyler temiz, düzgün, sağlam, her türlü toz, yağ, kir, pas, kalp yağı, deterjan gibi benzeri yapışmayı engelleyici maddelerden ve atıklardan arındırılmalıdır. Yüzeydeki zayıf parçalar çıkarılmalıdır. ●Yüzey hazırlığı: Çimento şerbeti ve zayıflamış parçalar çıkartılmalı, yüzeyde yağ, kir ve pas gibi malzemeler bulunmamalıdır. Emici yüzeyler önceden ıslatılmalı fakat su birikintisi ve damlaları kalmamalıdır. ●Karıştırma: Yapışmayı engelleyici her türlü maddeden arındırılmış, temiz bir kap içerisinde normal çevre sıcaklığından alınan 3,5-4 litre temiz, berrak su konulur. Su ile dolu kap içine toz halde, 25 kg torbada olan Teknorep 300 boşaltılır. Düşük devirli bir karıştırıcı ile topaksız homojen bir karışım elde edilinceye kadar karıştırılır. Karışım süresi minimum 5 dakika olmalıdır. İşlem sonunda elde edilen harç 3 dakika dinlendirilip, tekrar 2 dakika boyunca karıştırılmalıdır. Malzeme reaksiyona girdikten sonra tekrar su katıp karıştırılmamalıdır.

Çizelge 3.11. Teknorep 300 tamir harcı için gerekli bilgiler ve teknik özellikler (devam)

Uygulama notları / Sınırlamalar	●Dış mekan uygulamalarında ilk 3 saat güneş, yağmur ve dondan korunmalıdır. ●Çimento esaslı ürünlerde reaksiyon süreleri ortam ve zemin sıcaklıklarından etkilenir. Reaksiyon süreleri sıcak ortamda kısalır, soğuk ortamda uzar. ●Ürünün uygulanması esnasında iş ve işçi sağlığı kurallarına uygun iş elbiseleri giyilmeli, uygun gözlük ve maske kullanılmalıdır. ●Hazırlanan karışım hava sıcaklığı ve su miktarına göre 5 dakika içerisinde yerine yerleştirilmelidir. ●Uygulamadan sonra direk güneş ışığı, şiddetli rüzgar, yüksek hava sıcaklığı (35 ^{o}C ve üzeri), yağmur ve don gibi olumsuz hava koşullarına karşı korunmalıdır. Ürün tam kürünü alıp sertleşmeden, eller su ve deterjan ile temizlenmelidir. ●Uygulamadan hemen sonra, henüz sertleşmeden, ekipmanlar su ile temizlenmelidir. Ürün sertleştikten sonra mekanik yöntemler ile temizlenmelidir. ●Hazırlanan harç mala ile yüzeye tatbik edilir. Yüzey düzgünlüğünü sağlamak için gerekirse tirfil çekilir. Et kalınlığı 40 mm'den kalın uygulamalar tabakalar halinde yapılmalıdır. ●Sert rüzgar ve zor çevre koşullarında, Teknorep 300'ün çatlamasını önlemek amacıyla kür uygulaması yapılmalıdır.
Teknik özellikler	
Görünüm	Gri
Raf ömrü	Açılmamış ambalajında kuru ortamda 12 ay
Ambalaj	25 kg kraft torba
Uygulama sıcaklığı	(+5 ^{o}C)-(+35 ^{o}C)
Karışım oranı	3,5-4 litre su / 25 kg toz
Kap ömrü	Minimum 30 dakika
Kullanıma alma süresi	1 gün

Çizelge 3.11. Teknorep 300 tamir harcı için gerekli bilgiler ve teknik özellikler (devam)

Uygulama kalınlığı	10-40 mm (tek katta)
Eğilme mukavemeti (EN 12808-3)	$\geq 7{,}0$ N/mm^2
Betona yapışma mukavemeti (EN 1542)	$\geq 2{,}0$ N/mm^2
Basma mukavemeti (EN 12808-3)	≥ 60 N/mm^2
Elastisite modülü (EN 13412)	> 20 GPa
Sınırlandırılmış büzülme (EN 12617-4)	≥ 2 N/mm^2
Kapiler su emme değeri (EN 13057)	$\leq 0{,}5$ kg/m^{2}h^{0,5}
Sınırlandırılmış büzülme / genleşme (EN 12617-4)	≥ 2 N/mm^2
Servis sıcaklığı	(-30 ^{o}C) – (+400 ^{o}C)
Yangına tepki	A1

3.1.6.5. Epoksi

Epoksi; yüksek yapıştırma gücüne sahip, kimyasal direnci olan, geniş kullanım alanına sahip fiber takviyeli bir polimer alaşımdır. Kullanıldıkları alanlarda bileşenler çevresinde boşluksuz bir yalıtım sağlamak maksadıyla; yapıştırıcı, sızdırmazlık malzemesi, kaplama gibi amaçlarda kullanılırlar.

Deneysel çalışma kapsamında ankraj kullanılan döşemelerde, ankrajların plaka içerisinde sabitlenmesi amacıyla kullanılmış olan epoksi için, Sika Yapı Kimyasalları A.Ş. firmasına ait Sikadur®-330 modeli tercih edilmiştir. Sikadur®-330; iki bileşenli, tiksotrpik özelliğine sahip epoksi esaslı doyurma reçinesi ve yapıştırıcıdır. Uygulamasının kolay olması, çeşitli yüzeylerde yüksek aderans göstermesi, yüksek mekanik özelliklere sahip olması, ayrıyeten bir astar uygulaması gerektirmemesi, düşey ve baş üstü yüzeylerde uygulanabilirliği tercih edilme nedenlerindendir. Şekil 3.39'da uygulanan epoksi malzemesine yer verilmiştir. Kullanılan malzeme için teknik bilgiler Çizelge 3.12'de sunulmuştur.



Şekil 3.39. Sikadur®-330

Çizelge 3.12. Sikadur®-330 teknik özellikleri

Ürün bilgisi			
Kimyasal yapı	Epoksi reçine		
Ambalaj	5 kg (A+B)	Karışıma hazır set	
	Önceden dozajlanmış endüstriyel setler		
	A bileşeni	24 kg kova	
	B bileşeni	6 kg kova	
Renk	A bileşeni: beyaz macun B bileşeni: gri macun A+B karışımı: açık gri macun		
Raf ömrü	Üretim tarihinden itibaren 24 ay kullanıma uygundur.		
Depolama koşulları	Orijinal, açılmamış ve hasar görememiş ambalajlarda, kuru ortamda ve +5 °C ile +30 °C arasında depolanmalıdır. Güneş ışığı ile doğrudan temastan korunmalıdır.		
Yoğunluk	1,30 ± 0,1 kg/l (A+B) bileşeni (+23 °C'de)		
Viskozite	Kayma hızı: 50 / s		
	Sıcaklık	Viskozite	
	+10 °C	~10000 mPas	
	+23 °C	~6000 mPas	
	+35 °C	~5000 mPas	

Çizelge 3.12. Sikadur®-330 teknik özellikleri (devam)

Eğilmede elastisite modülü (DIN EN 1465)	~3800 N/mm^2 (7 gün sonra, +23 ºC'de)		
Çekme dayanımı (ISO 527)	~30 N/mm^2 (7 gün sonra, +23 ºC'de)		
Gerilmede elastisite modülü (ISO 527)	~4500 N/mm^2 (7 gün sonra, +23 ºC'de)		
Kopmada uzama (ISO 527)	0,9 % (7 gün sonra, +23 ºC'de)		
Çekme yapışma dayanımı (EN ISO 4624)	Kumlanmış yüzeyde betona göçme (> 4 N/mm^2)		
Termal genleşme katsayısı (EN 1770)	4,5 x 10^{-5} 1/K (-10 ºC ile +40 ºC arasında)		
Camsılaşma sıcaklığı (EN 12614)	Kürlenme zamanı	Kür sıcaklığı	Camsılaşma sıcaklığı
	30 gün	+30 ºC	+58 ºC
Isı yansıtma sıcaklığı (ASTM D 648)	Kür süresi	Kür sıcaklığı	Isı yansıtma sıcaklığı
	7 gün	+10 ºC	+36 ºC
	7 gün	+23 ºC	+47 ºC
	7 gün	+35 ºC	+53 ºC
	+45 ºC'ye kadar sürekli pozlamaya dayanıklıdır.		
Servis sıcaklığı	-40 ºC ile +45 ºC		
Uygulama bilgisi			
Karıştırma oranı	A bileşeni : B bileşeni = 4 : 1 ağırlıkça		
	Dökme malzeme kullanıldığında, her bir bileşenin doğru bir şekilde tartılması ve dozlanmasıyla kesin karışım oranı korunmalıdır.		
Sarfiyat	Genel olarak: 0,7 – 1,5 kg/m^2		
Dış ortam hava sıcaklığı	+10 ºC minimum / +35 ºC maksimum		

Çizelge 3.12. Sikadur®-330 teknik özellikleri (devam)

<table>
<tr><td>Çiğ noktası</td><td colspan="3">●Yoğuşmaya dikkat ediniz.
●Uygulama esnasında yüzey sıcaklığı, yoğuşma noktasının en az 3 °C üzerinde olmalıdır.</td></tr>
<tr><td>Yüzey sıcaklığı</td><td colspan="3">+10 °C minimum / +35 °C maksimum</td></tr>
<tr><td>Yüzey nem içeriği</td><td colspan="3">< 4 % pbw</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Pota ömrü</td><td>Sıcaklık</td><td>Pota ömrü (5 kg)</td><td>Açıkta bekletme süresi</td></tr>
<tr><td>+10 °C</td><td>~90 dakika</td><td>~90 dakika</td></tr>
<tr><td>+23 °C</td><td>~60 dakika</td><td>~60 dakika</td></tr>
<tr><td>+35 °C</td><td>~30 dakika</td><td>~30 dakika</td></tr>
<tr><td colspan="3">Potlife reçine ve sertleştirici karıştırıldığı anda başlar. Yüksek sıcaklıklarda bu süre kısayken, düşük sıcaklıklarda daha uzundur. Karıştırılan malzeme miktarı arttıkça kullanım süresi kısalır. Yüksek sıcaklıklarda daha uzun işlenebilirlik süresi elde edebilmek için karıştırılmış malzeme parçalara ayrılabilir. Diğer bir yöntem de A+B bileşenlerini karıştırmadan önce soğutmaktır. (+5 °C altına düşülmemelidir.)</td></tr>
<tr><td colspan="4">Uygulama talimatları</td></tr>
<tr><td>Yüzey kalitesi</td><td colspan="3">●Beton yüzey sağlam ve yeterli çekme dayanımı olan en az 1,0 N/mm^2 veya tasarımın gerektirdiği minimum yüzey çekme dayanımını sağlamalıdır.
●Yüzey temiz, kuru olmalı ve bigâne malzemelerden arındırılmalıdır.
●Yüzey düzgünlüğü sağlanmalıdır.
●Yüzeydeki çıkıntılar aşındırılarak uzaklaştırılmalıdır.</td></tr>
<tr><td>Yüzey hazırlığı</td><td colspan="3">●Epoksi ifasından evvel uygulama yapılacak kısımda mevcut olan tüm harici parçalar temizlenmelidir.</td></tr>
</table>

Çizelge 3.12. Sikadur®-330 teknik özellikleri (devam)

Karıştırma	●A+B bileşenlerini en az 3 dakika boyunca düşük hızlı (maksimum 300 devir/dakika) elektrikli matkap ucuna takılmış spiral tipli karıştırıcı vasıtasıyla malzeme düzgün kıvamlı ve homojen gri renkli olana kadar karıştırılmalıdır. ●Karıştırma işlemi sırasında hava sürüklenmesine dikkat edilmelidir. ●Ardından tüm karışım temiz bir kaba boşaltılarak hava sürüklenmesinin engellenmesi amacıyla 1 dakika boyunca düşük hızda tekrardan karıştırılmalıdır.
Uygulama metodu / ekipmanları	● Uygulamadan önce yüzey rutubeti, rölatif rutubeti ve çiğ noktası kontrol edilmelidir. ●Yüzey hazırlığı tamamlanmış yüzeye çeşitli yöntemlerle (mala, rulo, fırça, şırınga vb.) Sikadur®-330 uygulanır. ●Kaplanacak yüzeyin tüm dokuma yüzeyi boyunca yayılması sağlanır. ●Eğer uygulama sonrası üzerine bir harç uygulaması yapılacaksa yüzey üst tabakası yeterli aderans için pürüzlü hale getirilir.
Sınırlamalar	● Uygulama sonrasında Sikadur®-330 minimum 1 gün süreyle hava olaylarından muhafaza edilmelidir. ●Malzemenin yerleştirilmesi ile malzemenin çalışabilirlik süresinin uyum içinde olmasına dikkat edilmelidir. ●Soğuk veya sıcak ortamlarda uygulama yapılacağı zamanlarda karıştırma, uygulama ve kullanma süresi limitlerini iyileştirmek için, uygulamadan önce 24 saat boyunca sıcaklığı kontrol altında olan bir depolama yapılmalıdır.

3.1.6.6. Ankraj

Ankraj, bir eleman ya da donatının, başka malzeme veya eleman içerisine sokularak burada sabitlenmesiyle meydana gelen yapısal uygulamalardır. Kelime anlamı olarak saplama veya gömme anlamına gelen ankrajın özelliği, bir yapı öğesini başka bir bölüme kenetle tutturma, demirleme manasına gelmektedir. Kendilerine etkiyen kuvveti aktarma görevini üstlenirler.

Ankrajlar, teze betona yapılan ankrajlar ve sertleşmiş betona sonradan yapılan ankrajlar olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar. Taze betona uygulanan ankrajlar, betonarme ile çelik elemanların birleştiği durumlarda tercih edilmektedir. Sünek davranış göstermeleri amacıyla beton güç tüketimine uğramadan ankraj donatısının akması istenir.

Sertleşmiş betona uygulanan ankrajların birçok farklı tipi bulunmaktadır. Ana mantık ise önceden açılan ankraj deliğine yerleştirilen ankrajlar cıvataların sıkıştırılmasıyla birlikte şişer ve ankraj deliğini kaplarlar. Böylece üzerlerine gelen kuvveti sürtünme kuvveti vasıtasıyla taşırlar.

Gerçekleştirilen deneysel çalışma kapsamında döşemelerde ankraj kullanımı değişken parametre olarak tutulmuş ve etkisi gözlemlenmek istenmiştir. Bu doğrultuda sertleşmiş betona uygulanan ankraj türlerinden olan kimyasal bağlı ankraj kullanımı uygun görülmüştür. Kimyasal ankrajlar; beton yapı, kimyasal yapıştırıcı ve ankraj donatısı olmak üzere üç ana bileşenden oluşur. Etkisi altında oldukları kuvveti, bağlı bulunduğu derinlik boyunca oluşan aderans gerilmeleriyle iletirler.

Kimyasal ankrajlar, maliyet ve kolay uygulanabilirlik gibi nedenlerden dolayı en çok tercih edilen ankraj türüdür. Bu doğrultuda deneysel kapsamda Tekno Yapı Kimyasalları A.Ş. firmasına ait Teknobar C model karbon fiber çubuğun ankraj olarak kullanılmasına karar verilmiştir (Şekil 3.40). Teknik özellikleri Çizelge 3.13'de sunulmuştur.



Şekil 3.40. Teknobar C model karbon fiber çubuk

Çizelge 3.13. Teknobar C model karbon fiber çubuğun teknik özellikleri

Ürün tanımı	Epoksi emdirilmiş, standart ebatlarda dondurulmuş tek yönlü ve tek parça (lineer) karbon elyafın çubuk haline getirilmiş şeklidir.
Kullanım alanları	●Taşıma kapasitesi arttırılmak istenen döşeme, kiriş ve köprülerde, ●Kolon güçlendirilmesinde, ●Sehim yapan döşemelerde, ●Kiriş ve balkonlarda, ●Yük artışı olan köprülerde, ●Donatı eksikliği olan yapılarda, ●Döşemenin kesilmesi ve yapı elemanlarının zarar görmesi durumlarında, ●Tarihi eses restorasyonlarında kullanılır.
Özellikleri ve avantajları	●Çok hafiftir, çok ince olduğundan kesit arttırmaz. ●Yüksek dayanıma sahiptir. ●Elastisite modülü çok yüksektir. ●Kimyasallara dayanımı mükemmeldir. ●Uygulaması kolay ve hızlıdır. ●İşçilik hataları çok azdır. ●Mükemmel yorulma dayanımına sahiptir.
Uygulama talimatları	●Yüzey kalitesi: Beton sağlam ve yeterli mukavemete haiz olmalıdır. ●Yüzey hazırlığı: Zemin temizlenmeli, yağ, kir, toz, su ve nem kalmamalıdır. Zayıf beton parçaları kırılıp, yüksek mukavemetli tamir harcı ile tamir edilip eski haline getirilmelidir. ●Uygulama talimatları: Yapıştırıcı olarak kullanılan malzeme çubuğa betona ince bir tabaka şeklinde sürüldükten sonra Teknobar C karbon fiber çubuk temizlenmiş yüzeye yapıştırılır. Malzeme yalnız lif uzunluğu yönünde çalışır.

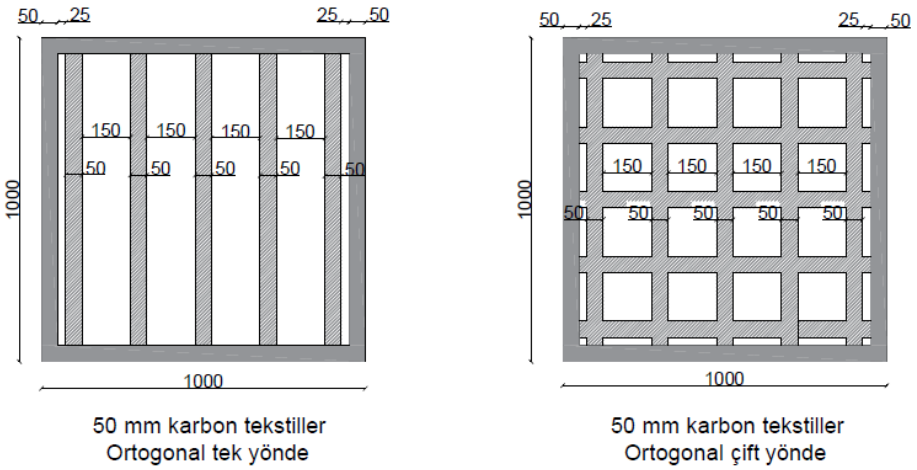
Çizelge 3.13. Teknobar C model karbon fiber çubuğun teknik özellikleri (devam)

Uygulama notları / sınırlamalar	●Uygulanması kolay bir malzemedir. Teneke makası veya spiralle, istenilen ölçüde kesilebilir. ●Malzeme yalnız lif uzunluğu doğrultusunda çalıştığından yan olarak mukavemeti yoktur. ●Ürün ciltte tahriş yapabilir. Koruyucu eldiven, maske ve gözlük kullanılmalıdır. ●0 ^{o}C'nin altında uzun süre kalırsa üründe kristallenme gözlemlenebilir. Ürün tekrar oda sıcaklığına getirilerek kristalleri çözülürse herhangi bir problem olmadan kullanılabilir. ●Ürün içerisine herhangi bir yabancı madde katılmamalıdır. ●Kullanılan ekipmanlar uygulamadan sonra henüz sertleşmeden Tekno tiner ile temizlenmelidir. Sertleşen epoksi harcı sadece mekanik olarak temizlenebilir.
Teknik bilgi	
Renk	Siyah
Ambalaj	İstenilen ölçüde
Raf ömrü	Kuru depo şartlarında sınırsız
Çap	7,5 mm – 12 mm – 20 mm
Boy	3 m
Alevlenme noktası	180 ^{o}C
Çekme mukavemeti	> 2800 MPa
Elastiklik modülü	> 165000 Mpa
Kopmadaki uzama	% 1,7

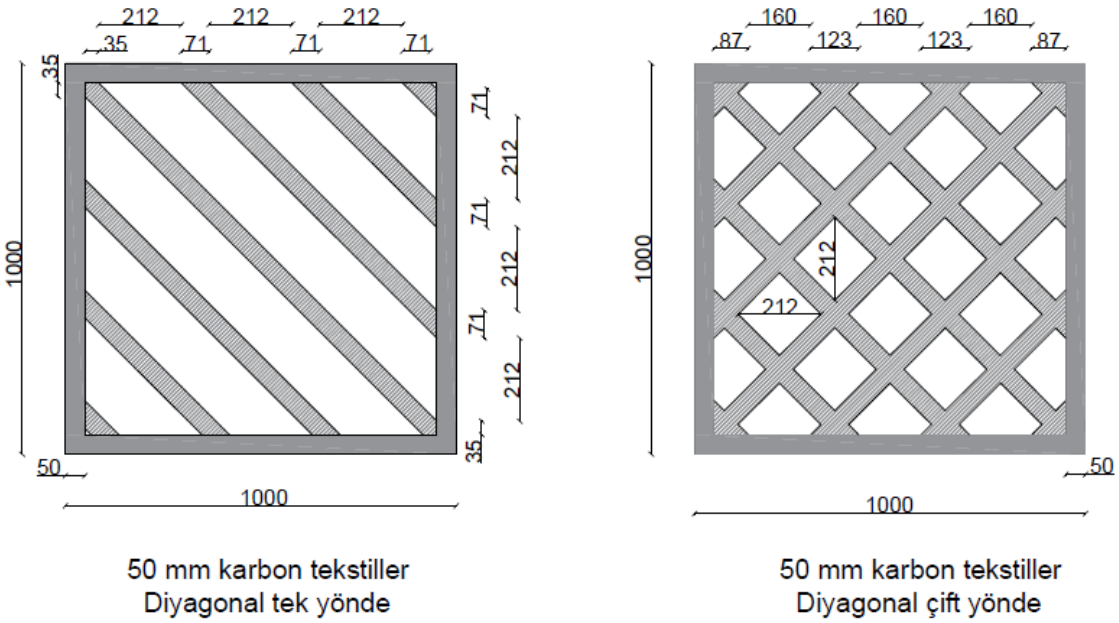
3.1.7. Kullanılan Malzemelerin Deneye Hazırlanması

Yürütülen deneysel program kapsamında, karbon tekstille takviye edilmiş sıva katmanı ile güçlendirilmiş döşemelerin çarpma davranışının incelenmesi amacıyla 1 tanesi herhangi bir güçlendirme çalışmaması yapılmayarak referans numunesi olmak üzere toplamda 17 adet 1000x1000x80 mm boyutlarında betonarme döşemeler üretilmiştir. Bütün döşemelerde 6 mm donatı çeliğinin 150 mm aralıklarla döşenmesiyle elde edilen hasır donatılar kullanılmıştır. İmalatı yapılan tüm döşemelerin; beton sınıfı, kullanılan donatı çeliği, boyutları sabit olarak tutulmuştur.

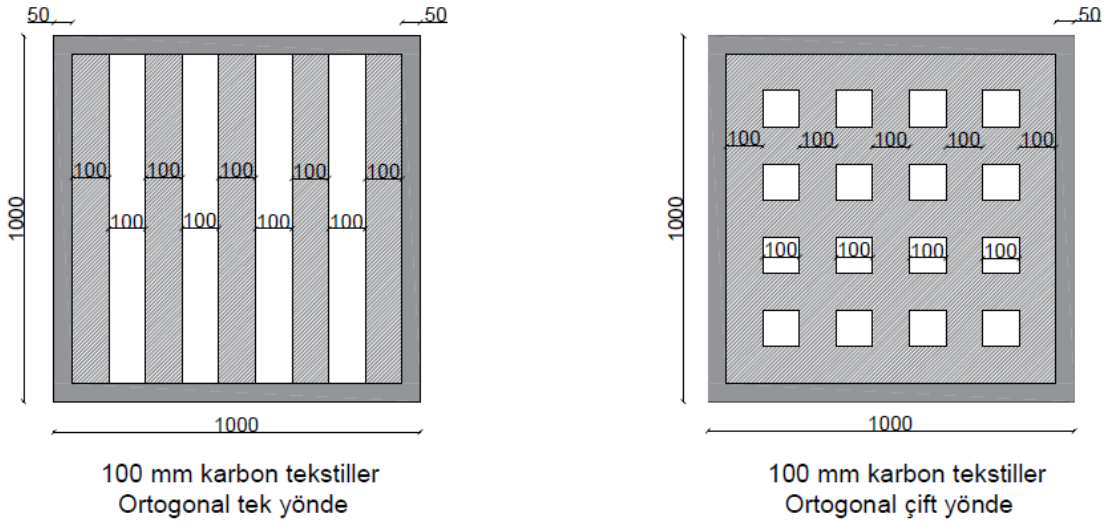
Kullanılan karbon tekstilin uygulama yönü ve genişliği, ankraj kullanılıp kullanılmaması ise değişken parametreler olarak belirlenmiştir. Deneylerde kullanılacak betonarme döşemelere, 50 mm ve 100 mm uzunluğa sahip olan karbon tekstillerin 4 farklı şekilde uygulanması planlanmıştır. Bu plan doğrultusunda, döşemelerin alt yüzeyine; ortogonal tek doğrultulu, ortogonal çift yönlü, diyagonal tek doğrultulu ve diyagonal çift yönlü olmak üzere karbon tekstilin uygulanması tasarlanmıştır. Şekil 3.41'de karbon tekstil genişliği 50 mm olan, Şekil 3.42'de ise karbon tekstil genişliği 100 mm olan tasarımlar sunulmuştur.



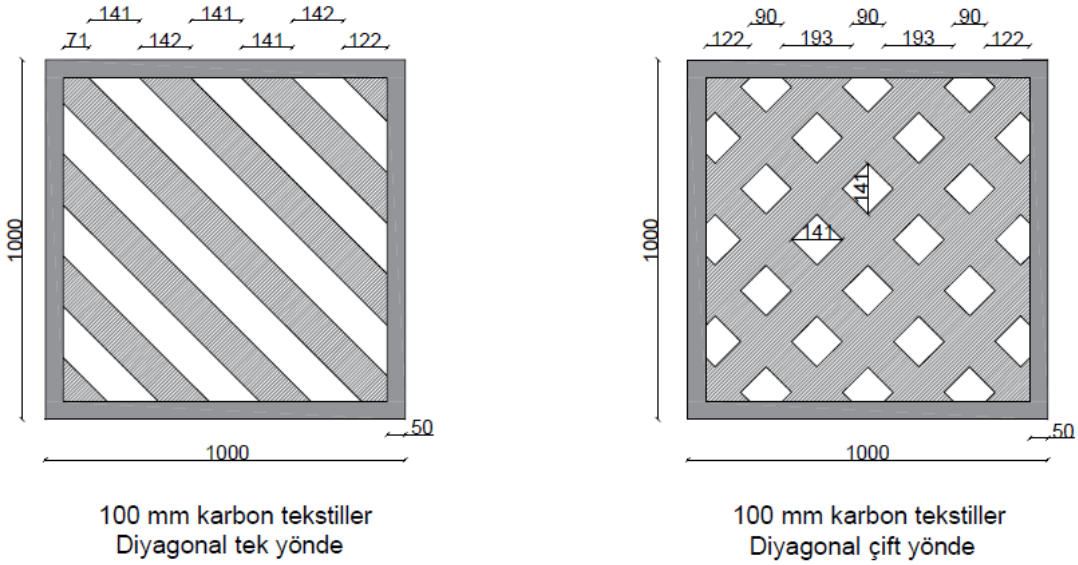
Şekil 3.41. 50 mm genişliğine sahip ortogonal karbon tekstillerin yerleşim planı (a)



Şekil 3.41. 50 mm genişliğine sahip diyagonal karbon tekstillerin yerleşim planı (b)



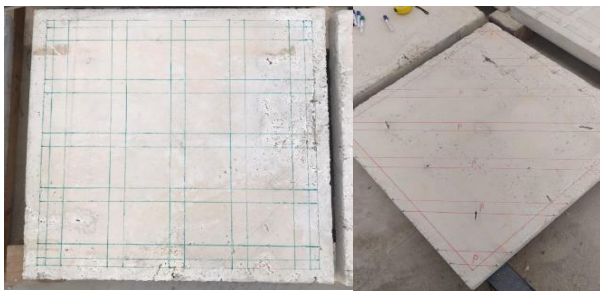
Şekil 3.42. 100 mm genişliğe sahip ortogonal karbon tekstillerin yerleşim planı (a)



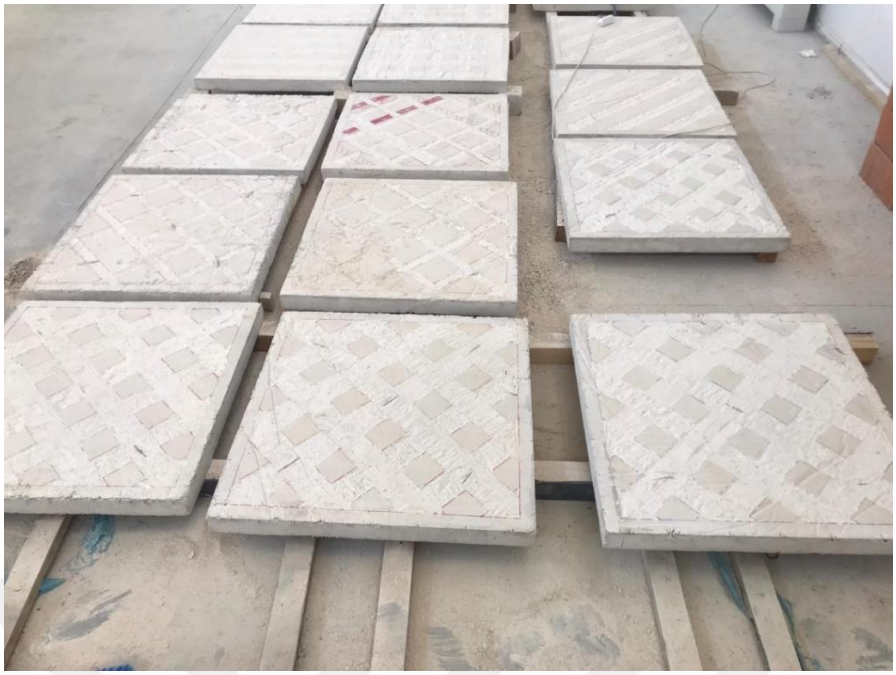
Şekil 3.42. 100 mm genişliğe sahip diyagonal karbon tekstillerin yerleşim planı (b)

Karbon tekstil uygulaması yapılacak olan döşemeler, vinç yardımı ile ters çevrilerek ahşap takozlar üstüne oturtulmuştur. Döşemelerin alt yüzeyleri karbon tekstil montajına uygun pozisyona getirilmiştir.

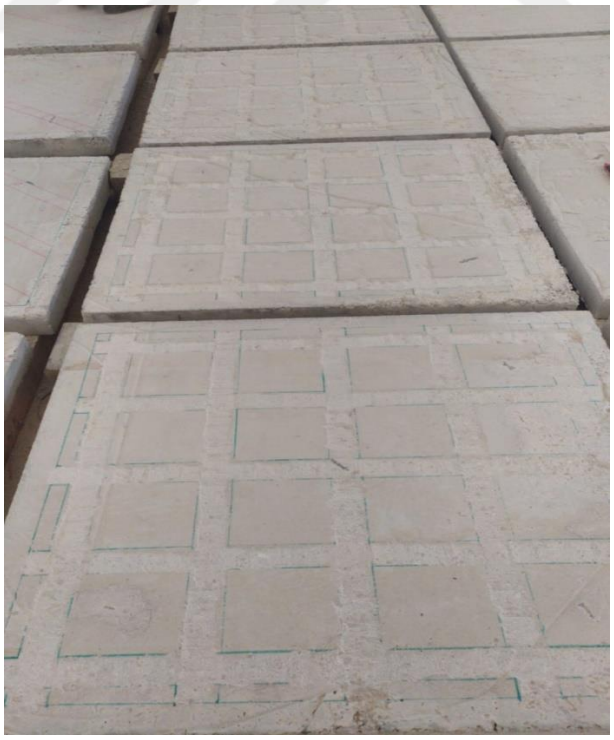
Karbon tekstil montajı yapılacak olan kısımlar döşeme üzerinde kalem ile çizilmek suretiyle belirlenmiştir (Şekil 3.43). Ardından aderans yüzeyini arttırmak ve üniform bir özellik sağlanmak amacıyla belirtilen kısımlar, matkap yardımıyla pürüzlendirilmiştir (Şekil 3.44). Mesnet yerleşiminin sağlıklı olması açısından döşeme kenarlarından 5 cm boyunca pürüzlendirme yapılmamıştır.



Şekil 3.43. Karbon tekstil uygulanaak yerlerin döşeme üzerinde çizimle belirtilmesi



Şekil 3.44. Diyagonal şekilde karbon tekstil uygulanacak kısımların döşeme üzerinde pürüzlendirilme işlemi (a)



Şekil 3.44. Ortogonal şekilde karbon tekstil uygulanacak kısımların döşeme üzerinde pürüzlendirilme işlemi (b)

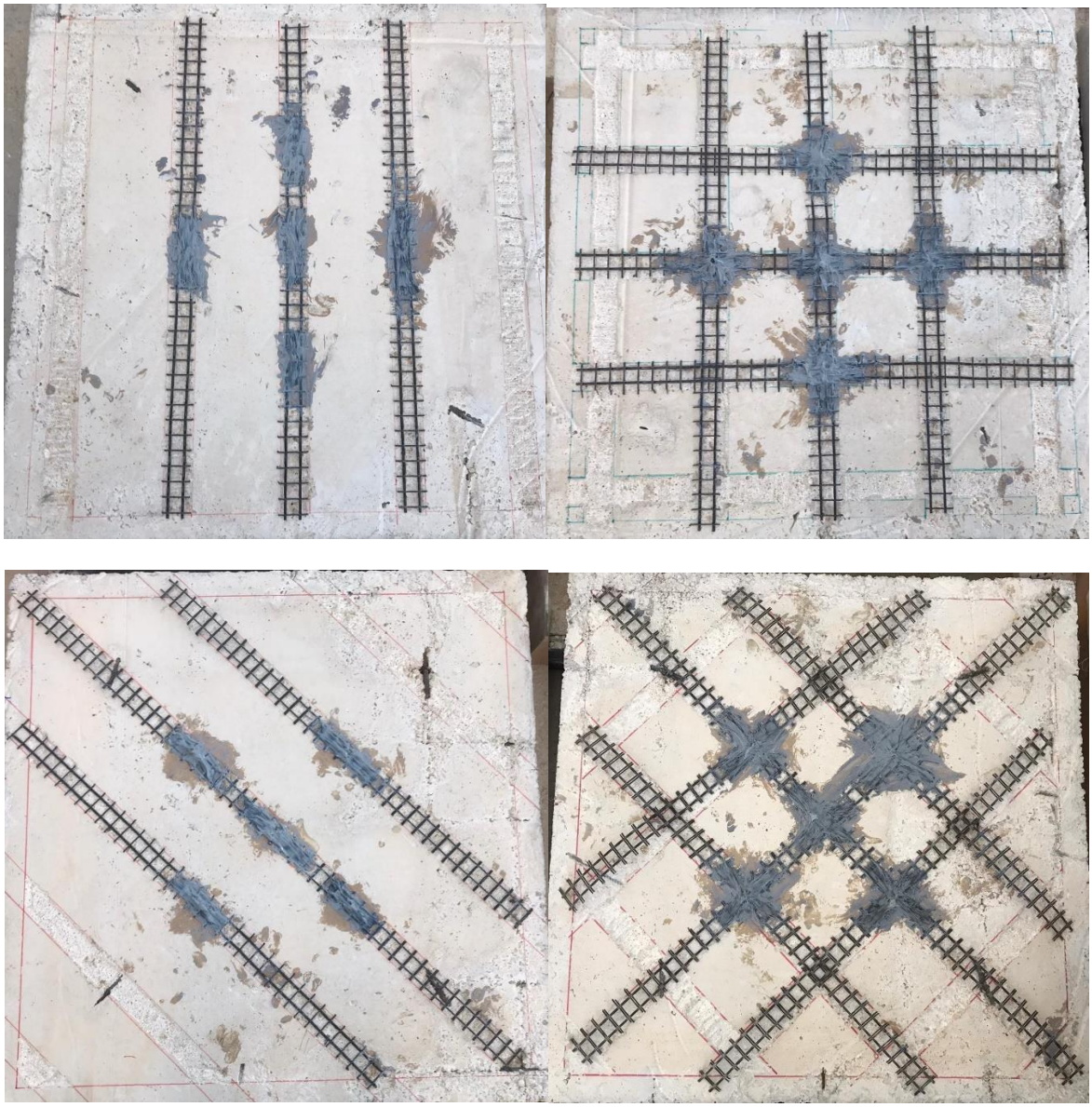
Pürüzlendirme işleminin ardından, ankraj uygulanacak olan döşemeler için gerekli ankraj ve epoksi hazırlığı gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda kullanılan Teknobar C model karbon fiber çubuklar, gövde boyu 6 cm olacak şekilde spiral taş yardımıyla kesilmiştir. Döşeme üstünde kalacak olan kısımları ise püsküllü hale getirilerek temas yüzeyi arttırılmıştır. Ankraj adedi, ankraj kullanılan her döşemede 5 adet olarak belirlenmiştir.

Ankrajların montajı için uygun delikler açıldıktan sonra, öncelikli olarak ankrajların bulunduğu doğrultuda olan karbon tekstiller döşeme üzerine yerleştirilmiştir. Buradaki amaç, epoksi uygulamasından sonra tamir harcı ile sabitlenmesi yapılacak olan karbon tekstilin sağlıklı bir şekilde çalışmasını sağlamaktır. Şırınga yardımıyla enjekte edilen Sikadur®-330 model epoksi ile birlikte ankrajların döşeme üzerine montajı gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.45).

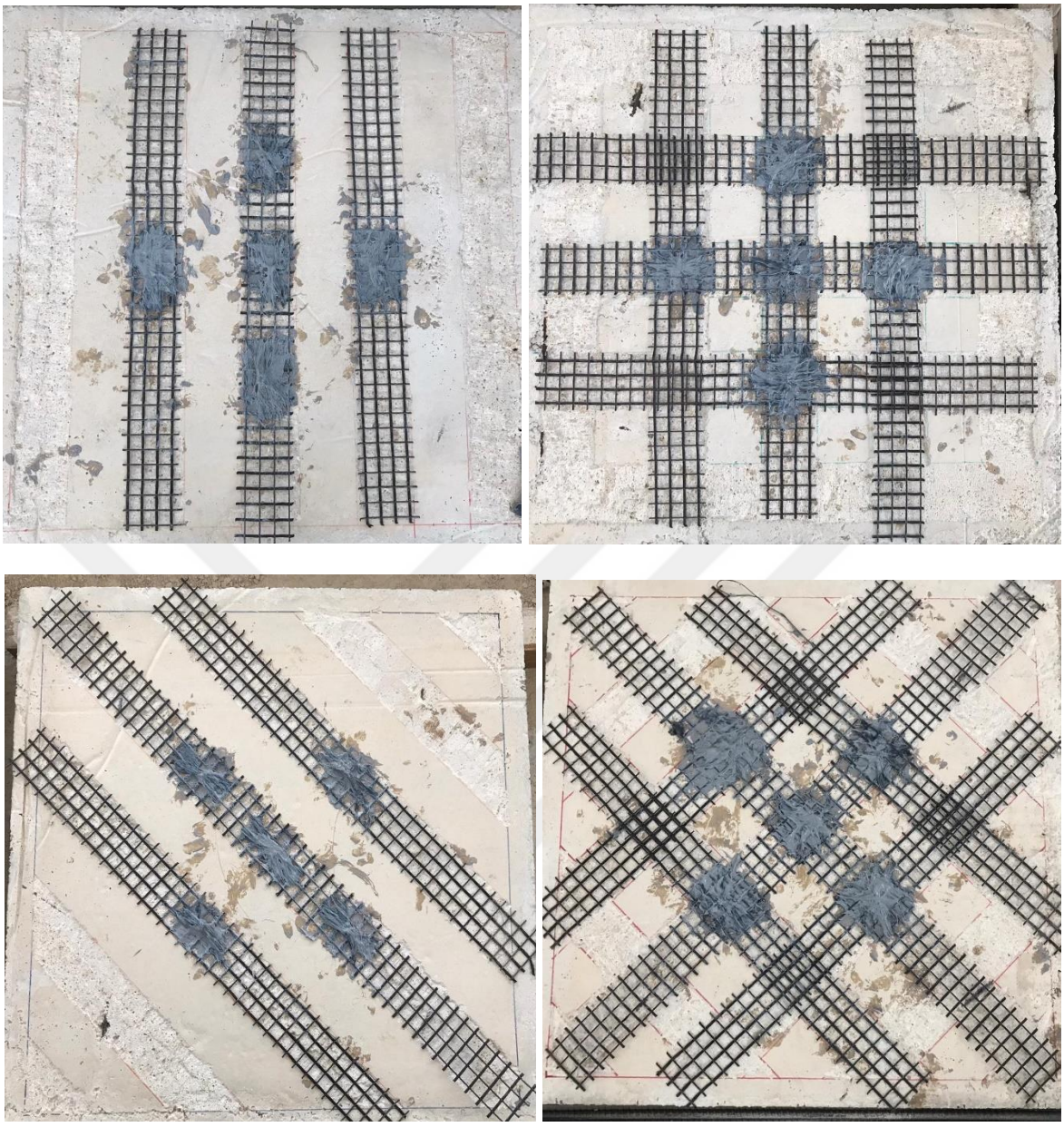


Şekil 3.45. Ankrajların epoksi ile döşeme üzerine yerleştirilmesi

Üretimi gerçekleştirilen döşemelerin sayısı referans alınan numune hariç 16 adettir. Çalışma kapsamında değişken parametre olan ankraj kullanımın etkisini gözlemleyebilmek adına toplamda 8 farklı karbon tekstil yerleşim planına ve genişliğine sahip olan döşemelerden ikişer adet üretilmiştir. Toplamda 8 adet döşemeye ankraj uygulaması yapılmıştır ve ankraj uygulaması yapılmayan döşemelerle kıyaslanmasının yapılması hedeflenmiştir. Ankraj uygulaması yapılan döşemeler Şekil 3. 46 ve Şekil 3.47'de gösterilmektedir.



Şekil 3.46. 50 mm genişlikte karbon tekstil kullanılan döşemelerde ankraj yerleşimi



Şekil 3.47. 100 mm genişlikte karbon tekstil kullanılan döşemelerde ankraj yerleşimi

Ankraj yerleşiminin tamamlanmasının ardından karbon tekstillerin döşeme üzerine montajı aşamasına geçilmiştir. Karbon tekstiller, çalışma kapsamında tasarlanan ölçülere uygun olacak şekilde endüstriyel makas kullanılarak kesilmiştir. Pürüzlendirilen yüzey üzerine karbon tekstil takviyesinin yerleştirilmesinde kullanılan Teknorep 300 tamir harcı, teknik kılavuzunda belirtilen uygun miktarda su ile birleştirilerek matkap ucuna yerleştirilen aparatla beraber malzeme homojen olana kadar karıştırılmıştır (Şekil 3.48).



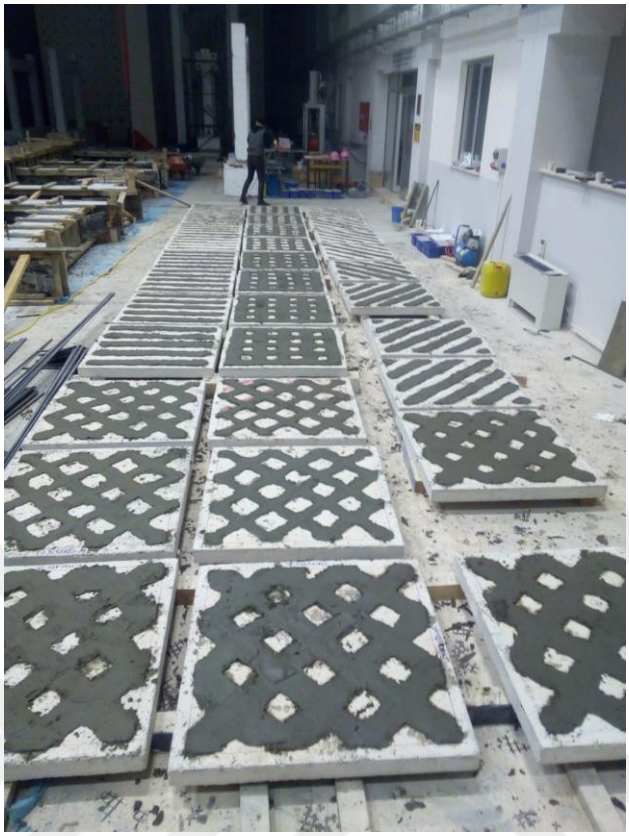
Şekil 3.48. Teknorep 300 tamir harcının hazırlanması

Tamir harcı elde edildikten sonra döşeme üzerinde karbon tekstilin yerleştirileceği yüzeye yaklaşık 2 mm olacak biçimde ince bir tabaka şeklinde sıvanmıştır. Ardından el kuvveti ile karbon tekstiller tamir harcı içine gömülmüş, sonrasında tekrardan 2 mm kalınlığında ince bir kat daha tamir harcı uygulanarak yerleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Tamir harcının düzenlenmesi mala kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Tamir harcı ile birlikte karbon tekstillerin yerleştirilmesi Şekil 3.49'da gösterilmektedir.



Şekil 3.49. Tamir harcı ile karbon tekstillerin yerleştirilmesi işlemi (a)



Şekil 3.49. Tamir harcı ile karbon tekstillerin yerleştirilmiş hali (b)

Yürütülen deneysel çalışma kapsamında farklı yön ve doğrultuda çalışan, 50 ile 100 mm karbon tekstil şerit genişliğine sahip döşemelerin deney için uygun hale getirilmiş halleri Şekil 3.50 ve Şekil 3.51'de sunulmuştur.



Şekil 3.50. 50 mm şerit genişliğine sahip ortogonal karbon tekstil uygulaması yapılmış döşemeler (a)



Şekil 3.50. 50 mm şerit genişliğine sahip diyagonal karbon tekstil uygulaması yapılmış döşemeler (b)





Şekil 3.51. 100 mm şerit genişliğine sahip karbon tekstil uygulaması yapılmış döşemeler

3.2. Yöntem

Karbon tekstille takviye edilmiş sıva katmanı ile güçlendirilmiş betonarme döşemelerin çarpma etkisi altındaki davranışı ve tepkileri; karbon tekstillerin şerit genişliği, yerleşim şekilleri ve doğrultuları, ankrajın etkisi değişken parametreler olarak tutularak deneysel olarak incelenmiştir. Belirtilen değişkenler harici her özellik bütün döşemelerde sabit tutulmuştur.

Çalışma kapsamında kullanılan betonun silindir basınç dayanımı 25 MPa'dır. Tüm döşemelerde 6 mm'lik donatı çeliğinin 150 mm aralıklarla döşenmesiyle elde edilen hasır tipi donatılar kullanılmıştır. Çarpma yükü etkisini oluşturan çekicin ağırlığı 84 kg ve tüm deney boyunca kullanılan düşü yüksekliği 1,50 m'dir. Çekicin döşemeye ulaşıncaya kadar raylı sistem üzerinde uğradığı sürtünme kuvveti ihmal edilmiş ve betonarme döşemelerin tamamı sabit olarak 1,236 kj enerjiye maruz bırakılmıştır.

Çalışmada 50 mm ile 100 mm olmak üzere iki çeşit karbon tekstil genişliği ve dört tür karbon tekstil yerleşim şekli değişken tutulmuştur. Çalışma kapsamında on yedi adet betonarme döşeme kullanılmıştır. Döşemelerin isimlendirilmesi için kullanılan semboller Çizelge 3.14'de sunulmuştur. Deney elemanlarının isimlendirilmesi ve değişken parametreleri ise Çizelge 3.15'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.14. Döşemelerin isimlendirilmesi için kullanılan semboller

Sembol	Anlamı
C	Karbon
50	50 mm şerit genişliği
100	100 mm şerit genişliği
Or	Ortogonal
Di	Diyagonal
s	Single direction (Tek yön)
d	Double direction (Çift yön)
A	Ankrajlı

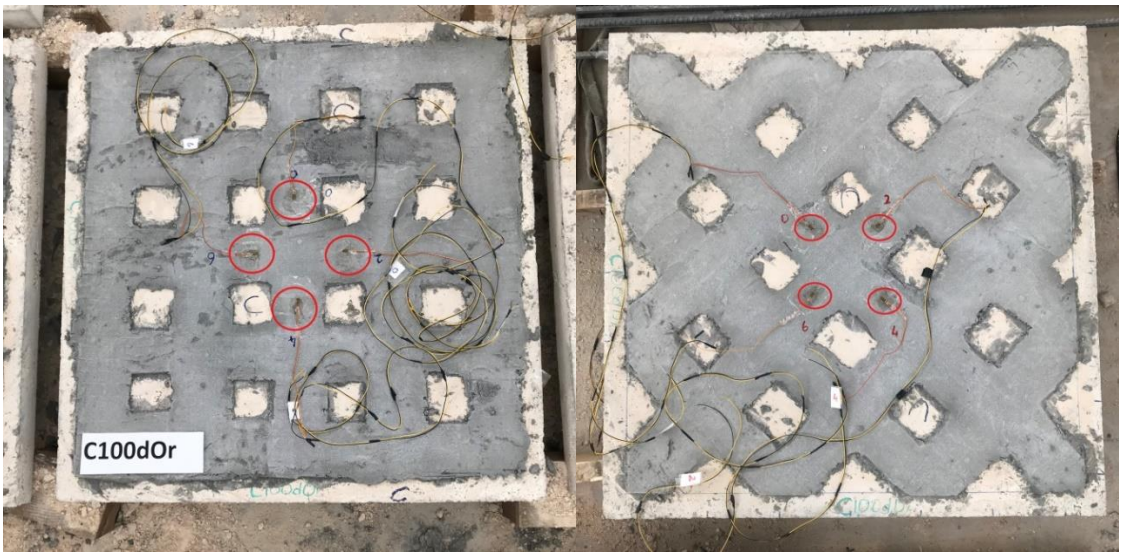
Çizelge 3.15. Deney elemanlarının isimlendirilmesi ve değişken parametreleri

Deney elemanı	Açıklaması	Düşü yüksekliği (mm)	Çekiç kütlesi (kg)
Referans	Güçlendirme yapılmamış betonarme döşeme	1500	84
C50sOr	50 mm şerit genişliğine sahip tek doğrultulu ortogonal ankrajsız karbon tekstil	1500	84
C50dOr	50 mm şerit genişliğine sahip çift doğrultulu ortogonal ankrajsız karbon tekstil	1500	84
C50sDi	50 mm şerit genişliğine sahip tek doğrultulu diyagonal ankrajsız karbon tekstil	1500	84
C50dDi	50 mm şerit genişliğine sahip çift doğrultulu diyagonal ankrajsız karbon tekstil	1500	84
C100sOr	100 mm şerit genişliğine sahip tek doğrultulu ortogonal ankrajsız karbon tekstil	1500	84
C100dOr	100 mm şerit genişliğine sahip çift doğrultulu ortogonal ankrajsız karbon tekstil	1500	84
C100sDi	100 mm şerit genişliğine sahip tek doğrultulu diyagonal ankrajsız karbon tekstil	1500	84
C100dDi	100 mm şerit genişliğine sahip çift doğrultulu diyagonal ankrajsız karbon tekstil	1500	84
C50sOrA	50 mm şerit genişliğine sahip tek doğrultulu ortogonal ankrajlı karbon tekstil	1500	84
C50dOrA	50 mm şerit genişliğine sahip çift doğrultulu ortogonal ankrajlı karbon tekstil	1500	84
C50sDiA	50 mm şerit genişliğine sahip tek doğrultulu diyagonal ankrajlı karbon tekstil	1500	84
C50dDiA	50 mm şerit genişliğine sahip çift doğrultulu diyagonal ankrajlı karbon tekstil	1500	84
C100sOrA	100 mm şerit genişliğine sahip tek doğrultulu ortogonal ankrajlı karbon tekstil	1500	84
C100dOrA	100 mm şerit genişliğine sahip çift doğrultulu ortogonal ankrajlı karbon tekstil	1500	84
C100sDiA	100 mm şerit genişliğine sahip tek doğrultulu diyagonal ankrajlı karbon tekstil	1500	84
C100dDiA	100 mm şerit genişliğine sahip çift doğrultulu diyagonal ankrajlı karbon tekstil	1500	84

Karbon tekstillerin tamir harcı ile döşemeye yerleştirilmesinin ardından 10 gün tamir harcının nihai dayanımını kazanması beklenilmiştir. Ardından strain gauge dirençleri siyanakrilat esaslı yapıştırıcılar kullanılarak harç üzerine sabitlenmiştir. Deneysel çalışma kapsamında kullanılan tüm betonarme döşemelerde dört adet strain gauge kullanılmıştır. Döşemelerin diyagonal veya ortagonal olması strain gauge dizilmini etkilememiştir. Tek doğrultuda çalışan döşemeler için Şekil 3.52'de, çift doğrultuda çalışan döşemeler için ise Şekil 3.53'te stain gauge dirençlerinin yapıştırılmış hali gösterilmiştir.



Şekil 3.52. Tek doğrultuda çalışan döşemelerin strain gauge yerleşimleri



Şekil 3.53. Çift doğrultuda çalışan döşemelerin strain gauge yerleşimleri

Strain gauge dirençlerinin yerleştirilmesinin ardından, betonarme döşemeler vinç yardımıyla tekrardan ters çevrilmiş ve mesnet düzeneği olarak betonarme döşemelerin çarpma yükü uygulanırken konumlandırılması amacıyla oluşturulan IPE 500 profile sahip çelik bir platform üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 3.54).



Şekil 3.54. Betonarme döşemelerin yerleştirildiği çelik platform

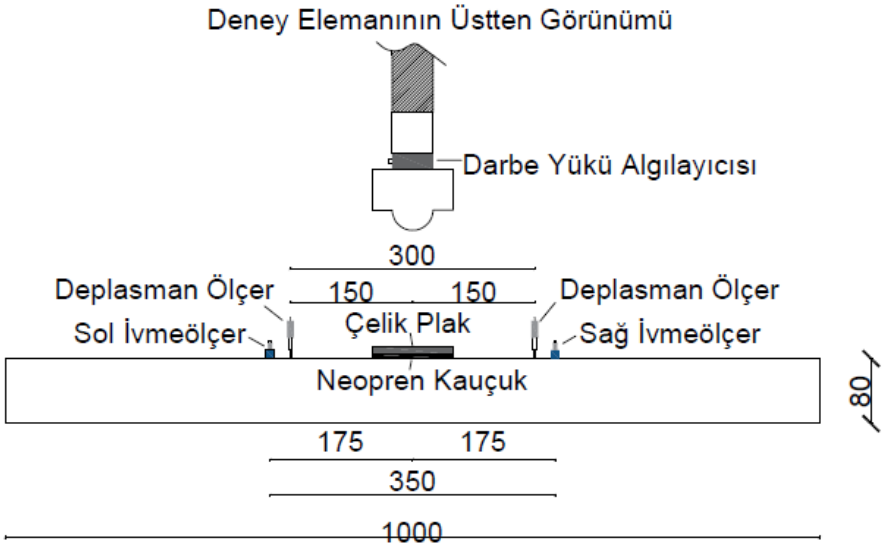
Kuvars darbe yükü algılayıcısı çekice monte edilerek döşemelere etki eden çarpma yükü büyüklüğünün ölçülmesi sağlanmıştır. Çarpma yüklemesi etkisi yaratacak olan çekiç düşüsünün doğrudan betonarme döşeme elemanı üzerine doğrudan teması halinde, yük elemana noktasal olarak aktarılır. Bu durumda da delme etkisi meydana gelir ve istenilen ölçümler gerçekleştirilemeden döşemenin göçmesi gerçekleşir. Bu durumu engellemek amacıyla çekiç ile döşeme arasına çelik plak, çelik plak ile döşeme arasına da neopren tipi kauçuk malzeme yerleştirilmiştir. Yerleştirilen bu çelik plak ve neopren kauçuk malzeme, çarpma yükünün üniform bir şekilde betonarme döşemeye yayılmasını sağlar ve noktasal yükü sönümlerler.

Çarpma yüklemesi betonarme döşemelerin merkezine uygulanacağından, neopren kauçuk ve çelik plağın montajı da çekicin düşürüleceği doğrultuda döşemenin merkezine çelik dübeller yardımıyla vidalanmak suretiyle sabitlenmiştir (Şekil 3.55).

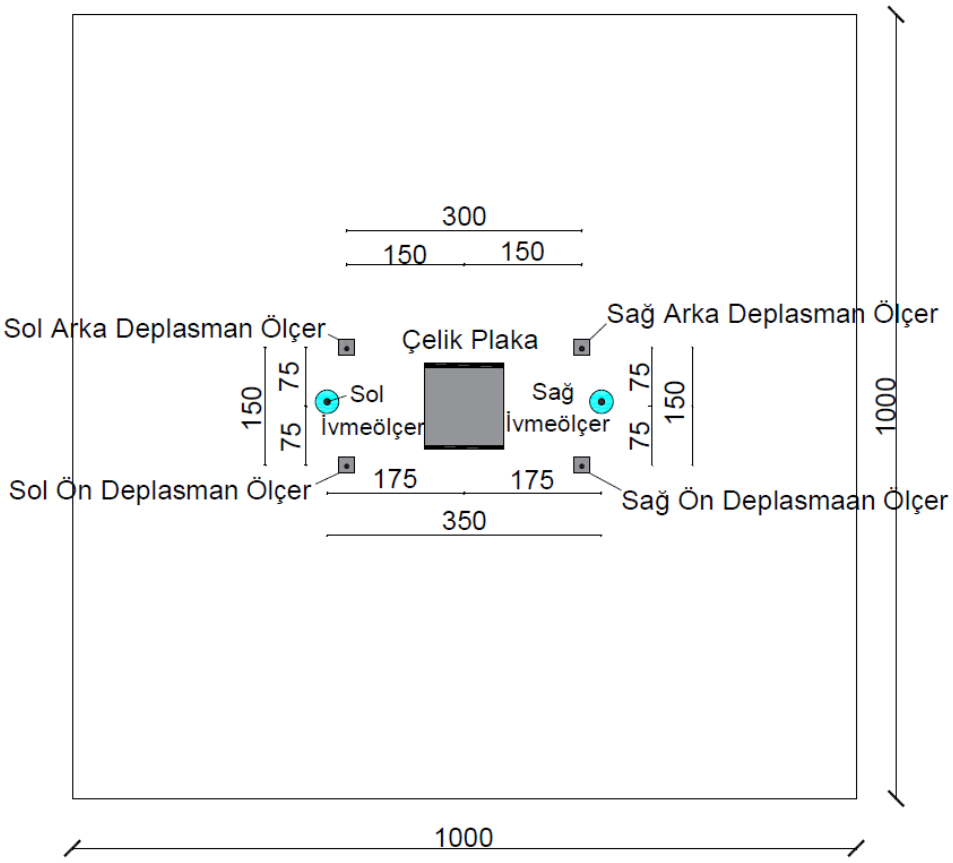


Şekil 3.55. Döşeme merkezine sabitlenmiş neopren kauçuk ve çelik plak

Gerçekleştirilen çalışma kapsamında çarpma yükü etkisinden kaynaklı numunelerde oluşan ivmelerin zaman tanım aralığındaki değişimleri ivmeölçerler ile, oluşan deplasmanlar ise potansiyometrik konum algılayıcılarıyla tespit edilmiştir. İvmeölçerler; döşemenin üst tarafına, merkezinin sağ ve sol tarafına doğru 175 mm uzaklıkta bulunan merkeze eşit uzaklıktaki iki noktaya yerleştirilmişlerdir. Montaj işleminde pirinç aparat kullanılmıştır. Potansiyometrik konum algılayıcıları da döşemenin merkez noktasından sağ ve sol yönlerde 150 mm uzaklıkta, 75 mm aşağı ve 75 mm yukarı yönde olmak üzere dört noktaya yerleştirilmişlerdir. Konum algılayıcıların düz bir zeminde daha sağlıklı çalışmasından kaynaklı olarak, algılayıcıların döşeme ile temas ettikleri yüzeylere cam monte edilmiştir ve döşemelerde ölçülen deplasman değerlerinin kıyaslanabilmesi sağlanmıştır. Potansiyometrik konum algılayıcılarının istenilen yere sabitlenmesi ve çarpma etkisi anında oluşacak titreşimden etkilenmemesi için yatay ve dikey yönde hareket edebilen çelik profil ayaklardan yararlanılmıştır. İvmeölçerler, potansiyometrik konum algılayıcıları, neopren tipi kauçuk ve çelik plağın betonarme döşeme üzerindeki yerleşimi Şekil 3.56'da gösterilmiştir.

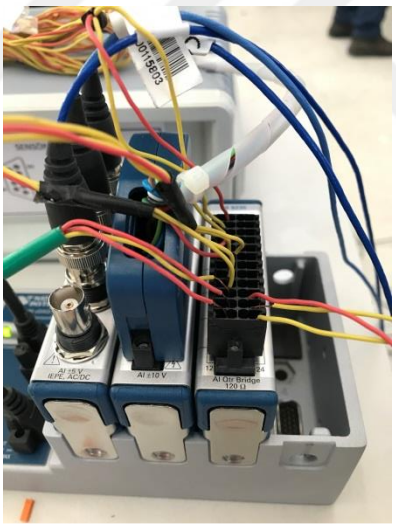


Deney elemanının karşıdan görünümü



Şekil 3.56. İvmeölçerler, potansiyometrik konum algılayıcıları, kauçuk ve çelik plak yerleşimi

Test edilecek betonarme döşemenin mesnet üzerine yerleştirilmesinin ardından gerekli sabitleme ve montaj işlemleri yapıldıktan sonra, gerçekleştirilecek olan ölçümlerin dijital ortama transferi için modern ölçüm tekniklerinden yararlanılmıştır. Bu kapsamda, ivmeölçerler ve darbe yükü algılayıcısı NI 9234 veri elde etme cihazına koaksiyel kablo ile bağlanmıştır. Potansiyometrik konum algılayıcılar sensör besleme kutusuna, sensör besleme kutusu ise NI 9201 veri toplama aygıtının vidalı terminal bölümüne bağlanmıştır. Strain gauge dirençlerinde elde edilen değerler ise NI 9235 veri toplama aygıtına bağlanmıştır. Kullanılan tüm bu veri toplama aygıtları, NI cDAQ-9174 veri toplama ana gövdesine, veri toplama ana gövdesi de USB 2.0 bağlantısı ile bilgisayara bağlanmıştır. Çalışmada kullanılan ölçüm cihazlarının kalibrasyon işlemi LabVIEW SignalExpress yazılım programı vasıtasıyla gerçekleştirilmiş ve veriler kaydedilmiştir. Yazılım deneysel çalışmaya hazır hale getirilmiştir. Veri toplama aygıtlarının veri toplama ana gövdesine bağlanmış hali Şekil 3.57'de sunulmuştur.



Şekil 3.57. Veri toplama ana gövdesine bağlanmış veri toplama aygıtları

Betonarme döşeme elemanının deneysel çalışmaya hazır hale getirilmiş hali Şekil 3.58'de gösterilmiştir. Çalışma kapsamında on yedi tane numunenin çarpma yükü-zaman, sol ivme-zaman, sağ ivme-zaman, sol arka deplasman-zaman, sağ arka deplasman-zaman, sol ön deplasman-zaman, sağ ön deplasman-zaman, birim deformasyon-zaman ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerden elde edilen verilerin değerlendirilmesi DIAdem yazılım

programı ile gerçekleştirilmiştir. Deneysel program kapsamında çalışma sonunda çarpma yükü etkisi altında betonarme döşemelerde meydana gelen hasarlar irdelenmiştir.



Şekil 3.58. Betonarme döşemenin deneye hazır hale getirilmiş hali

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bulgular

Gerçekleştirilen çalışma kapsamında karbon tekstille takviye edilmiş sıva katmanı ile güçlendirilmiş döşemelerin çarpma yükü etkisi altındaki davranışlarının incelenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda çalışmanın bu kısmında çeşitli ölçüm teknikleriyle elde edilen ivme-zaman, deplasman-zaman, gerilme-zaman ölçümleri ve meydana gelen çatlak dağılımları tüm döşemeler için incelenmiştir.

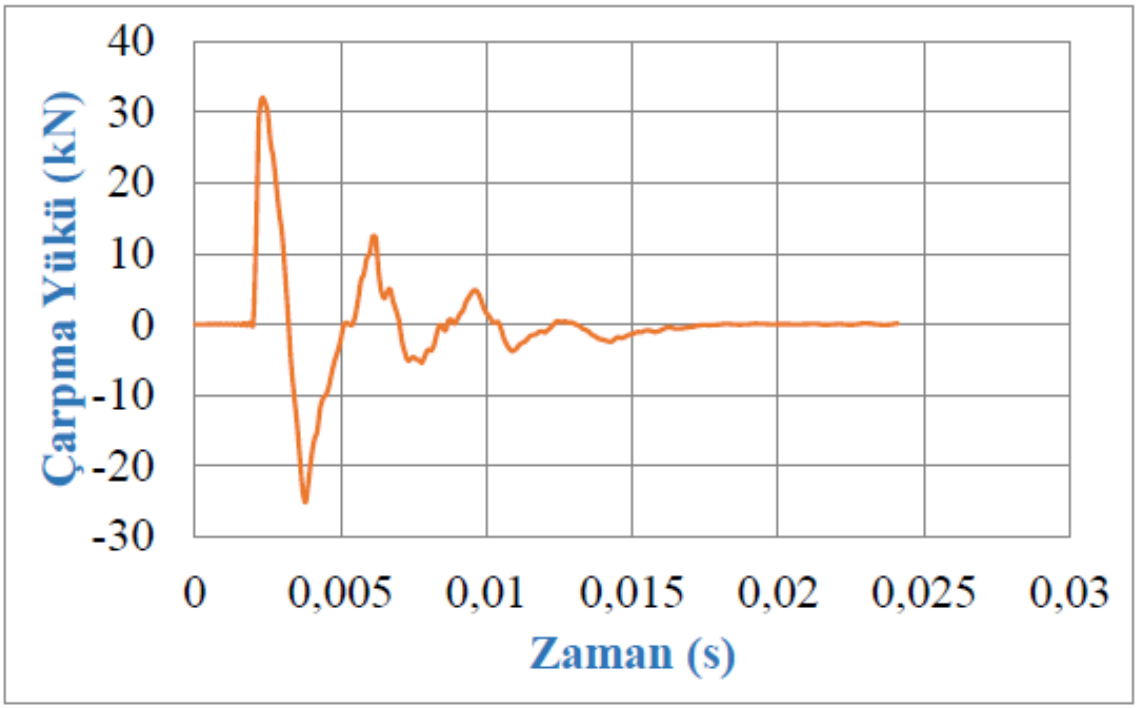
4.1.1. S1 numunesi

Çarpma yükü etkisi altında güçlendirilmiş ve güçlendirilme çalışması yapılmamış döşemelerin kıyaslanabilmesi amacıyla S1 deney elemanı referans numunesi olarak kabul edilmiştir. Bu doğrultuda herhangi bir güçlendirme çalışması yapılmamıştır. S1 numunesi 1,236 kJ çarpma enerjisine maruz bırakılmıştır.

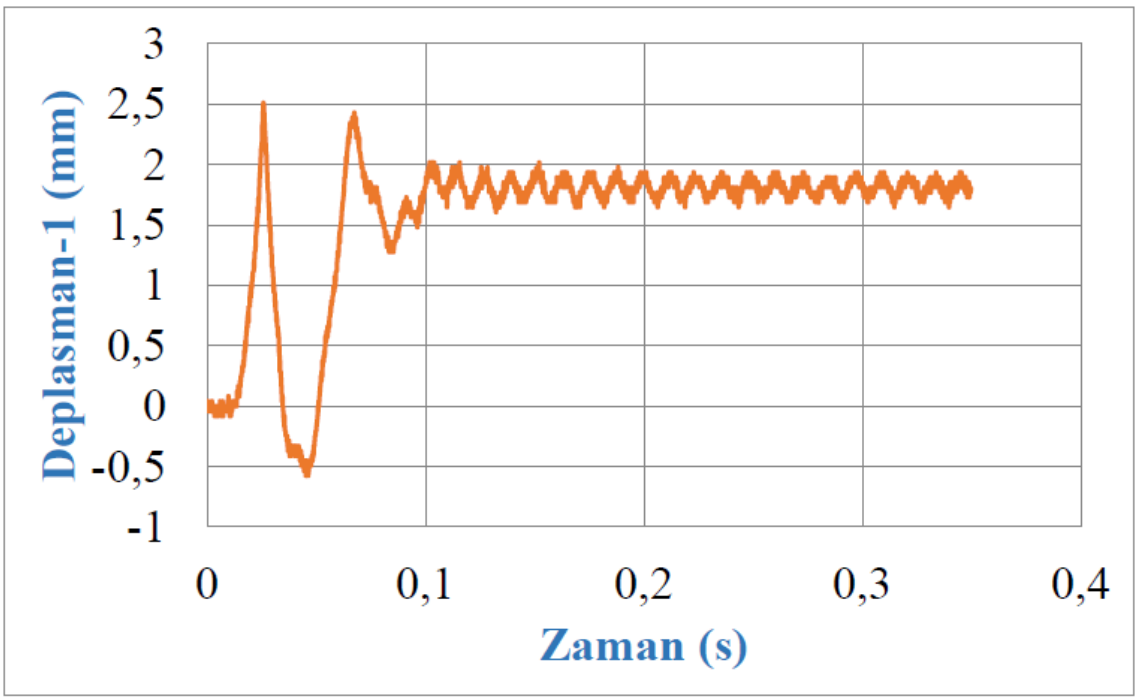
Meydana gelen çarpma enerjisi neticesinde, S1 numunesine etkiyen çarpma yükü sonucunda elde edilen kuvvet, azami 31,97 kN ve asgari -25,17 kN olarak ölçülmüştür. Bu yükleme sonucunda sol ivmeölçerde, azami 218,64 g, asgari -171,97 g ivme değeri tespit edilmiştir. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 219,89 g, asgari -96,10 g' dir. Çarpma yükü neticesinde S1 numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 2,939 mm, daimi deplasman ise 1,09 mm olarak ölçülmüştür.

S1 deney elemanına çarpma yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşemenin alt kısmında derin hasarların oluştuğu gözlemlenmiştir.

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucu S1 numunesine etki eden çarpma yükü değerinin zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Deney elemanının orta kısmından elde edilen 1 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.2'de sunulmuştur.

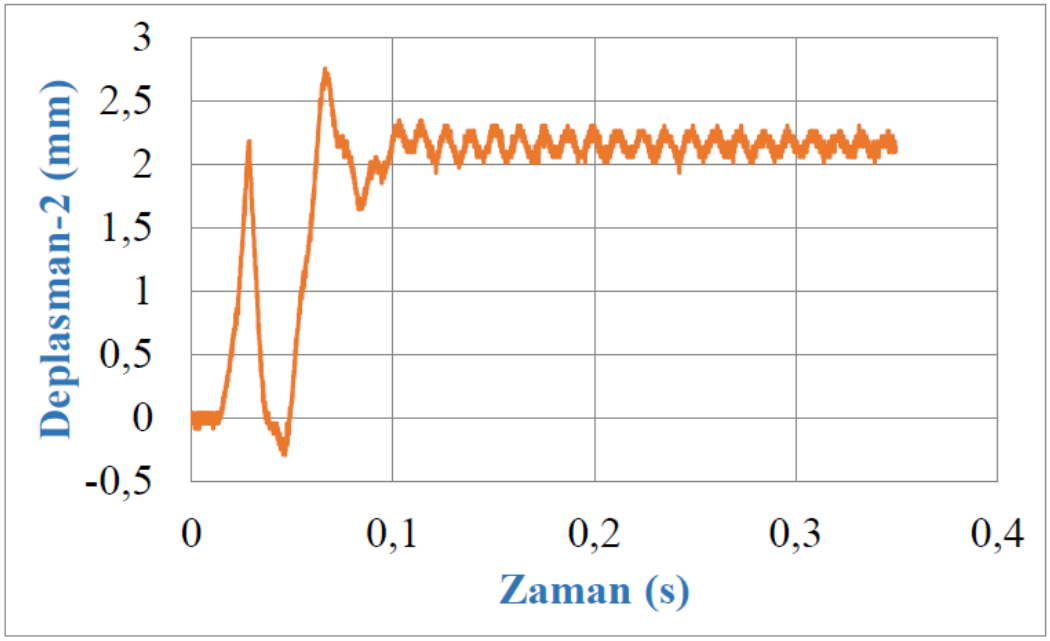


Şekil 4.1. S1 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı

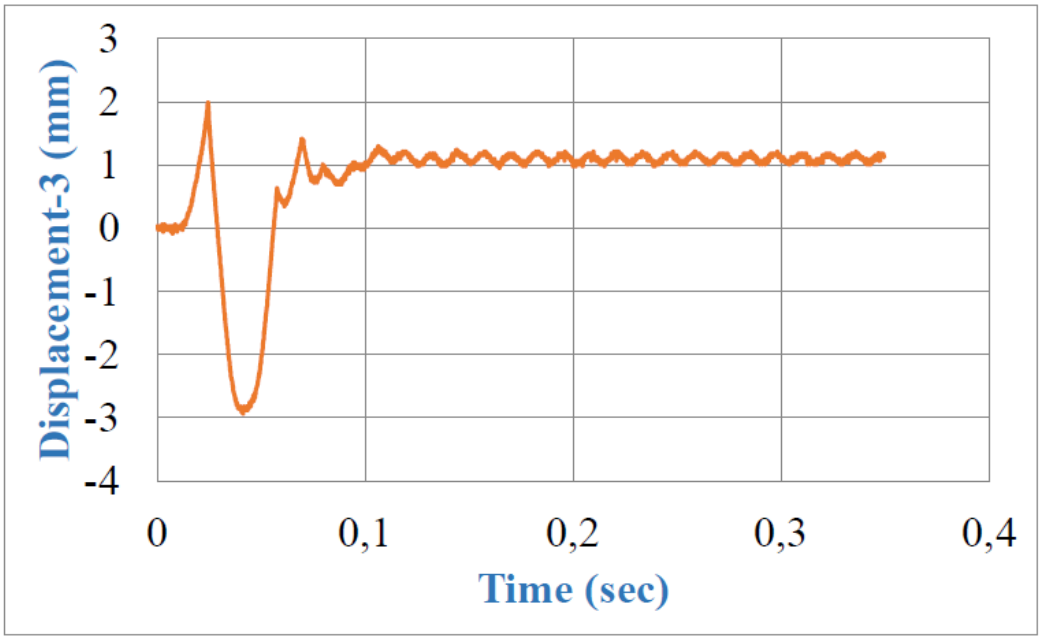


Şekil 4.2. S1 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

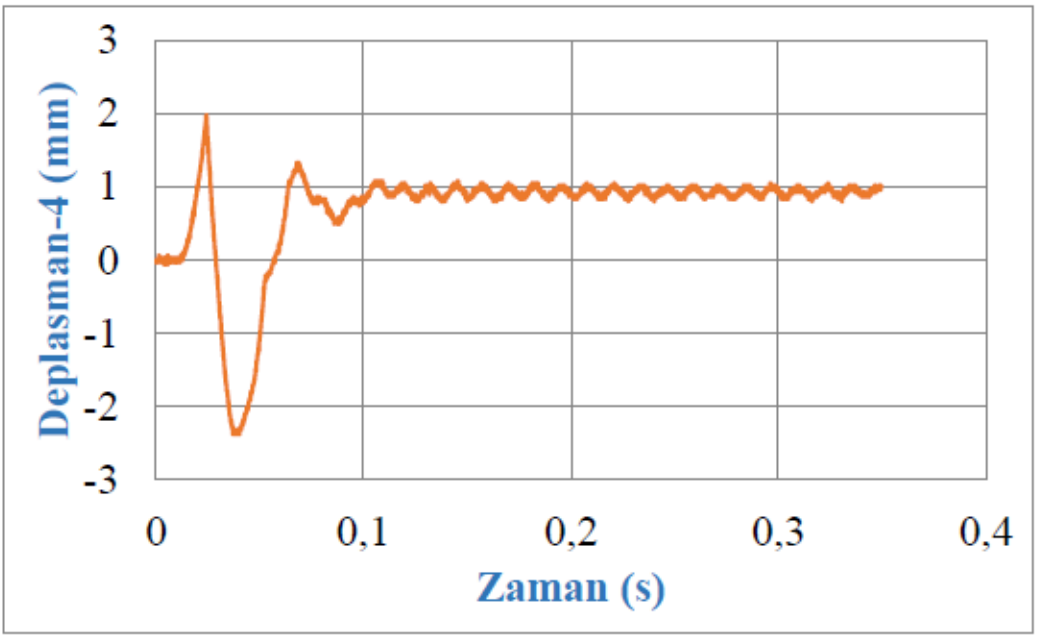
S1 numunesinin orta kısmında meydana gelen 2, 3 ve 4 nolu deplasman verilerinin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.3. S1 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı

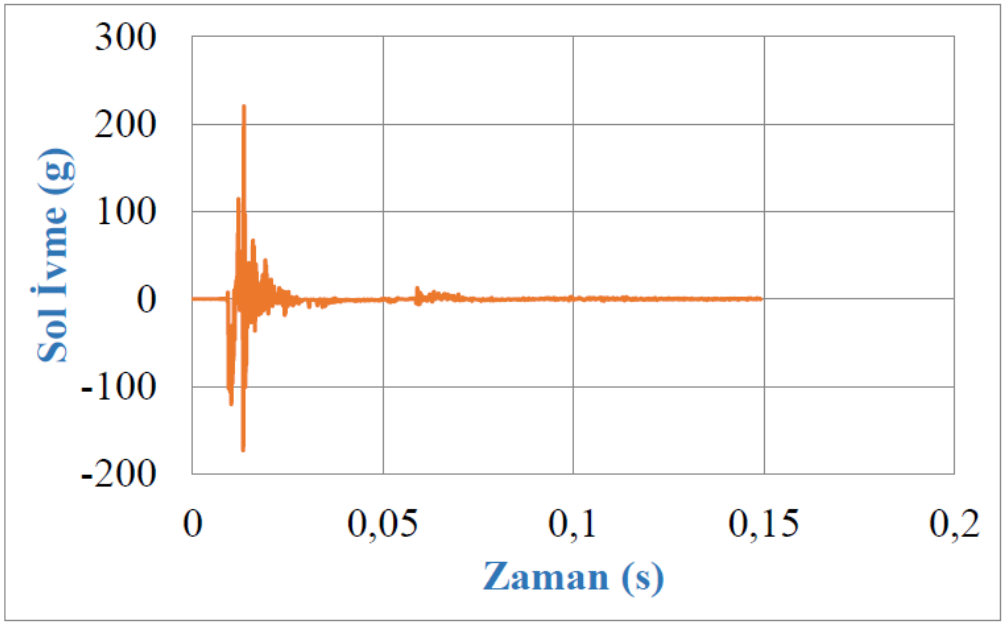


Şekil 4.4. S1 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı

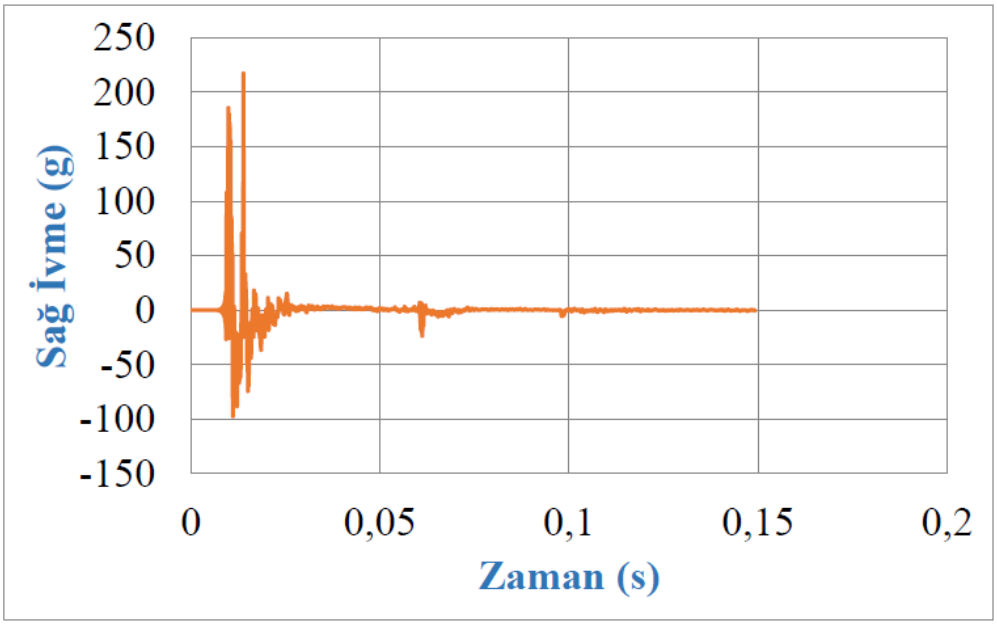


Şekil 4.5. S1 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı

Numuneye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi neticesinde sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



Şekil 4.6. S1 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı



Şekil 4.7. S1 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı

Darbe etkisi sonucunda S1 numunesinde oluşan hasarlar Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. S1 döşemesinde oluşan hasarlar

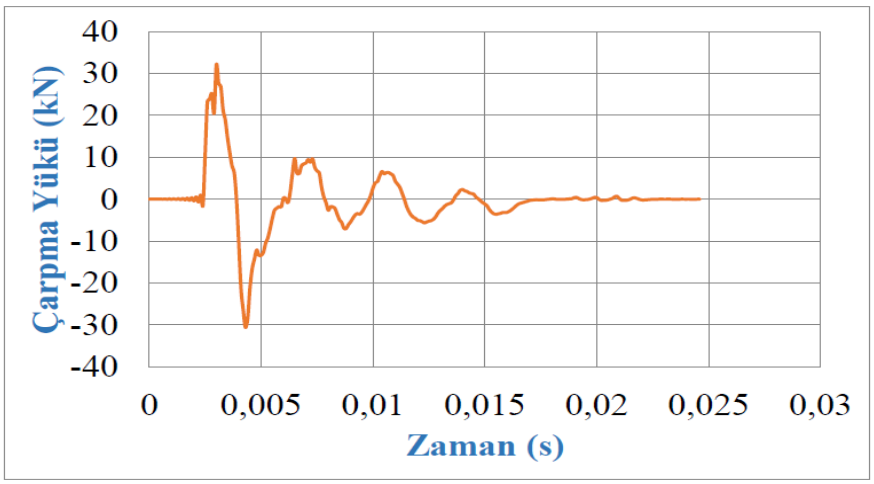
4.1.2. S2 numunesi

S2 numunesi, genişlik değeri 50 mm olan karbon tekstiller ile ortogonal ve tek yönlü şekilde güçlendirilmiştir. Döşeme 1,236 kJ çarpma enerjisine maruz bırakılmıştır.

Meydana gelen çarpma enerjisi neticesinde, S2 numunesine etkiyen çarpma yükü sonucunda elde edilen kuvvet, azami 32,06 kN ve asgari -30,59 kN olarak ölçülmüştür. Bu yükleme sonucunda sol ivmeölçerde, azami 351,66 g, asgari -297,98 g ivme değeri tespit edilmiştir. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 349,70 g, asgari -204,92 g' dir. Çarpma yükü neticesinde S2 numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 2,52 mm, daimi deplasman ise 0,53 mm olarak ölçülmüştür. Karbon tekstil şeritlerde bulunan strain-gauge objelerinden tespit edilen en yüksek birim deformasyon değeri 0,01510 mm/mm'dir.

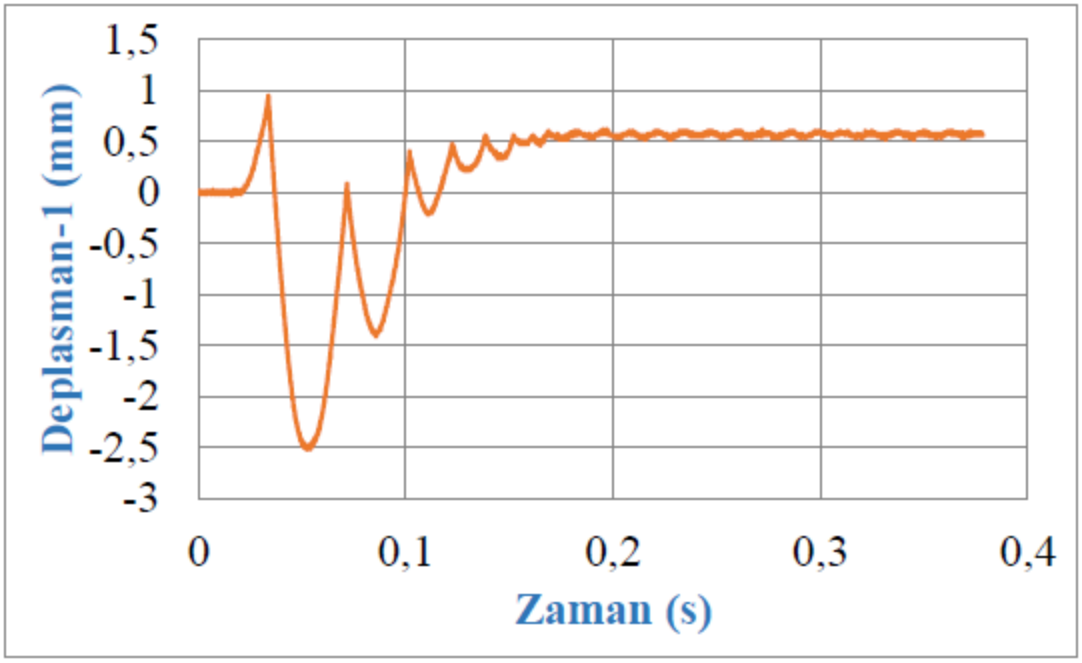
S2 numunesine çarpma yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede yapılan tetkiklerde, döşeme alt kısmında hasarların oluştuğu fakat çatlak sayılarının azaldığı gözlemlenmiştir.

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucu S2 numunesine etki eden çarpma yükünün zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.9'da verilmiştir.

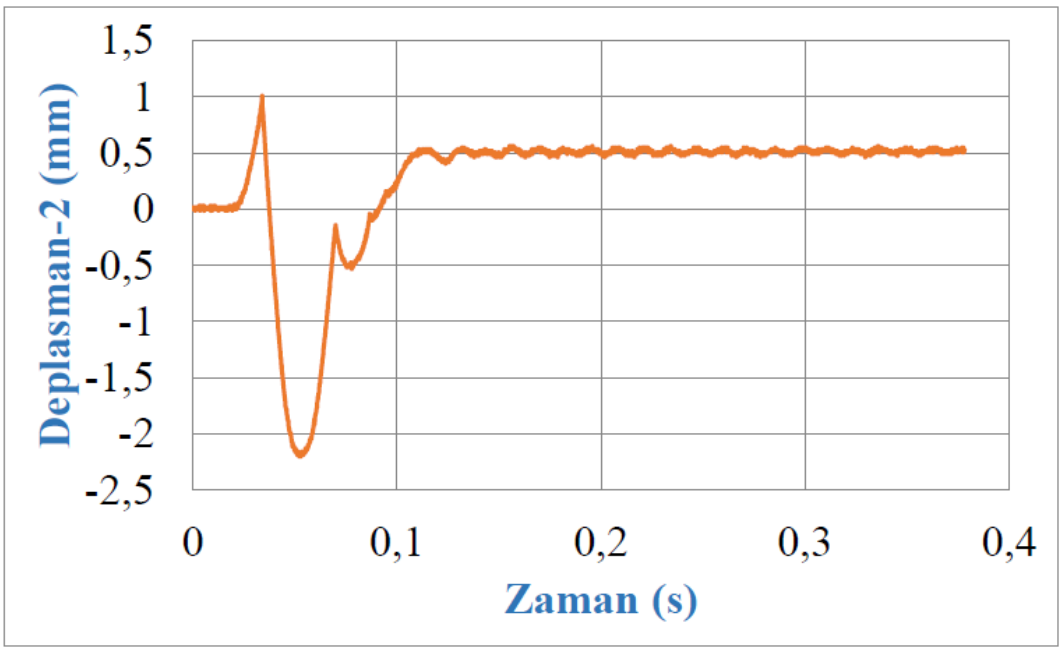


Şekil 4.9. S2 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı

S2 numunesinin orta kısmından elde edilen 1 ve 2 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'de verilmiştir.

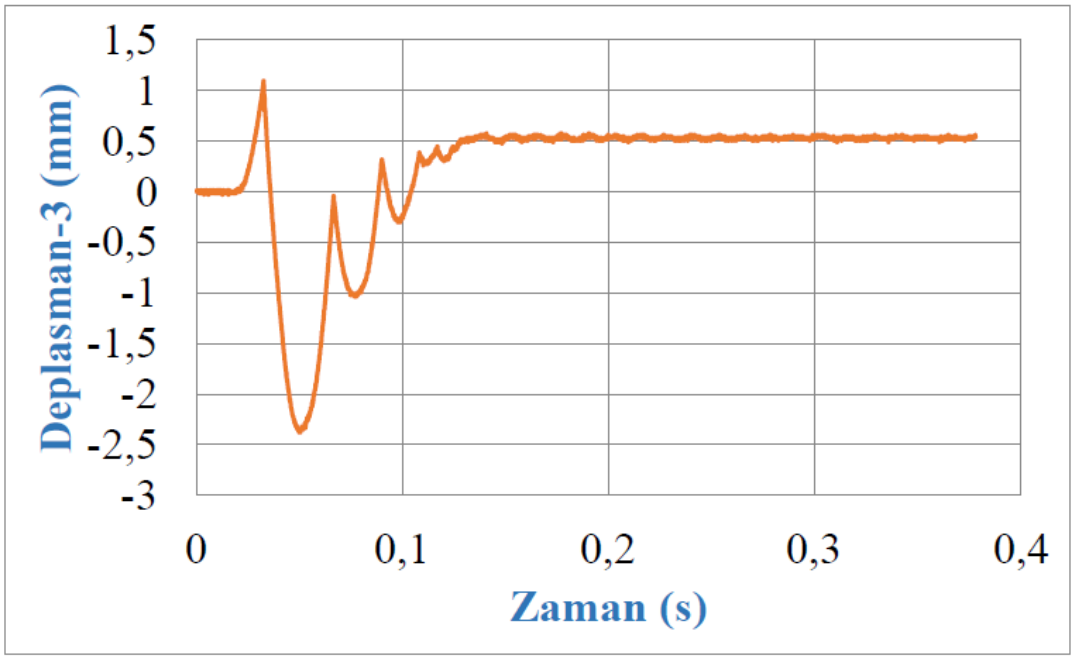


Şekil 4.10. S2 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

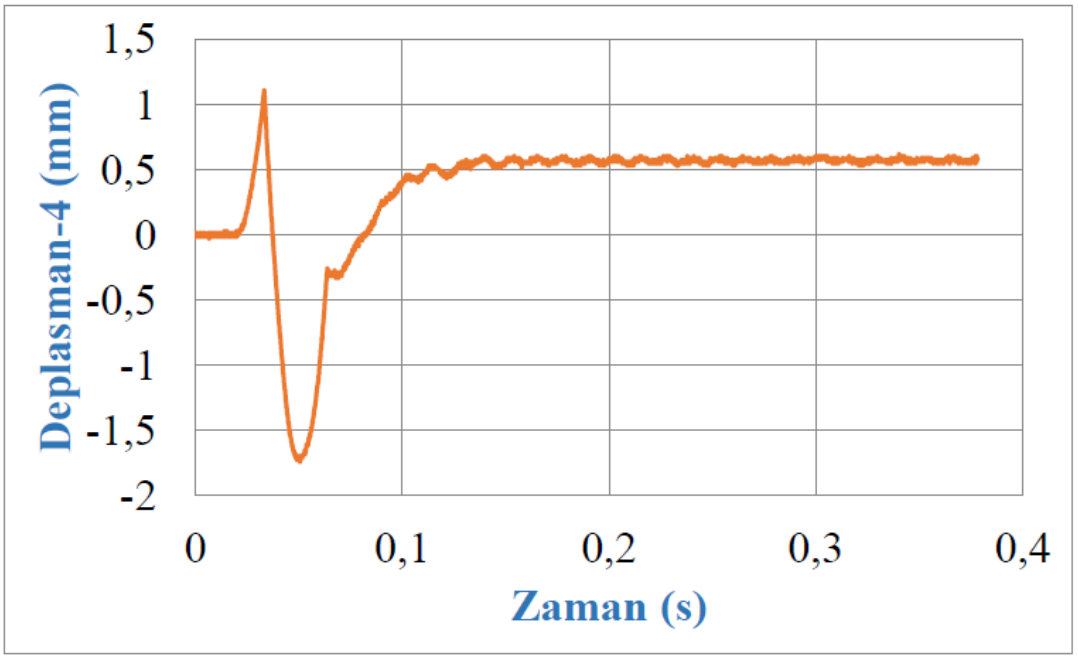


Şekil 4.11. S2 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı

S2 numunesinin orta kısmından elde edilen 3 ve 4 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te verilmiştir.

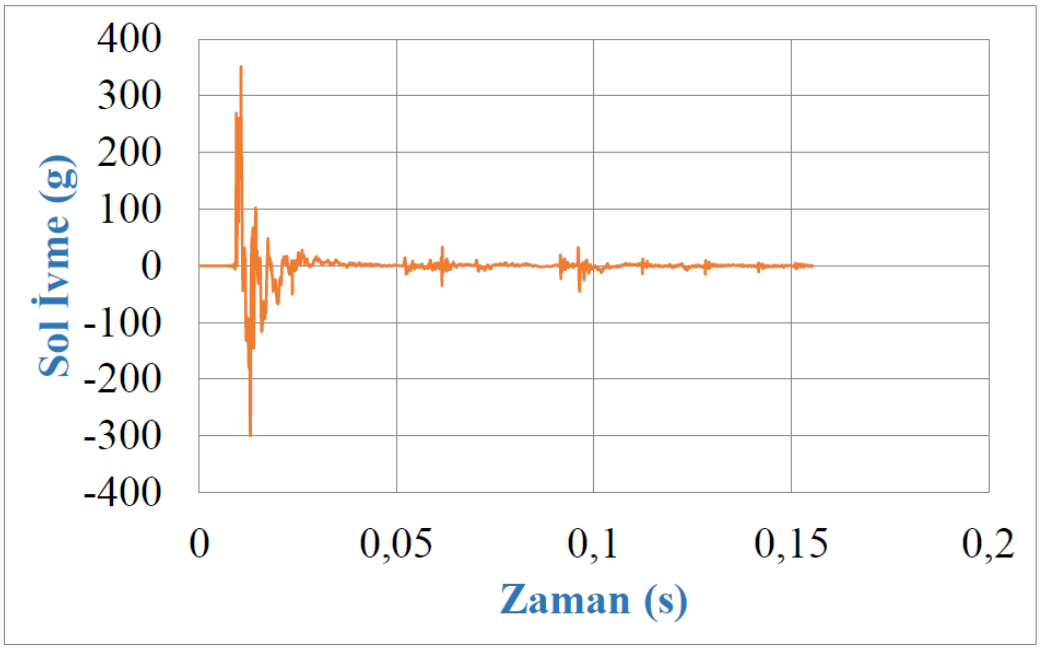


Şekil 4.12. S2 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı

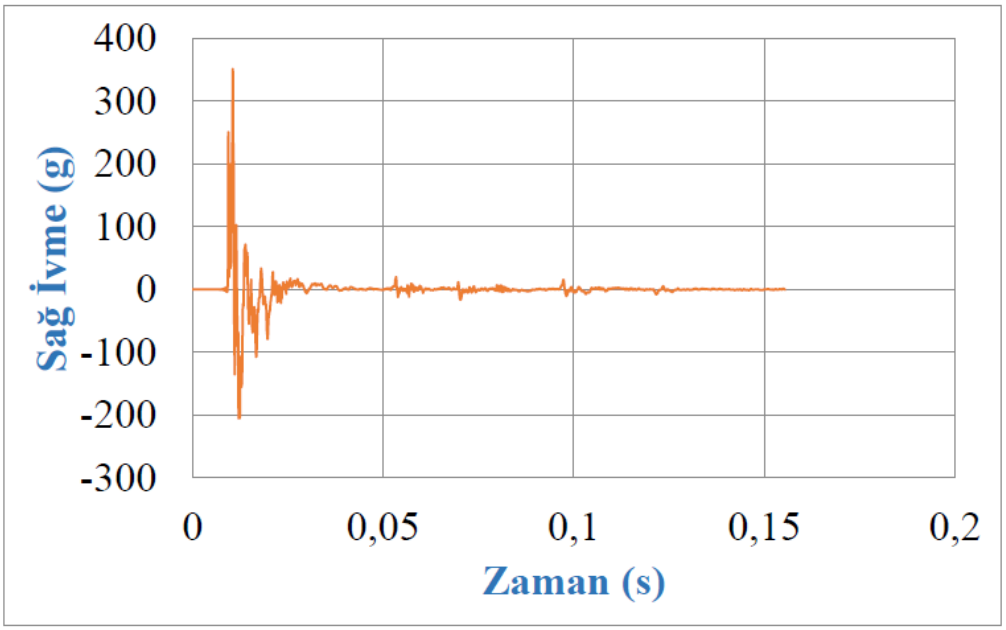


Şekil 4.13. S2 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı

Numuneye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi neticesinde sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.14 ve Şekil 4.15'te verilmiştir.

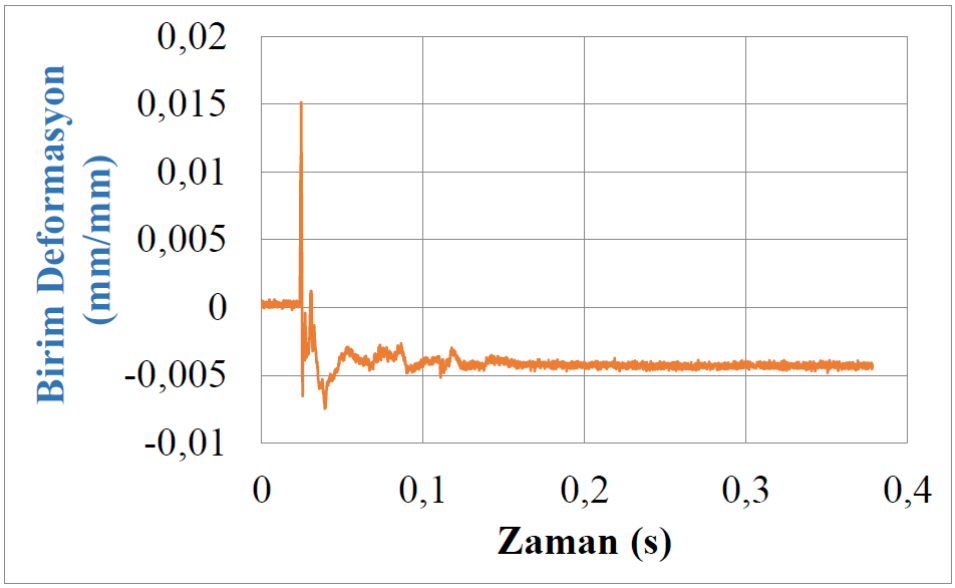


Şekil 4.14. S2 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı



Şekil 4.15. S2 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı

S2 deney elemanında karbon tekstil uygulaması yapılan şeritlerde meydana gelen birim deformasyon değerlerinin zaman tanım alanındaki değişimleri Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16. S2 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı

Darbe etkisi sonucunda S2 numunesinde oluşan hasarlar Şekil 4.17'de gösterilmiştir.



Şekil 4.17. S2 numunesinde oluşan hasarlar

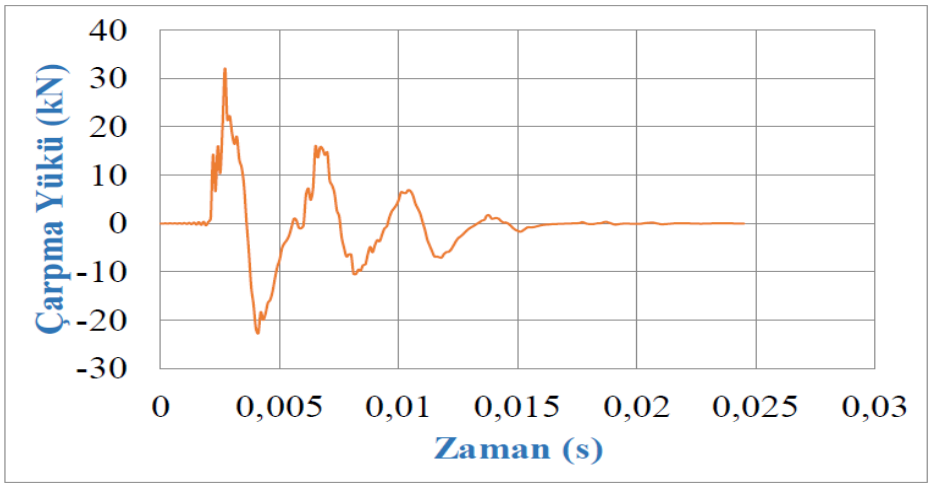
4.1.3. S3 numunesi

S3 numunesi, genişlik değeri 50 mm olan karbon tekstiller ile ortogonal ve çift yönlü şekilde güçlendirilmiştir. Döşeme 1,236 kJ çarpma enerjisine maruz bırakılmıştır.

Meydana gelen çarpma enerjisi neticesinde, S3 numunesine etkiyen çarpma yükü sonucunda elde edilen kuvvet, azami 32,07 kN ve asgari -22,70 kN olarak ölçülmüştür. Bu yükleme sonucunda sol ivmeölçerde, azami 461,39 g, asgari -200,09 g ivme değeri tespit edilmiştir. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 459,36 g, asgari -161,57 g' dir. Çarpma yükü neticesinde S3 numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 1,846 mm, daimi deplasman ise 0,24 mm olarak ölçülmüştür. Karbon tekstil şeritlerde bulunan strain-gauge objelerinden tespit edilen en yüksek birim deformasyon değeri 0,00843 mm/mm'dir.

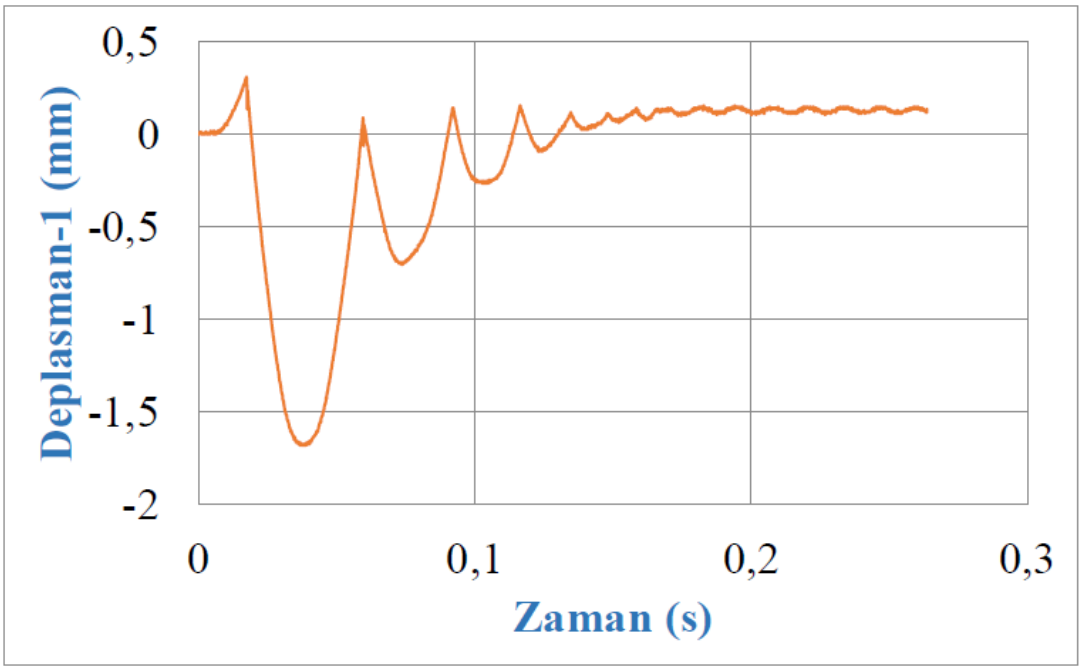
S3 numunesine çarpma yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşeme alt kısmında hasarların oluştuğu fakat çatlak sayılarının azaldığı gözlemlenmiştir..

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucu S2 numunesine etki eden çarpma yükünün zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.18'de verilmiştir.

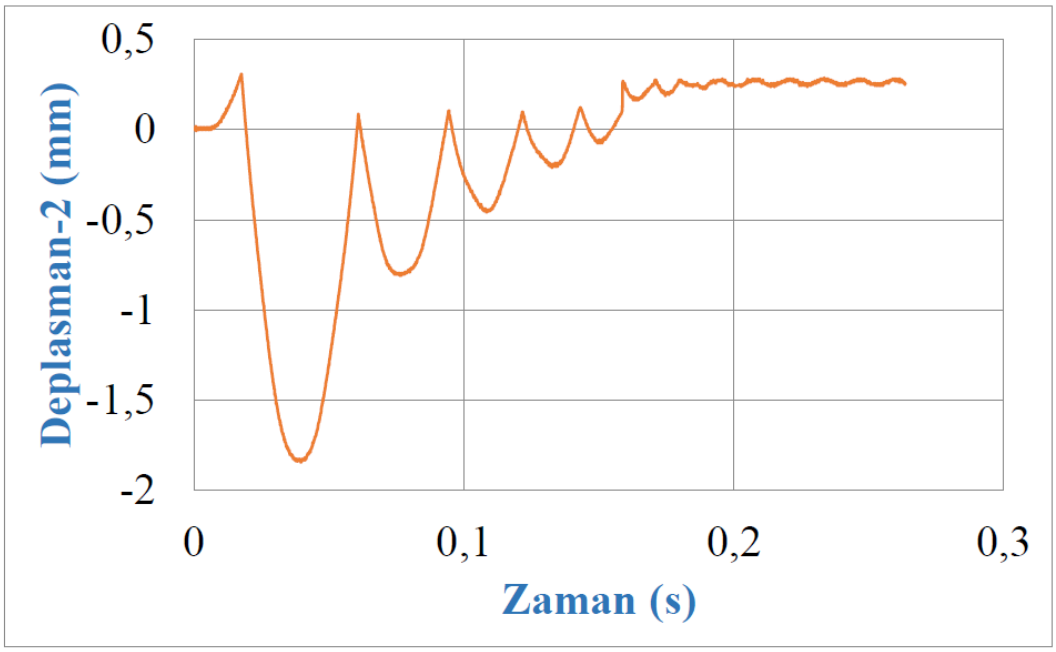


Şekil 4.18. S3 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı

S3 numunesinin orta kısmından elde edilen 1 ve 2 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.19 ve Şekil 4.20'de verilmiştir.

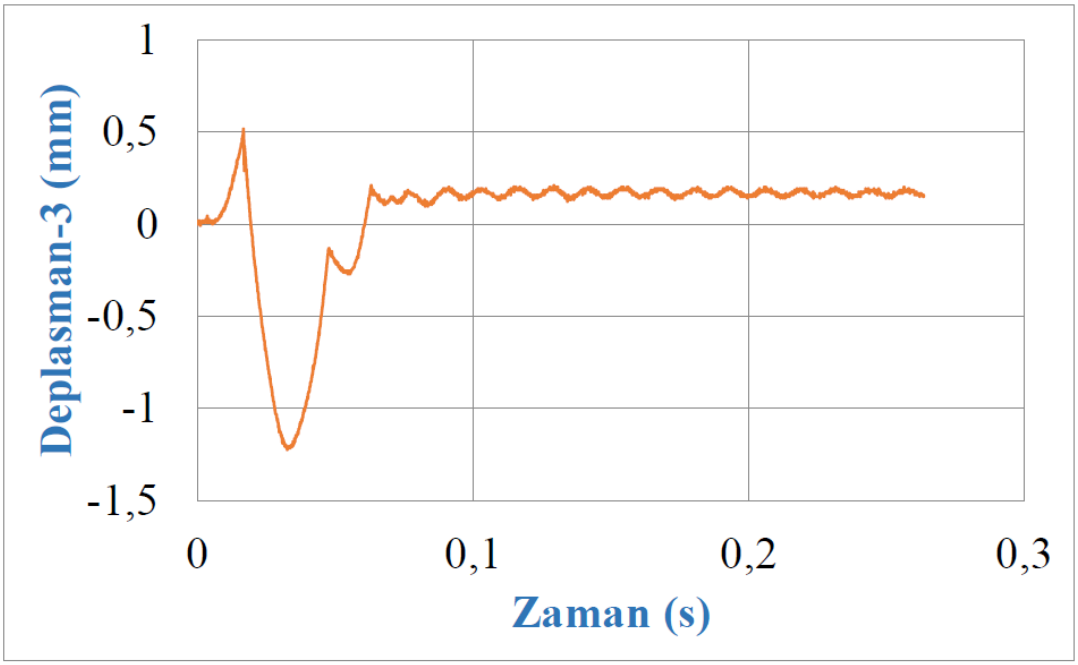


Şekil 4.19. S3 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

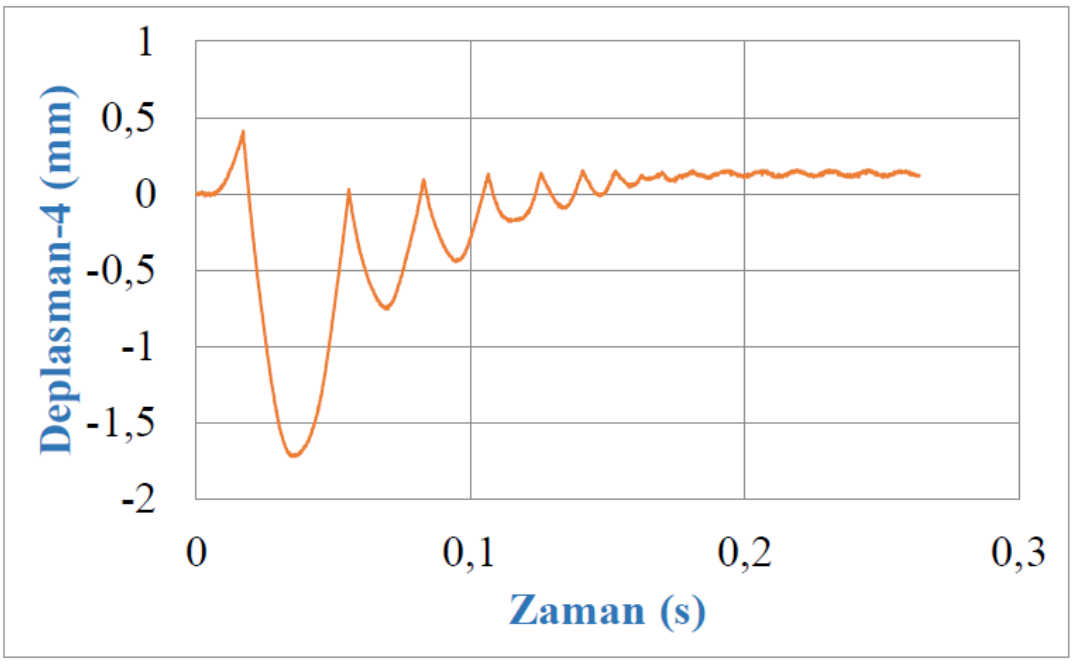


Şekil 4.20. S3 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı

S3 numunesinin orta kısmından elde edilen 3 ve 4 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.21 ve Şekil 4.22'de verilmiştir.

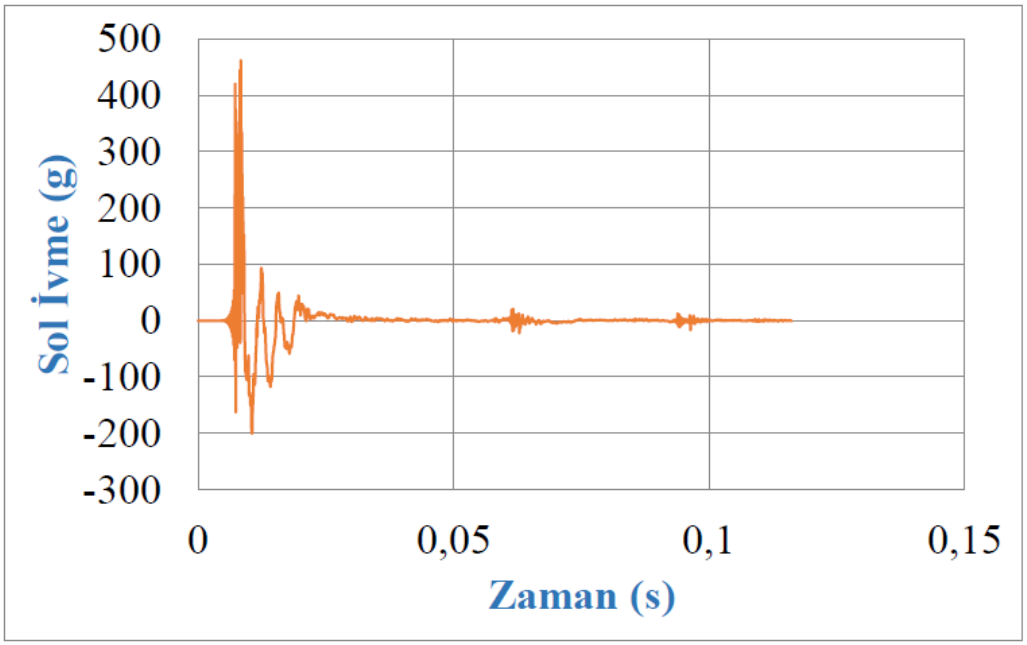


Şekil 4.21. S3 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı

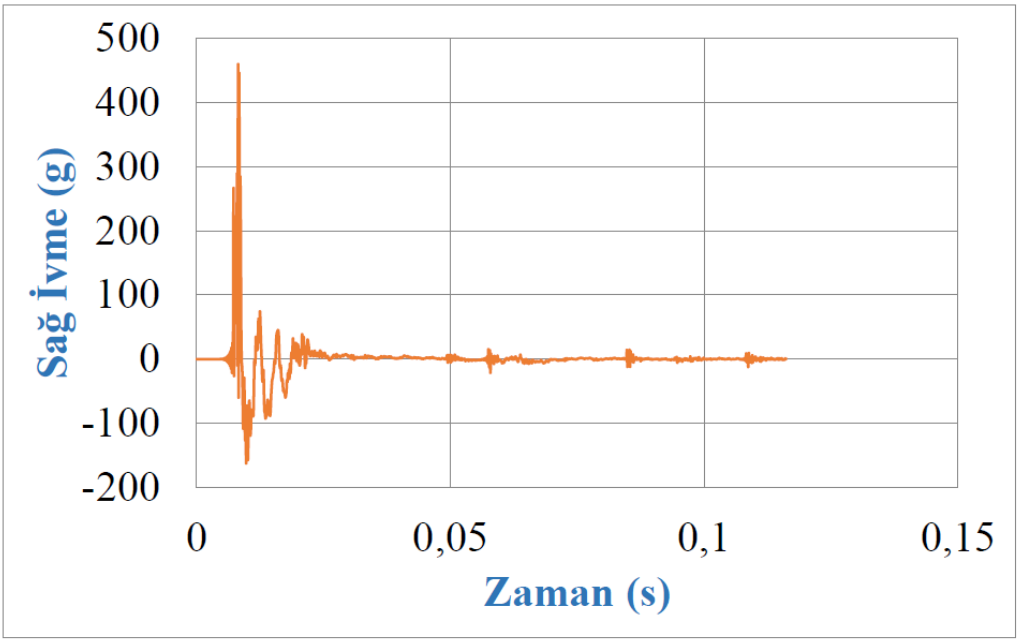


Şekil 4.22. S3 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı

Numuneye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi neticesinde sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.23 ve Şekil 4.24'te verilmiştir.

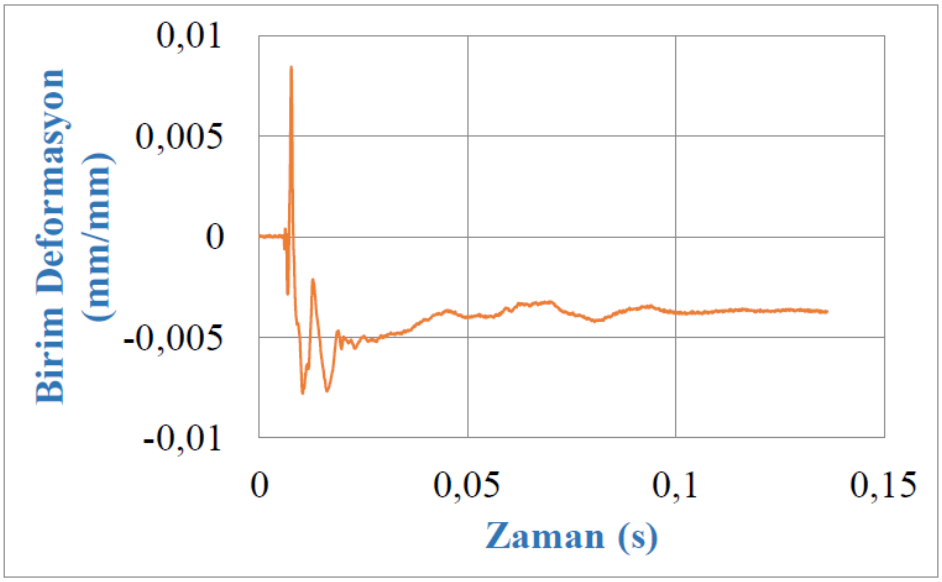


Şekil 4.23. S3 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı



Şekil 4.24. S3 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı

S3 deney elemanında karbon tekstil uygulaması yapılan şeritlerde meydana gelen birim deformasyon değerlerinin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.25'te verilmiştir.



Şekil 4.25. S3 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı

Darbe etkisi sonucunda S3 numunesinde oluşan hasarlar Şekil 4.26'da gösterilmiştir.



Şekil 4.26. S3 numunesinde oluşan hasarlar

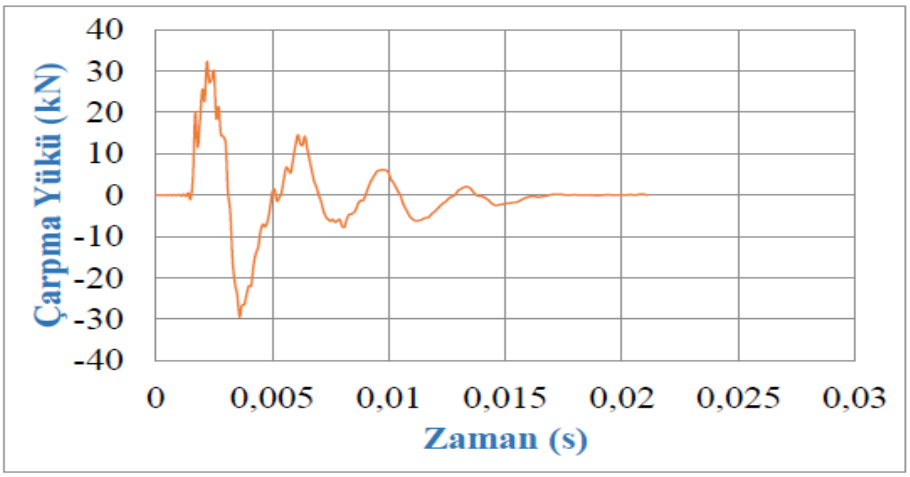
4.1.4. S4 numunesi

S4 numunesi, genişlik değeri 50 mm olan karbon tekstiller ile diyagonal ve tek yönlü şekilde güçlendirilmiştir. Döşeme 1,236 kJ çarpma enerjisine maruz bırakılmıştır.

Meydana gelen çarpma enerjisi neticesinde, S7 numunesine etkiyen çarpma yükü sonucunda elde edilen kuvvet, azami 32,28 kN ve asgari -29,39 kN olarak ölçülmüştür. Bu yükleme sonucunda sol ivmeölçerde, azami 409,49 g, asgari -348,61 g ivme değeri tespit edilmiştir. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 409,07 g, asgari -245,42 g' dir. Çarpma yükü neticesinde S4 numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 1,564 mm, daimi deplasman ise 0,25 mm olarak ölçülmüştür. Karbon tekstil şeritlerde bulunan strain-gauge objelerinden tespit edilen en yüksek birim deformasyon değeri 0,00693 mm/mm'dir.

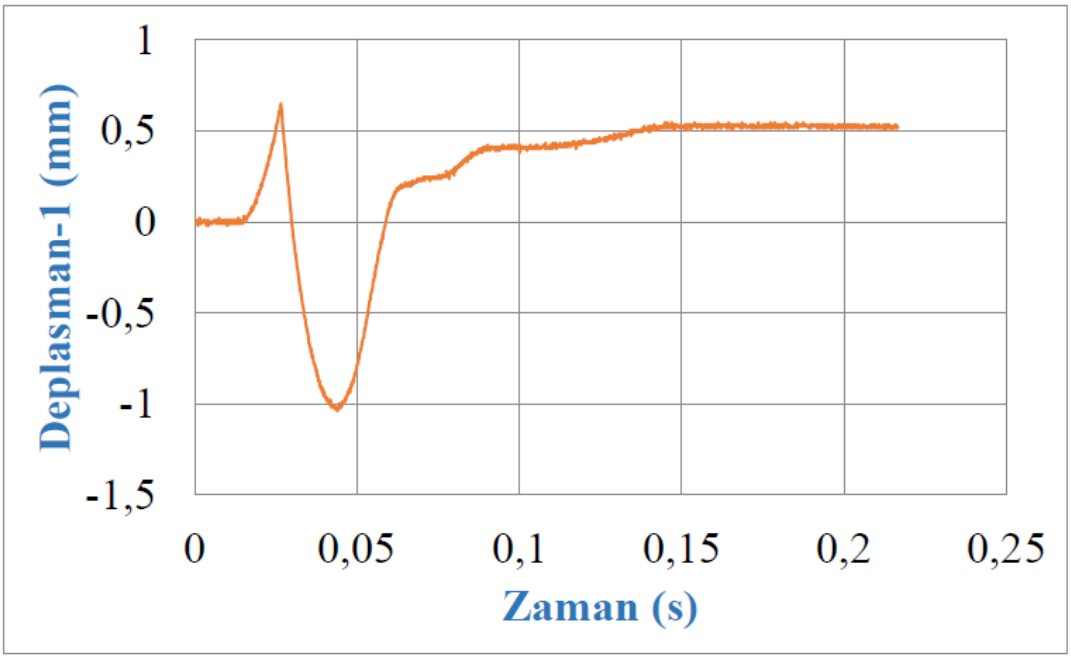
S4 numunesine çarpma yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşeme alt kısmında hasar sonucu çatlak sayılarının azaldığı gözlemlenmiştir.

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucu S4 numunesine etki eden çarpma yükünün zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.27'de verilmiştir.

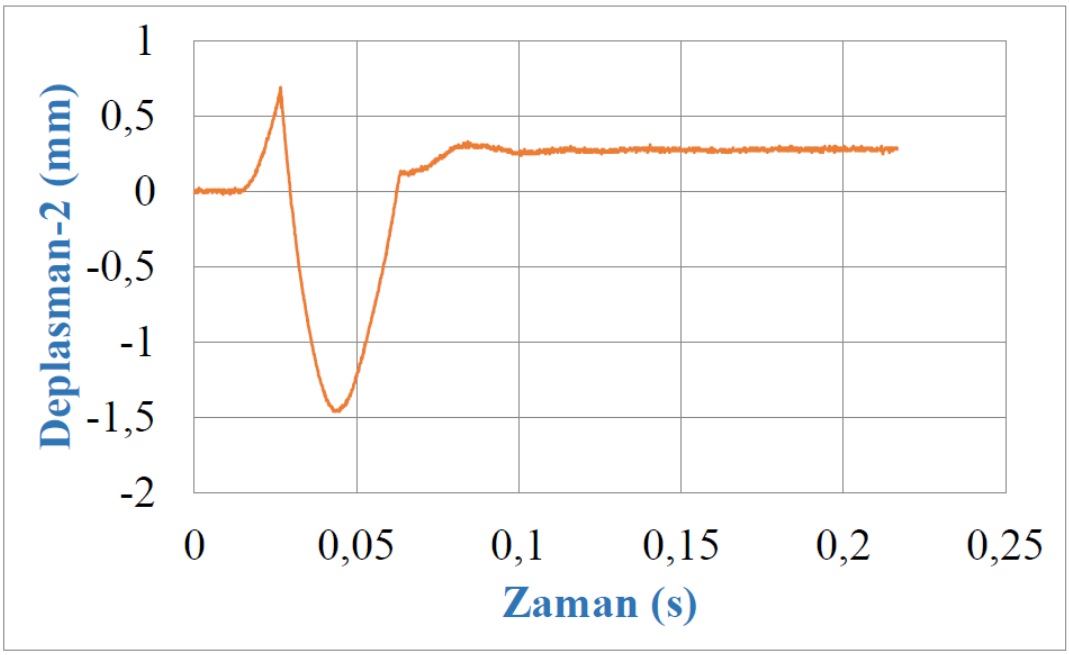


Şekil 4.27. S4 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı

S4 numunesinin orta kısmından elde edilen 1 ve 2 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.28 ve Şekil 4.29'da verilmiştir.

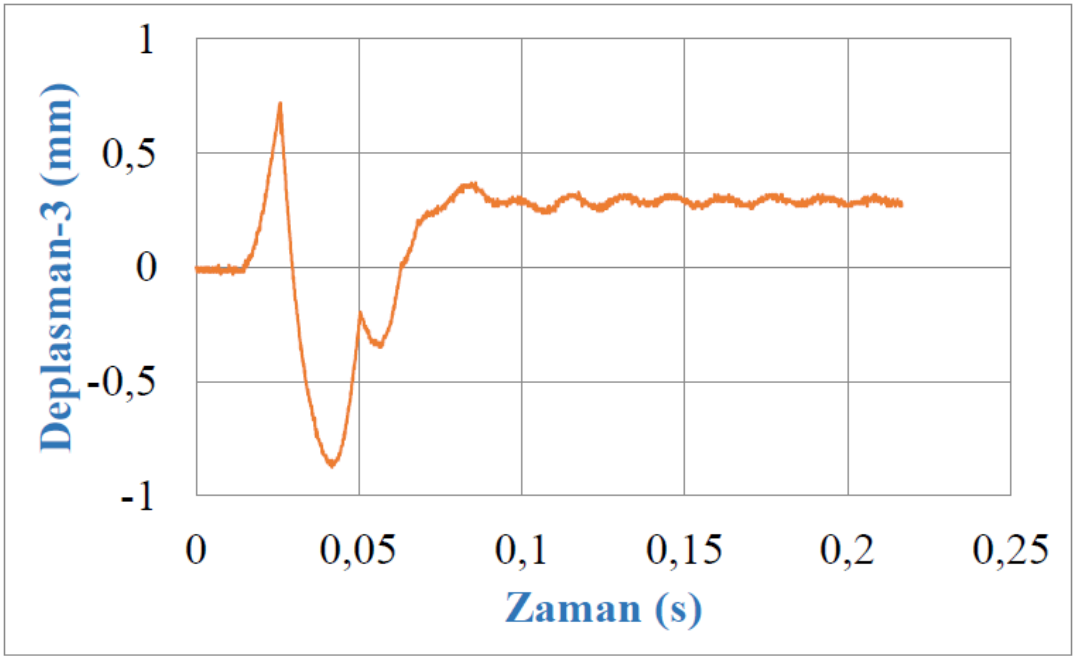


Şekil 4.28. S4 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

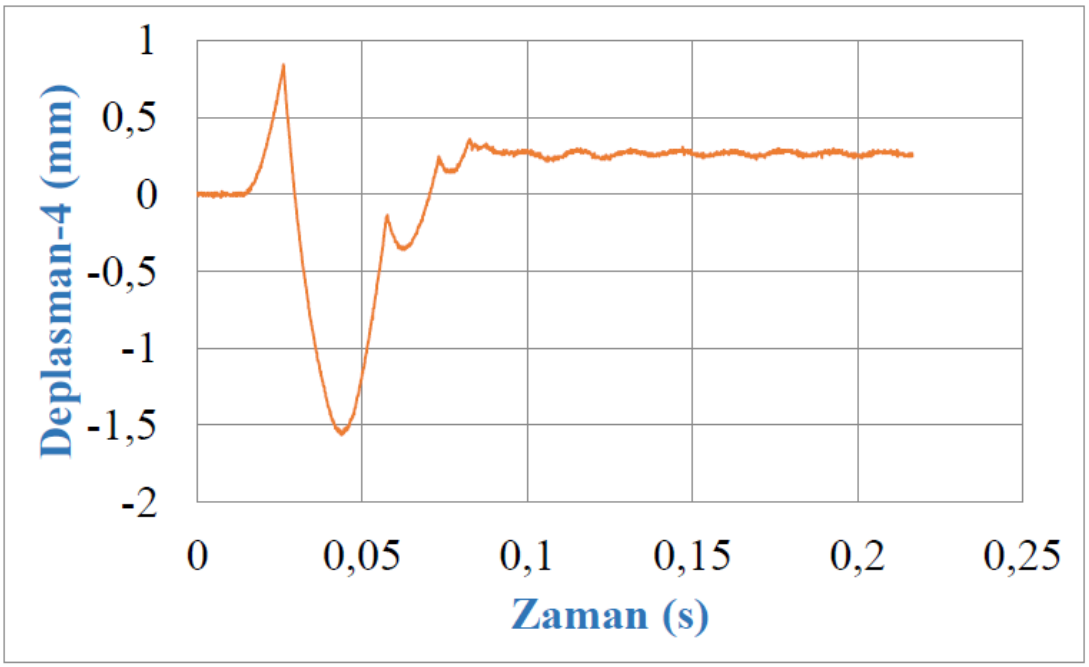


Şekil 4.29. S4 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı

S4 numunesinin orta kısmından elde edilen 3 ve 4 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.30 ve Şekil 4.31'de verilmiştir.

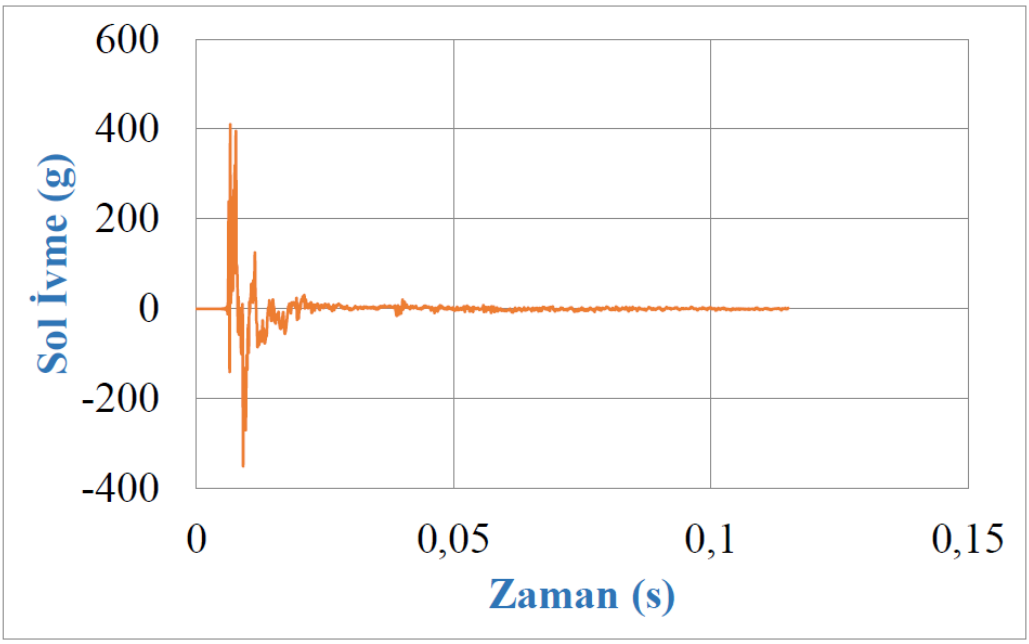


Şekil 4.30. S4 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı

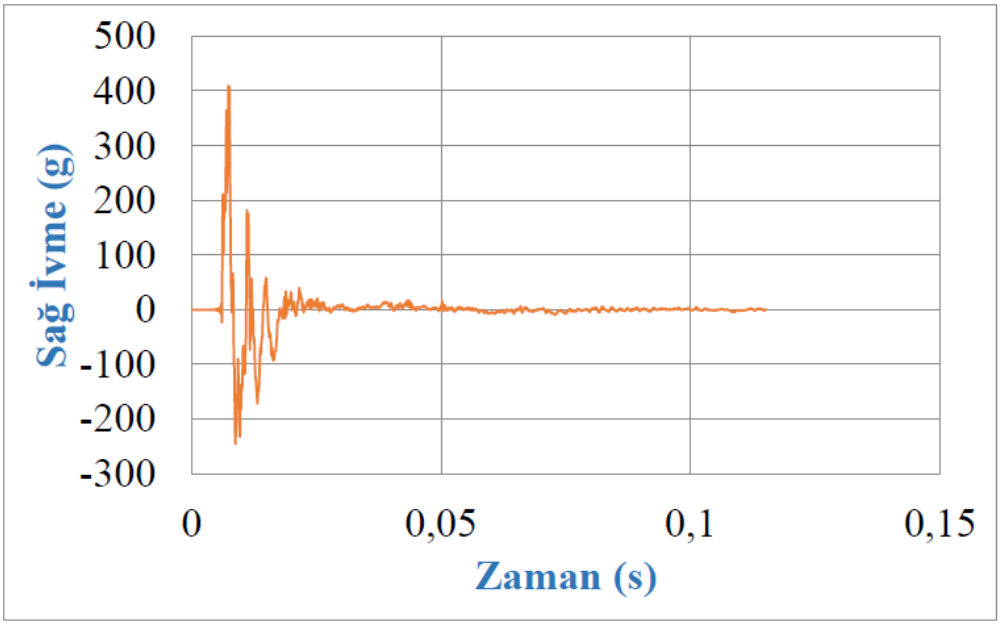


Şekil 4.31. S4 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı

Numuneye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi neticesinde sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.32 ve Şekil 4.33'te verilmiştir.

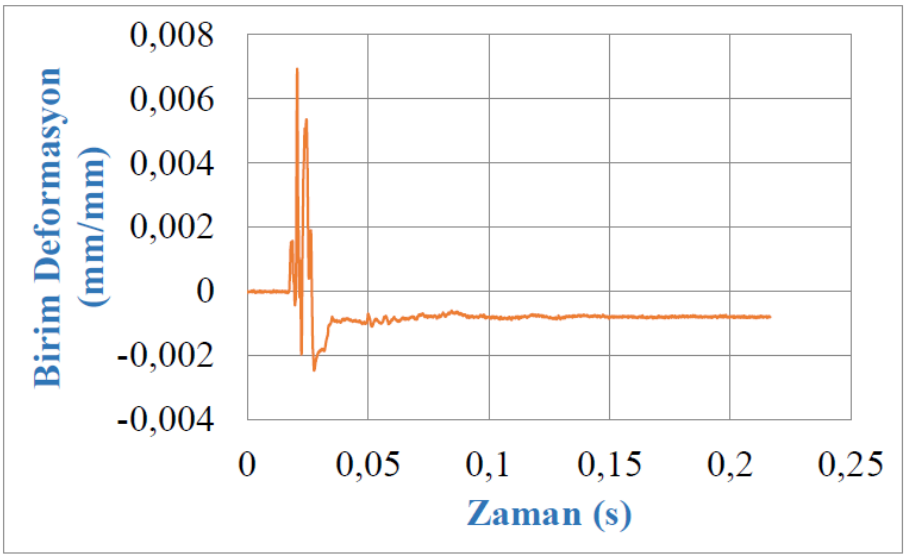


Şekil 4.32. S4 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı



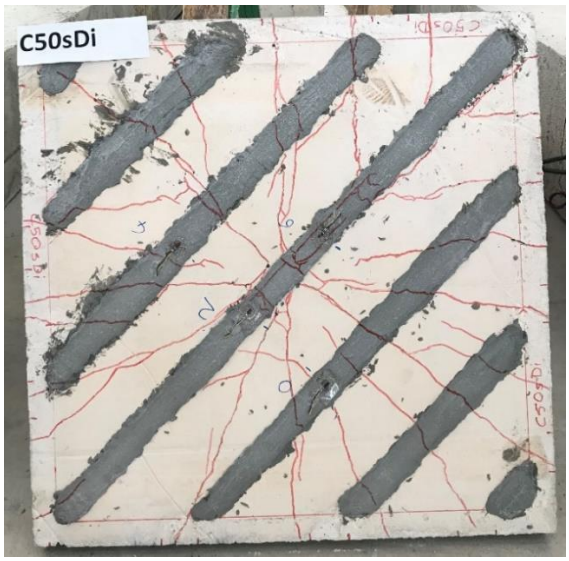
Şekil 4.33. S4 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı

S4 deney elemanında karbon tekstil uygulaması yapılan şeritlerde meydana gelen birim deformasyon değerlerinin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.34'te verilmiştir.



Şekil 4.34. S4 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı

Darbe etkisi sonucunda S4 numunesinde oluşan hasarlar Şekil 4.35'te gösterilmiştir.



Şekil 4.35. S4 numunesinde oluşan hasarlar

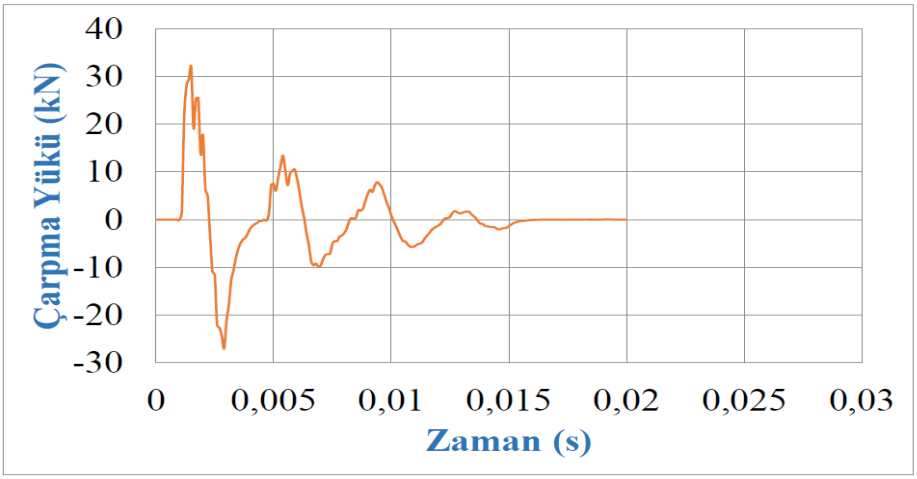
4.1.5. S5 numunesi

S5 numunesi, genişlik değeri 50 mm olan karbon tekstiller ile diyagonal ve çift yönlü şekilde güçlendirilmiştir. Döşeme 1,236 kJ çarpma enerjisine maruz bırakılmıştır.

Meydana gelen çarpma enerjisi neticesinde, S5 numunesine etkiyen çarpma yükü sonucunda elde edilen kuvvet, azami 32,02 kN ve asgari -27,02 kN olarak ölçülmüştür. Bu yükleme sonucunda sol ivmeölçerde, azami 534,35 g, asgari -384,28 g ivme değeri tespit edilmiştir. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 532,51 g, asgari -278,34 g' dir. Çarpma yükü neticesinde S5 numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 1,122 mm, daimi deplasman ise 0,21 mm olarak ölçülmüştür. Karbon tekstil şeritlerde bulunan strain-gauge objelerinden tespit edilen en yüksek birim deformasyon değeri 0,00550 mm/mm'dir.

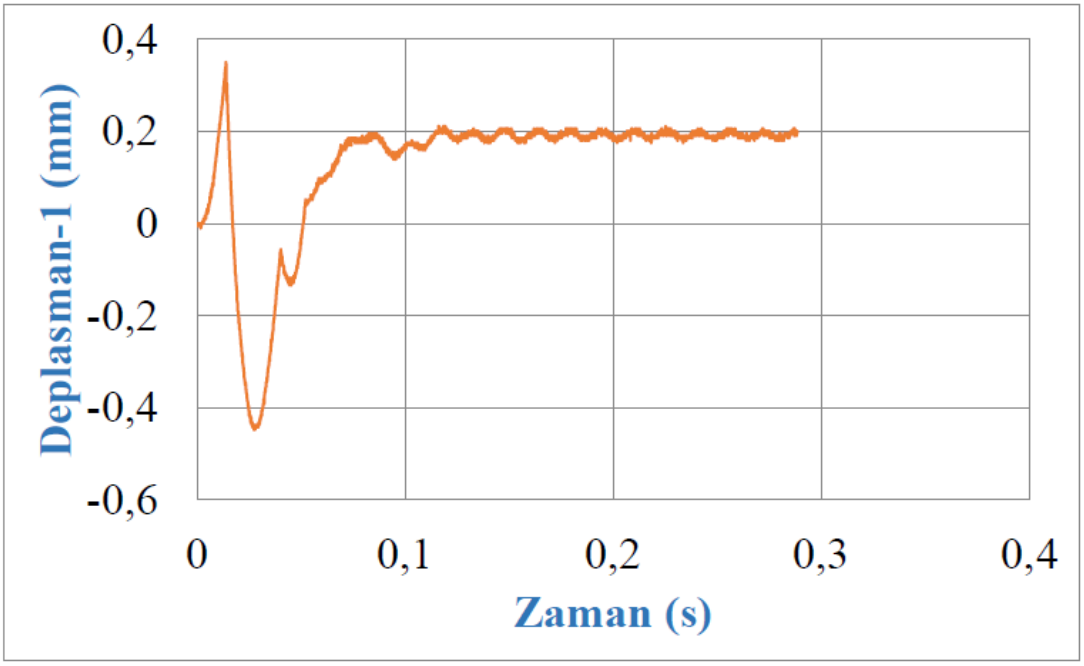
S5 numunesine çarpma yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşeme alt kısmında hasar sonucu çatlak sayılarının azaldığı gözlemlenmiştir.

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucu S5 numunesine etki eden çarpma yükünün zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.36'da verilmiştir.

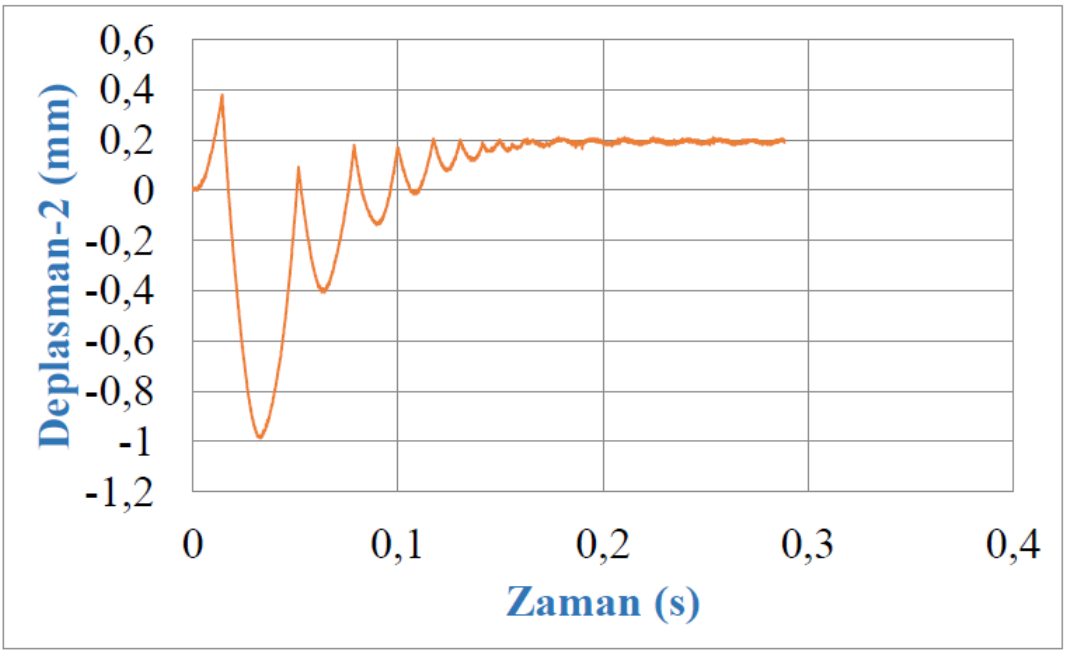


Şekil 4.36. S5 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı

S5 numunesinin orta kısmından elde edilen 1 ve 2 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.37 ve Şekil 4.38'de verilmiştir.

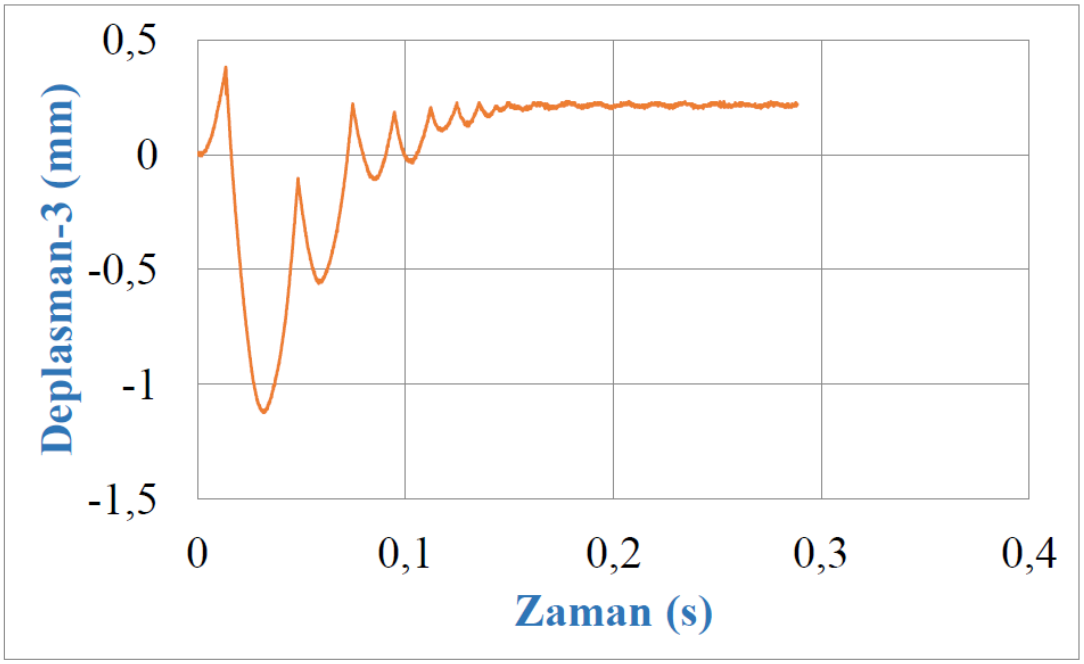


Şekil 4.37. S5 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

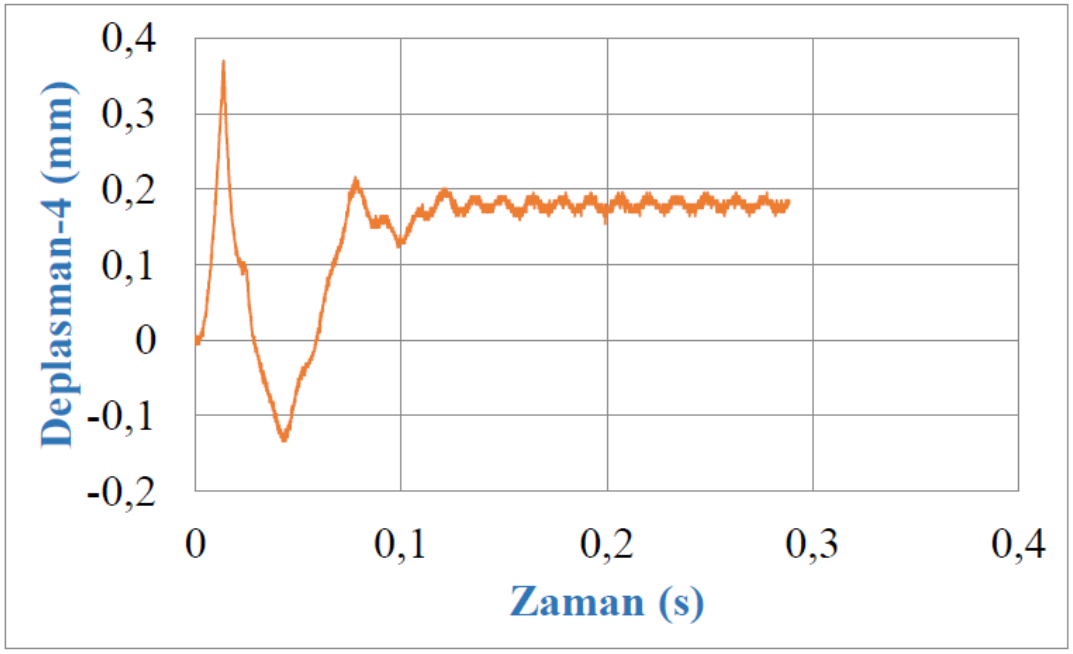


Şekil 4.38. S5 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı

S5 numunesinin orta kısmından elde edilen 3 ve 4 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.39 ve Şekil 4.40'da verilmiştir.

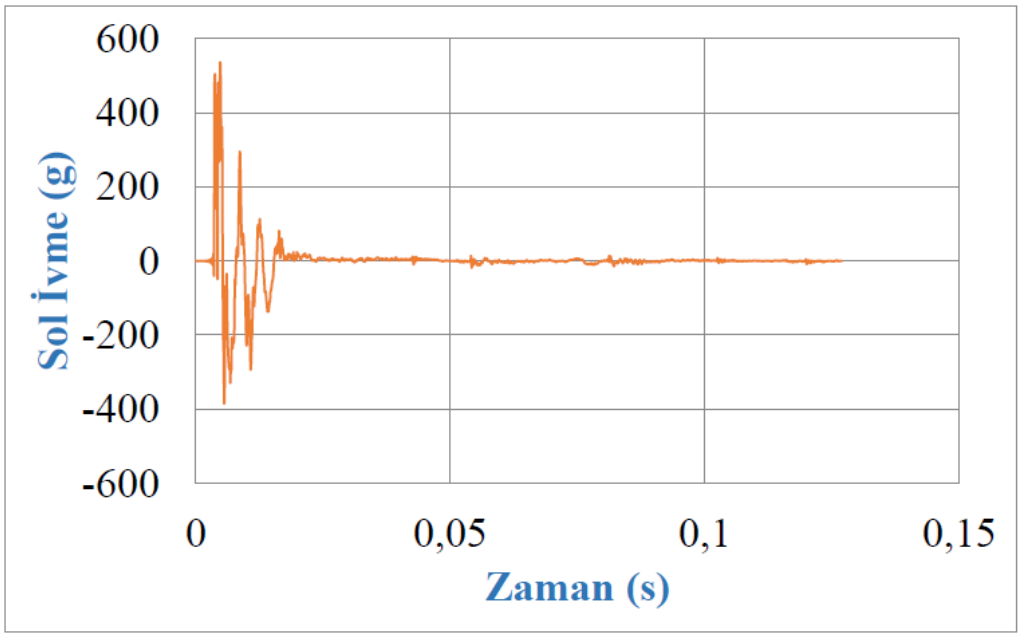


Şekil 4.39. S5 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı

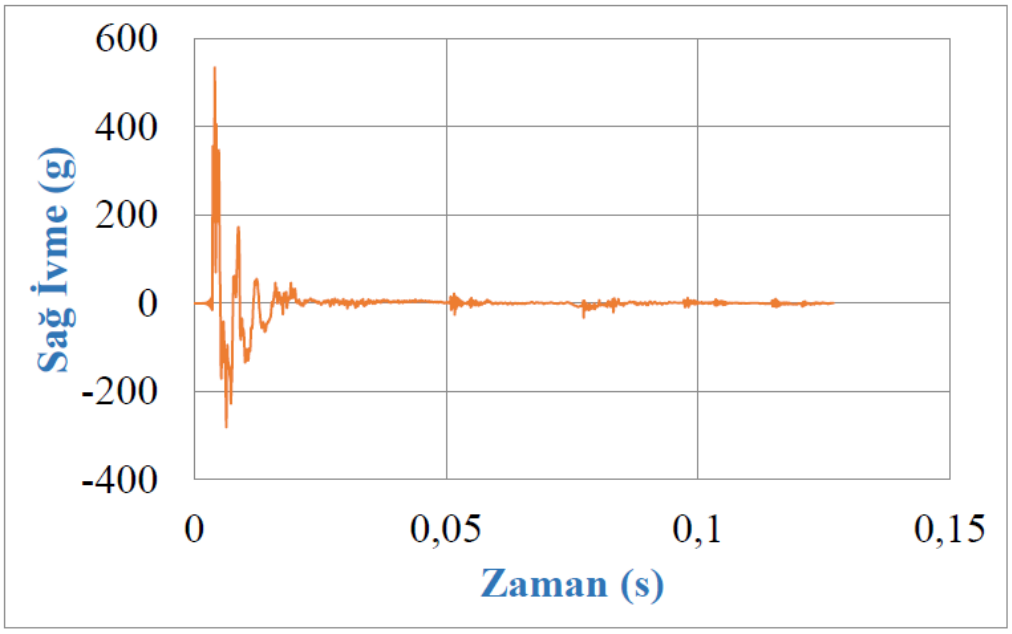


Şekil 4.40. S5 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı

Numuneye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucunda sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.41 ve Şekil 4.42'de verilmiştir.

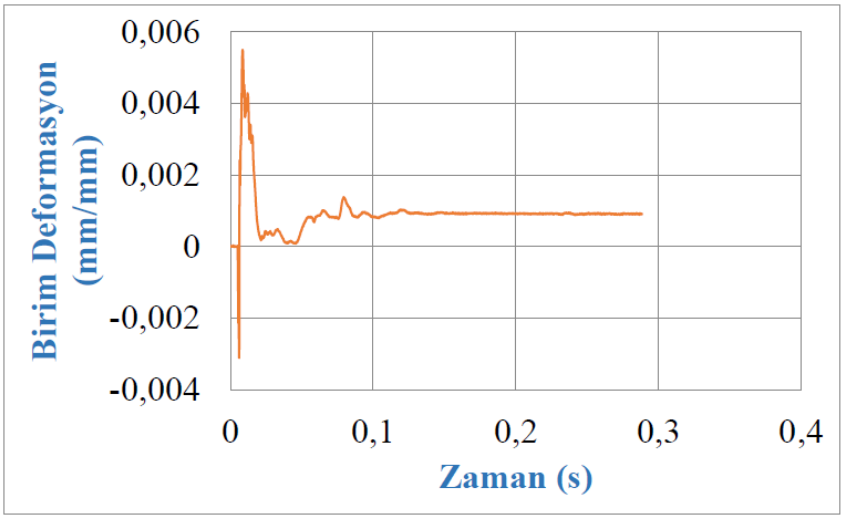


Şekil 4.41. S5 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı



Şekil 4.42. S5 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı

S5 deney elemanında karbon tekstil uygulaması yapılan şeritlerde meydana gelen birim deformasyon değerlerinin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.43'te verilmiştir.



Şekil 4.43. S5 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı

Darbe etkisi sonucunda S5 numunesinde oluşan hasarlar Şekil 4.44'te gösterilmiştir.



Şekil 4.44. S5 numunesinde oluşan hasarlar

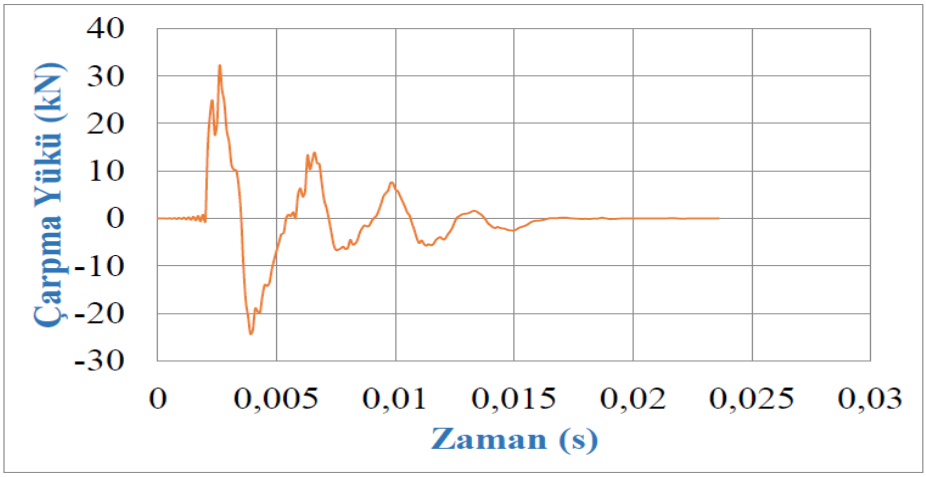
4.1.6. S6 numunesi

S6 deney elemanı, 100 mm genişliğindeki karbon tekstiller ile ortogonal tek yönde güçlendirilmiştir. Döşeme 1,236 kJ çarpma enerjisine maruz bırakılmıştır.

Meydana gelen çarpma enerjisi neticesinde, S6 numunesine etkiyen çarpma yükü sonucunda elde edilen kuvvet, azami 32,08 kN ve asgari -24,36 kN olarak ölçülmüştür. Bu yükleme sonucunda sol ivmeölçerde, azami 411,09 g, asgari -194,82 g ivme değeri tespit edilmiştir. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 408,65 g, asgari -145,38 g' dir. Çarpma yükü neticesinde S6 numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 1,512 mm, daimi deplasman ise 0,38 mm olarak ölçülmüştür. Karbon tekstil şeritlerde bulunan strain-gauge objelerinden tespit edilen en yüksek birim deformasyon değeri 0,00852 mm/mm'dir.

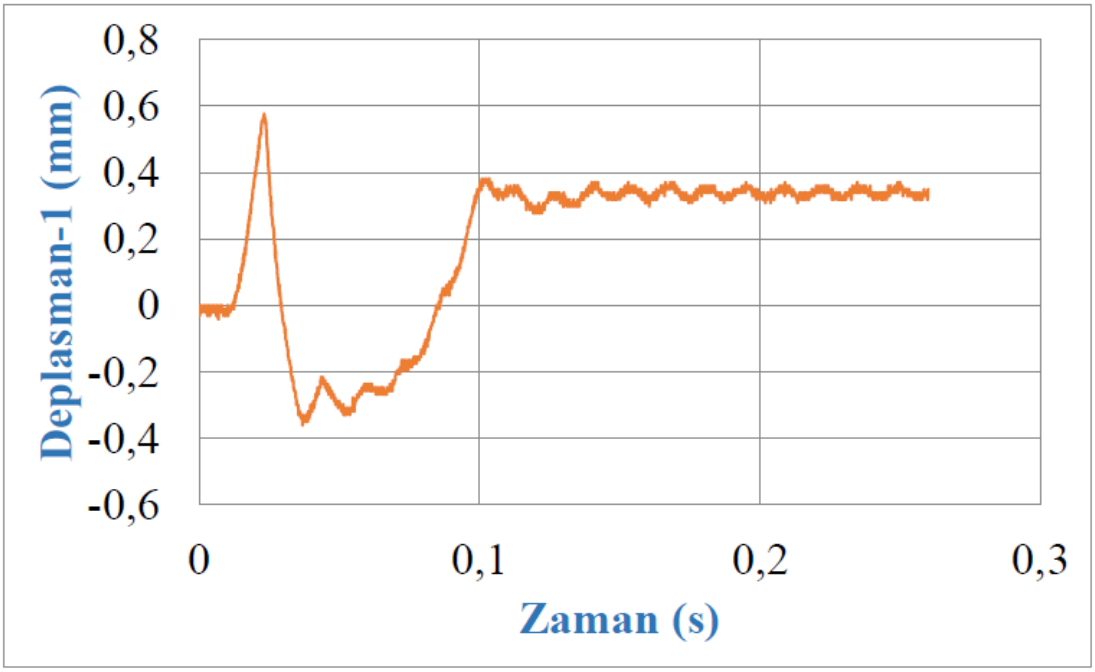
S6 numunesine çarpma yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşeme alt kısmında hasar sonucu çatlak sayılarının ciddi oranda azaldığı gözlemlenmiştir.

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucu S6 numunesine etki eden çarpma yükünün zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.45'te verilmiştir.

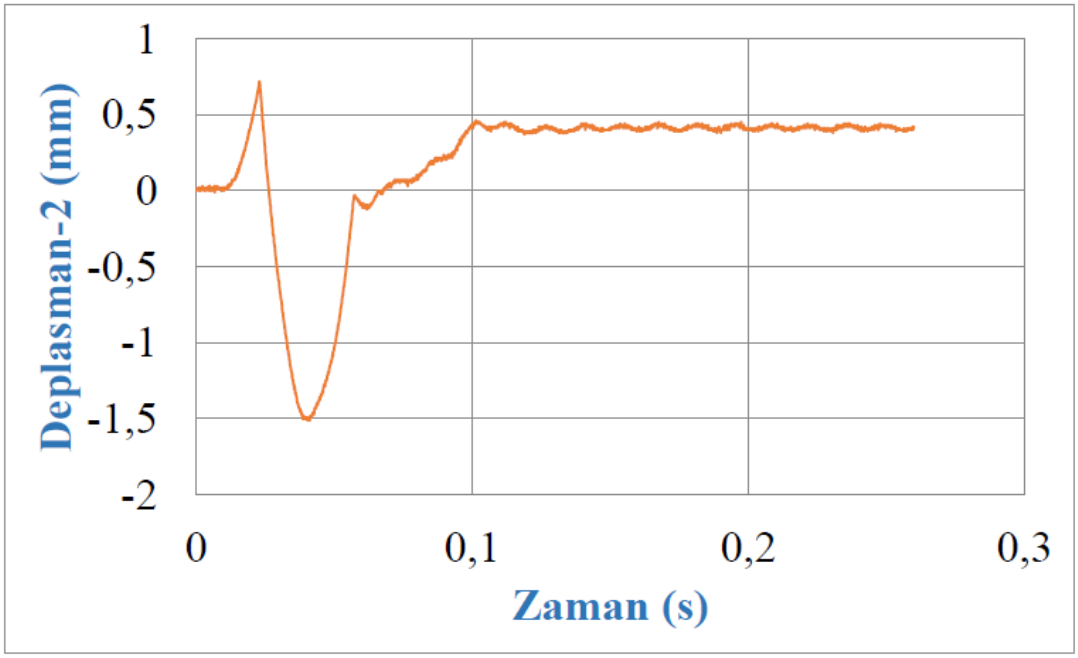


Şekil 4.45. S6 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı

S6 numunesinin orta kısmından elde edilen 1 ve 2 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.46 ve Şekil 4.47'de verilmiştir.

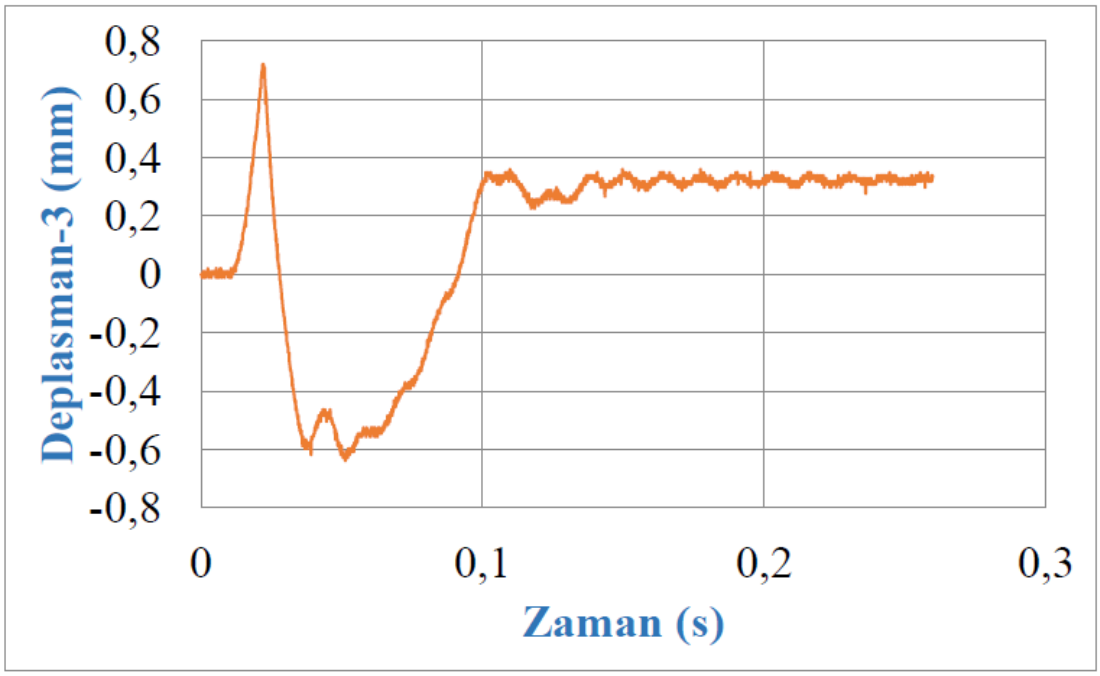


Şekil 4.46. S6 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

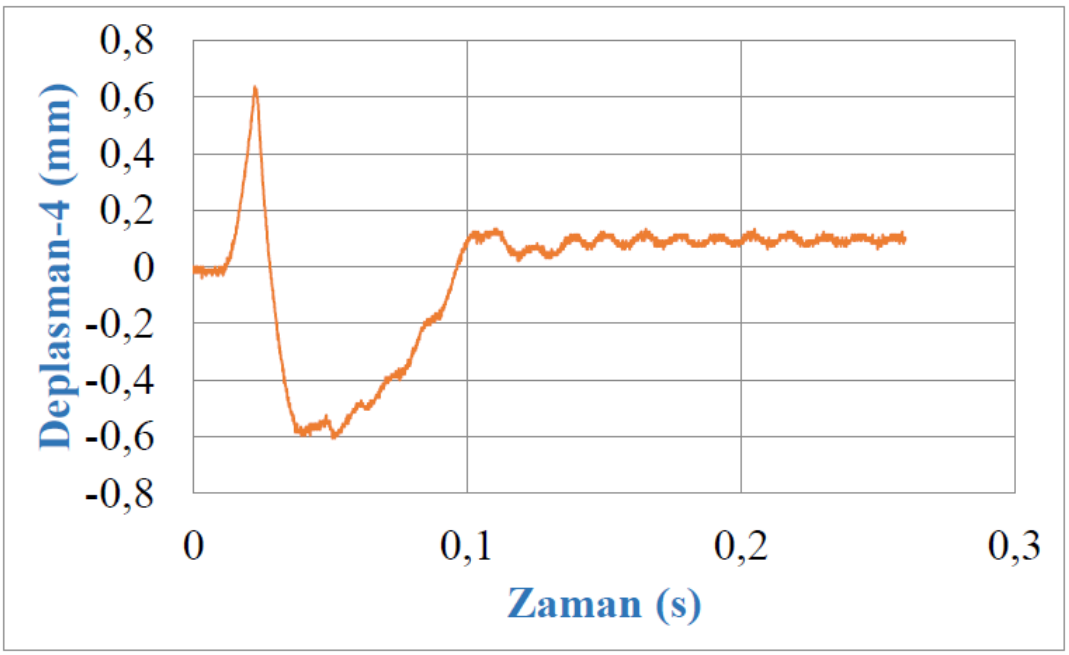


Şekil 4.47. S6 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı

S6 numunesinin orta kısmından elde edilen 3 ve 4 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.48 ve Şekil 4.49'da verilmiştir.

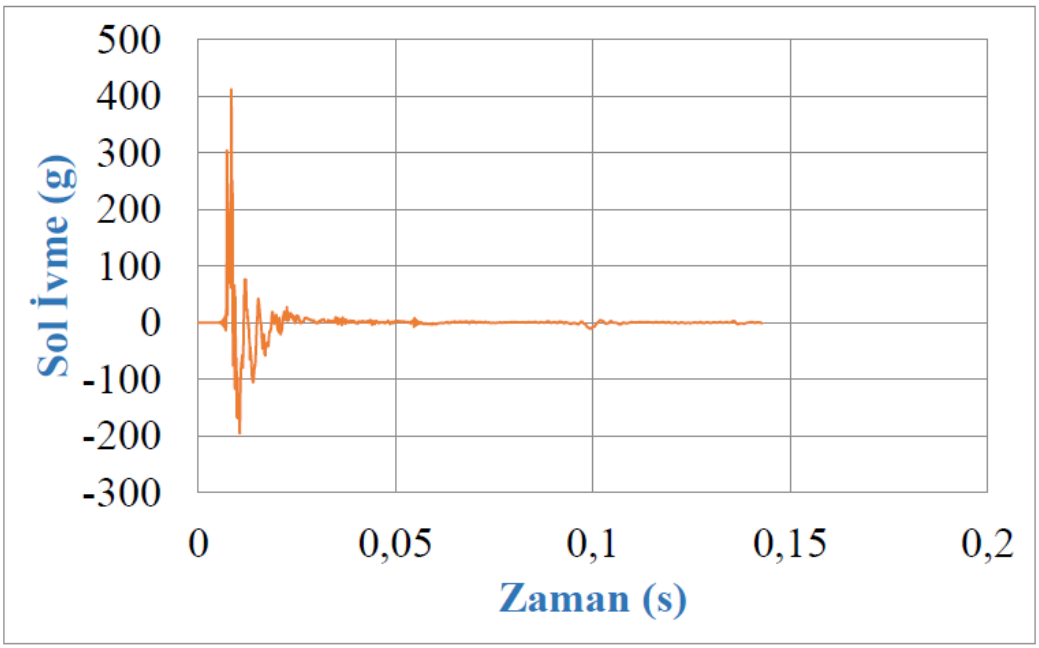


Şekil 4.48. S6 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı

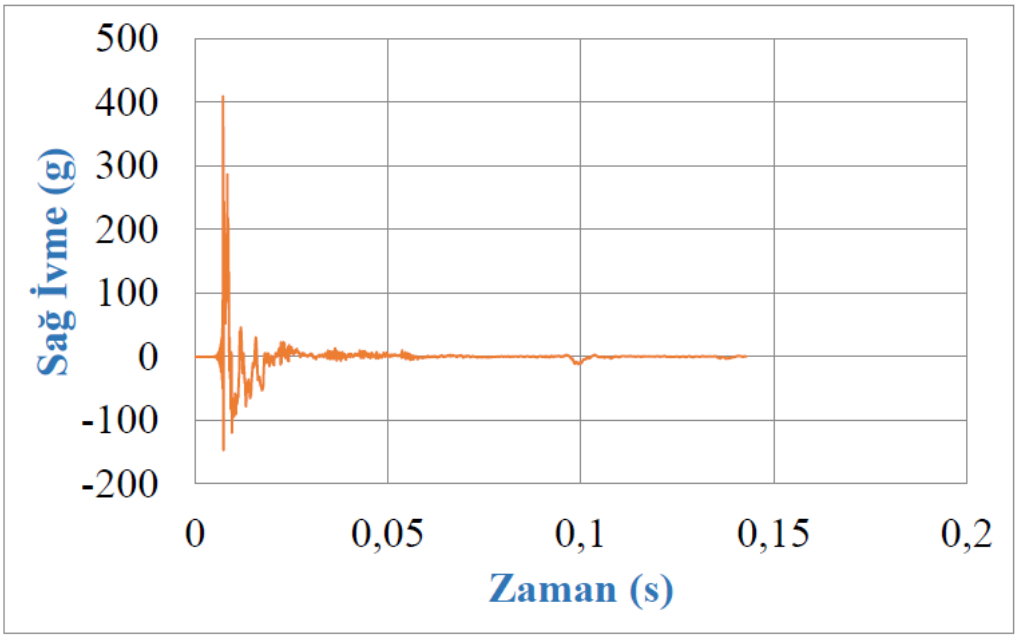


Şekil 4.49. S6 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı

Numuneye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucunda sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.50 ve Şekil 4.51'de verilmiştir.

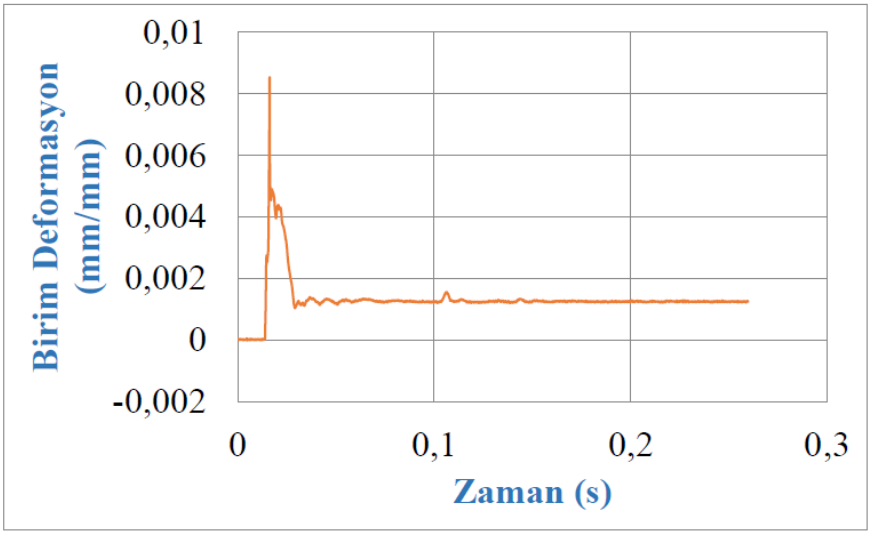


Şekil 4.50. S6 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı



Şekil 4.51. S6 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı

S6 deney elemanında karbon tekstil uygulaması yapılan şeritlerde meydana gelen birim deformasyon değerlerinin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.52'de verilmiştir.



Şekil 4.52. S6 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı

Darbe etkisi sonucunda S6 numunesinde oluşan hasarlar Şekil 4.53'te gösterilmiştir.



Şekil 4.53. S6 numunesinde oluşan hasarlar

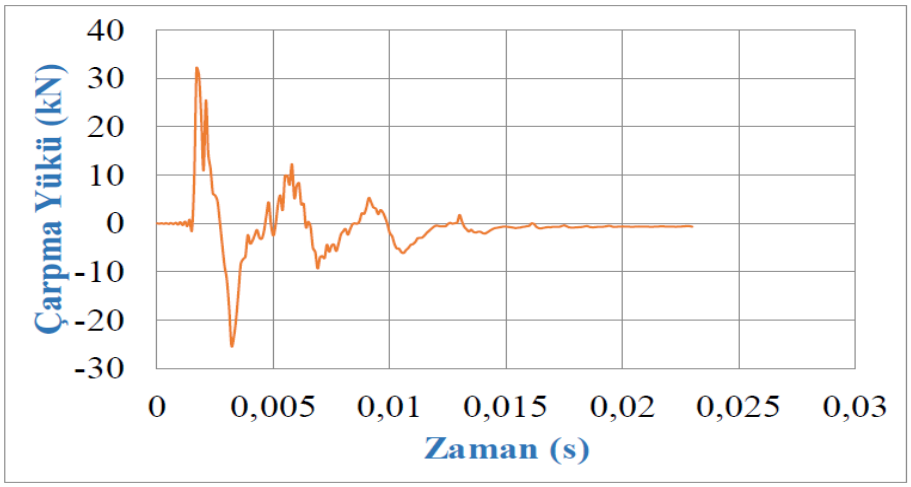
4.1.7. S7 numunesi

S7 numunesi, genişlik değeri 100 mm olan karbon tekstiller ile ortogonal ve çift yönlü şekilde güçlendirilmiştir. Döşeme 1,236 kJ çarpma enerjisine maruz bırakılmıştır.

Meydana gelen çarpma enerjisi neticesinde, S7 numunesine etkiyen çarpma yükü sonucunda elde edilen kuvvet, azami 32,08 kN ve asgari -25,24 kN olarak ölçülmüştür. Bu yükleme sonucunda sol ivmeölçerde, azami 530,41 g, asgari -289,67 g ivme değeri tespit edilmiştir. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 527,88 g, asgari -247,74 g' dir. Çarpma yükü neticesinde S7 numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 1,314 mm, daimi deplasman ise 0,12 mm olarak ölçülmüştür. Karbon tekstil şeritlerde bulunan strain-gauge objelerinden tespit edilen en yüksek birim deformasyon değeri 0,00479 mm/mm'dir.

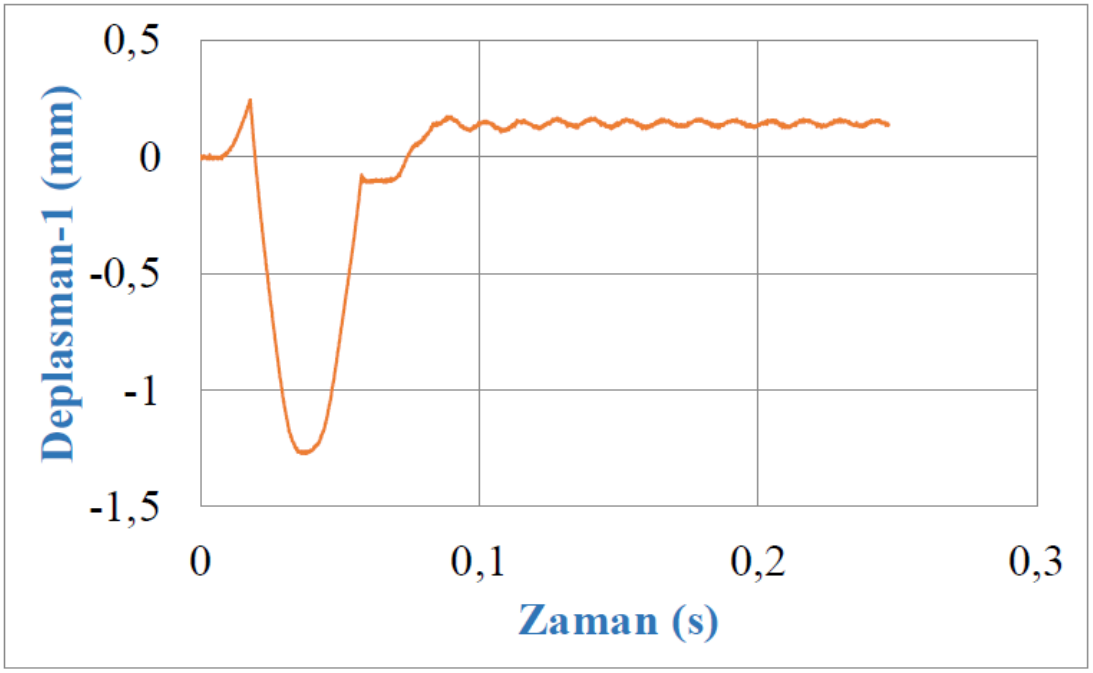
S7 numunesine çarpma yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşeme alt kısmında hasar sonucu çatlak sayılarının önemli oranda azaldığı gözlemlenmiştir.

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucu S7 numunesine etki eden çarpma yükünün zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.54'te verilmiştir.

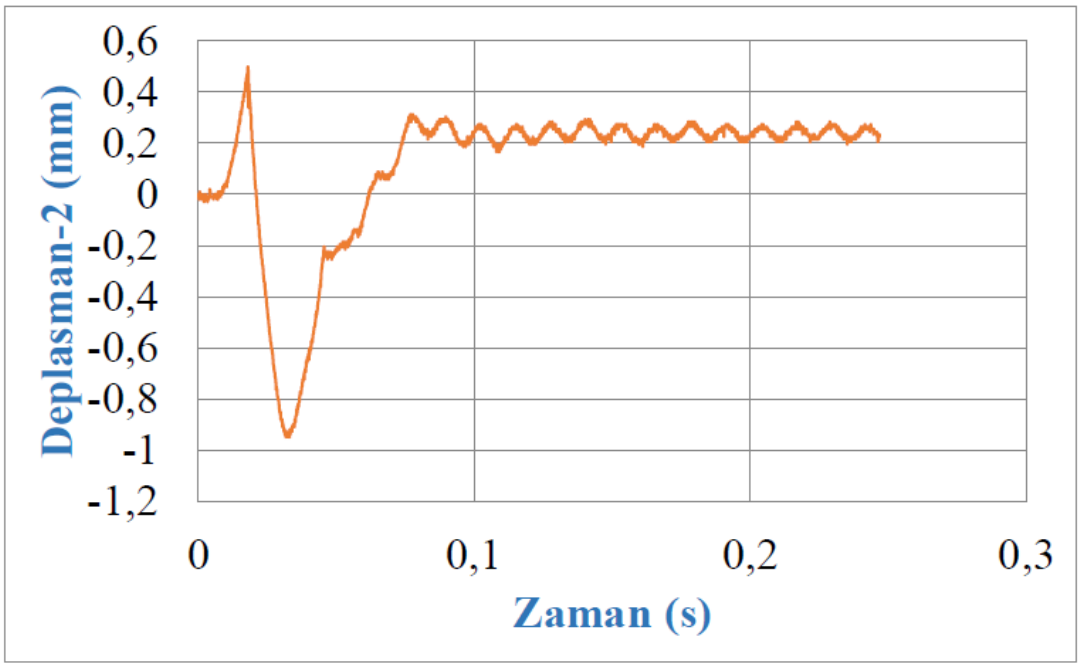


Şekil 4.54. S7 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı

S7 numunesinin orta kısmından elde edilen 1 ve 2 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.55 ve Şekil 4.56'da verilmiştir.

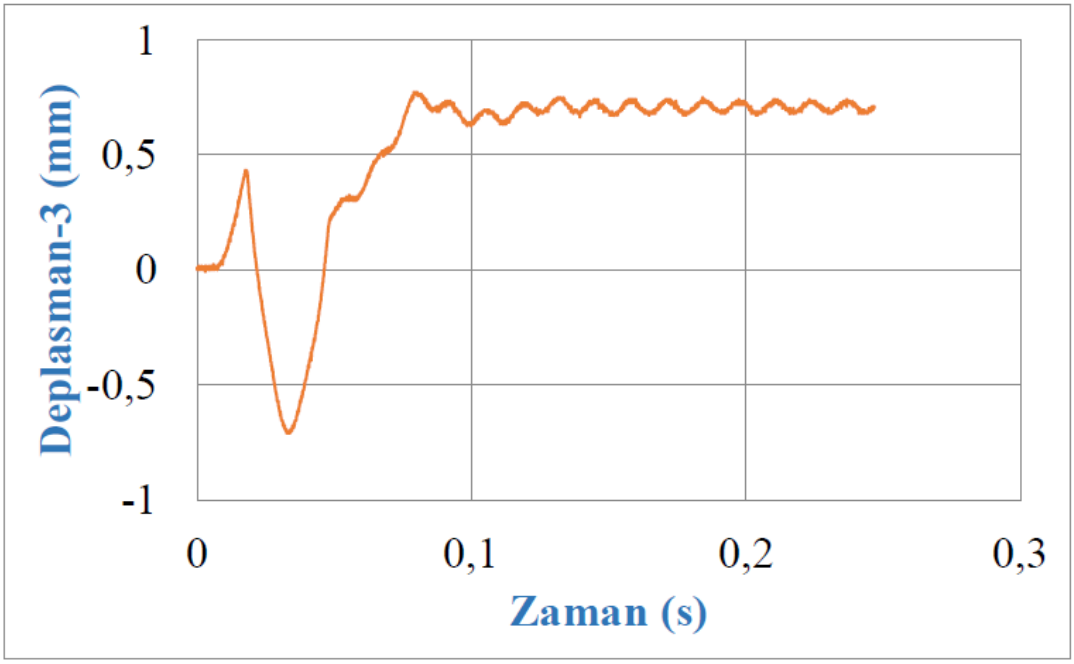


Şekil 4.55. S7 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

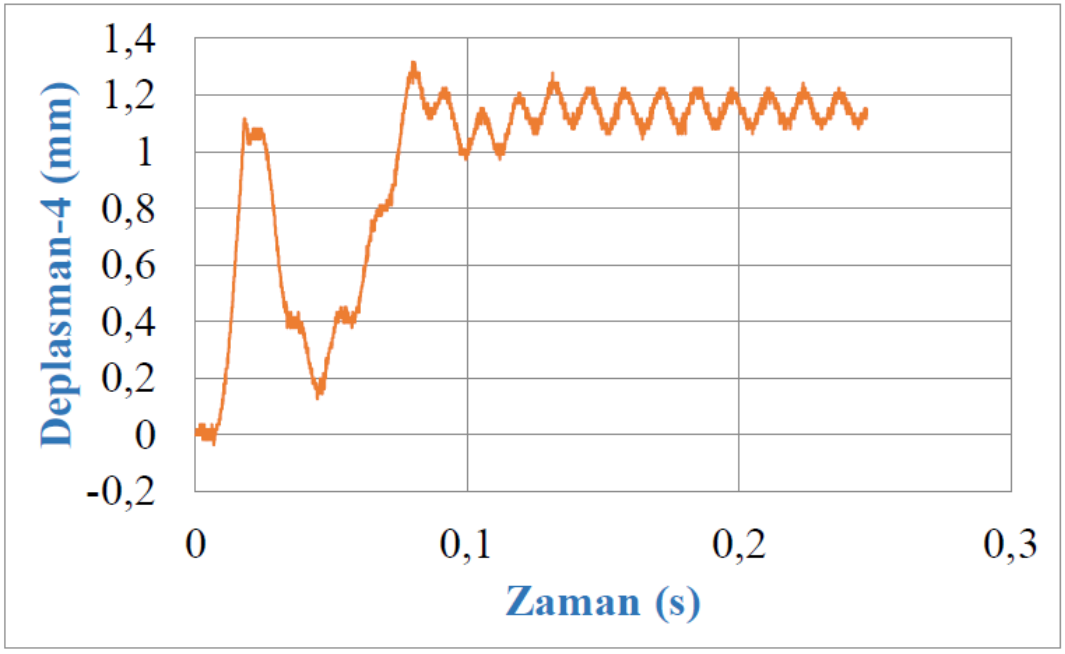


Şekil 4.56. S7 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı

S7 numunesinin orta kısmından elde edilen 3 ve 4 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.57 ve Şekil 4.58'de verilmiştir.

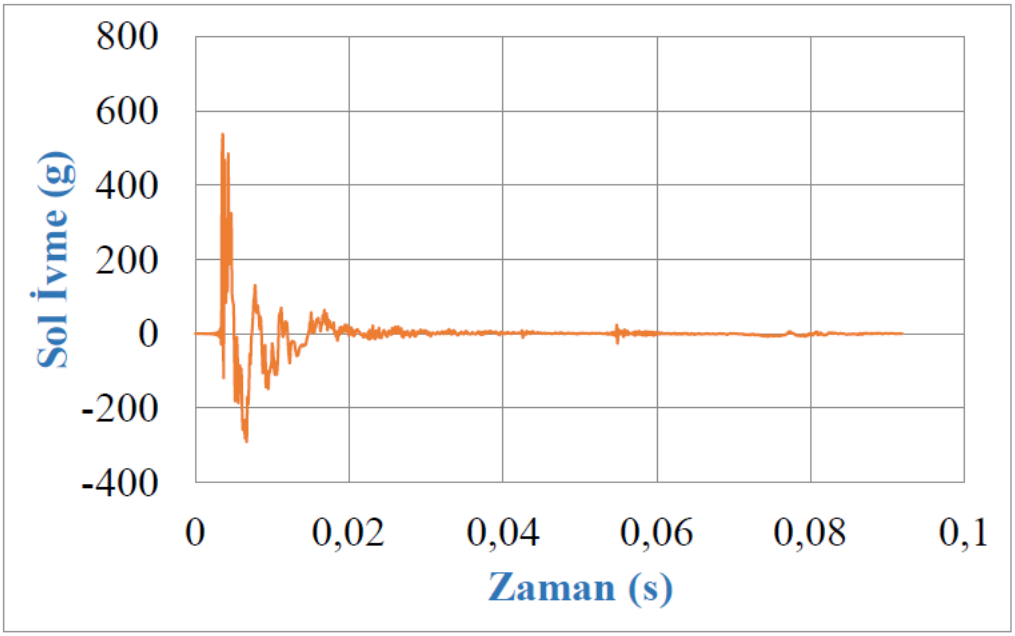


Şekil 4.57. S7 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı

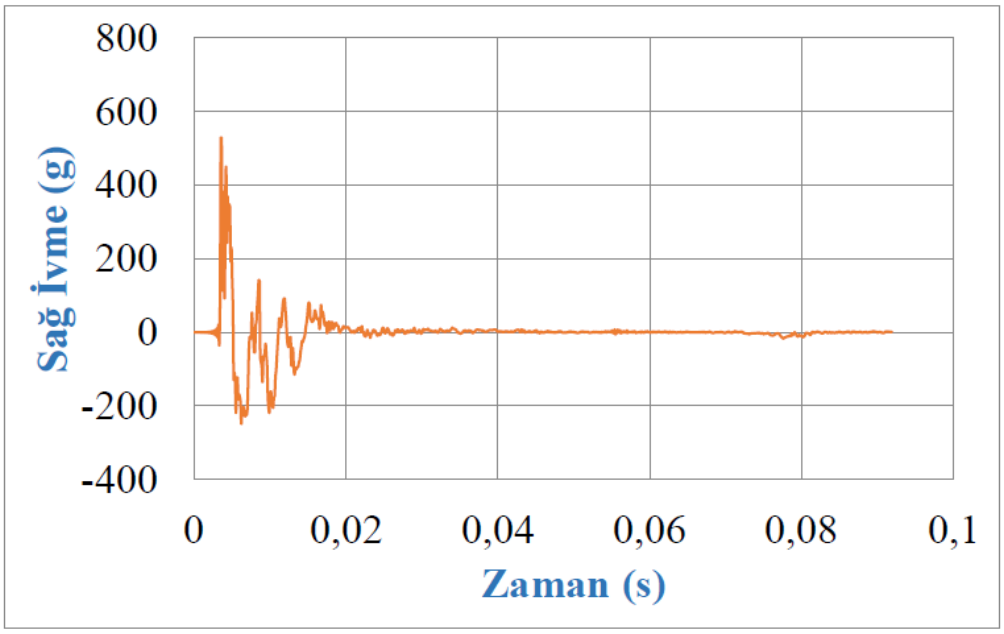


Şekil 4.58. S7 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı

Numuneye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucunda sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.59 ve Şekil 4.60'ta verilmiştir.

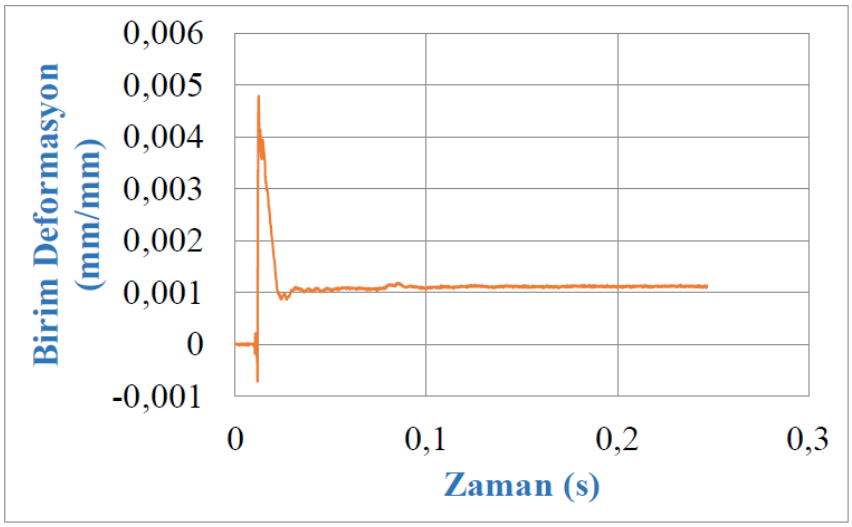


Şekil 4.59. S7 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı



Şekil 4.60. S7 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı

S7 deney elemanında karbon tekstil uygulaması yapılan şeritlerde meydana gelen birim deformasyon değerlerinin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.61'de verilmiştir.



Şekil 4.61. S7 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı

Darbe etkisi sonucunda S7 numunesinde oluşan hasarlar Şekil 4.62'de gösterilmiştir.



Şekil 4.62. S7 numunesinde oluşan hasarlar

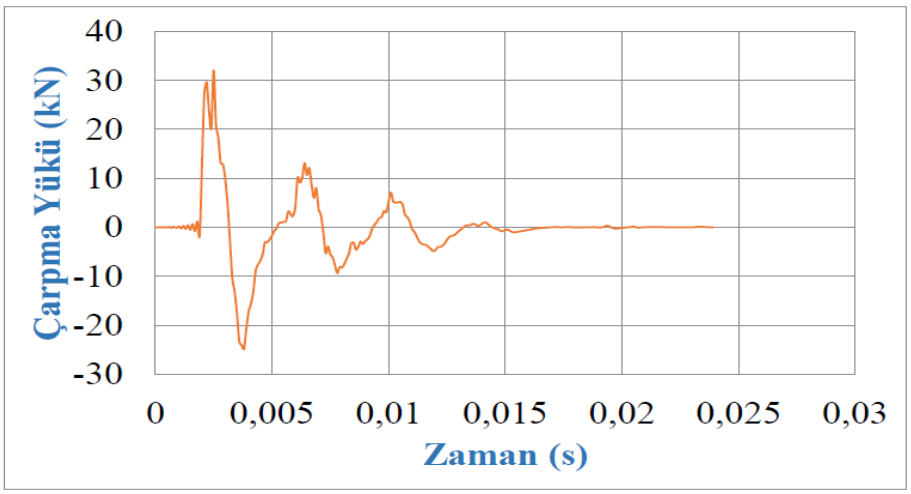
4.1.8. S8 numunesi

S8 numunesi, genişlik değeri 100 mm olan karbon tekstiller ile diyagonal ve tek yönlü şekilde güçlendirilmiştir. Döşeme 1,236 kJ çarpma enerjisine maruz bırakılmıştır.

Meydana gelen çarpma enerjisi neticesinde, S8 numunesine etkiyen çarpma yükü sonucunda elde edilen kuvvet, azami 32,03 kN ve asgari -24,81 kN olarak ölçülmüştür. Bu yükleme sonucunda sol ivmeölçerde, azami 468,75 g, asgari -268,66 g ivme değeri tespit edilmiştir. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 466,88 g, asgari -337,46 g' dir. Çarpma yükü neticesinde S8 numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 1,287 mm, daimi deplasman ise 0,21 mm olarak ölçülmüştür. Karbon tekstil şeritlerde bulunan strain-gauge objelerinden tespit edilen en yüksek birim deformasyon değeri 0,00422 mm/mm'dir.

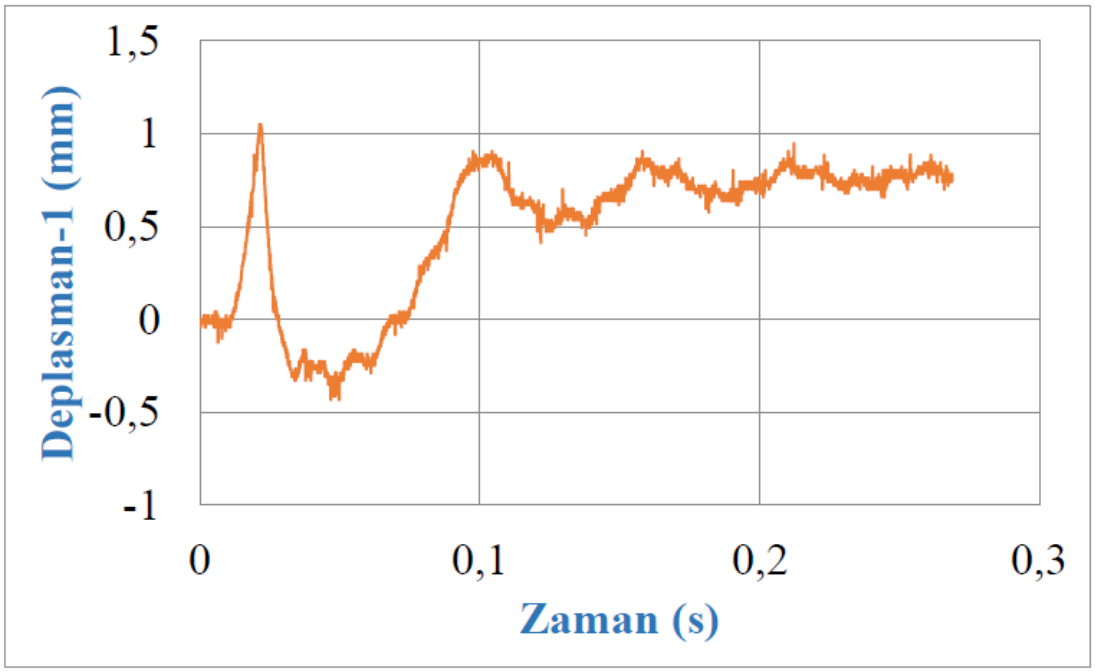
S8 numunesine çarpma yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşeme alt kısmında hasar sonucu çatlak sayılarının daha da azaldığı gözlemlenmiştir.

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucu S8 numunesine etki eden çarpma yükünün zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.63'te verilmiştir.

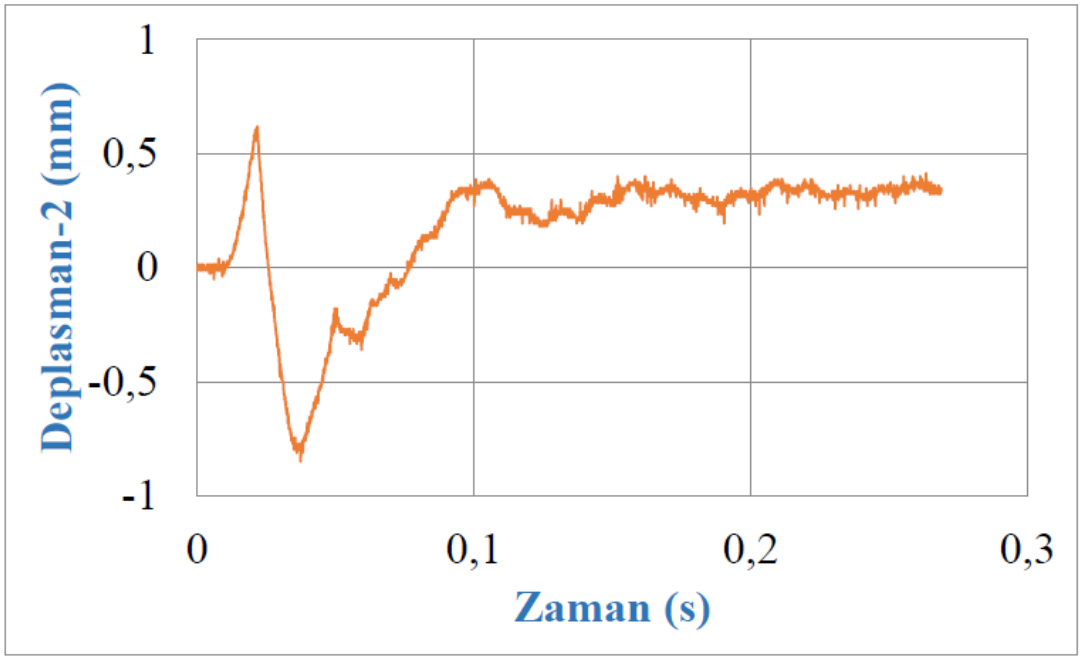


Şekil 4.63. S8 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı

S8 numunesinin orta kısmından elde edilen 1 ve 2 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.64 ve Şekil 4.65'te verilmiştir.

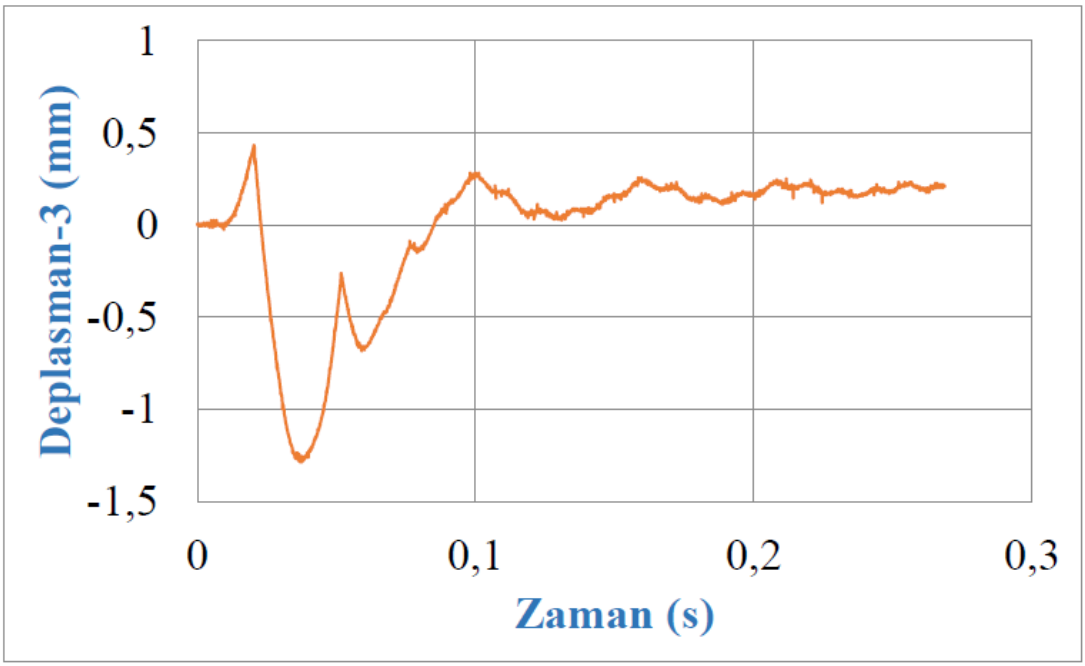


Şekil 4.64. S8 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

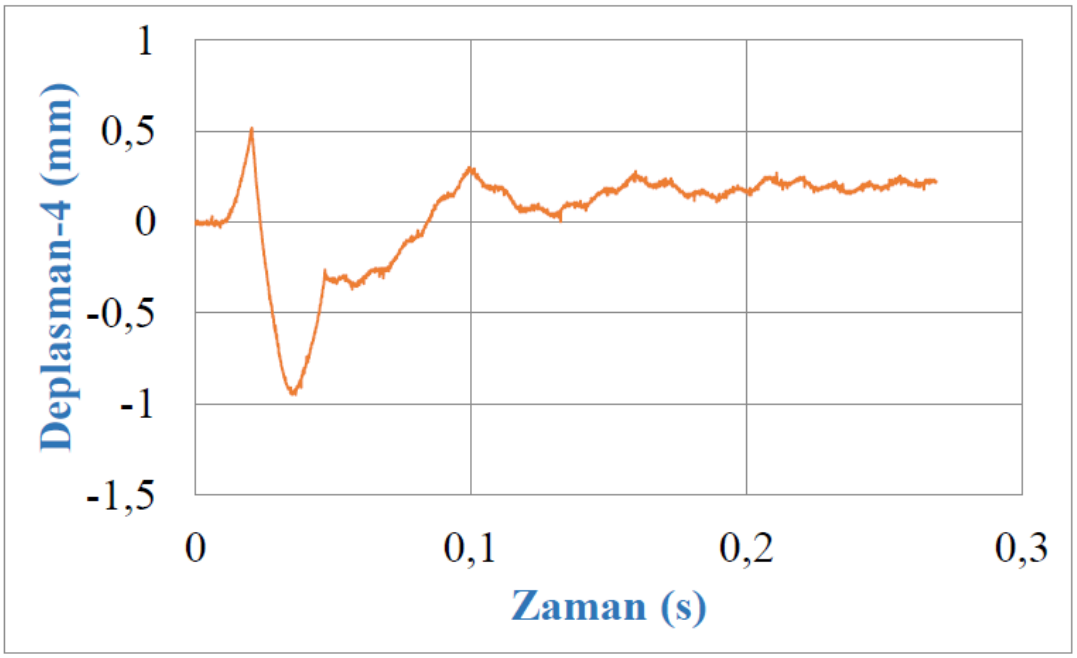


Şekil 4.65. S8 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı

S8 numunesinin orta kısmından elde edilen 3 ve 4 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.66 ve Şekil 4.67'de verilmiştir.

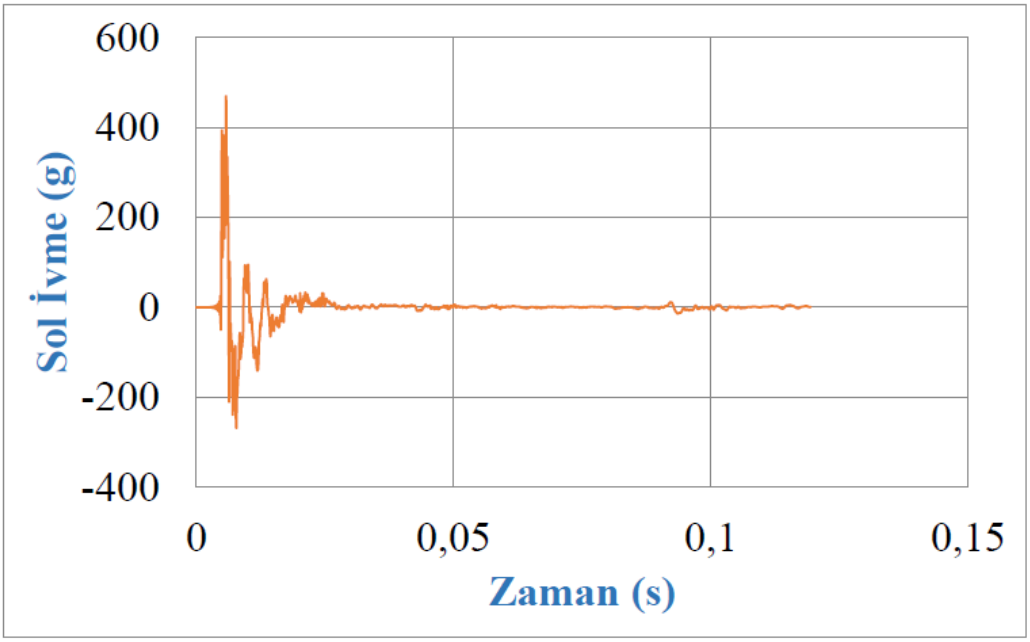


Şekil 4.66. S8 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı

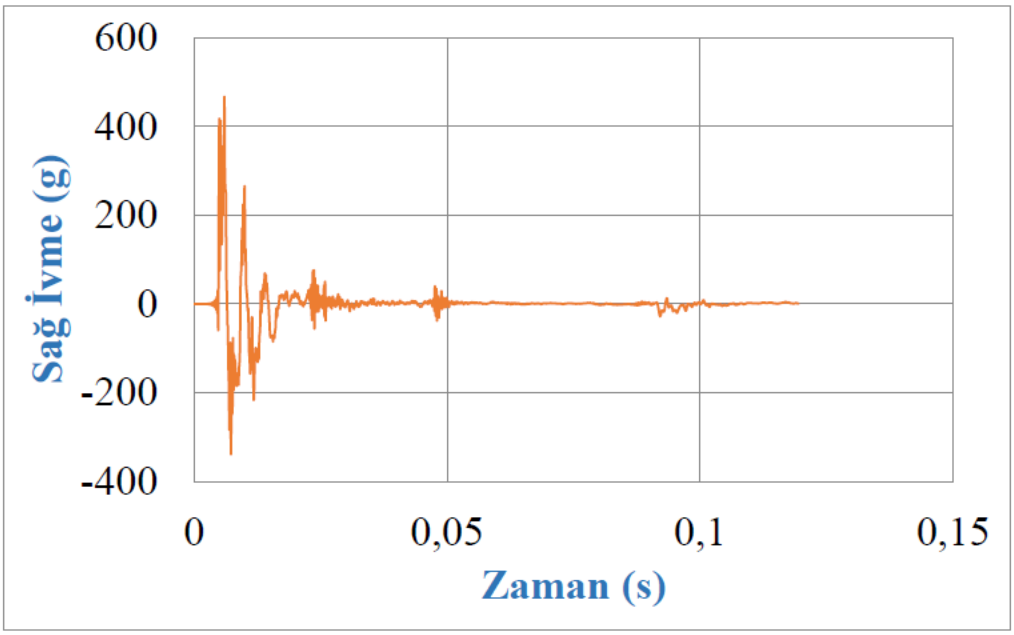


Şekil 4.67. S8 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı

Numuneye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucunda sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.68 ve Şekil 4.69'da verilmiştir.

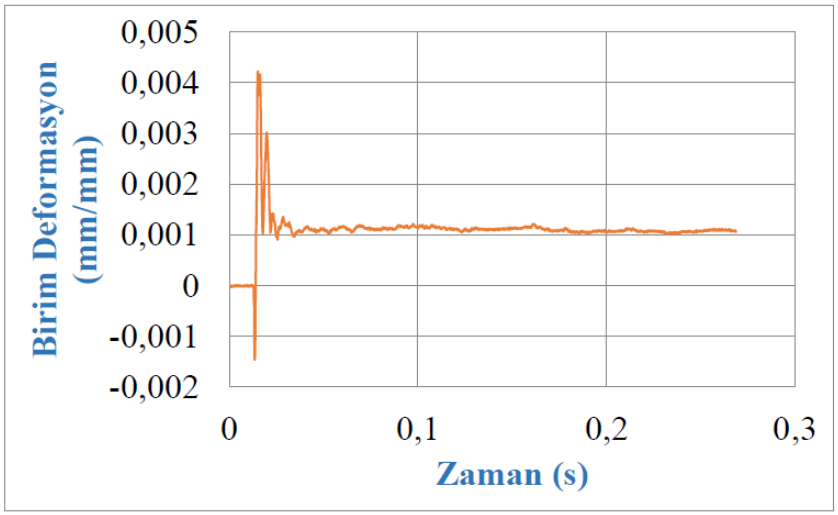


Şekil 4.68. S8 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı



Şekil 4.69. S8 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı

S8 deney elemanında karbon tekstil uygulaması yapılan şeritlerde meydana gelen birim deformasyon değerlerinin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.70'te verilmiştir.



Şekil 4.70. S8 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı

Darbe etkisi sonucunda S8 numunesinde oluşan hasarlar Şekil 4.71'de gösterilmiştir.



Şekil 4.71. S8 numunesinde oluşan hasarlar

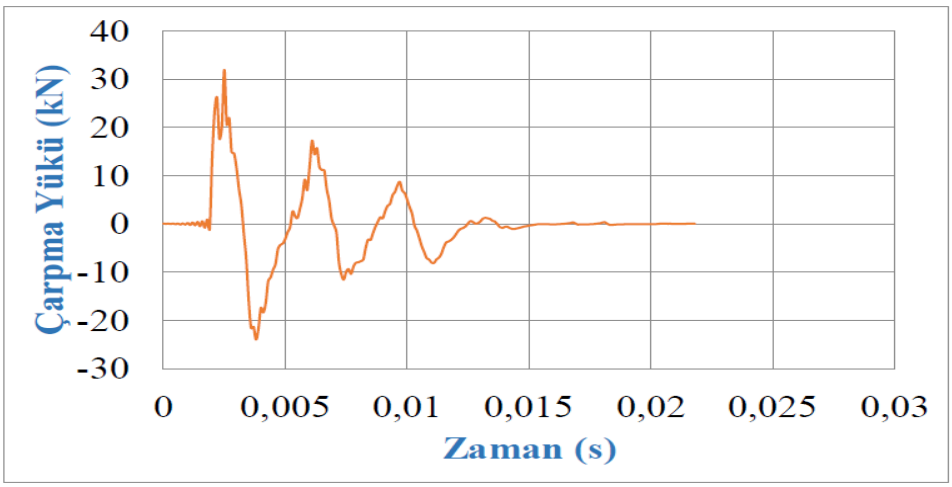
4.1.9. S9 numunesi

S9 numunesi, genişlik değeri 100 mm olan karbon tekstiller ile diyagonal ve çift yönlü şekilde güçlendirilmiştir. Döşeme 1,236 kJ çarpma enerjisine maruz bırakılmıştır.

Meydana gelen çarpma enerjisi neticesinde, S9 numunesine etkiyen çarpma yükü sonucunda elde edilen kuvvet, azami 31,95 kN ve asgari -23,95 kN olarak ölçülmüştür. Bu yükleme sonucunda sol ivmeölçerde, azami 626,17 g, asgari -286,34 g ivme değeri tespit edilmiştir. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 623,69 g, asgari -378,82 g' dir. Çarpma yükü neticesinde S16 numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 0,994 mm, daimi deplasman ise 0,057 mm olarak ölçülmüştür. Karbon tekstil şeritlerde bulunan strain-gauge objelerinden tespit edilen en yüksek birim deformasyon değeri 0,00328 mm/mm'dir.

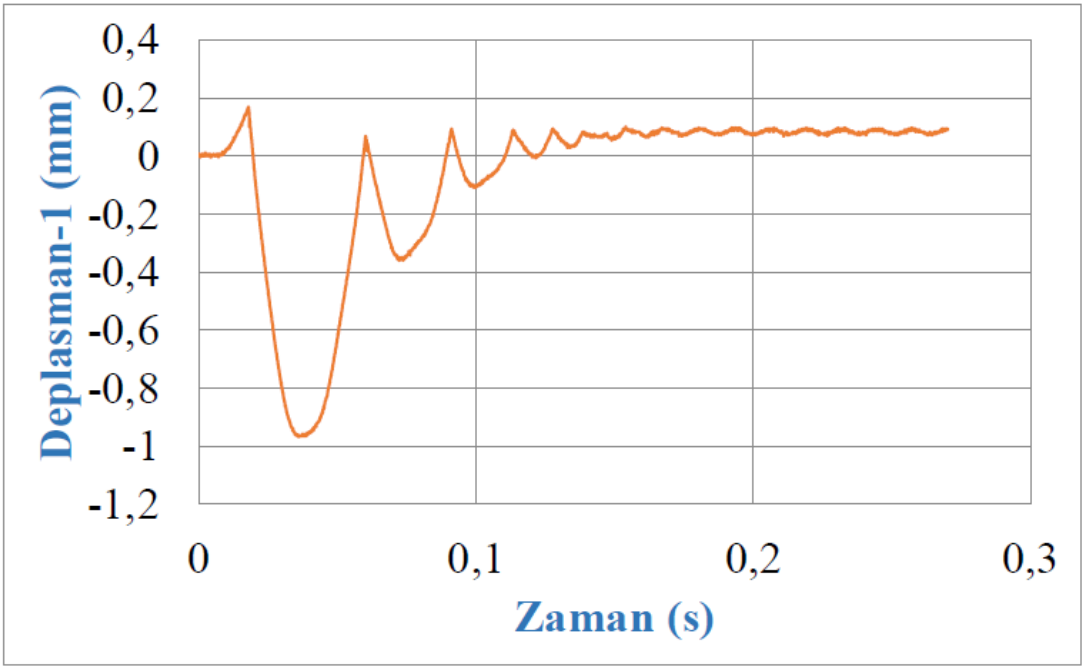
S9 numunesine çarpma yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşeme alt kısmında hasar sonucu çatlak sayılarının önemli ölçüde azaldığı gözlemlenmiştir.

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucu S9 numunesine etki eden çarpma yükünün zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.72'de verilmiştir.

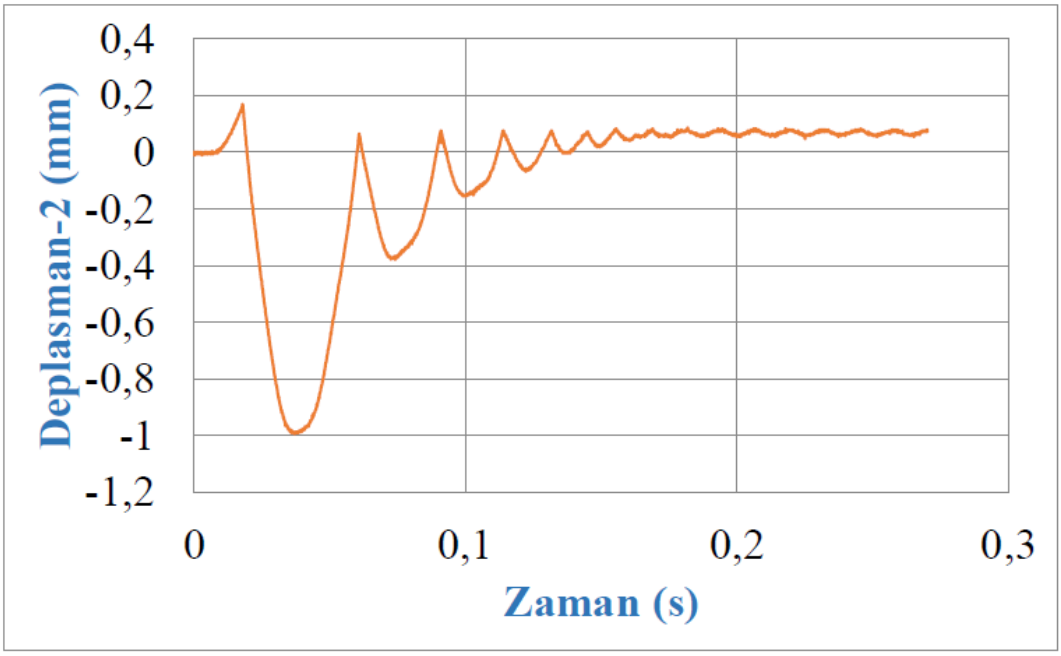


Şekil 4.72. S9 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı

S9 numunesinin orta kısmından elde edilen 1 ve 2 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.73 ve Şekil 4.74'te verilmiştir.

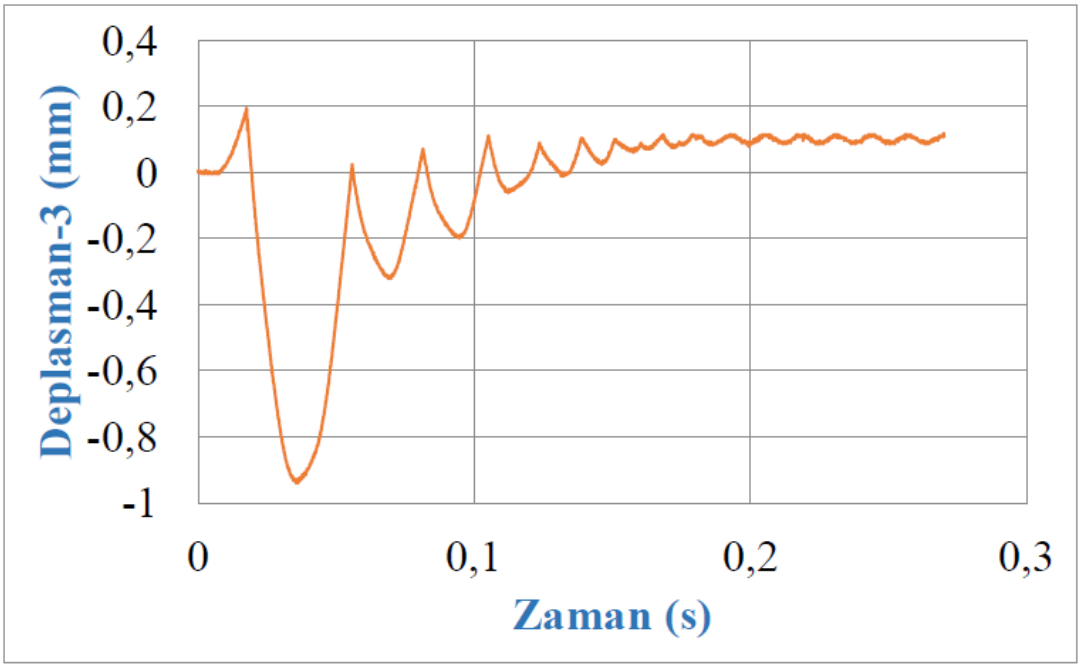


Şekil 4.73. S9 S9 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

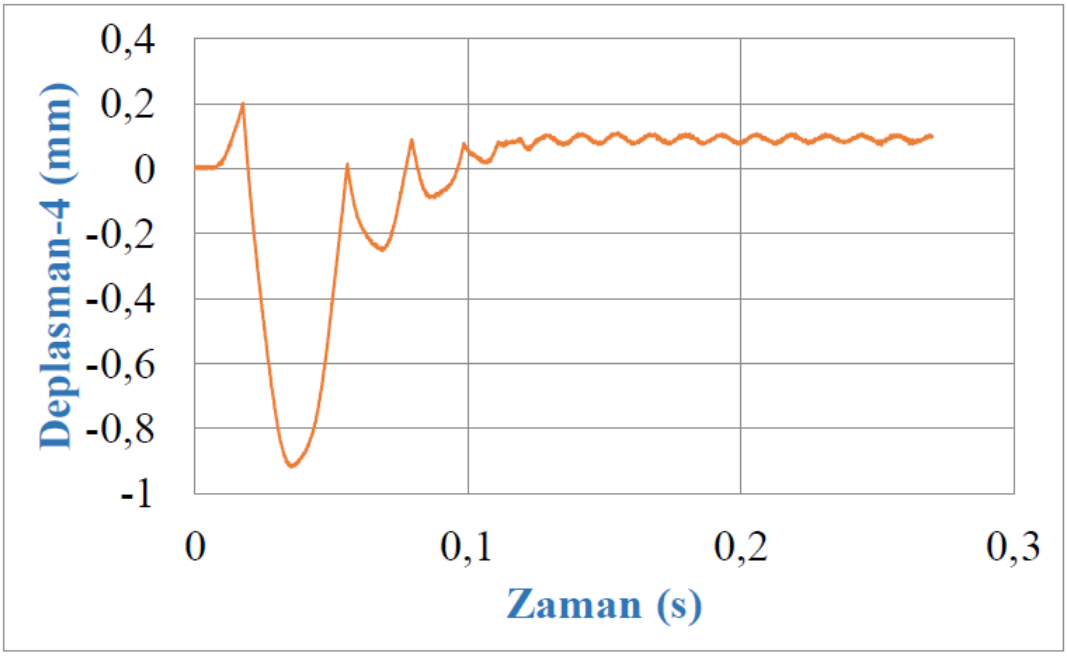


Şekil 4.74. S9 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı

S9 numunesinin orta kısmından elde edilen 3 ve 4 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.75 ve Şekil 4.76'da verilmiştir.

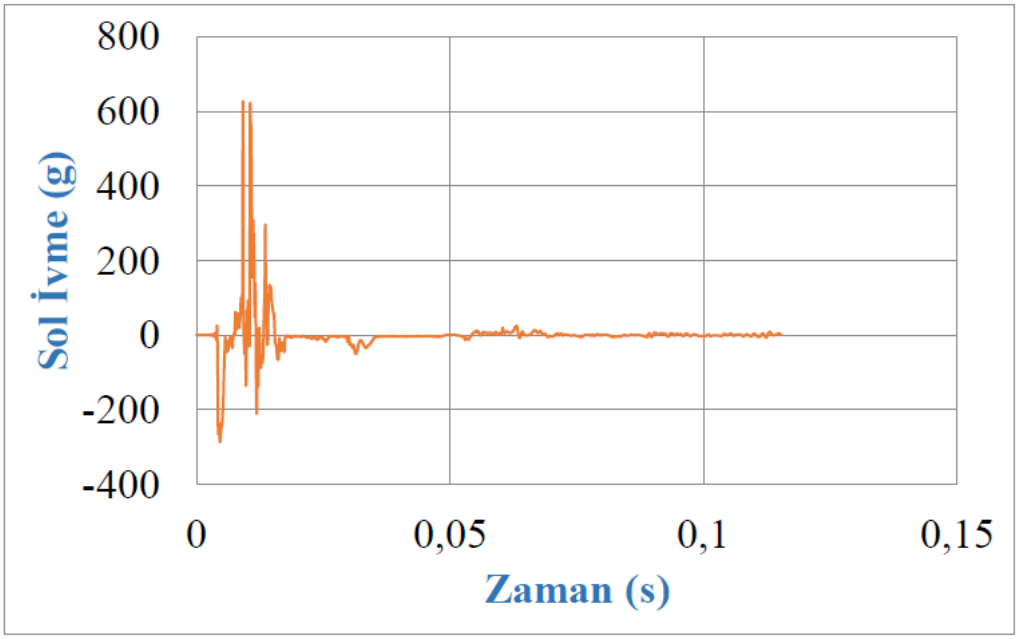


Şekil 4.75. S9 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı

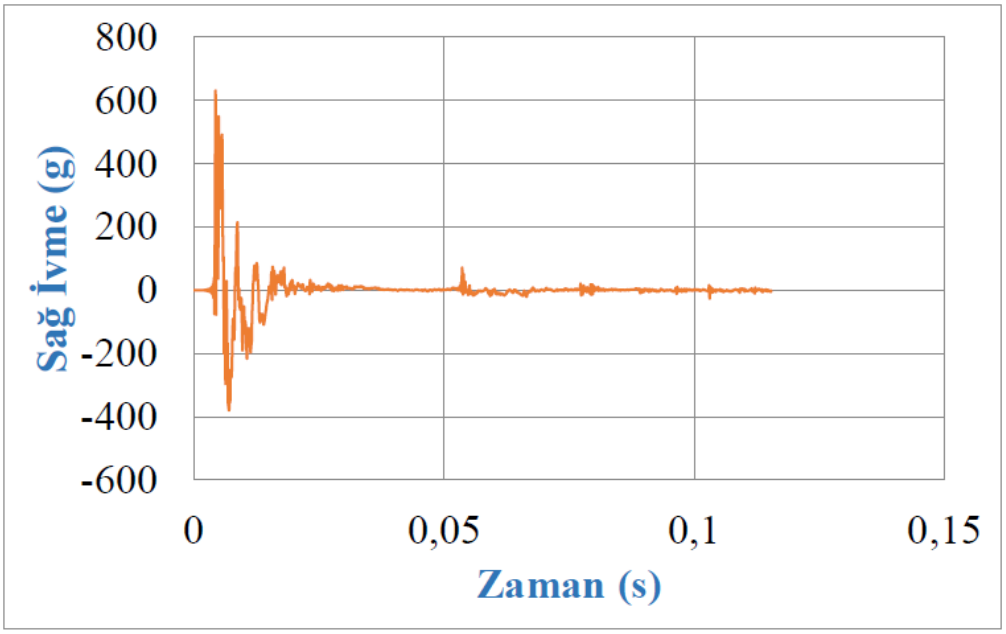


Şekil 4.76. S9 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı

Numuneye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucunda sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.77 ve Şekil 4.78'de verilmiştir.

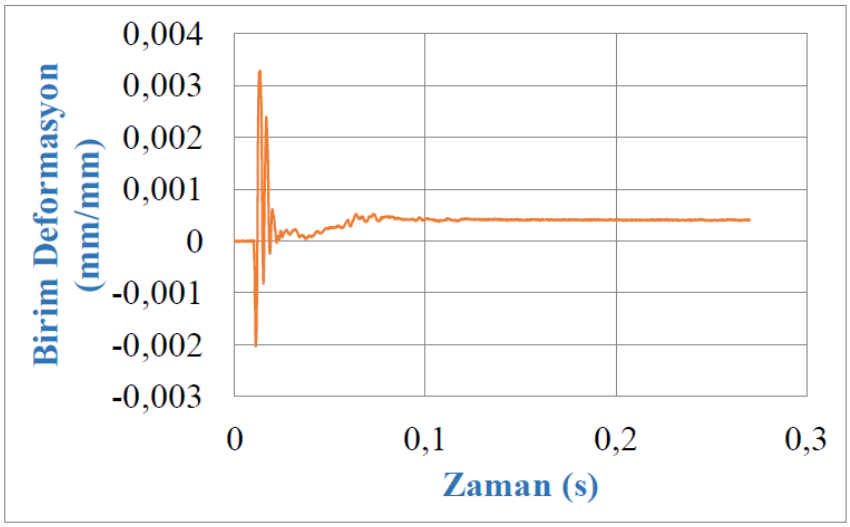


Şekil 4.77. S9 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı



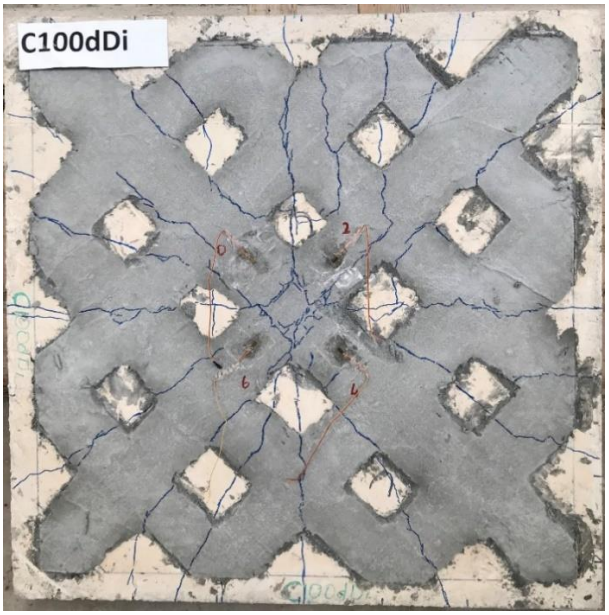
Şekil 4.78. S9 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı

S9 deney elemanında karbon tekstil uygulaması yapılan şeritlerde meydana gelen birim deformasyon değerlerinin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.79'da verilmiştir.



Şekil 4.79. S9 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı

Darbe etkisi sonucunda S9 numunesinde oluşan hasarlar Şekil 4.80'de gösterilmiştir.



Şekil 4.80. S9 numunesinde oluşan hasarlar

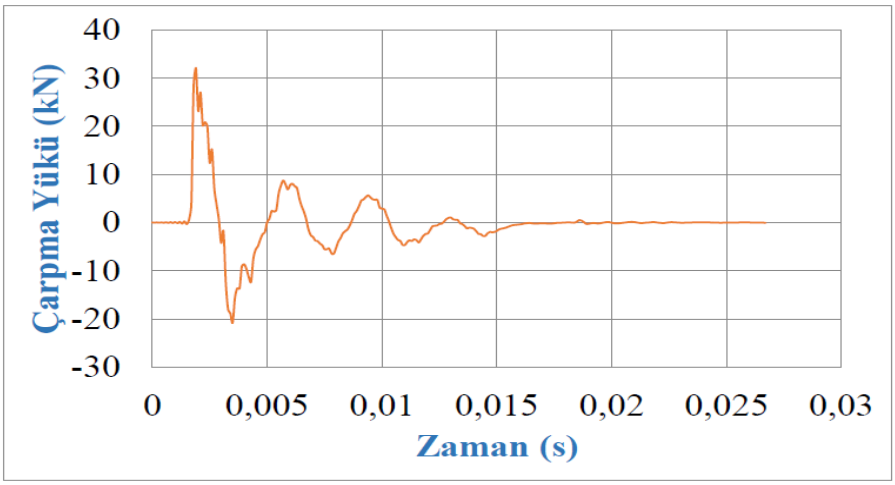
4.1.10. S10 numunesi

S10 numunesi, genişlik değeri 50 mm olan karbon tekstiller ile ortogonal, tek yönlü şekilde güçlendirilmiş ve ankraj uygulaması yapılmıştır. Döşeme 1,236 kJ çarpma enerjisine maruz bırakılmıştır.

Meydana gelen çarpma enerjisi neticesinde, S10 numunesine etkiyen çarpma yükü sonucunda elde edilen kuvvet, azami 32,07 kN ve asgari -20,73 kN olarak ölçülmüştür. Bu yükleme sonucunda sol ivmeölçerde, azami 405,00 g, asgari -184,72 g ivme değeri tespit edilmiştir. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 402,14 g, asgari -319,87 g' dir. Çarpma yükü neticesinde S10 numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 1,774 mm, daimi deplasman ise 0,42 mm olarak ölçülmüştür. Karbon tekstil şeritlerde bulunan strain-gauge objelerinden tespit edilen en yüksek birim deformasyon değeri 0,01747 mm/mm'dir.

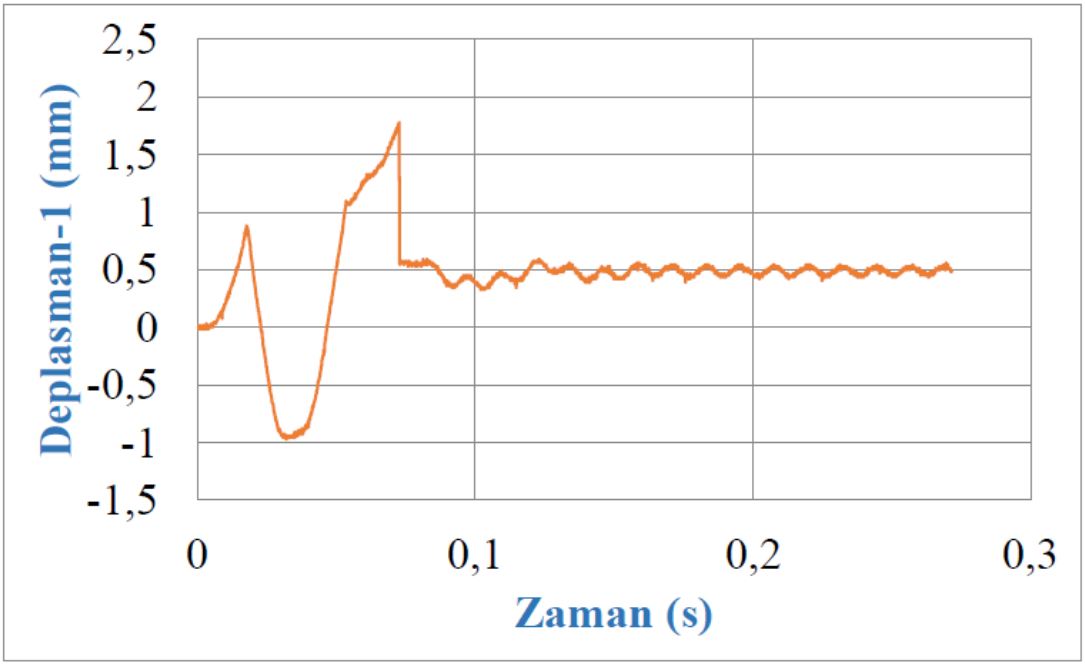
S10 numunesine çarpma yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşeme alt kısmında hasar sonucu çatlak sayılarının azaldığı gözlemlenmiştir.

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucu S10 numunesine etki eden çarpma yükünün zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.81'de verilmiştir.

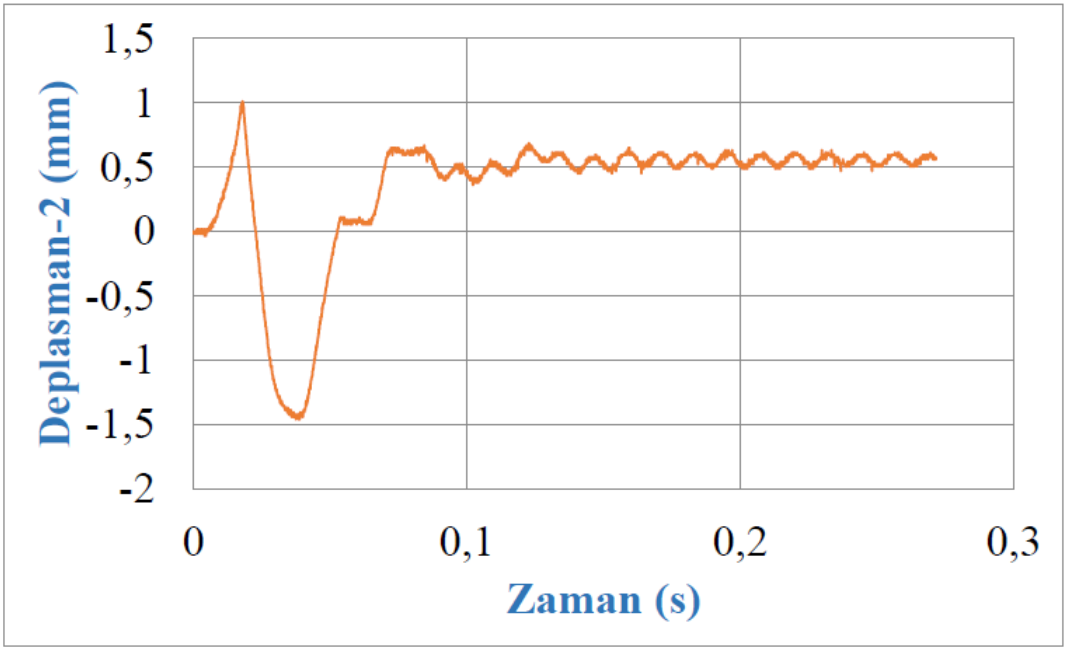


Şekil 4.81. S10 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı

S10 numunesinin orta kısmından elde edilen 1 ve 2 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.82 ve Şekil 4.83'te verilmiştir.

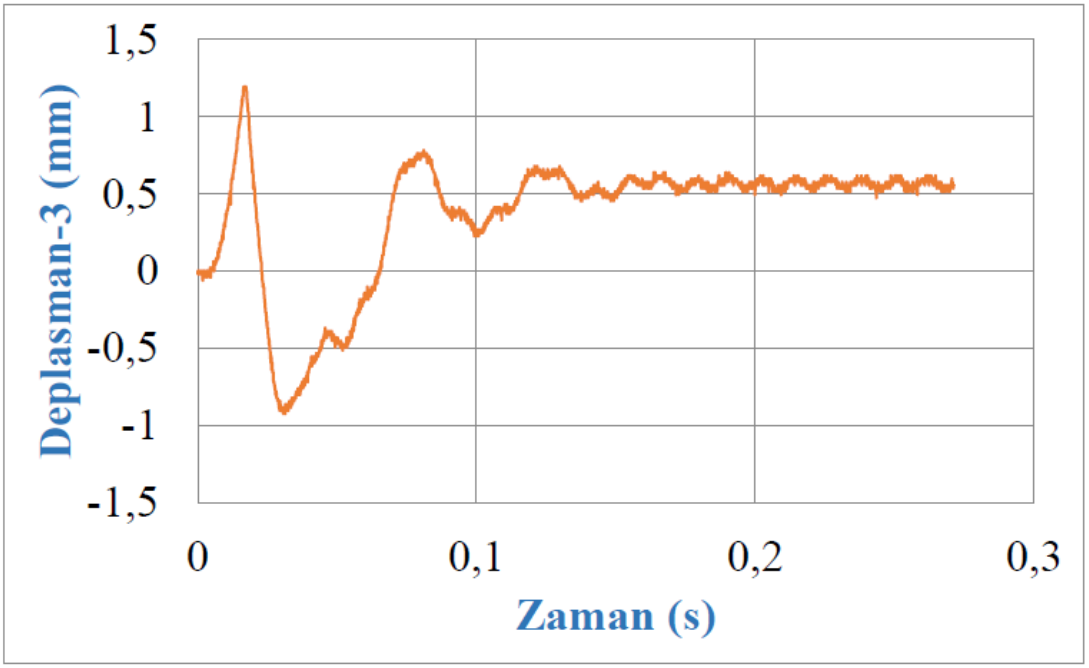


Şekil 4.82. S10 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

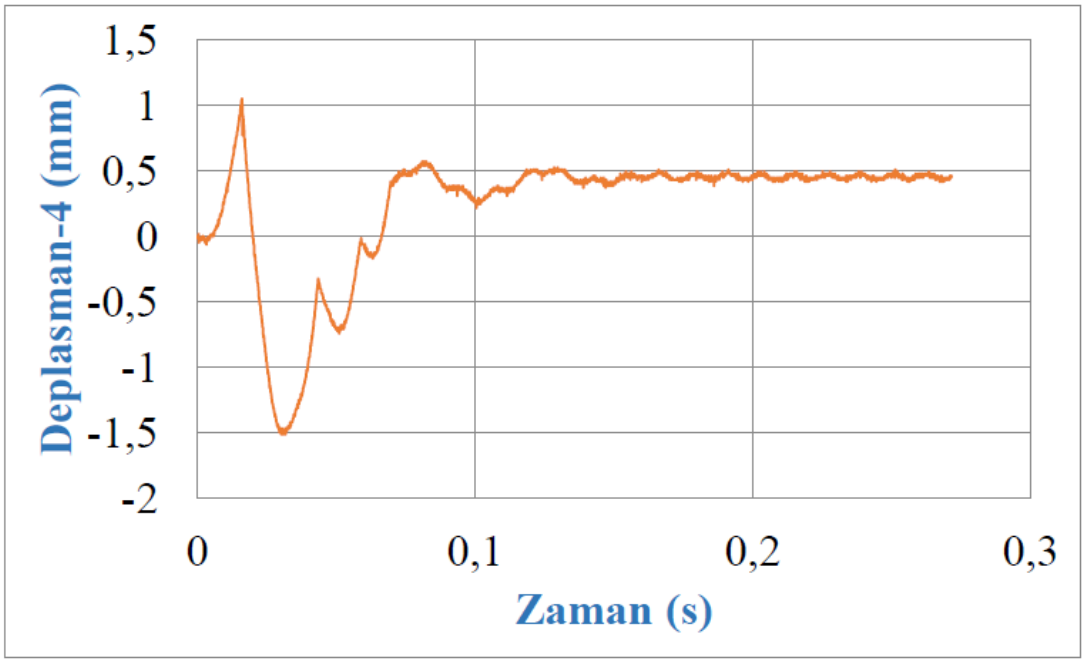


Şekil 4.83. S10 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı

S10 numunesinin orta kısmından elde edilen 3 ve 4 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.84 ve Şekil 4.85'te verilmiştir.

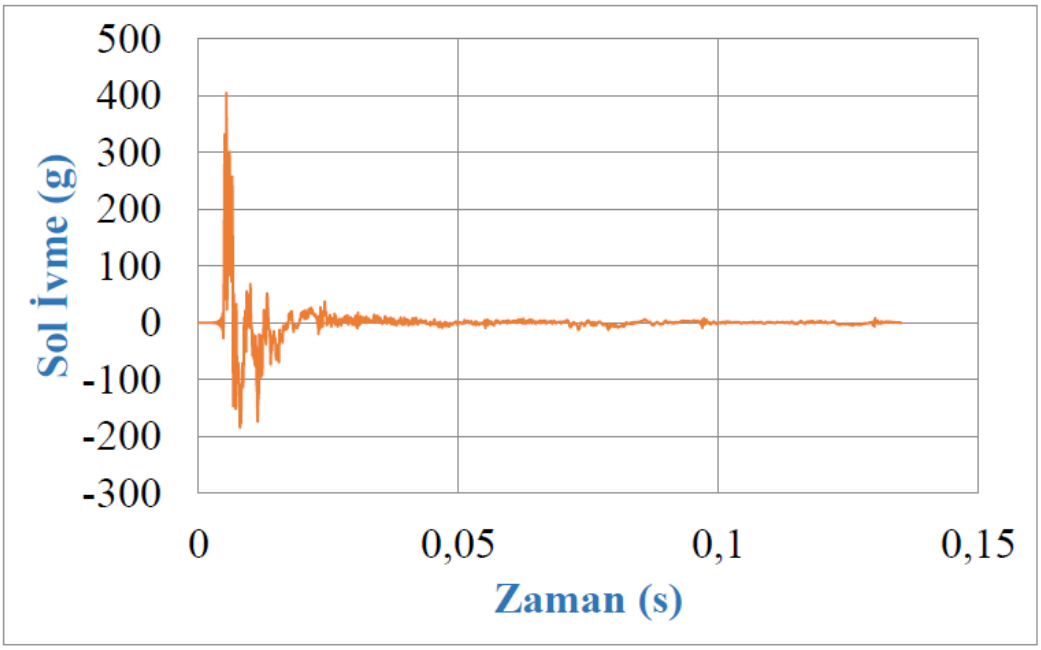


Şekil 4.84. S10 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı

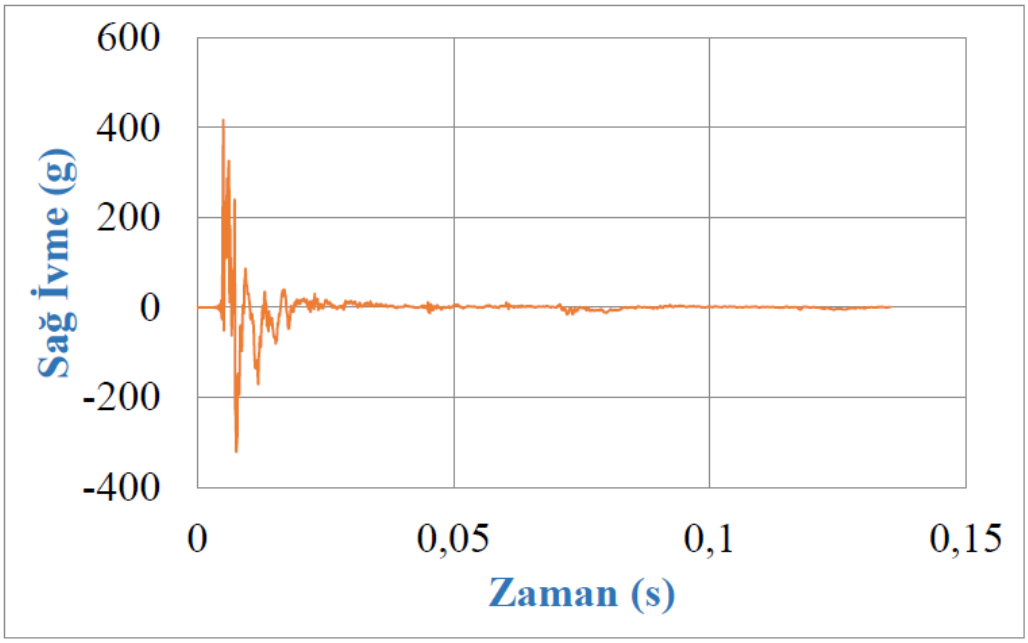


Şekil 4.85. S10 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı

Numuneye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucunda sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.86 ve Şekil 4.87'de verilmiştir.

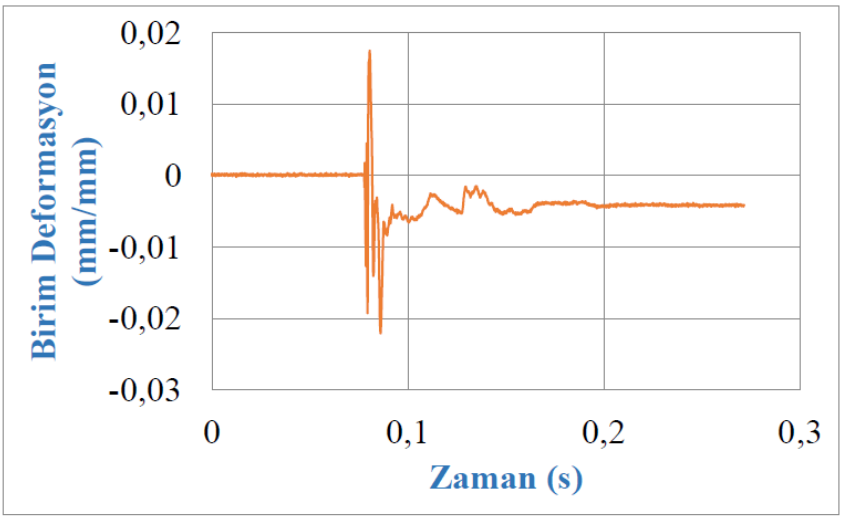


Şekil 4.86. S10 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı



Şekil 4.87. S10 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı

S10 deney elemanında karbon tekstil uygulaması yapılan şeritlerde meydana gelen birim deformasyon değerlerinin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.88'de verilmiştir.



Şekil 4.88. S10 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı

Darbe etkisi sonucunda S10 numunesinde oluşan hasarlar Şekil 4.89'da gösterilmiştir.



Şekil 4.89. S10 numunesinde oluşan hasarlar

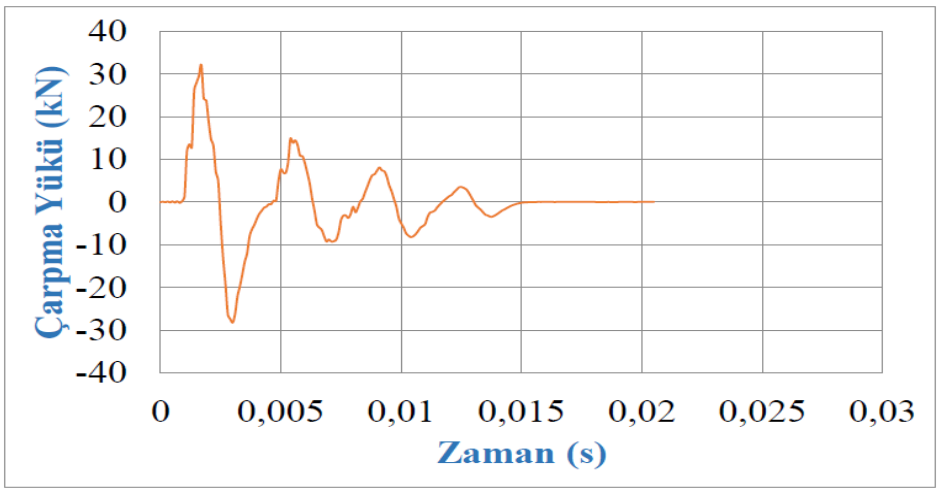
4.1.11. S11 numunesi

S11 numunesi, genişlik değeri 50 mm olan karbon tekstiller ile ortogonal, çift yönlü şekilde güçlendirilmiş ve ankraj uygulaması yapılmıştır. Döşeme 1,236 kJ çarpma enerjisine maruz bırakılmıştır.

Meydana gelen çarpma enerjisi neticesinde, S11 numunesine etkiyen çarpma yükü sonucunda elde edilen kuvvet, azami 32,02 kN ve asgari -28,25 kN olarak ölçülmüştür. Bu yükleme sonucunda sol ivmeölçerde, azami 536,07 g, asgari -157,13 g ivme değeri tespit edilmiştir. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 531,20 g, asgari -206,02 g' dir. Çarpma yükü neticesinde S11 numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 1,263 mm, daimi deplasman ise 0,25 mm olarak ölçülmüştür. Karbon tekstil şeritlerde bulunan strain-gauge objelerinden tespit edilen en yüksek birim deformasyon değeri 0,00975 mm/mm'dir.

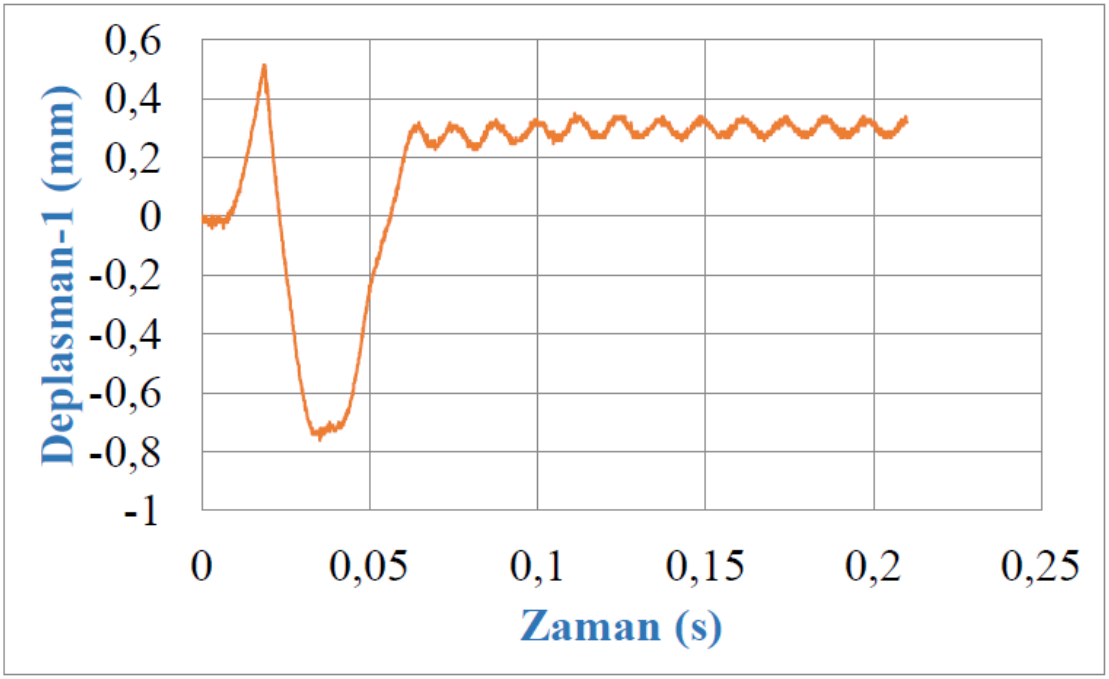
S11 numunesine çarpma yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşeme alt kısmında hasar sonucu çatlak sayılarının azaldığı gözlemlenmiştir.

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucu S11 numunesine etki eden çarpma yükünün zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.90'da verilmiştir.

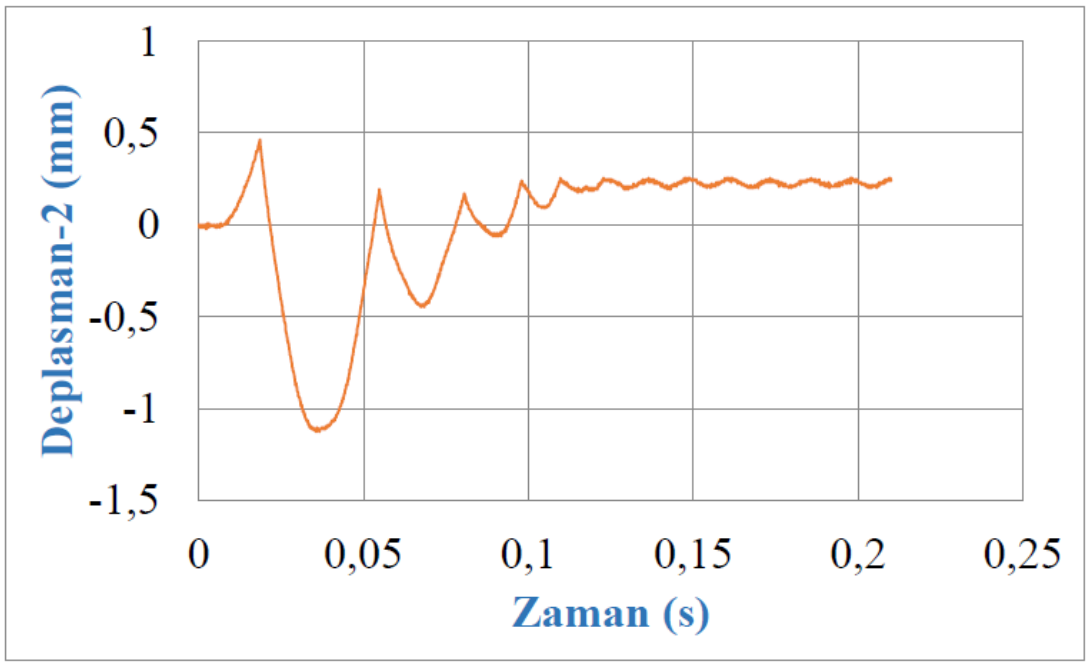


Şekil 4.90. S11 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı

S11 numunesinin orta kısmından elde edilen 1 ve 2 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.91 ve Şekil 4.92'de verilmiştir..

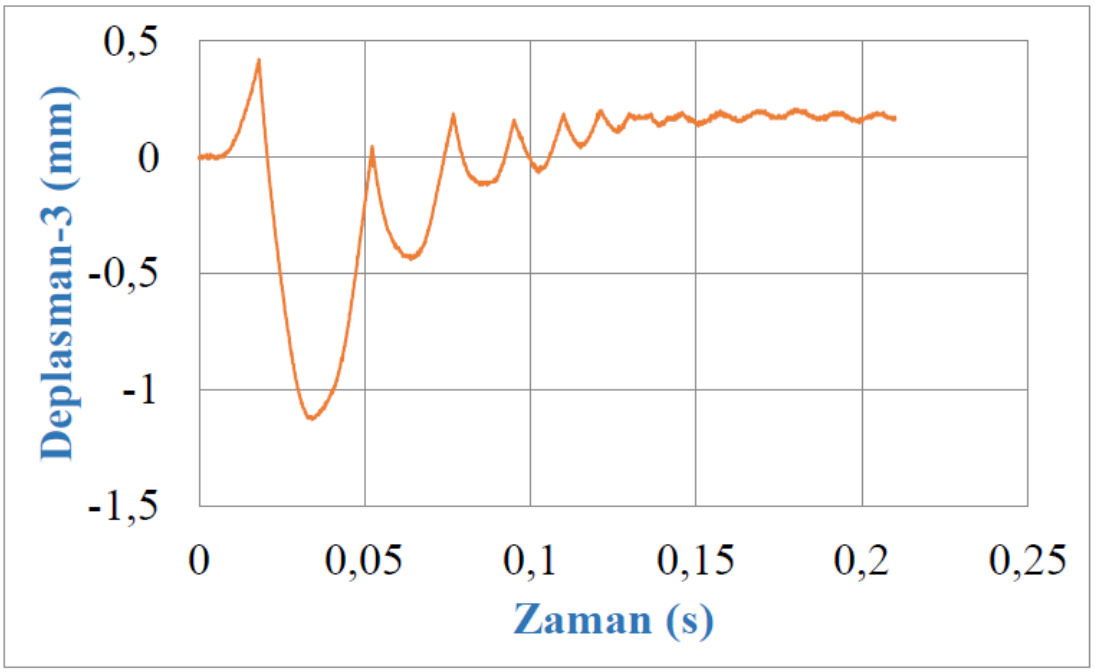


Şekil 4.91. S11 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

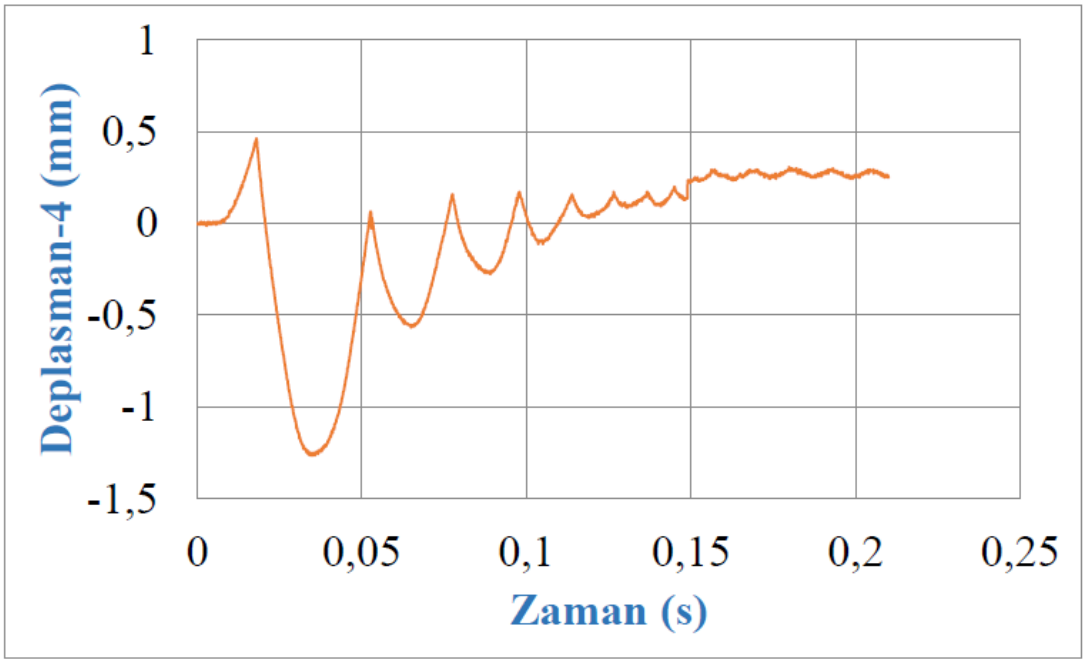


Şekil 4.92. S11 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı

S11 numunesinin orta kısmından elde edilen 3 ve 4 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.93 ve Şekil 4.94'te verilmiştir.

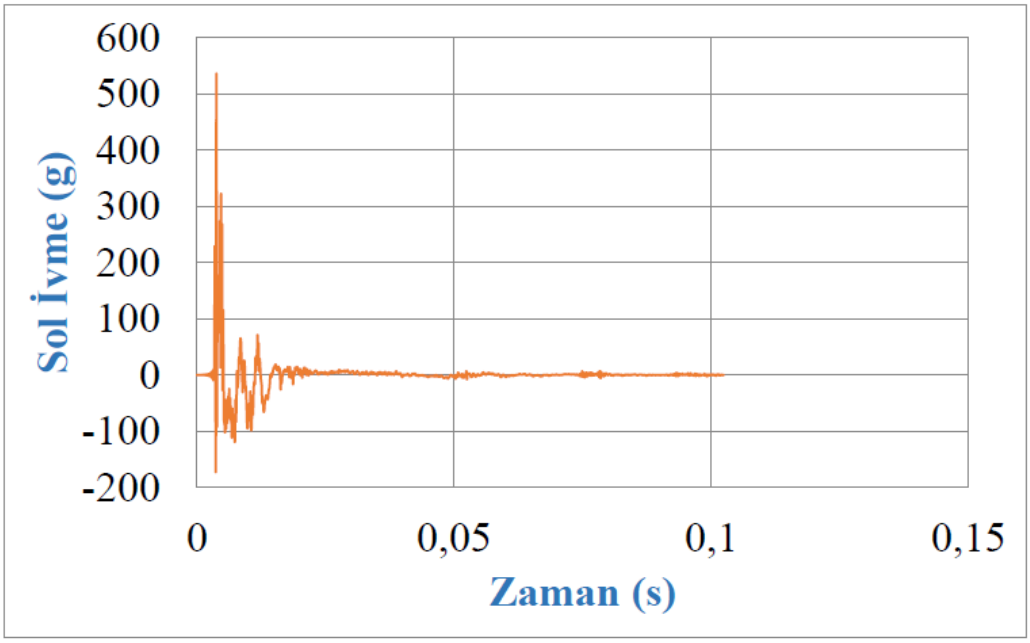


Şekil 4.93. S11 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı

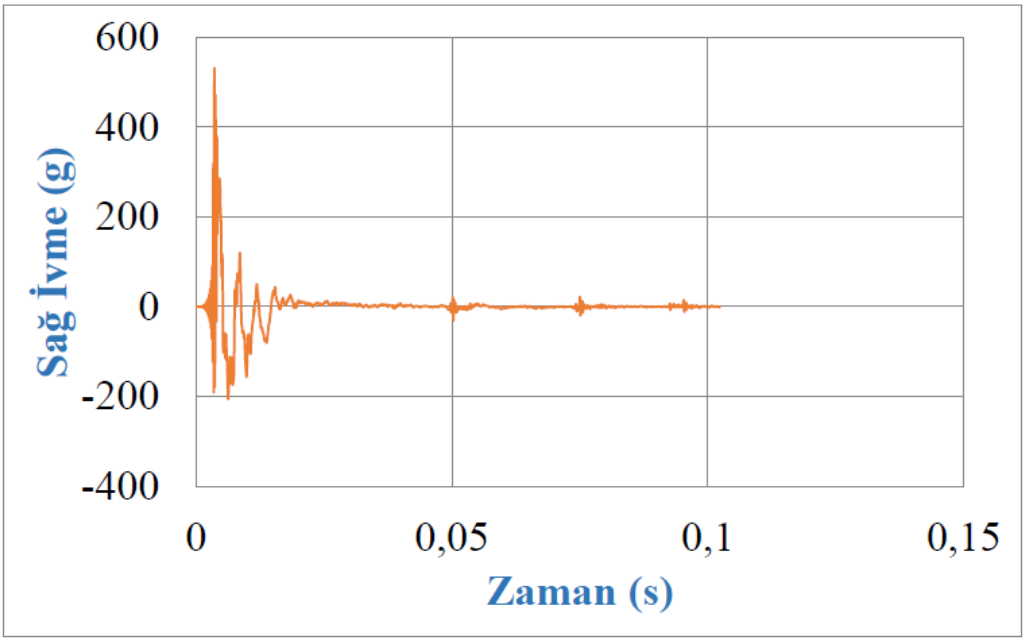


Şekil 4.94. S11 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı

Numuneye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucunda sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.95 ve Şekil 4.96'da verilmiştir.

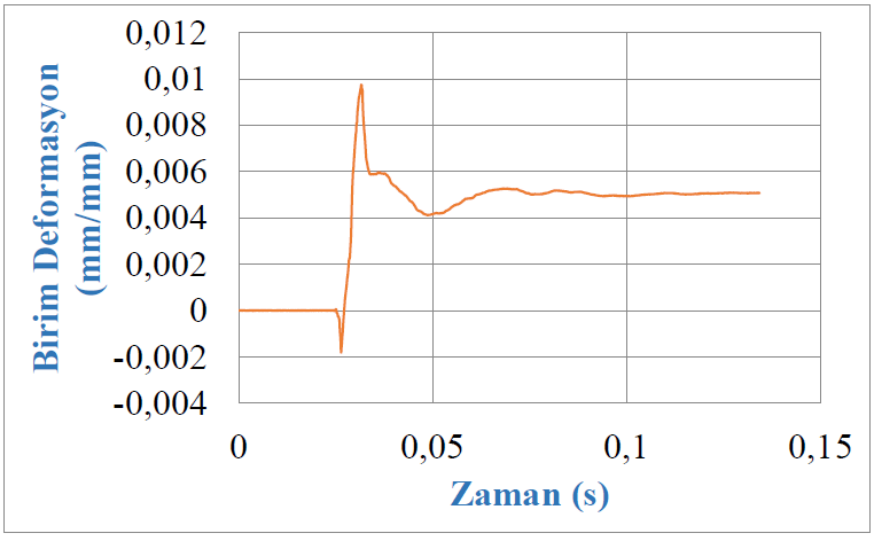


Şekil 4.95. S11 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı



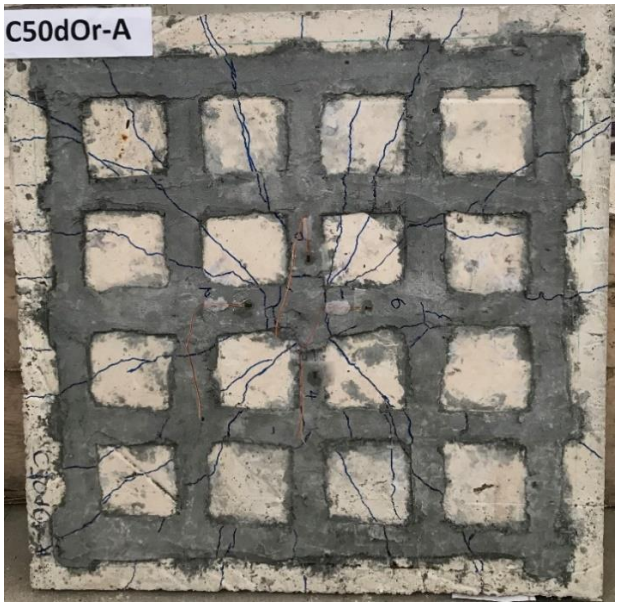
Şekil 4.96. S11 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı

S11 deney elemanında karbon tekstil uygulaması yapılan şeritlerde meydana gelen birim deformasyon değerlerinin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.97'de verilmiştir.



Şekil 4.97. S11 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı

Darbe etkisi sonucunda S11 numunesinde oluşan hasarlar Şekil 4.98'de gösterilmiştir.



Şekil 4.98. S11 numunesinde oluşan hasarlar

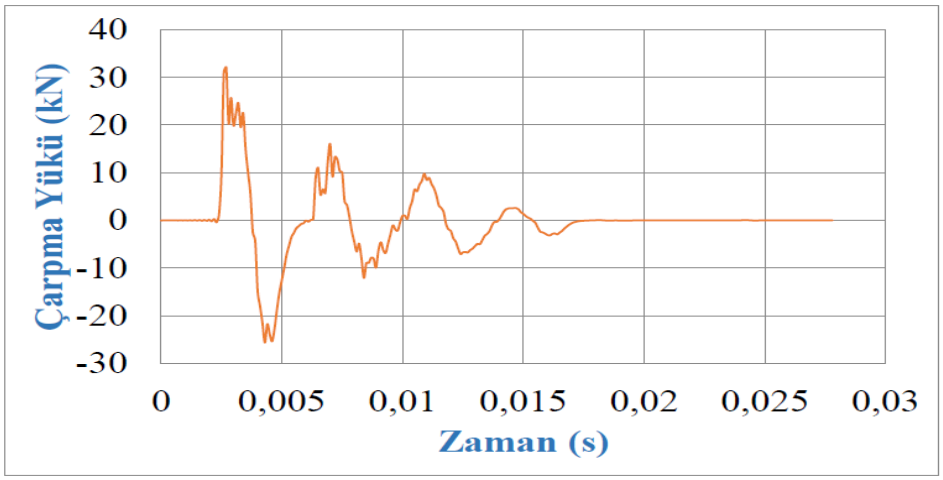
4.1.12. S12 numunesi

S12 numunesi, genişlik değeri 50 mm olan karbon tekstiller ile diyagonal, tek yönlü şekilde güçlendirilmiş ve ankraj uygulaması yapılmıştır. Döşeme 1,236 kJ çarpma enerjisine maruz bırakılmıştır.

Meydana gelen çarpma enerjisi neticesinde, S12 numunesine etkiyen çarpma yükü sonucunda elde edilen kuvvet, azami 32,09 kN ve asgari -25,62 kN olarak ölçülmüştür. Bu yükleme sonucunda sol ivmeölçerde, azami 482,39 g, asgari -402,10 g ivme değeri tespit edilmiştir. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 478,88 g, asgari -380,57 g' dir. Çarpma yükü neticesinde S12 numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 1,215 mm, daimi deplasman ise 0,21 mm olarak ölçülmüştür. Karbon tekstil şeritlerde bulunan strain-gauge objelerinden tespit edilen en yüksek birim deformasyon değeri 0,00801 mm/mm'dir.

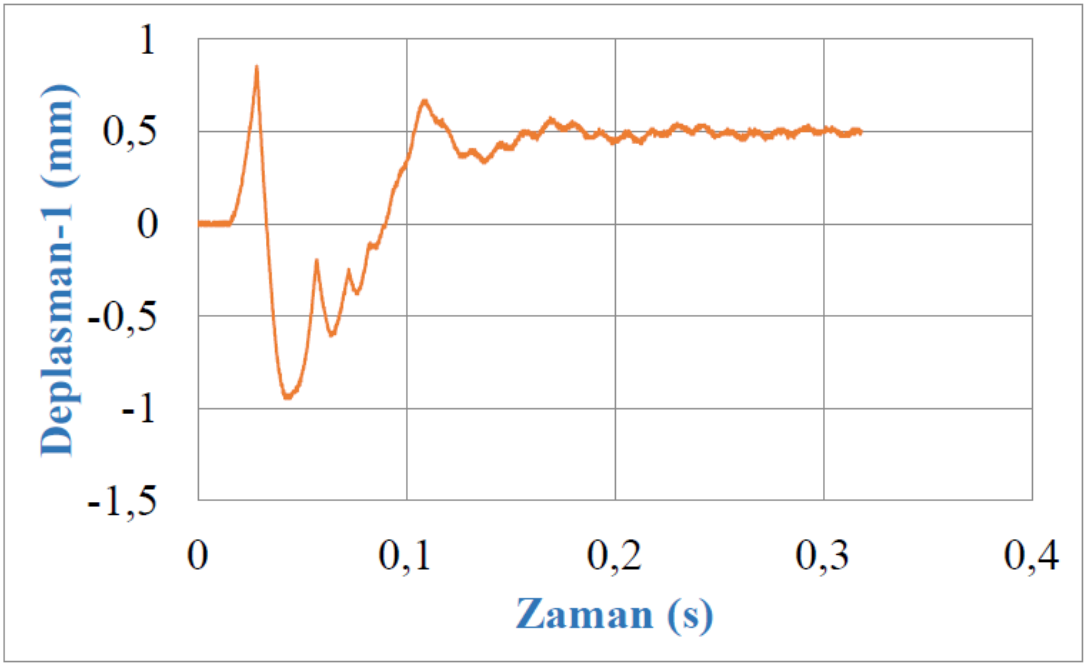
S12 numunesine çarpma yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşeme alt kısmında hasar sonucu çatlak sayılarının azaldığı gözlemlenmiştir.

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucu S12 numunesine etki eden çarpma yükünün zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.99'da verilmiştir.

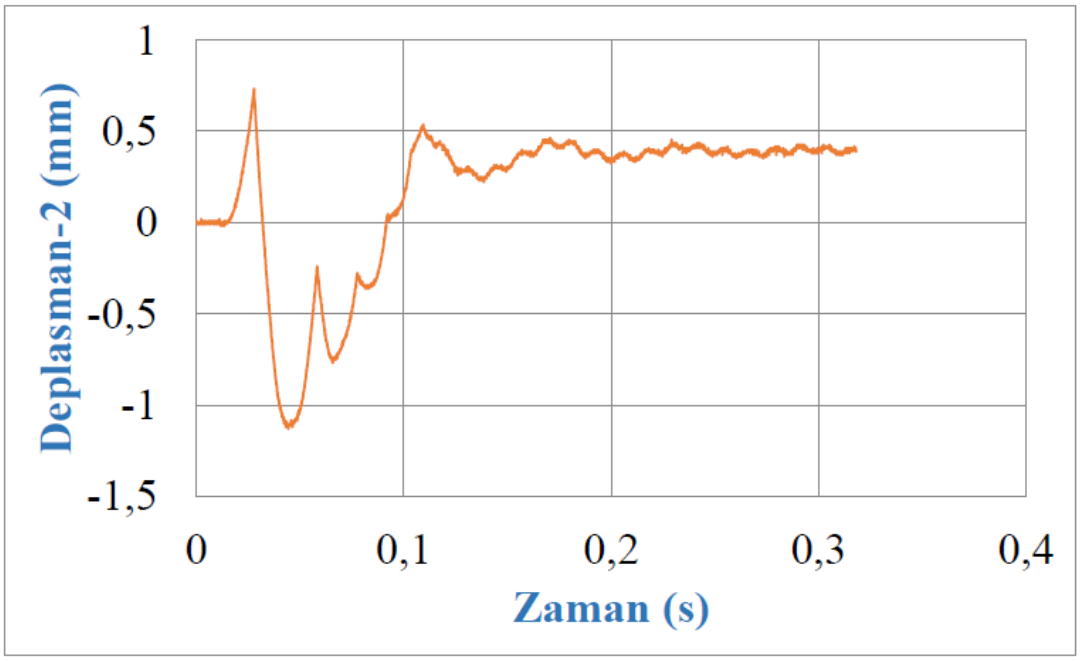


Şekil 4.99. S12 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı

S12 numunesinin orta kısmından elde edilen 1 ve 2 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.100 ve Şekil 4.101'de verilmiştir.

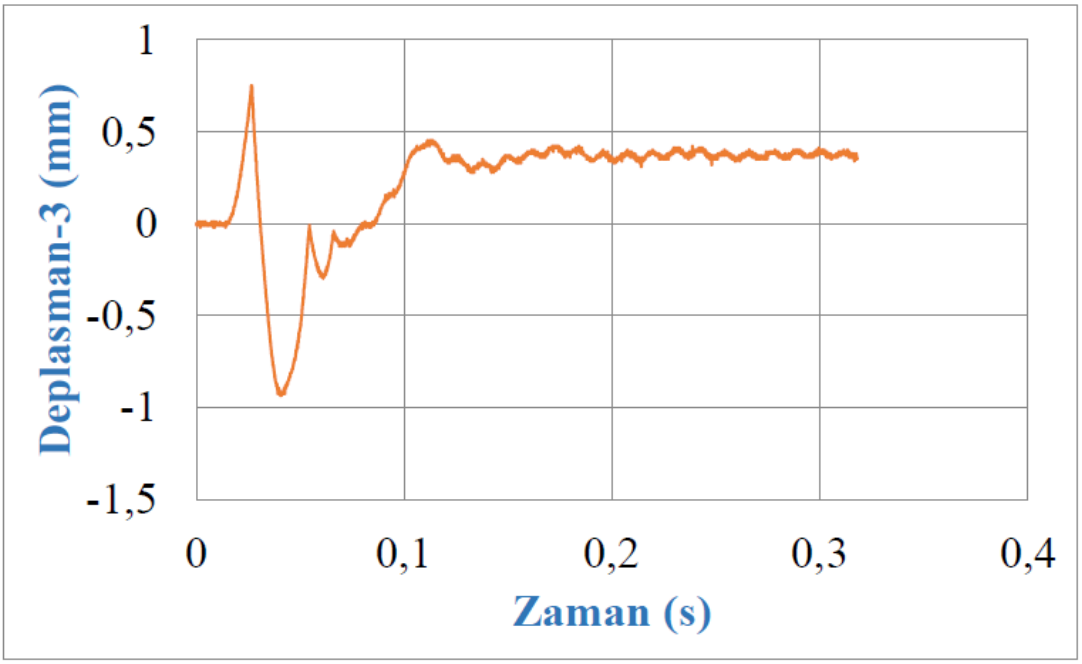


Şekil 4.100. S12 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

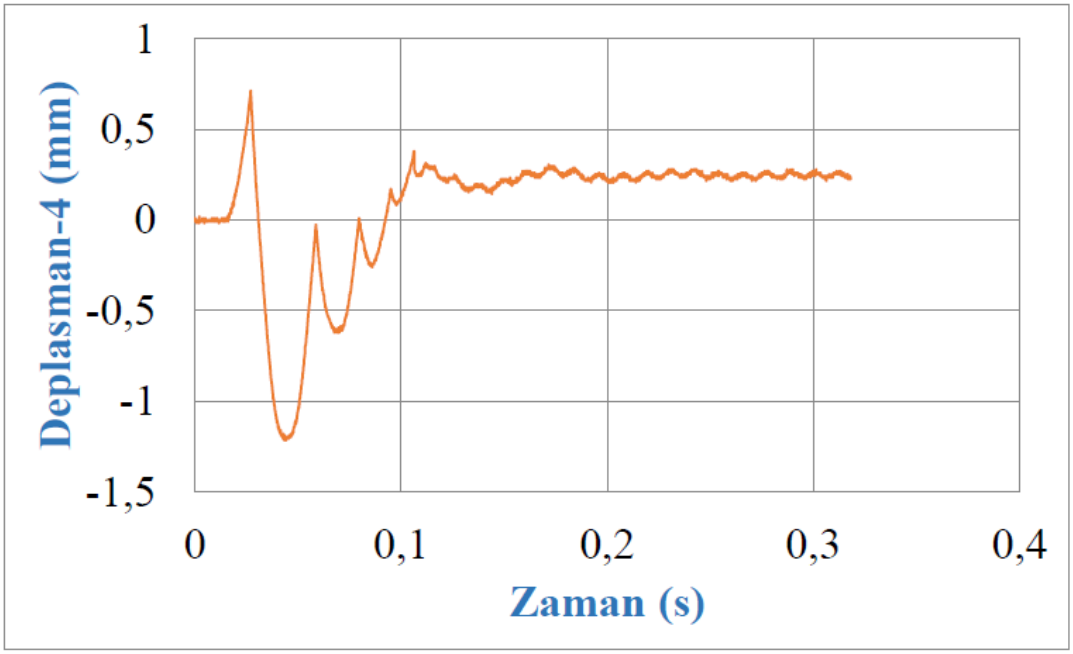


Şekil 4.101. S12 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı

S12 numunesinin orta kısmından elde edilen 3 ve 4 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.102 ve Şekil 4.103'te verilmiştir.

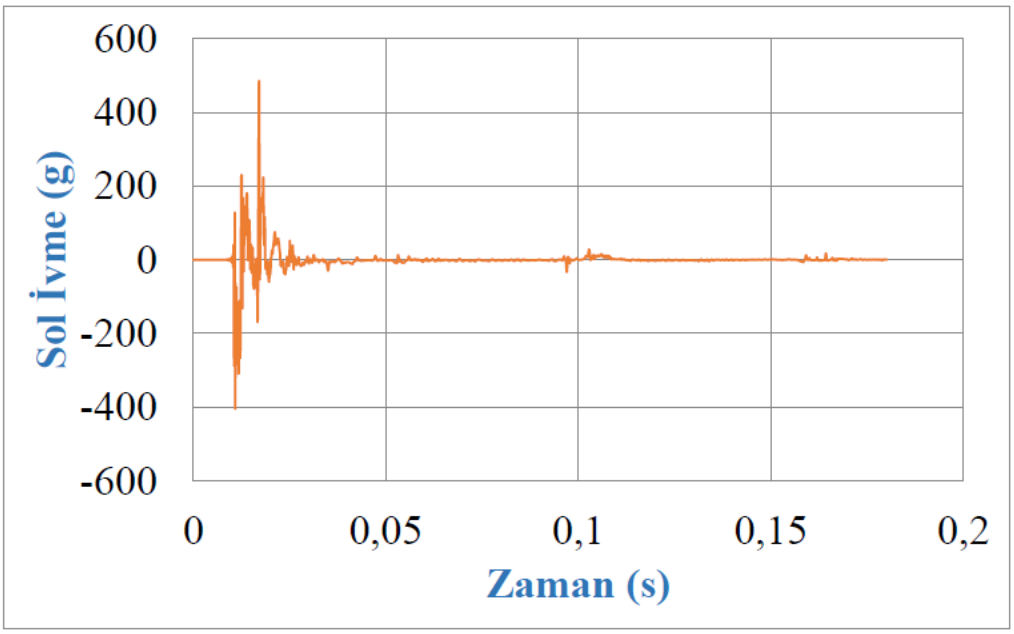


Şekil 4.102. S12 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı

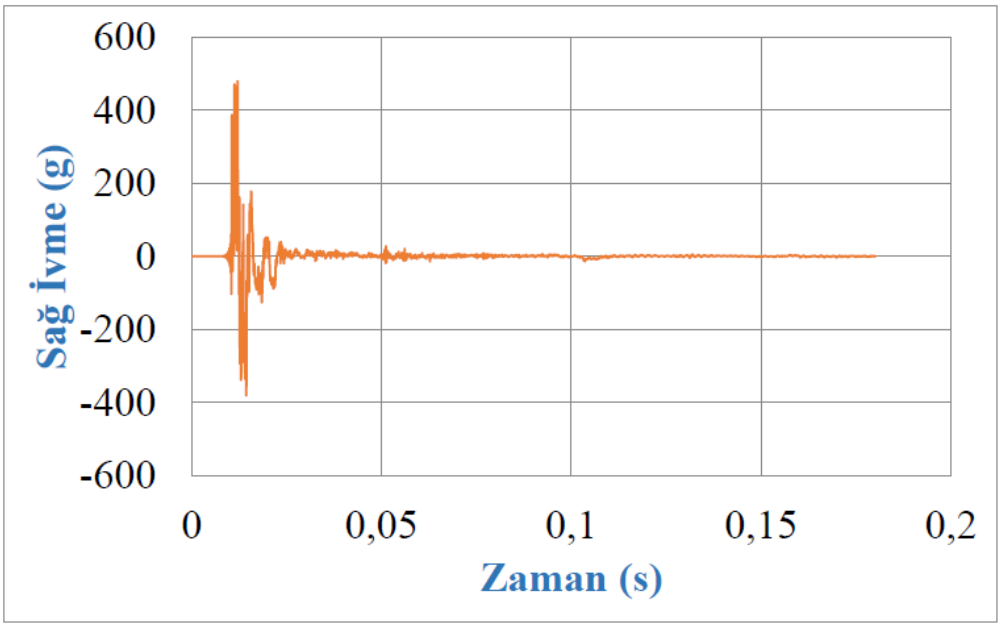


Şekil 4.103. S12 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı

Numuneye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucunda sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.104 ve Şekil 4.105'te verilmiştir.

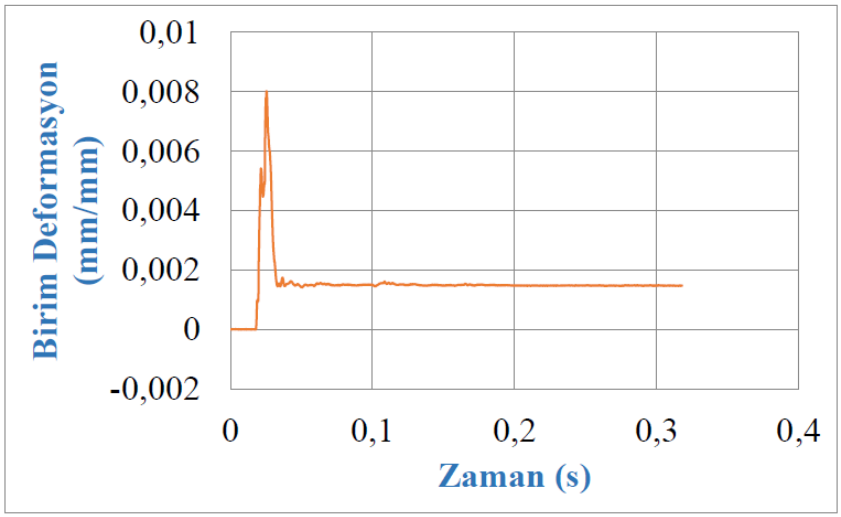


Şekil 4.104. S12 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı



Şekil 4.105. S12 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı

S12 deney elemanında karbon tekstil uygulaması yapılan şeritlerde meydana gelen birim deformasyon değerlerinin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.106'da verilmiştir.



Şekil 4.106. S12 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı

Darbe etkisi sonucunda S12 numunesinde oluşan hasarlar Şekil 4.107'de gösterilmiştir.



Şekil 4.107. S12 numunesinde oluşan hasarlar

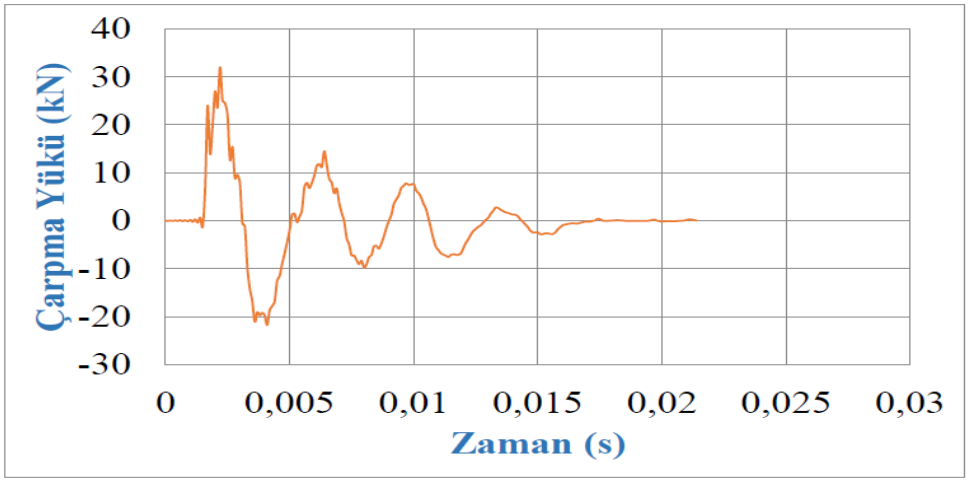
4.1.13. S13 numunesi

S13 numunesi, genişlik değeri 50 mm olan karbon tekstiller ile diyagonal, çift yönlü şekilde güçlendirilmiş ve ankraj uygulaması yapılmıştır. Döşeme 1,236 kJ çarpma enerjisine maruz bırakılmıştır.

Meydana gelen çarpma enerjisi neticesinde, S13 numunesine etkiyen çarpma yükü sonucunda elde edilen kuvvet, azami 31,98 kN ve asgari -21,71 kN olarak ölçülmüştür. Bu yükleme sonucunda sol ivmeölçerde, azami 631,15 g, asgari -347,84 g ivme değeri tespit edilmiştir. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 628,35 g, asgari -362,27 g' dir. Çarpma yükü neticesinde S13 numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 0,713 mm, daimi deplasman ise 0,17 mm olarak ölçülmüştür. Karbon tekstil şeritlerde bulunan strain-gauge objelerinden tespit edilen en yüksek birim deformasyon değeri 0,00633 mm/mm'dir.

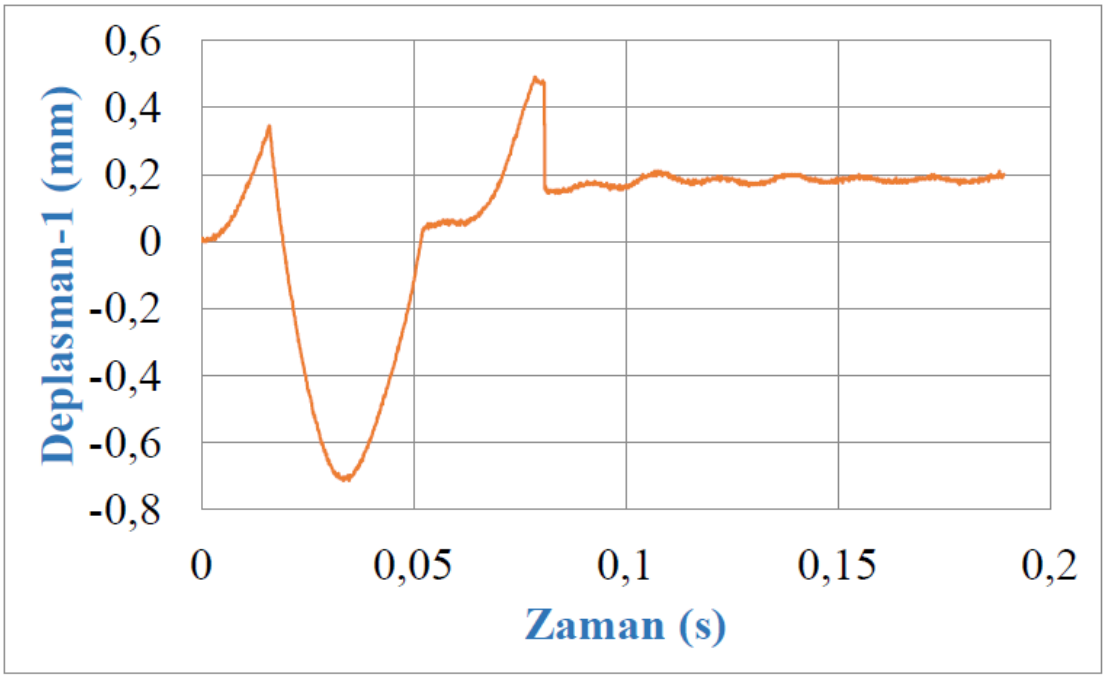
S13 numunesine çarpma yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşeme alt kısmında hasar sonucu çatlak sayılarının azaldığı gözlemlenmiştir.

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucu S13 numunesine etki eden çarpma yükünün zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.108'de verilmiştir.

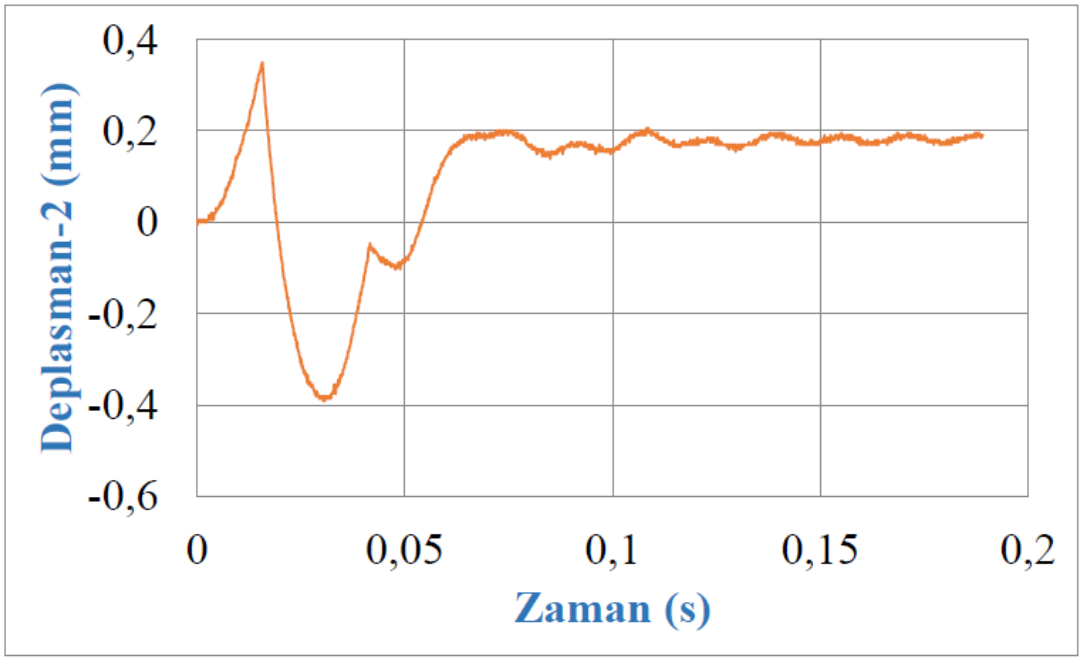


Şekil 4.108. S13 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı

S13 numunesinin orta kısmından elde edilen 1 ve 2 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.109 ve Şekil 4.110'da verilmiştir.

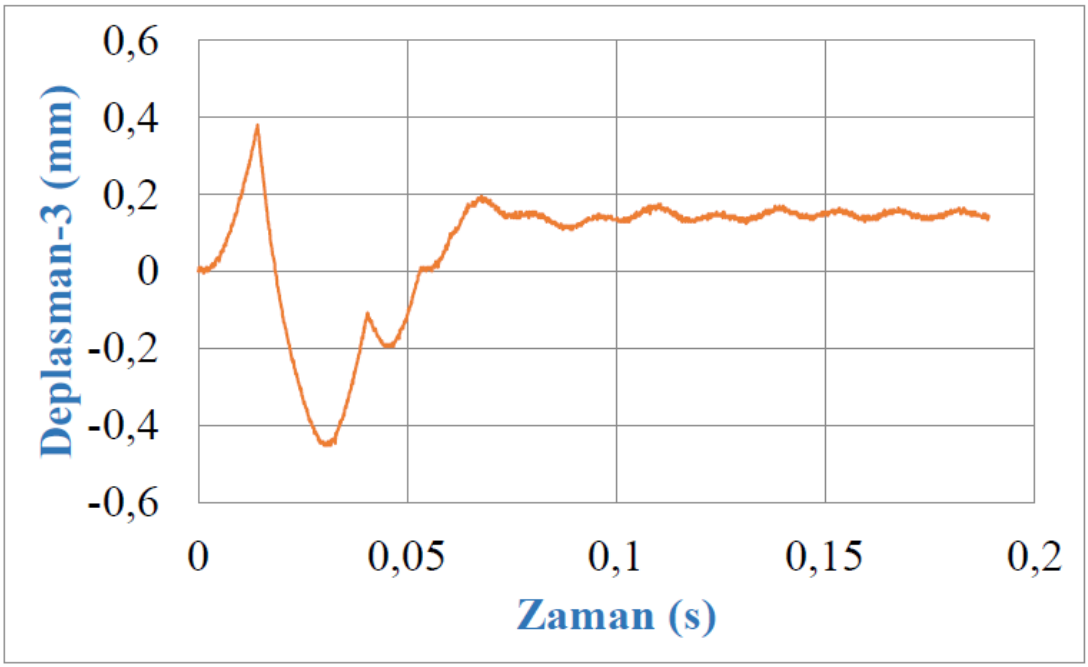


Şekil 4.109. S13 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

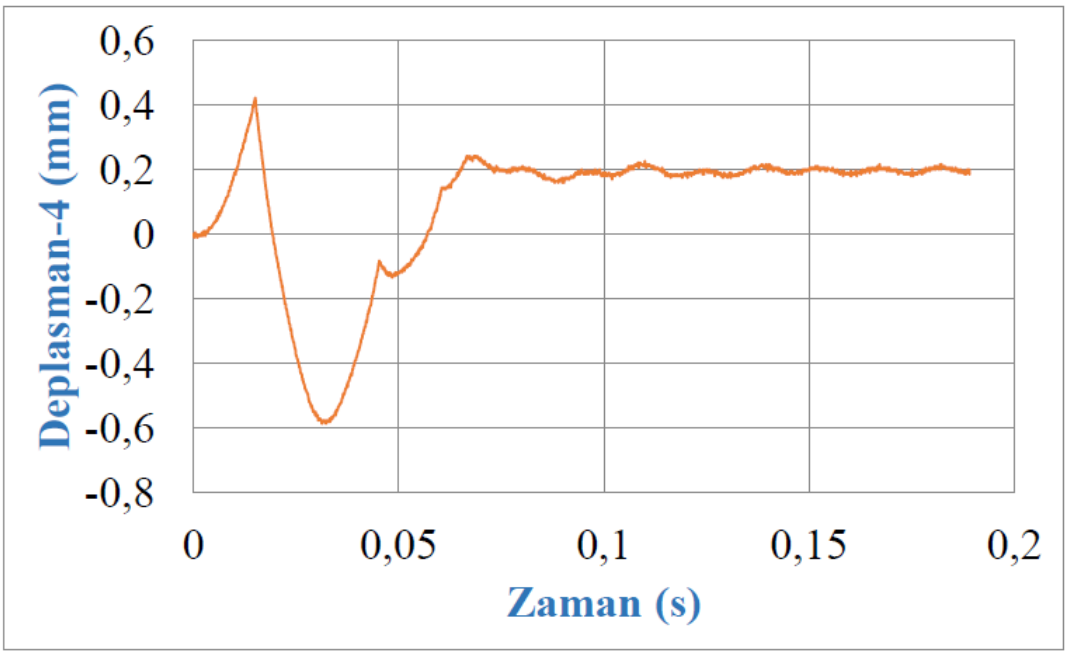


Şekil 4.110. S13 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı

S13 numunesinin orta kısmından elde edilen 3 ve 4 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.111 ve Şekil 4.112'de verilmiştir.

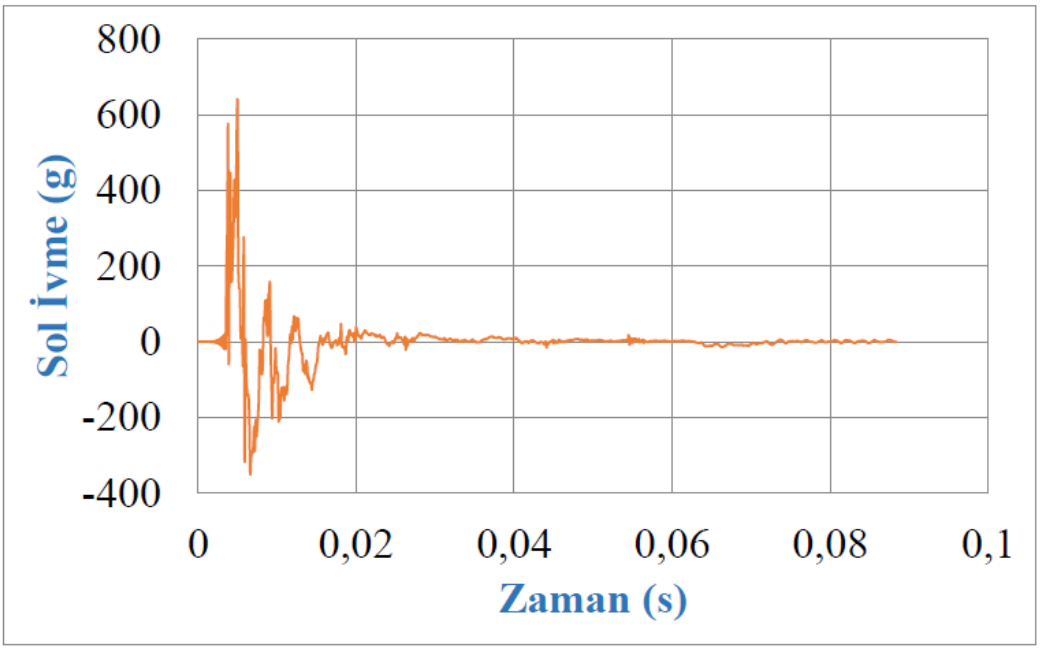


Şekil 4.111. S13 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı

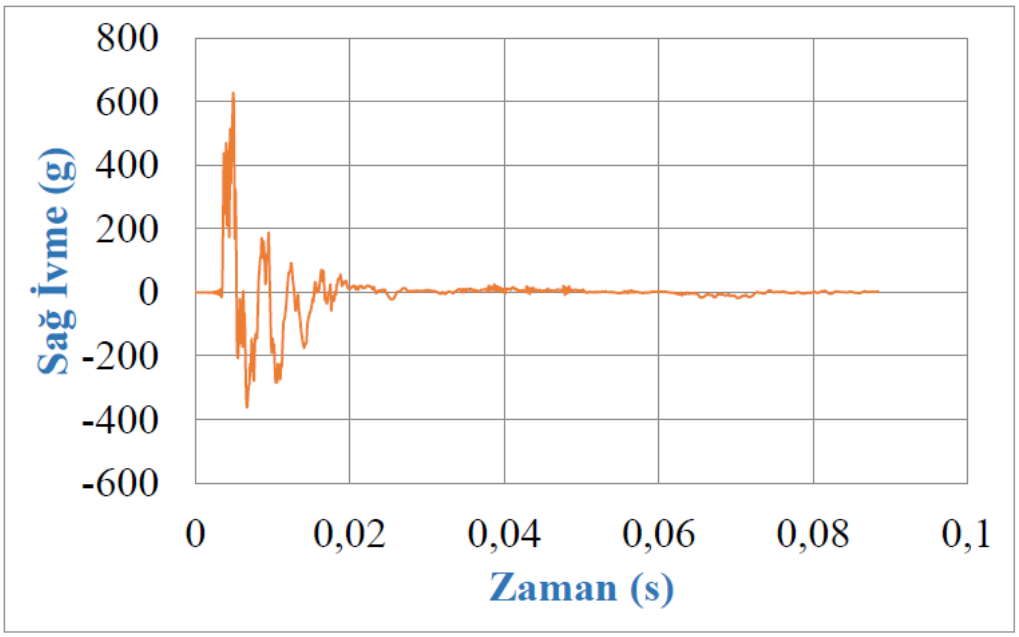


Şekil 4.112. S13 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı

Numuneye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucunda sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.113 ve Şekil 4.114'te verilmiştir.

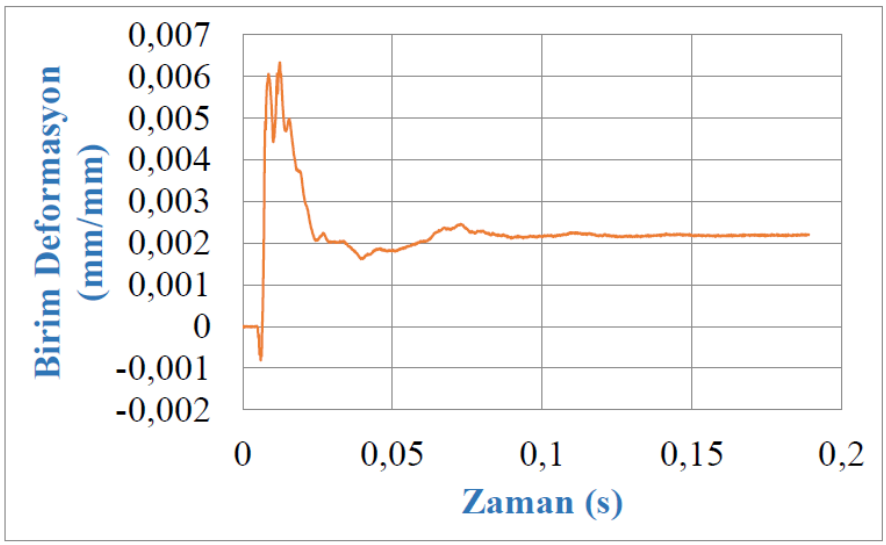


Şekil 4.113. S13 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı



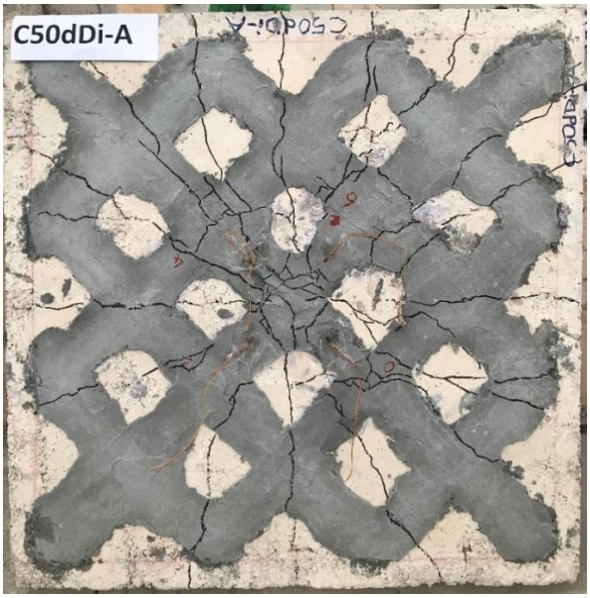
Şekil 4.114. S13 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı

S13 deney elemanında karbon tekstil uygulaması yapılan şeritlerde meydana gelen birim deformasyon değerlerinin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.115'te verilmiştir.



Şekil 4.115. S13 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı

Darbe etkisi sonucunda S13 numunesinde oluşan hasarlar Şekil 4.116'da gösterilmiştir.



Şekil 4.116. S13 numunesinde oluşan hasarlar

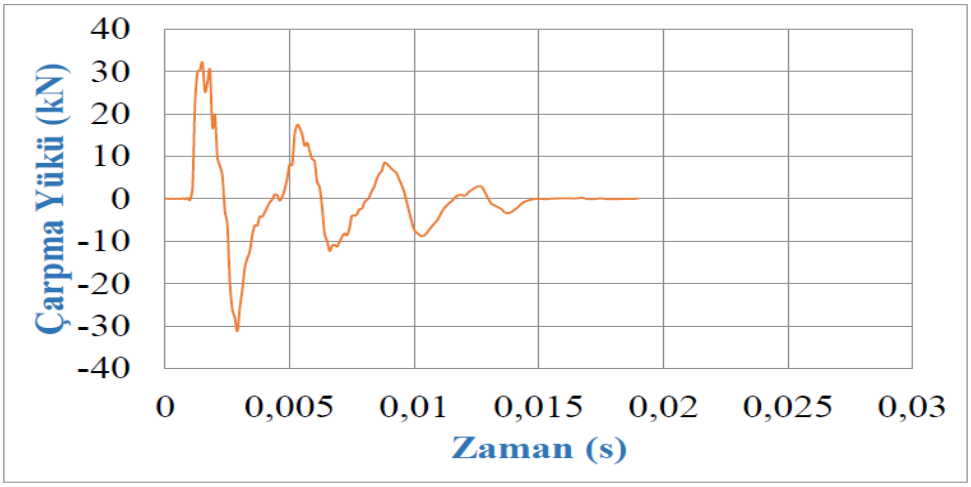
4.1.14. S14 numunesi

S14 numunesi, genişlik değeri 100 mm olan karbon tekstiller ile ortogonal, tek yönlü şekilde güçlendirilmiş ve ankraj uygulaması yapılmıştır. Döşeme 1,236 kJ çarpma enerjisine maruz bırakılmıştır.

Meydana gelen çarpma enerjisi neticesinde, S14 numunesine etkiyen çarpma yükü sonucunda elde edilen kuvvet, azami 32,05 kN ve asgari -31,22 kN olarak ölçülmüştür. Bu yükleme sonucunda sol ivmeölçerde, azami 484,71 g, asgari -259,63 g ivme değeri tespit edilmiştir. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 483,22 g, asgari -249,17 g' dir. Çarpma yükü neticesinde S14 numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 1,394 mm, daimi deplasman ise 0,34 mm olarak ölçülmüştür. Karbon tekstil şeritlerde bulunan strain-gauge objelerinden tespit edilen en yüksek birim deformasyon değeri 0,01001 mm/mm'dir.

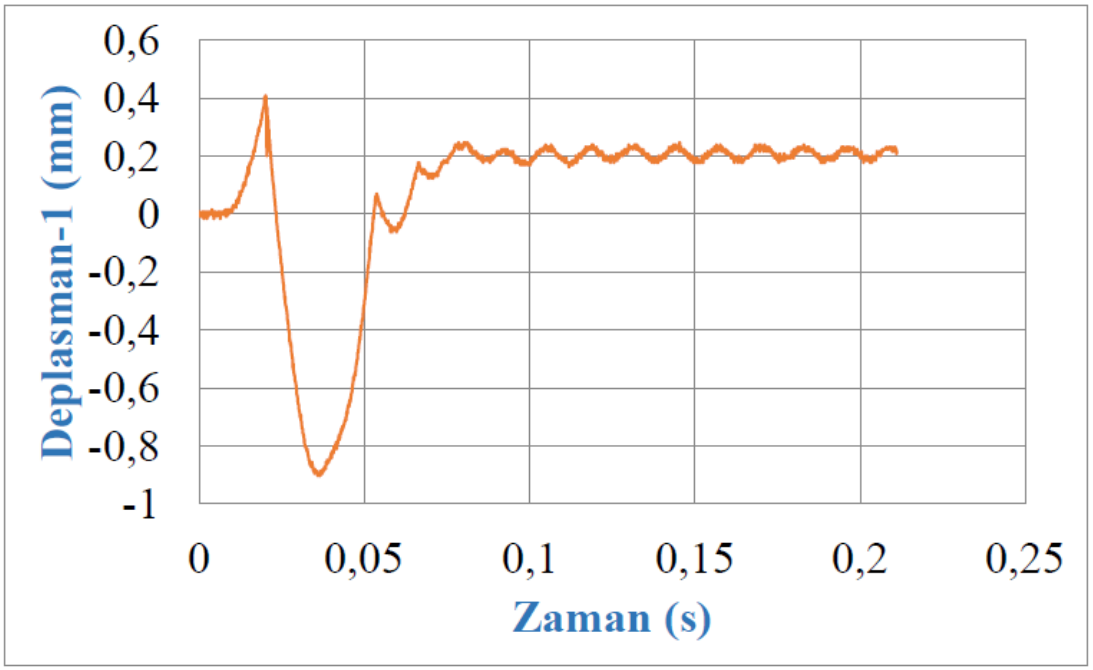
S14 numunesine çarpma yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşeme alt kısmında hasar sonucu çatlak sayılarının azaldığı gözlemlenmiştir.

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucu S14 numunesine etki eden çarpma yükünün zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.117'de verilmiştir.

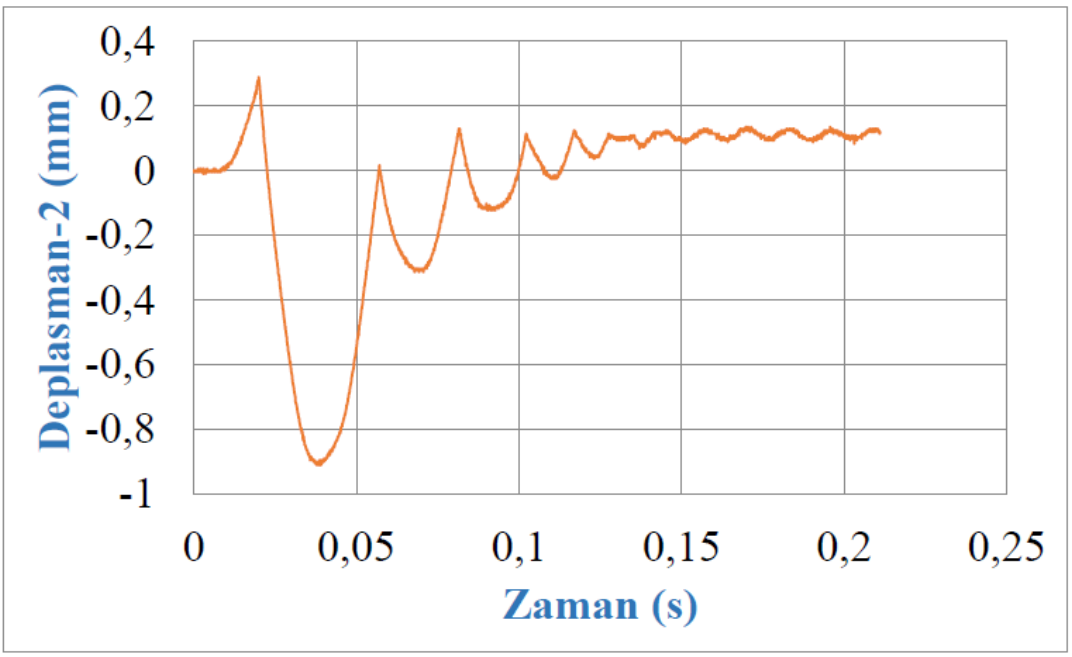


Şekil 4.117. S14 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı

S14 numunesinin orta kısmından elde edilen 1 ve 2 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.118 ve Şekil 4.119'da verilmiştir.

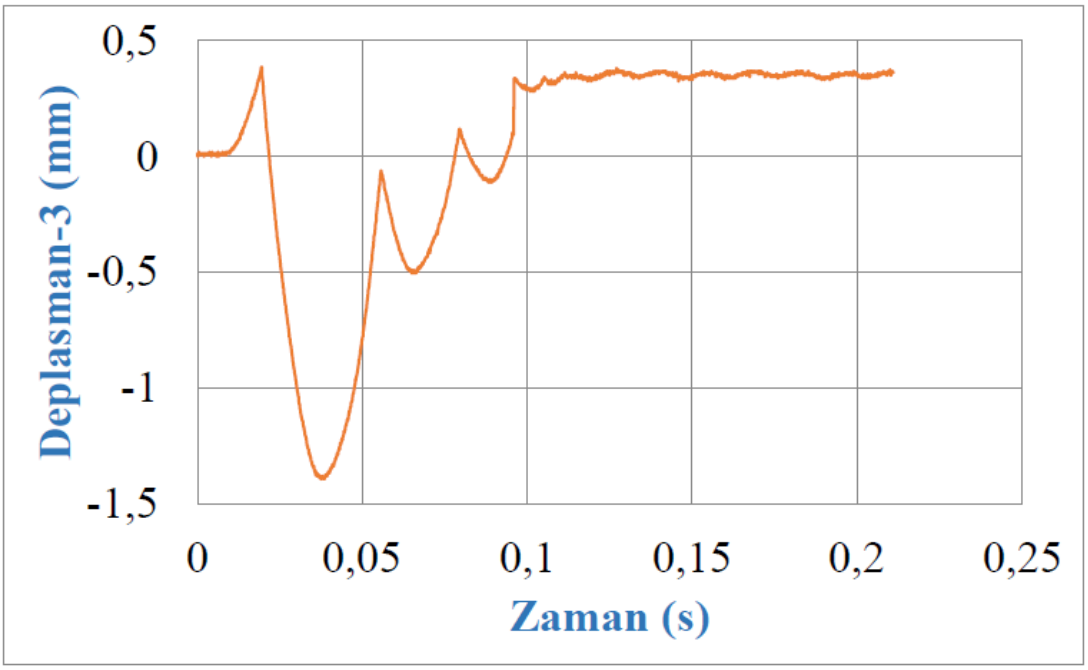


Şekil 4.118. S14 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

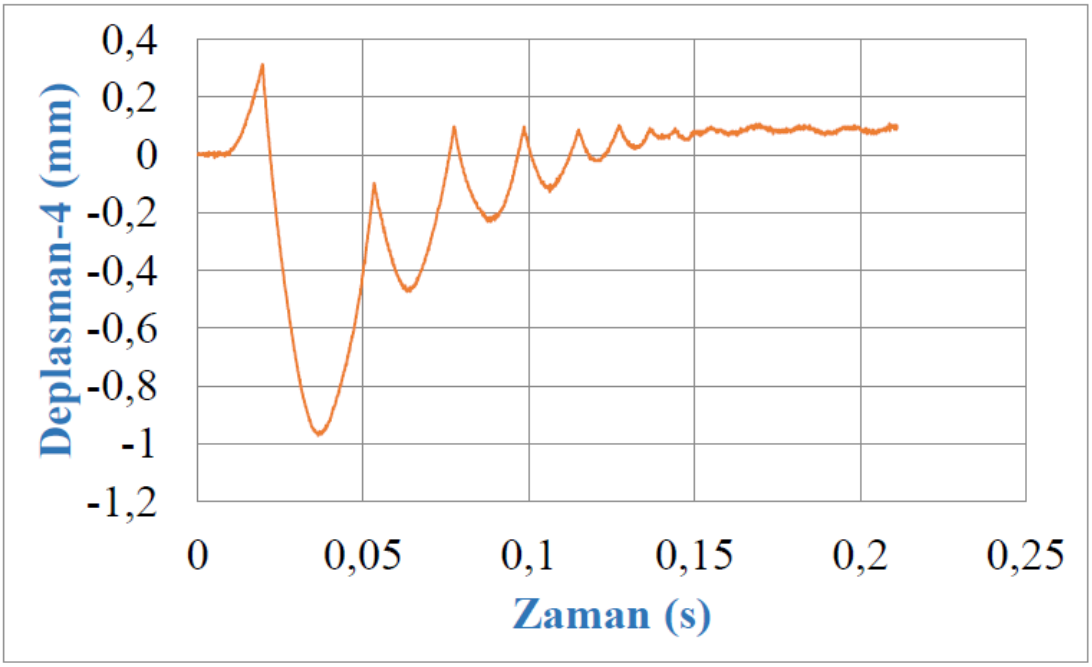


Şekil 4.119. S14 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı

S14 numunesinin orta kısmından elde edilen 3 ve 4 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.120 ve Şekil 4.121'de verilmiştir.

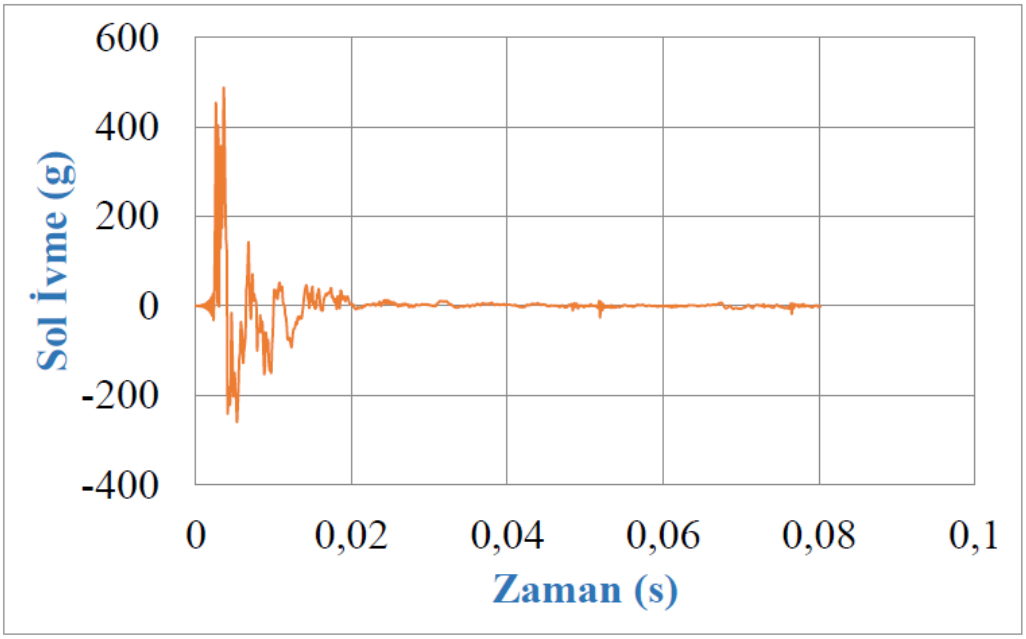


Şekil 4.120. S14 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı

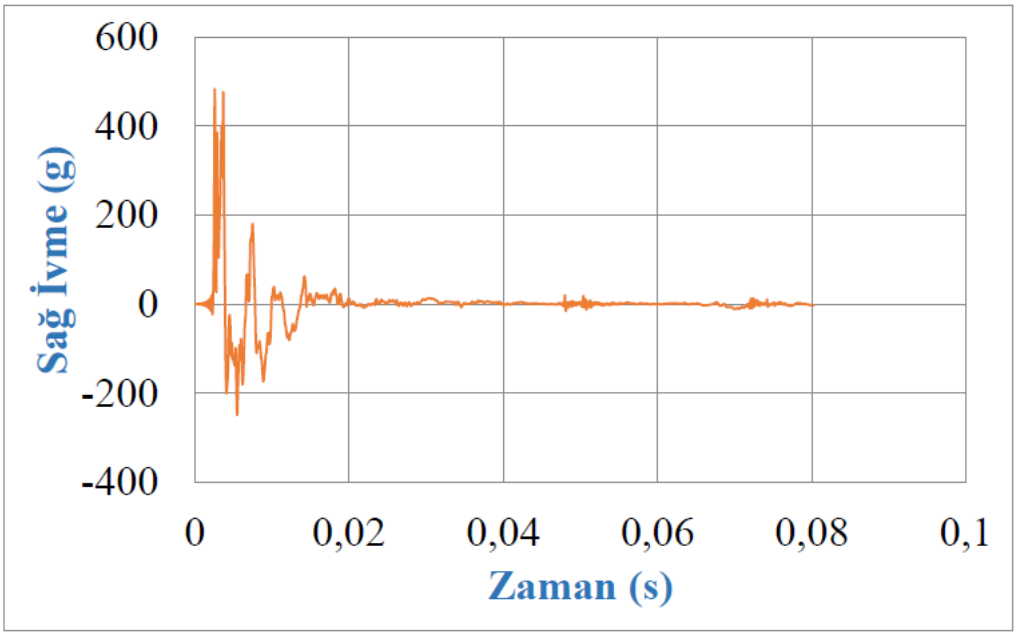


Şekil 4.121. S14 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı

Numuneye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucunda sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.122 ve Şekil 4.123'te verilmiştir.

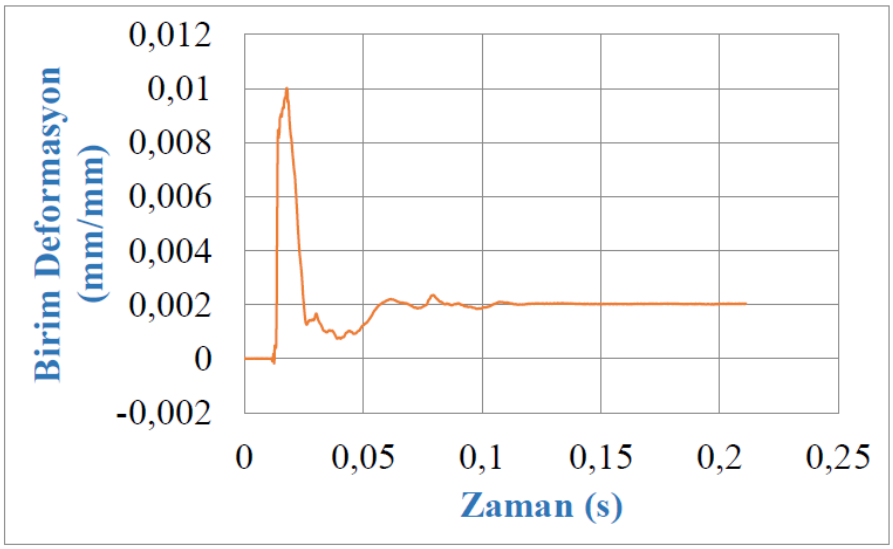


Şekil 4.122. S14 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı



Şekil 4.123. S14 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı

S14 deney elemanında karbon tekstil uygulaması yapılan şeritlerde meydana gelen birim deformasyon değerlerinin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.124'te verilmiştir.



Şekil 4.124. S14 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı

Darbe etkisi sonucunda S14 numunesinde oluşan hasarlar Şekil 4.125'te gösterilmiştir.



Şekil 4.125. S14 numunesinde oluşan hasarlar

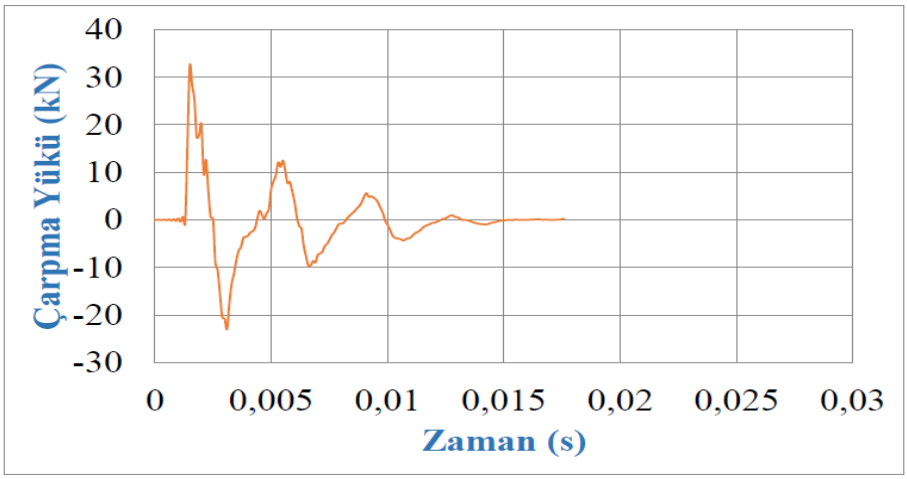
4.1.15. S15 numunesi

S15 numunesi, genişlik değeri 100 mm olan karbon tekstiller ile ortogonal, çift yönlü şekilde güçlendirilmiş ve ankraj uygulaması yapılmıştır. Döşeme 1,236 kJ çarpma enerjisine maruz bırakılmıştır.

Meydana gelen çarpma enerjisi neticesinde, S15 numunesine etkiyen çarpma yükü sonucunda elde edilen kuvvet, azami 32,26 kN ve asgari -22,97 kN olarak ölçülmüştür. Bu yükleme sonucunda sol ivmeölçerde, azami 626,94 g, asgari -361,30 g ivme değeri tespit edilmiştir. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 624,91 g, asgari -263,99 g' dir. Çarpma yükü neticesinde S15 numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 0,892 mm, daimi deplasman ise 0,096 mm olarak ölçülmüştür. Karbon tekstil şeritlerde bulunan strain-gauge objelerinden tespit edilen en yüksek birim deformasyon değeri 0,00565 mm/mm'dir.

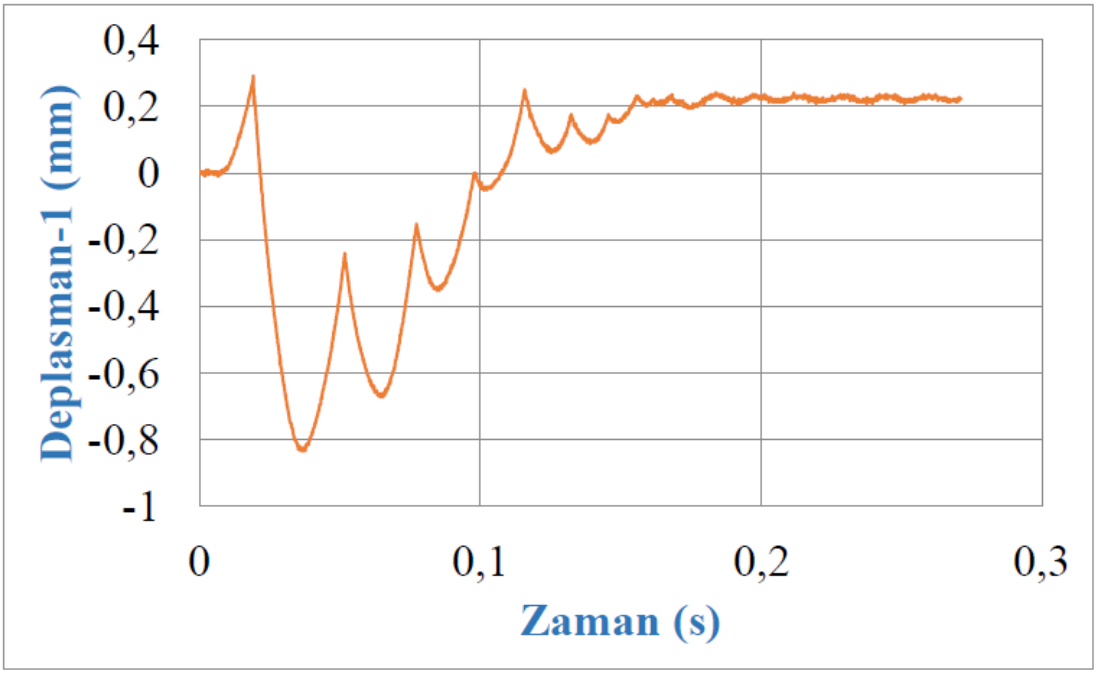
S15 numunesine çarpma yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşeme alt kısmında hasar sonucu çatlak sayılarının azaldığı gözlemlenmiştir.

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucu S15 numunesine etki eden çarpma yükünün zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.126'da verilmiştir.

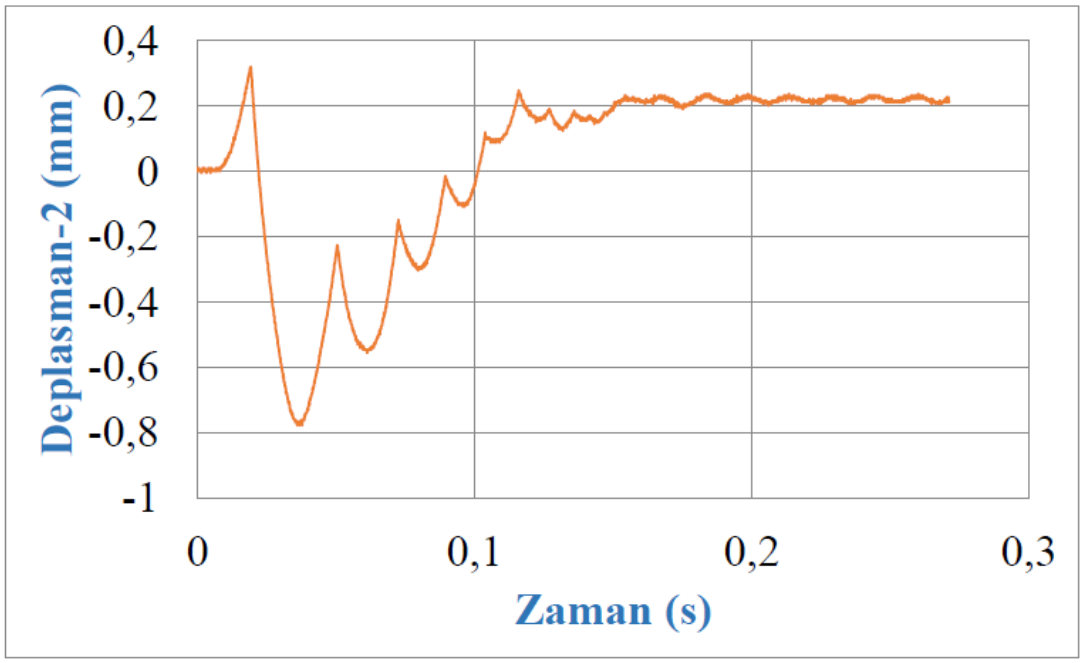


Şekil 4.126. S15 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı

S15 numunesinin orta kısmından elde edilen 1 ve 2 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.127 ve Şekil 4.128'de verilmiştir.

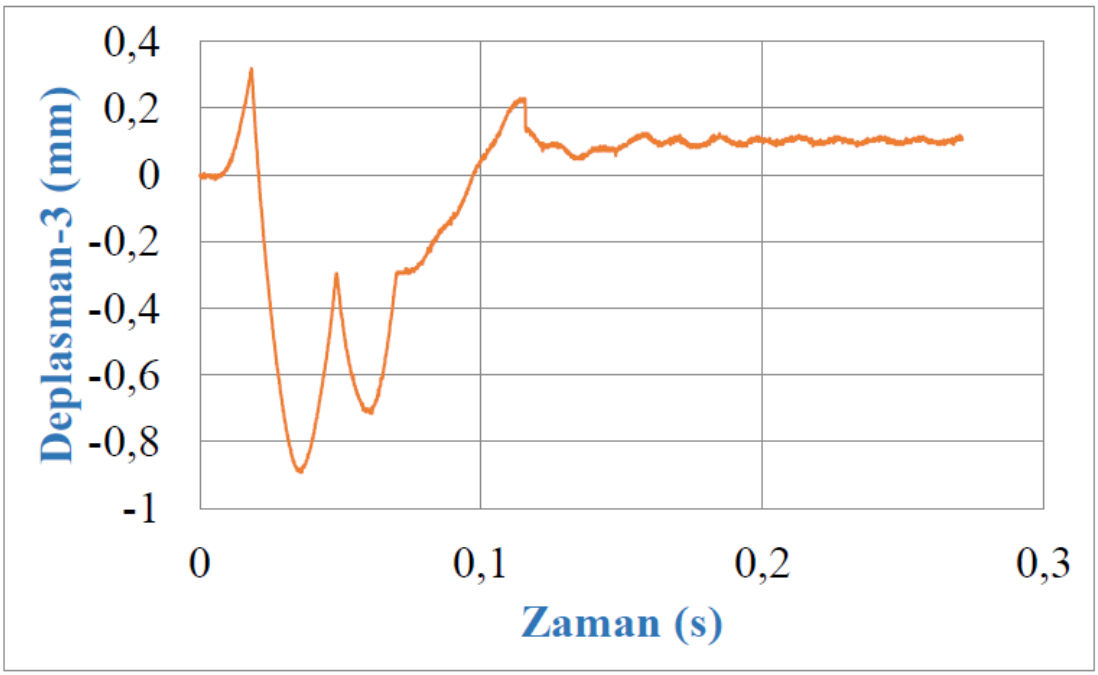


Şekil 4.127. S15 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

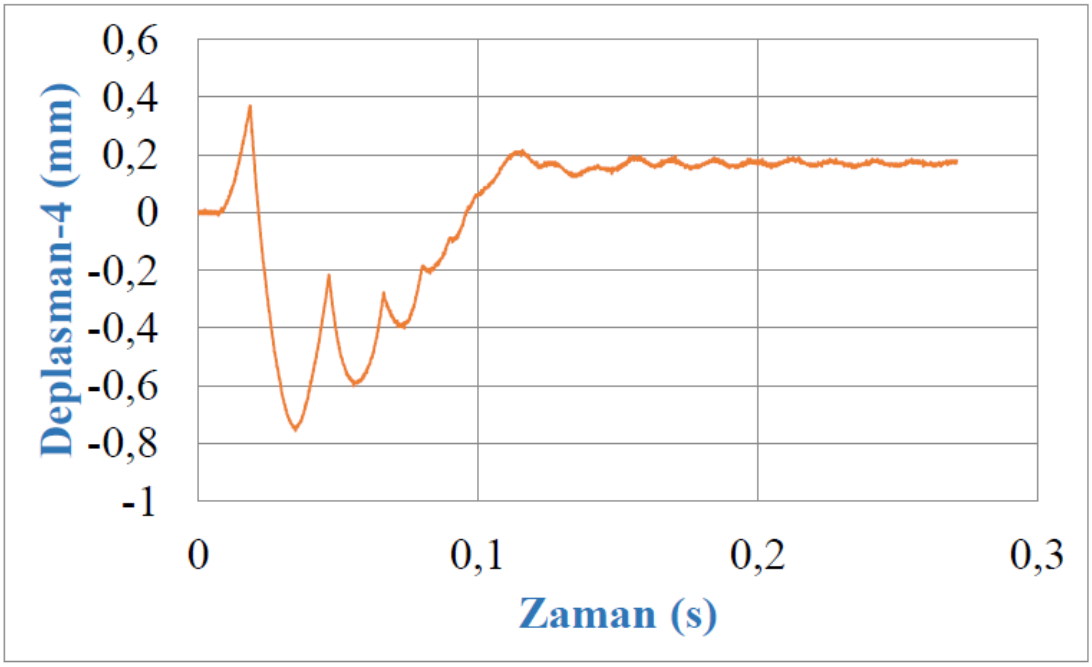


Şekil 4.128. S15 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı

S15 numunesinin orta kısmından elde edilen 3 ve 4 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.129 ve Şekil 4.130'da verilmiştir.

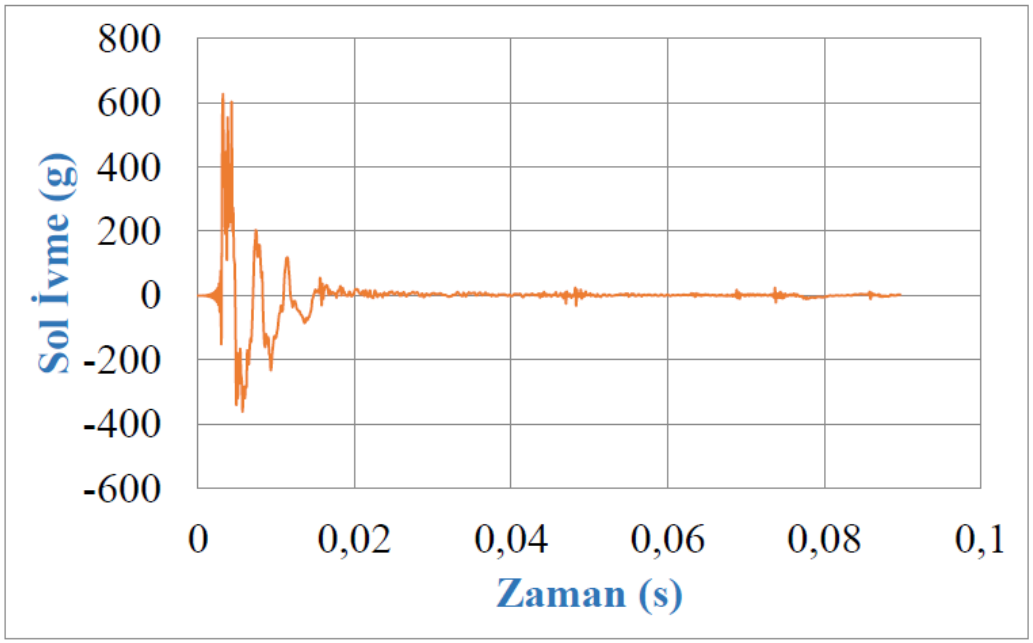


Şekil 4.129. S15 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı

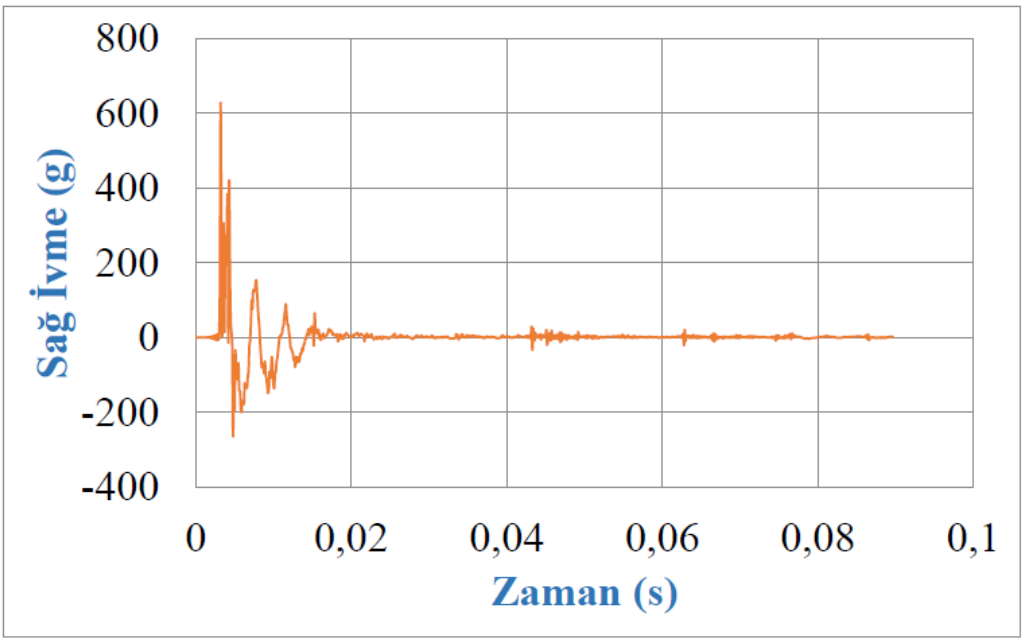


Şekil 4.130. S15 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı

Numuneye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucunda sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.131 ve Şekil 4.132'de verilmiştir.

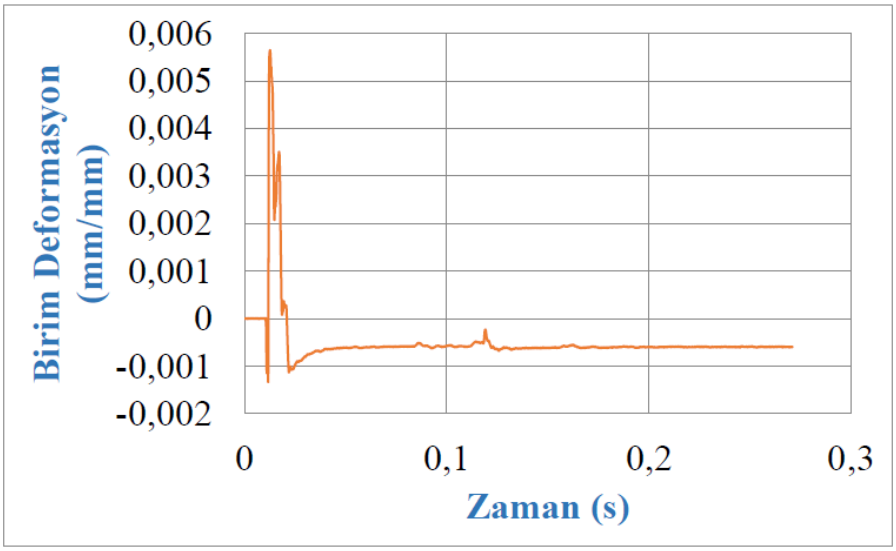


Şekil 4.131. S15 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı



Şekil 4.132. S15 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı

S15 deney elemanında karbon tekstil uygulaması yapılan şeritlerde meydana gelen birim deformasyon değerlerinin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.133'te verilmiştir.



Şekil 4.133. S15 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı

Darbe etkisi sonucunda S15 numunesinde oluşan hasarlar Şekil 4.134'te gösterilmiştir.



Şekil 4.134. S15 numunesinde oluşan hasarlar

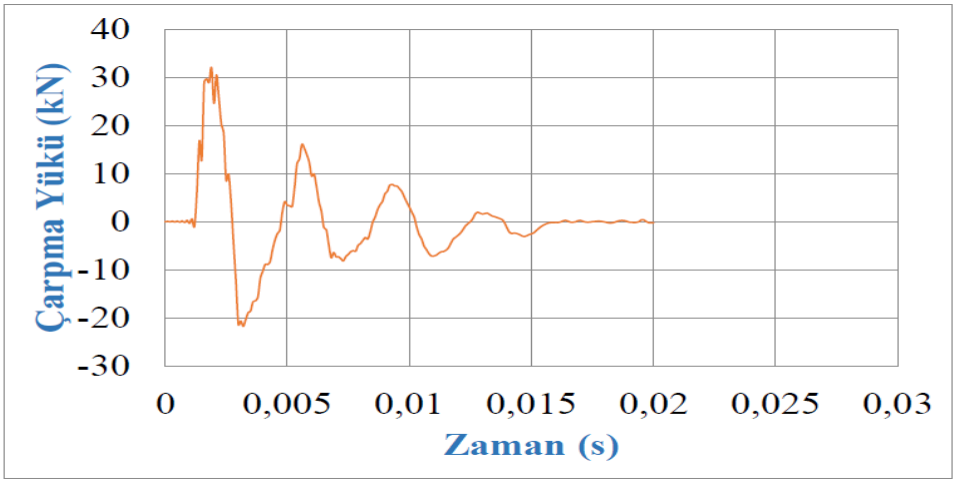
4.1.16. S16 numunesi

S16 numunesi, genişlik değeri 100 mm olan karbon tekstiller ile diyagonal, tek yönlü şekilde güçlendirilmiş ve ankraj uygulaması yapılmıştır. Döşeme 1,236 kJ çarpma enerjisine maruz bırakılmıştır.

Meydana gelen çarpma enerjisi neticesinde, S16 numunesine etkiyen çarpma yükü sonucunda elde edilen kuvvet, azami 32,03 kN ve asgari -21,78 kN olarak ölçülmüştür. Bu yükleme sonucunda sol ivmeölçerde, azami 554,41 g, asgari -350,72 g ivme değeri tespit edilmiştir. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 552,19 g, asgari -206,77 g' dir. Çarpma yükü neticesinde S16 numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 1,007 mm, daimi deplasman ise 0,12 mm olarak ölçülmüştür. Karbon tekstil şeritlerde bulunan strain-gauge objelerinden tespit edilen en yüksek birim deformasyon değeri 0,00493 mm/mm'dir.

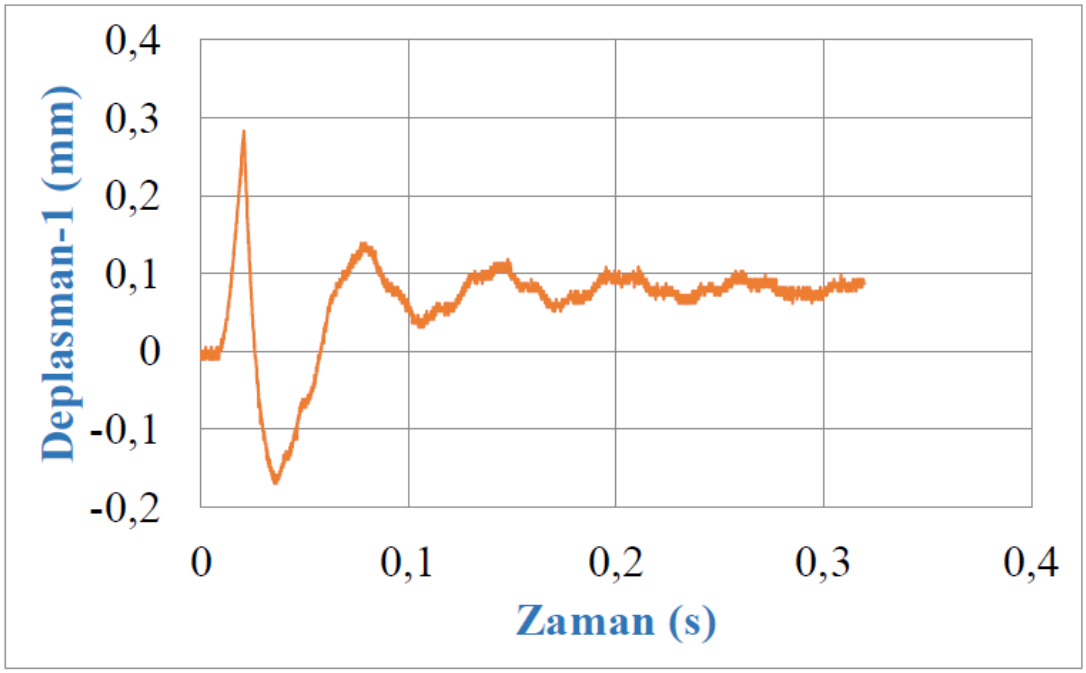
S16 numunesine çarpma yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşeme alt kısmında hasar sonucu çatlak sayılarının azaldığı gözlemlenmiştir.

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucu S16 numunesine etki eden çarpma yükünün zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.135'te verilmiştir.

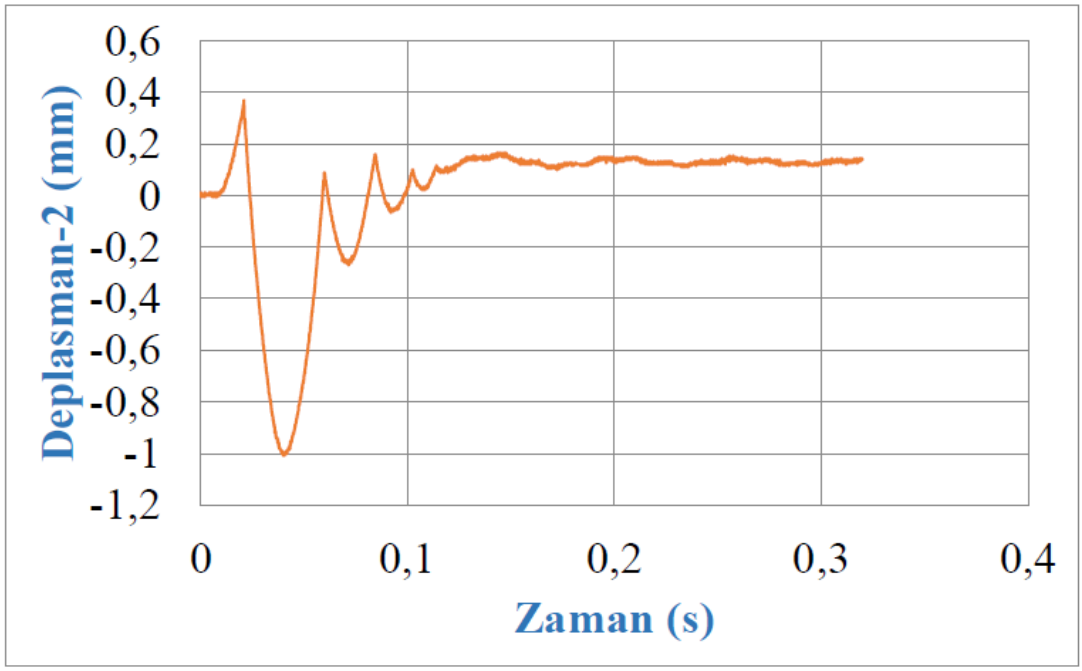


Şekil 4.135. S16 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı

S16 numunesinin orta kısmından elde edilen 1 ve 2 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.136 ve Şekil 4.137'de verilmiştir.

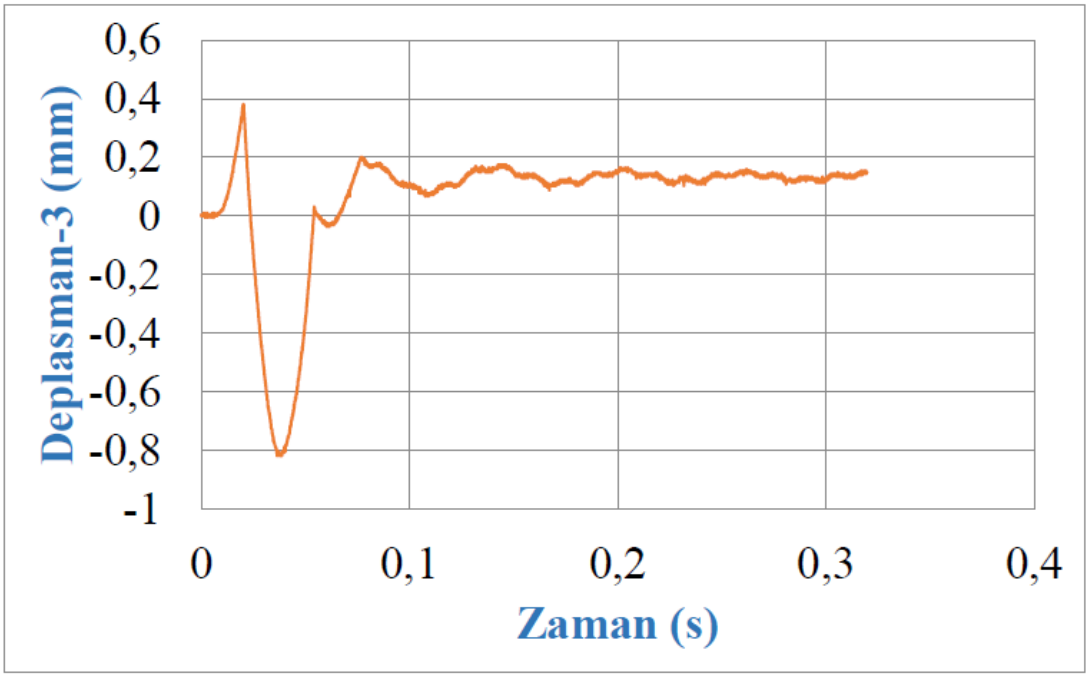


Şekil 4.136. S16 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

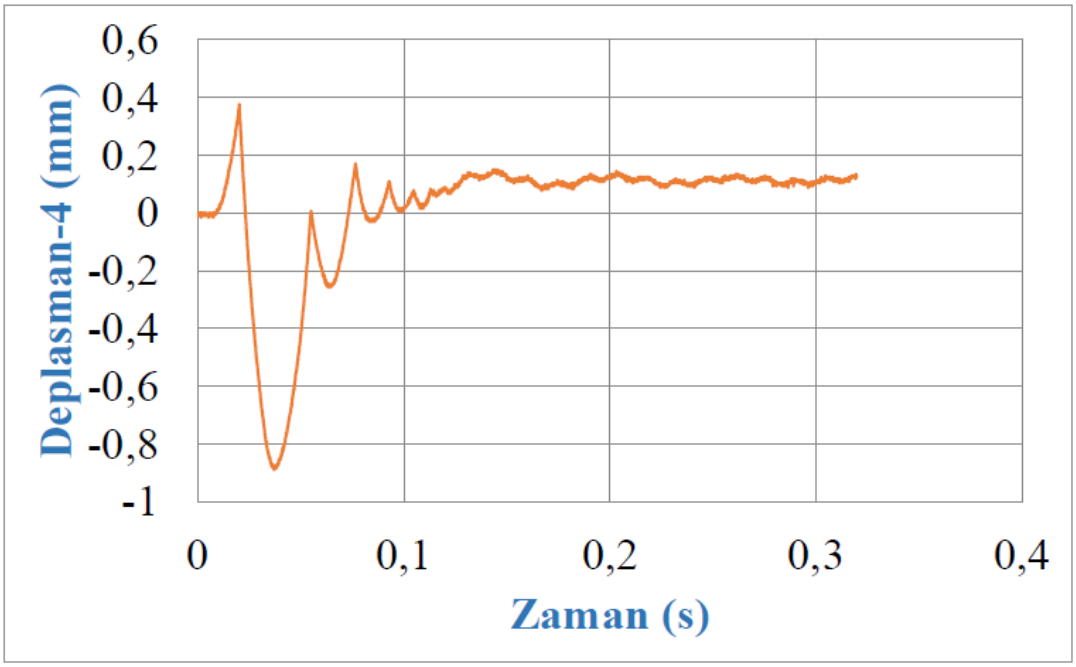


Şekil 4.137. S16 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı

S16 numunesinin orta kısmından elde edilen 3 ve 4 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.138 ve Şekil 4.139'da verilmiştir.

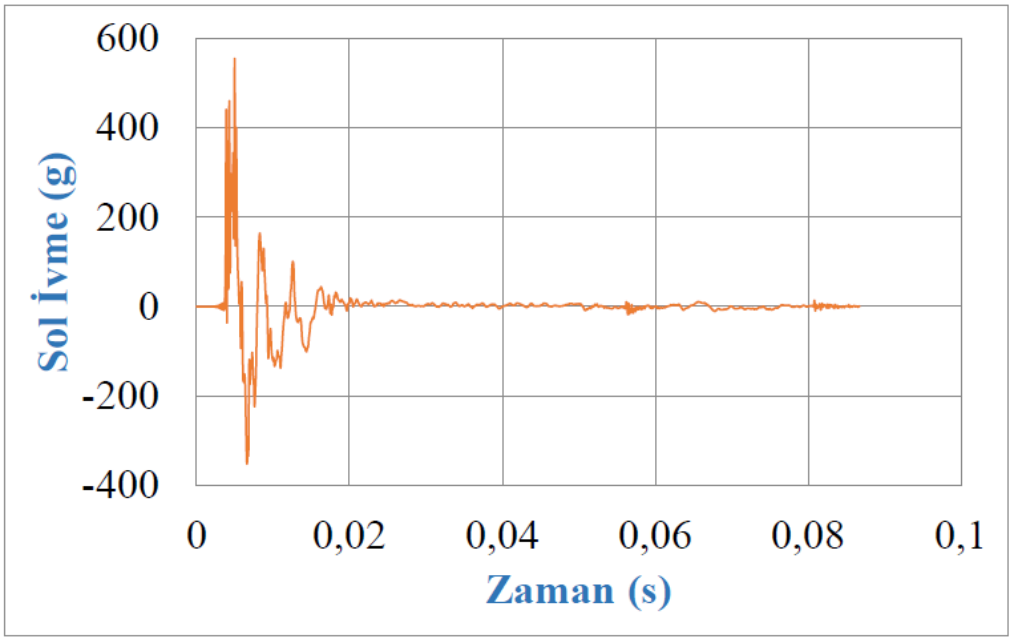


Şekil 4.138. S16 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı

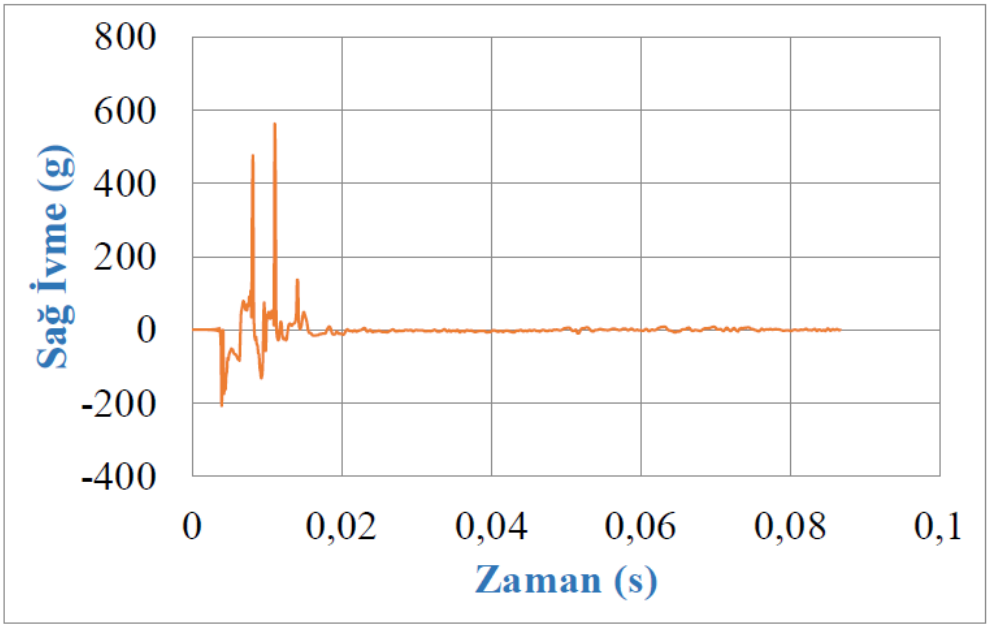


Şekil 4.139. S16 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı

Numuneye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucunda sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.140 ve Şekil 4.141'de verilmiştir.

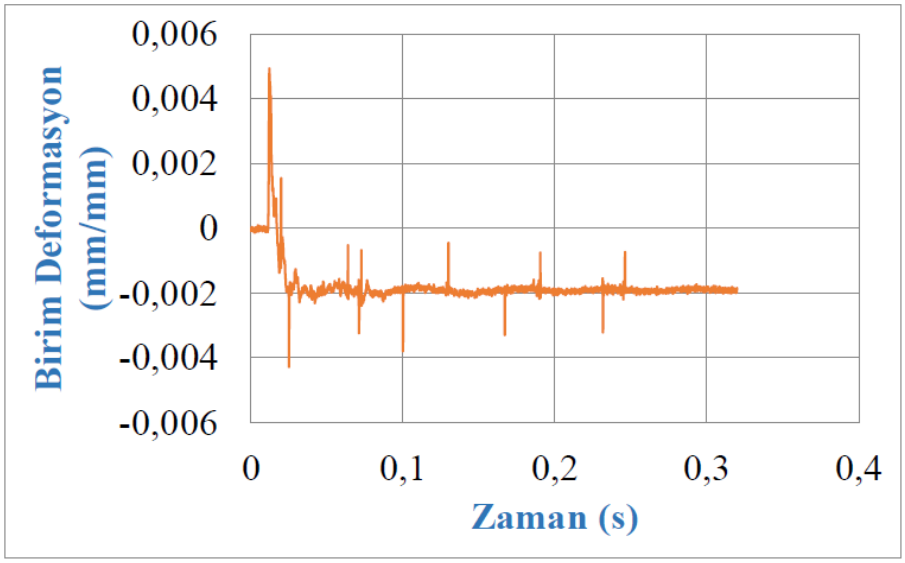


Şekil 4.140. S16 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı



Şekil 4.141. S16 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı

S16 deney elemanında karbon tekstil uygulaması yapılan şeritlerde meydana gelen birim deformasyon değerlerinin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.142'de verilmiştir.



Şekil 4.142. S16 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı

Darbe etkisi sonucunda S16 numunesinde oluşan hasarlar Şekil 4.143'te gösterilmiştir.



Şekil 4.143. S16 numunesinde oluşan hasarlar

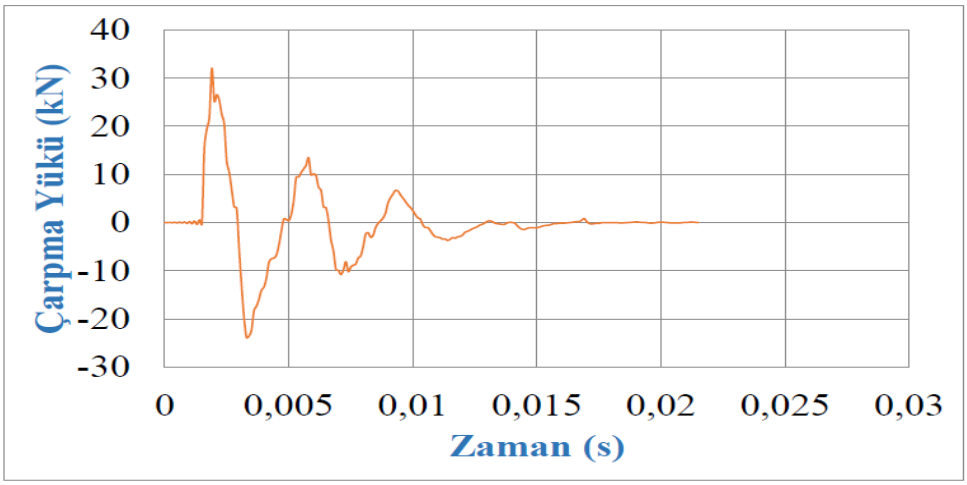
4.1.17. S17 numunesi

S17 numunesi, genişlik değeri 100 mm olan karbon tekstiller ile diyagonal, çift yönlü şekilde güçlendirilmiş ve ankraj uygulaması yapılmıştır. Döşeme 1,236 kJ çarpma enerjisine maruz bırakılmıştır.

Meydana gelen çarpma enerjisi neticesinde, S17 numunesine etkiyen çarpma yükü sonucunda elde edilen kuvvet, azami 32,00 kN ve asgari -23,91 kN olarak ölçülmüştür. Bu yükleme sonucunda sol ivmeölçerde, azami 739,86 g, asgari -417,30 g ivme değeri tespit edilmiştir. Sağ ivmeölçerde tespit edilen ivme büyüklükleri ise azami 735,83 g, asgari -369,78 g' dir. Çarpma yükü neticesinde S16 numunesinin orta kısmında meydana gelen azami deplasman 0,672 mm, daimi deplasman ise 0,079 mm olarak ölçülmüştür. Karbon tekstil şeritlerde bulunan strain-gauge objelerinden tespit edilen en yüksek birim deformasyon değeri 0,00387 mm/mm'dir.

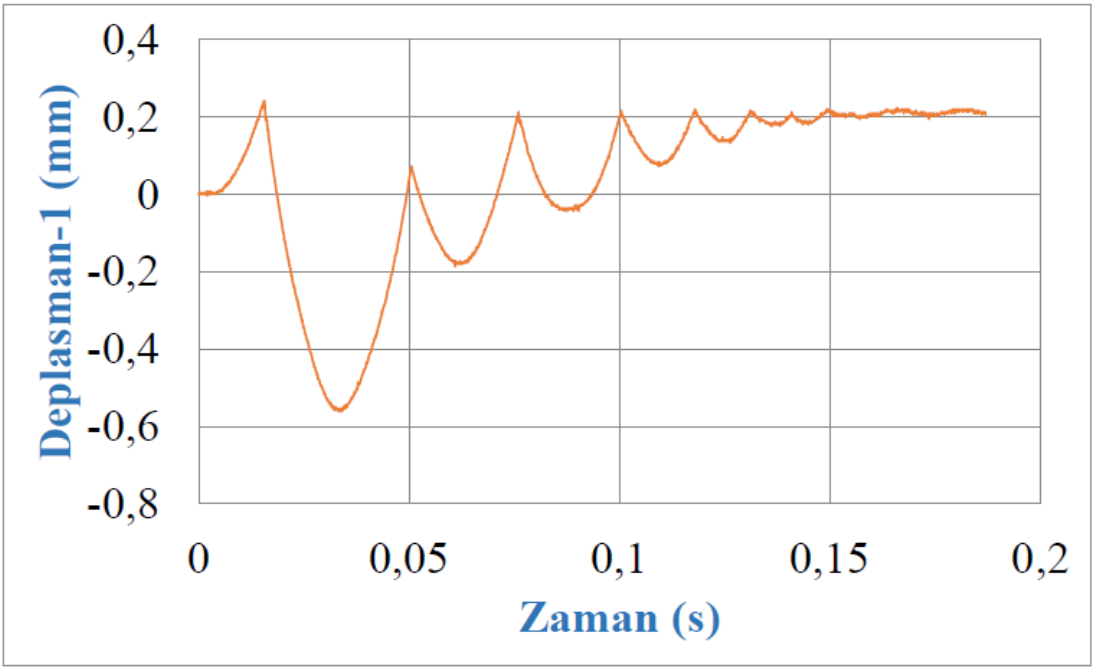
S17 numunesine çarpma yüklemesi uygulanmasının ardından betonarme döşemede gerçekleştirilen tetkiklerde, döşeme alt kısmında hasar sonucu çatlak sayılarının çok önemli ölçüde azaldığı gözlemlenmiştir.

Döşemeye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucu S17 numunesine etki eden çarpma yükünün zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.144'te verilmiştir.

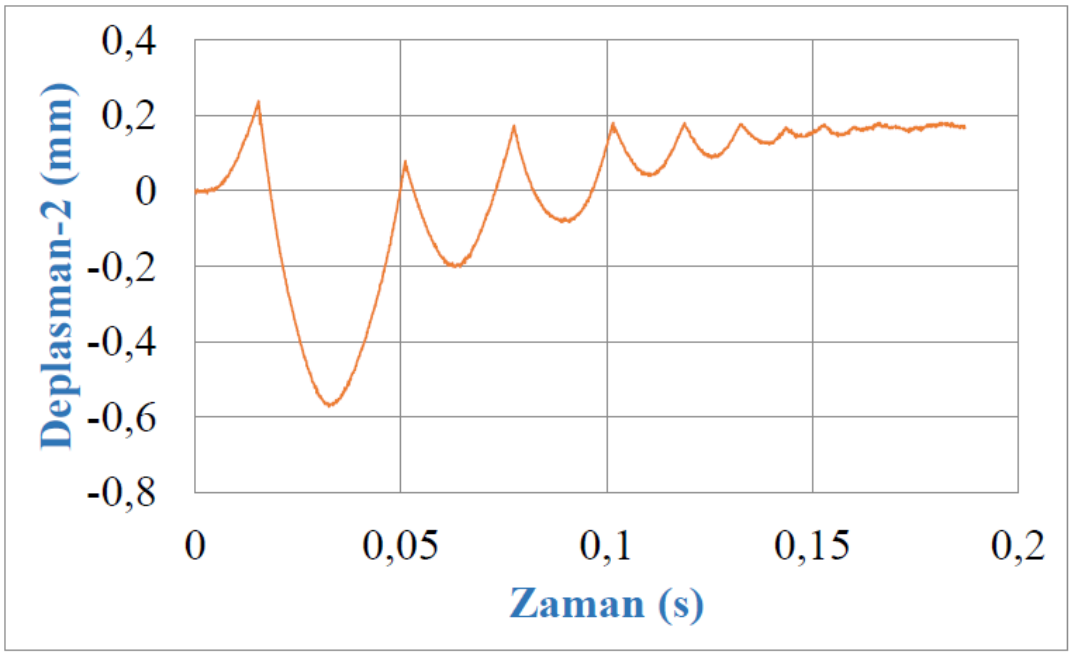


Şekil 4.144. S17 numunesine ilişkin çarpma yükü-zaman diyagramı

S17 numunesinin orta kısmından elde edilen 1 ve 2 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.145 ve Şekil 4.146'da verilmiştir.

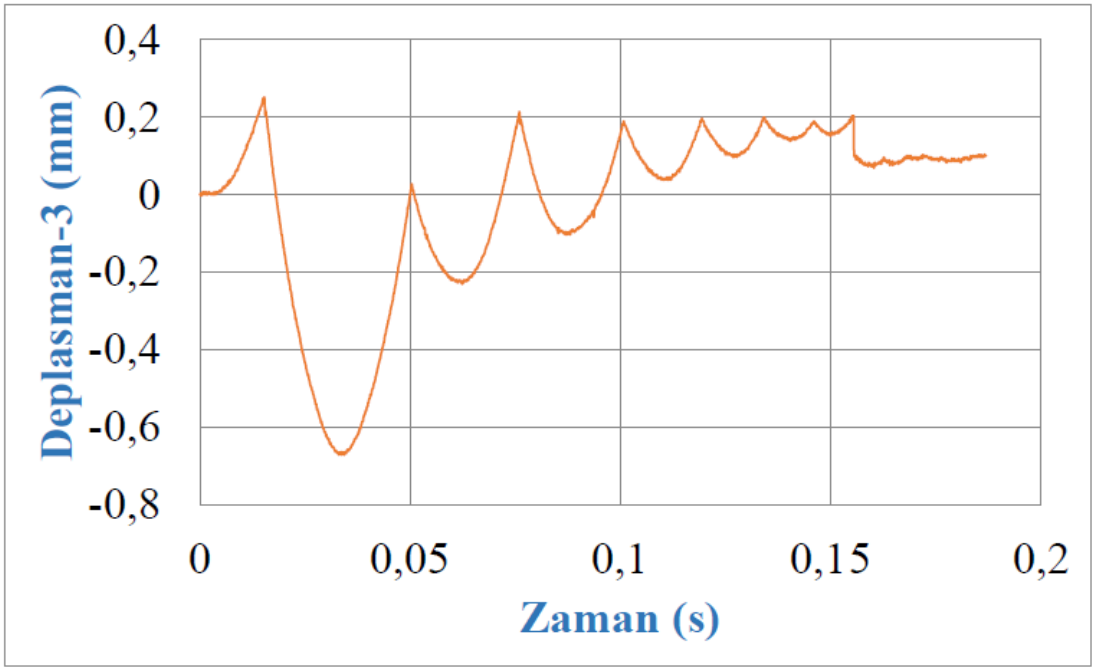


Şekil 4.145. S17 numunesine ilişkin deplasman 1-zaman diyagramı

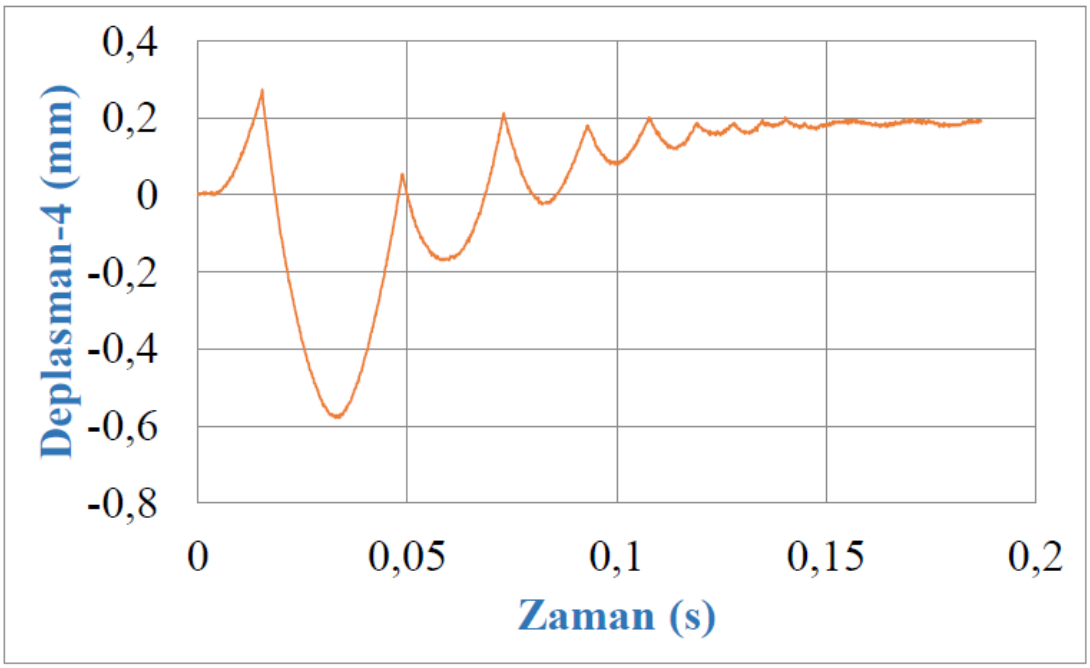


Şekil 4.146. S17 numunesine ilişkin deplasman 2-zaman diyagramı

S17 numunesinin orta kısmından elde edilen 3 ve 4 nolu deplasman datalarının zaman-tanım alanında oluşan varyasyonları Şekil 4.147 ve Şekil 4.148'de verilmiştir.

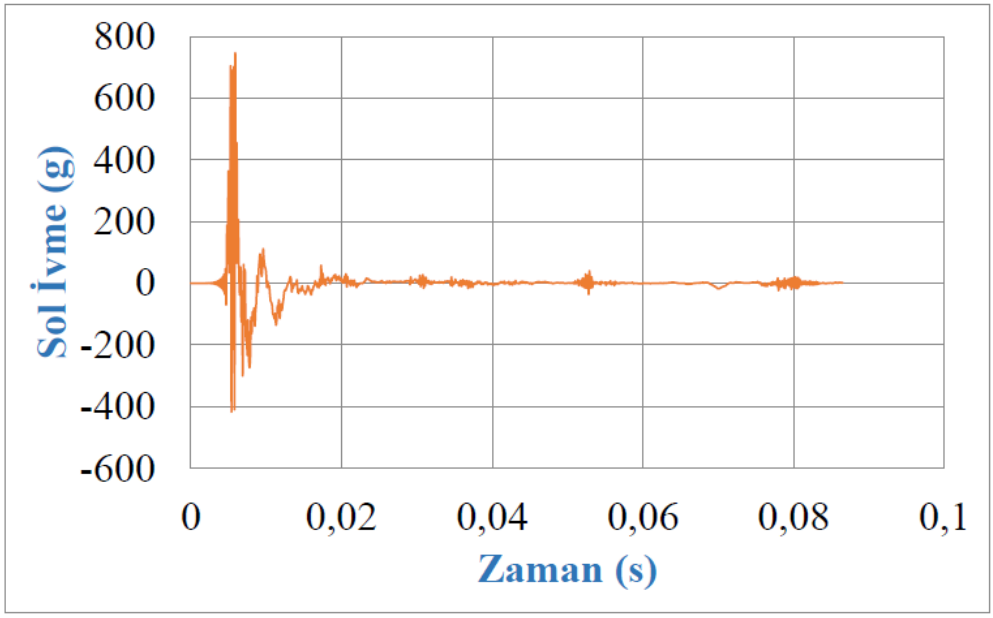


Şekil 4.147. S17 numunesine ilişkin deplasman 3-zaman diyagramı

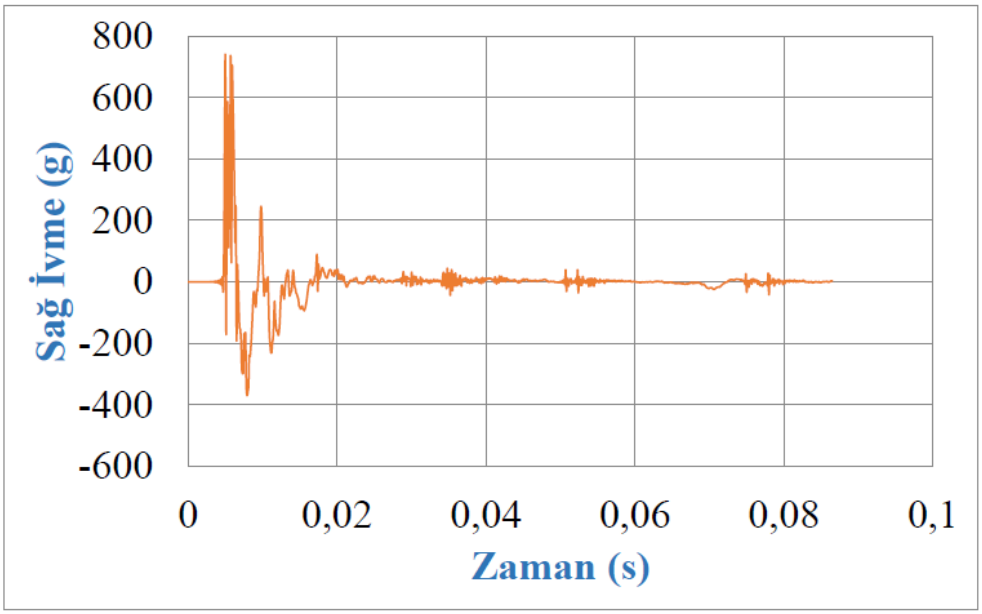


Şekil 4.148. S17 numunesine ilişkin deplasman 4-zaman diyagramı

Numuneye etki ettirilen 1,236 kJ çarpma enerjisi sonucunda sol ivmeölçer ve sağ ivmeölçerlerden elde edilen değerlerin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.149 ve Şekil 4.150'de verilmiştir.

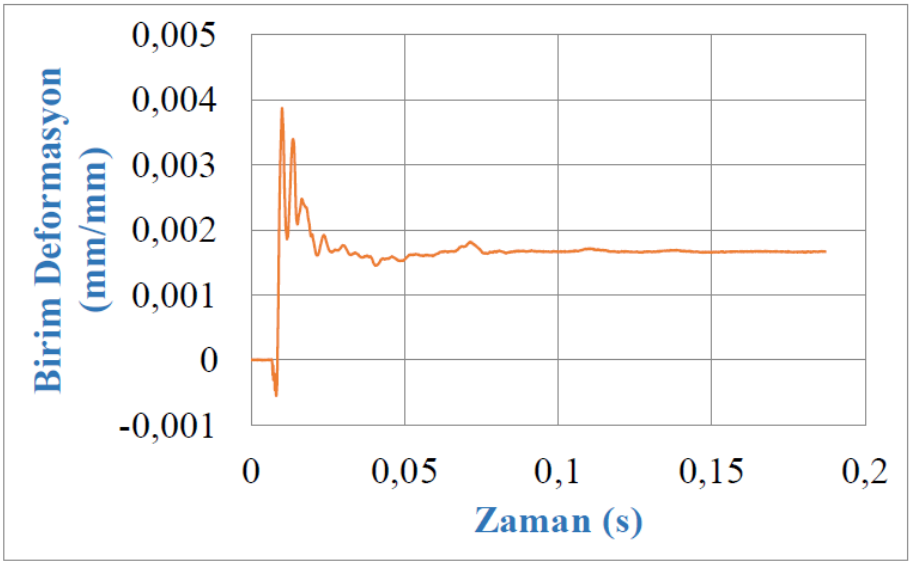


Şekil 4.149. S17 numunesine ilişkin sol ivme-zaman diyagramı



Şekil 4.150. S17 numunesine ilişkin sağ ivme-zaman diyagramı

S17 deney elemanında karbon tekstil uygulaması yapılan şeritlerde meydana gelen birim deformasyon değerlerinin zaman tanım alanındaki varyasyonları Şekil 4.151'de verilmiştir.



Şekil 4.151. S17 numunesine ilişkin birim deformasyon-zaman diyagramı

Darbe etkisi sonucunda S17 numunesinde oluşan hasarlar Şekil 4.152'de gösterilmiştir.



Şekil 4.152. S17 numunesinde oluşan hasarlar

4.2. Tartışma

Yürütülen tez çalışmasının bu kısmında, parametre olarak tutulan; uygulanan karbon tekstil genişliği, karbon tekstillerin yerleşim şekli, uygulama yönü ve ankraj kullanılması parametrelerinin çarpma yükü sonucu oluşan ivme, deplasman ve birim deformasyon davranışlarının zaman tanım alanında meydana getirdiği değerler ve bu değişkenlerin deney elemanlarında meydana getirdiği hasar dağılımlarına olan etkileri irdelenmiştir. Gerçekleştirilen deneysel çalışma ardından elde edilen değerler Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Çizelge 4.1'de; ivmeölçerlerden elde edilen azami ve asgari ivme değerleri, dört adet alınan deplasman ölçümlerinden ölçülen en büyük değer ve deney sonrası döşeme üzerinde oluşan kalıcı plastik deplasman değeri, güçlendirme amacıyla döşemenin alt kısmına uygulanan karbon tekstil şeritler üzerinden alınan maksimum birim deformasyon değerleri ve etki ettirilen çarpma yükü değerleri sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Gerçekleştirilen çalışmada tespit edilen değerler

Deney Eleman No	Sol İvme (g)		Sağ İvme (g)		Deplasman (mm)		Max. Birim Defor-masyon (mm/mm)	Çarpma Yükü (kN)
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Kalıcı		
S1	218,64	-171,97	216,89	-96,10	2,939	1,09	----------	31,97
S2	351,66	-297,98	349,70	-204,92	2,520	0,53	0,01510	32,06
S3	461,39	-200,09	459,36	-161,57	1,846	0,24	0,00843	32,07
S4	409,49	-348,61	409,07	-245,42	1,564	0,25	0,00693	32,28
S5	534,35	-384,28	532,51	-278,34	1,122	0,21	0,00550	32,02
S6	411,09	-194,82	408,65	-145,38	1,512	0,38	0,00852	32,08
S7	530,41	-289,67	527,88	-247,74	1,314	0,12	0,00479	32,08
S8	468,75	-268,66	466,88	-337,46	1,287	0,21	0,00422	32,03
S9	626,17	-286,34	623,69	-378,82	0,994	0,057	0,00328	31,95
S10	405,00	-184,72	402,14	-319,87	1,774	0,42	0,01747	32,07
S11	536,07	-157,13	531,20	-206,02	1,263	0,25	0,00975	32,02

Çizelge 4.1. Deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlar (devam)

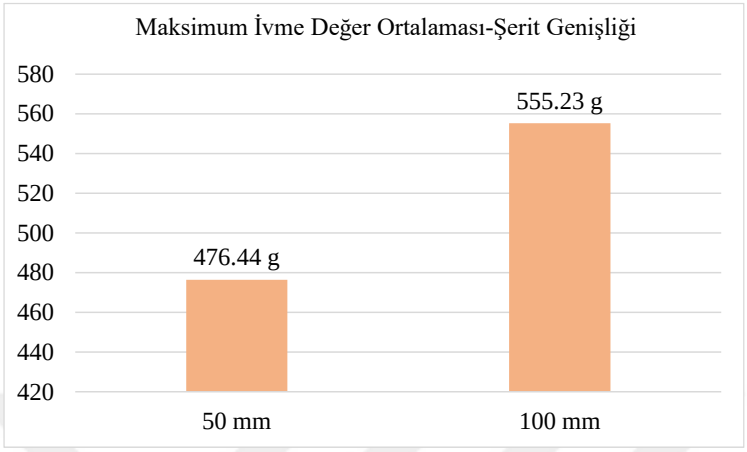
S12	482,39	-402,10	478,88	-380,57	1,215	0,21	0,00801	32,09
S13	631,15	-347,84	628,35	-362,27	0,713	0,17	0,00633	31,98
S14	484,71	-259,63	483,22	-249,17	1,394	0,34	0,01001	32,05
S15	626,94	-361,30	624,91	-263,99	0,892	0,096	0,00565	32,26
S16	554,41	-350,72	552,19	-206,77	1,007	0,12	0,00493	32,03
S17	739,86	-417,30	735,83	-369,78	0,672	0,079	0,00387	32,00

Gerçekleştirilen deneysel çalışmada 1,236 kJ çarpma enerjisi uygulanan döşemelere etkiyen çarpma yükü değerlerinin maksimum 32,28 kN, minimum 31,95 kN ve ortalama 32,06 kN olduğu yapılan ölçümler ile belirlenmiştir. Maksimum ve minimum çarpma yükü değerlerinin birbirine yakınlığı, ağırlık düşürücü test düzeneğinde meydana gelen sürtünme kayıplarının ihmal edilebilir olduğunu ve deney düzeneği ile özdeş çarpma enerji düzeyine sahip yüklemeler yapılabildiği görülmüştür.

Deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre betonarme döşemelere karbon tekstillerle yapılan güçlendirme sonrası ölçülen ivme değerlerinde yüksek miktarda artış gözlemlenmiştir. Referans numunesi olarak belirlenen ve güçlendirme çalışması yapılmayan S1 numunesine kıyasla; 50 mm şerit genişliğine sahip S2, S3, S4, S5, S10, S11, S12 ve S13 deney elemanlarının ivme değerlerinde sırasıyla %61, %111, %87, %144, %85, %145, %121 ve %189 oranlarında artış gözlemlenmiştir. Aynı orantısal kuram 100 mm şerit genişliğine sahip S6, S7, S8, S9, S14, S15, S16 ve S17 deney elemanlarına uygulandığında ise sırasıyla; %88, %143, %114, %186, %122, %187, %154 ve %238 oranlarında artış gözlemlenmiştir. Meydana gelen artış yüzdeleri arasındaki fark ise karbon tekstillerin şerit genişliği, karbon tekstillerin yönü, şerit yerleşim şekli ve ankraj kullanımı farklılığından kaynaklanmaktadır.

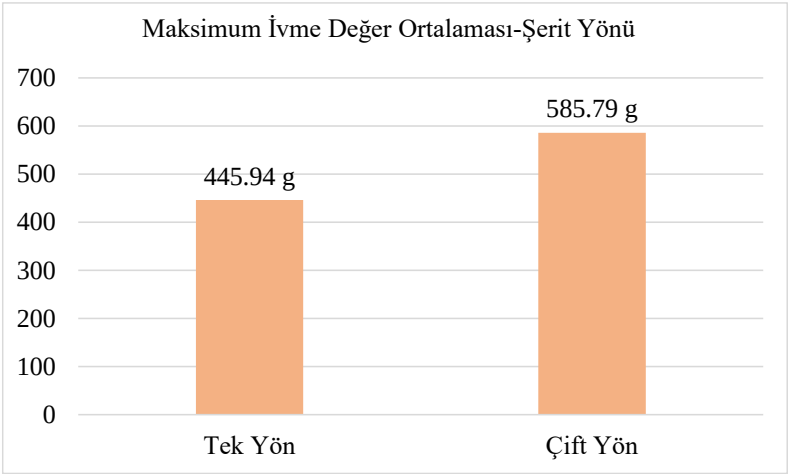
50 mm şerit genişliğine sahip deney elemanlarından elde edilen maksimum ivme değeri ortalaması 476,44 g ve 100 mm şerit genişliğine sahip deney elemanlarından elde edilen maksimum ivme değeri ortalaması 555,23 g olarak ölçülmüştür. Bu doğrultuda 100 mm şerit genişliğine sahip deney elemanlarının maksimum ivme değeri ortalamasının, 50 mm şerit genişliğine sahip deney elamanlarının maksimum ivme değeri ortalamasından

%16,5 daha fazla olduğu görülmektedir. Şekil 4.153'te şerit genişliği ve maksimum ivme değeri ortalaması arasındaki ilişki gösterilmektedir.



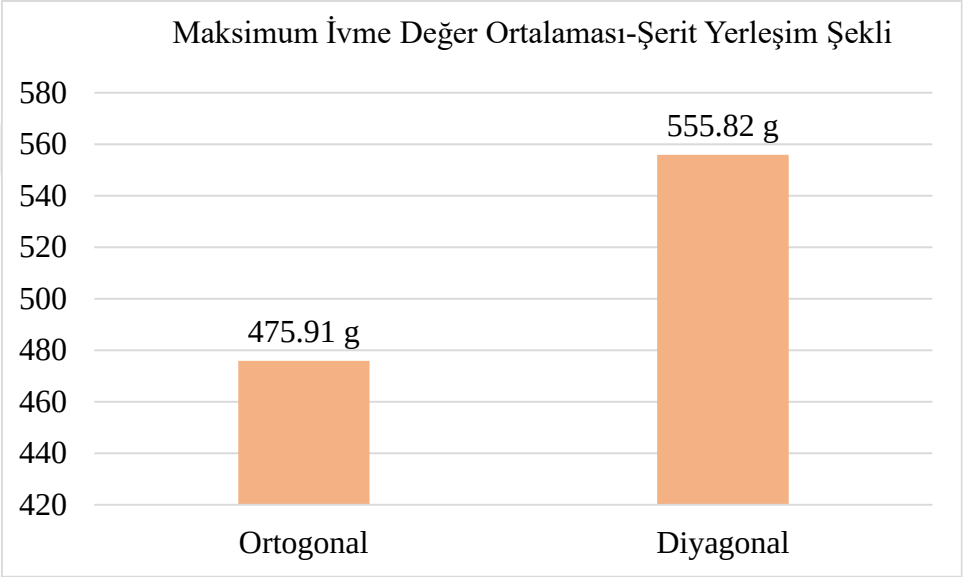
Şekil 4.153. Döşemelerin şerit genişliklerine göre maksimum ivme değer ortalamaları

Çift yönlü güçlendirmesi yapılan deney elemanlarından elde edilen maksimum ivme değeri ortalaması 585,79 g ve tek yönlü güçlendirmesi yapılan deney elemanlarından elde edilen maksimum ivme değeri ortalaması 445,94 g olarak ölçülmüştür. Bu doğrultuda çift yönlü güçlendirilen deney elemanlarının maksimum ivme değeri ortalamasının, tek yönlü güçlendirilen deney elamanlarının maksimum ivme değeri ortalamasından %31,4 daha fazla olduğu görülmektedir. Şekil 4.154'te şerit yönü ve maksimum ivme değeri ortalaması arasındaki ilişki gösterilmektedir.



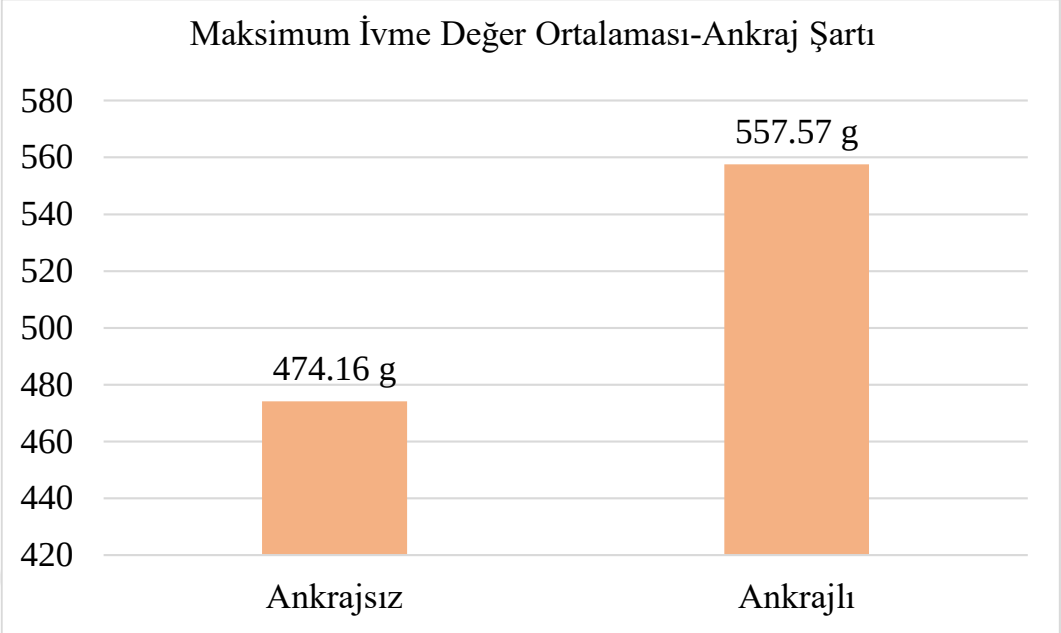
Şekil 4.154. Döşemelerin şerit yönlerine göre maksimum ivme değer ortalamaları

Karbon tekstillerinin yerleşim şekli ortogonal şekilde olan betonarme döşemelerin maksimum ivme değeri ortalaması 475,91 g ve karbon tekstillerinin yerleşim şekli diyagonal şekilde olan betonarme döşemelerin maksimum ivme değeri ortalaması 555,82 g olarak hesaplanmıştır. Bu kapsamda yerleşim şekli diyagonal biçimde olan deney elemanlarının maksimum ivme değer ortalamaları, yerleşim şekli ortogonal olan deney elemanlarına göre %16,8 daha fazladır. Şekil 4.155'te şerit yerleşim şekli ile maksimum ivme değeri ortalaması arasındaki ilişki verilmiştir.



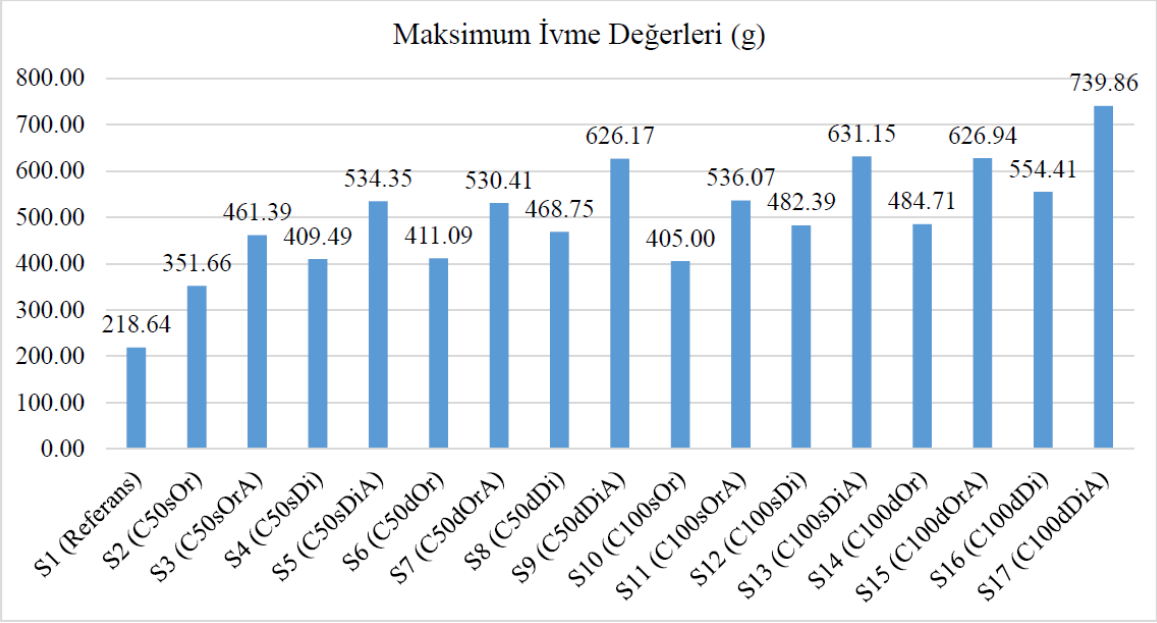
Şekil 4.155. Döşemelerin şerit yerleşim şekline göre maksimum ivme değer ortalamaları

Çalışma kapsamında deney elemanlarının maksimum ivme değerini etkileyen son değişken parametre, ankraj kullanılma durumudur. Sırasıyla S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9 döşemeleriyle özdeş özelliklere sahip olan ilaveten ankraj uygulaması yapılan S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16 ve S17 deney elemanlarında ölçülen maksimum ivme değeri ortalaması 557,57 g; bahsi geçen ankrajsız deney elemanlarında ölçülen maksimum ivme değeri ortalaması ise 474,16 g'dır. Ankraj kullanılmış döşemelerde meydana gelen maksimum ivme değer ortalaması, ankraj kullanılmamış döşemelerde meydana gelen maksimum ivme değer ortalamasından %17,6 daha yüksektir. Şekil 4.156'da ankraj durumu ile maksimum ivme değer ortalaması arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.156. Döşemelerin ankraj kullanımına göre maksimum ivme değer ortalamaları

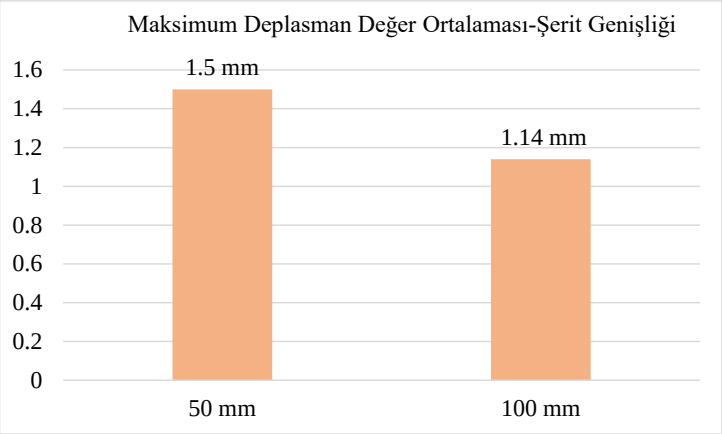
Şekil 4.157'de tüm deney elemanlarının maksimum ivme değerleri grafik şeklinde gösterilmiştir.



Şekil 4.157. Deney elemanlarında ölçülen maksimum ivme değerleri

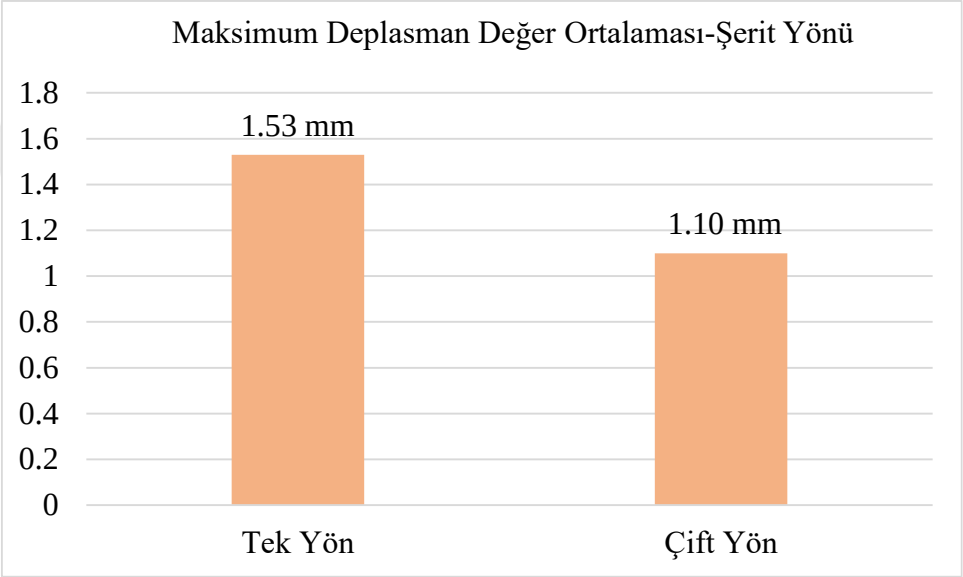
Deney elemanlarına uygulanan çarpma yükü etkisiyle betonarme döşemelerde meydana gelen maksimum deplasman değerleri, güçlendirme yöntemlerinin etkisiyle azalma göstermiştir. Referans numunesi olarak belirlenen ve güçlendirme çalışması yapılmayan S1 numunesindeki maksimum deplasman değeri; 50 mm karbon tekstille güçlendirilmiş S2, S3, S4, S5, S10, S11, S12 ve S13 deney elemanlarında ölçülen maksimum deplasman değerlerinden sırasıyla %17, %59, %88, %162, %66, %133, %142 ve %312 oranlarında daha fazla olarak ölçülmüştür. Aynı orantısal kuram S1 numunesine kıyasla 100 mm şerit genişliğine sahip S6, S7, S8, S9, S14, S15, S16 ve S17 deney elemanlarında uygulandığında S1 numunesinde meydana gelen maksimum deplasman değeri sırasıyla %94, %124, %128, %196, %114, %229, %192 ve %337 oranlarında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Meydana gelen maksimum deplasman değerlerinin azalma oranlarındaki çeşitlilik döşemelerde güçlendirme uygulaması esnasında oluşturulan şerit genişliği, karbon tekstillerin yönü, şerit yerleşim şekli ve ankraj kullanımı farklılıklarından kaynaklanmaktadır.

50 mm şerit genişliğine sahip deney elemanlarından elde edilen maksimum deplasman değeri ortalaması 1,50 mm ve 100 mm şerit genişliğine sahip deney elemanlarından elde edilen maksimum deplasman değeri ortalaması 1,14 mm olarak ölçülmüştür. Bu doğrultuda 50 mm şerit genişliğine sahip deney elemanlarının maksimum deplasman değeri ortalamasının, 100 mm şerit genişliğine sahip deney elamanlarının maksimum deplasman değeri ortalamasından %31,6 daha fazla olduğu görülmektedir. Şekil 4.158'de şerit genişliği ve maksimum deplasman değeri ortalaması arasındaki ilişki gösterilmektedir.



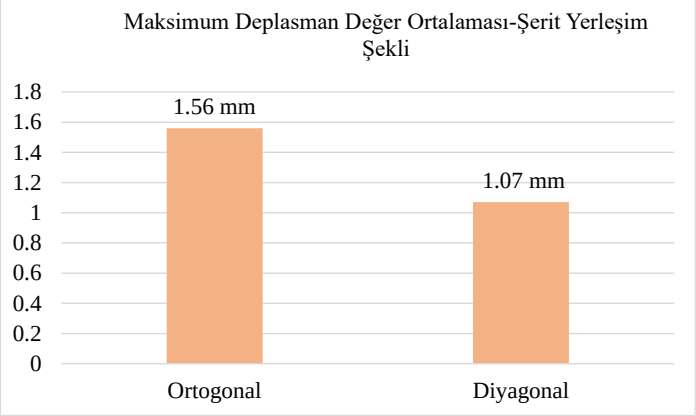
Şekil 4.158. Döşemelerin şerit genişliklerine göre maksimum deplasman değer ortalaması

Tek yönlü güçlendirmesi yapılan deney elemanlarından elde edilen maksimum deplasman değeri ortalaması 1,53 mm ve çift yönlü güçlendirmesi yapılan deney elemanlarından elde edilen maksimum deplasman değeri ortalaması 1,10 mm olarak ölçülmüştür. Bu doğrultuda tek yönlü güçlendirilen deney elemanlarının maksimum deplasman değeri ortalamasının, çift yönlü güçlendirilen deney elamanlarının maksimum deplasman değeri ortalamasından %39,1 daha fazla olduğu görülmektedir. Şekil 4.159'da şerit yönü ve maksimum deplasman değeri ortalaması arasındaki ilişki gösterilmektedir.



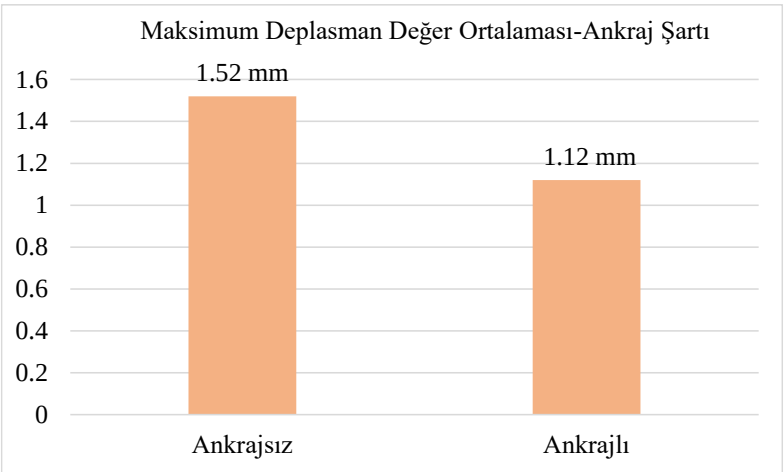
Şekil 4.159. Döşemelerin şerit yönlerine göre maksimum deplasman değer ortalamaları

Karbon tekstillerinin yerleşim şekli ortogonal şekilde olan betonarme döşemelerin maksimum deplasman değeri ortalaması 1,56 mm ve karbon tekstillerinin yerleşim şekli diyagonal şekilde olan betonarme döşemelerin maksimum deplasman değeri ortalaması 1,07 mm olarak hesaplanmıştır. Bu kapsamda yerleşim şekli ortogonal biçimde olan deney elemanlarının maksimum deplasman değer ortalamaları, yerleşim şekli diyagonal olan deney elemanlarına göre %46 daha fazladır. Şekil 4.160'ta şerit yerleşim şekli ile maksimum deplasman değeri ortalaması arasındaki ilişki verilmiştir.



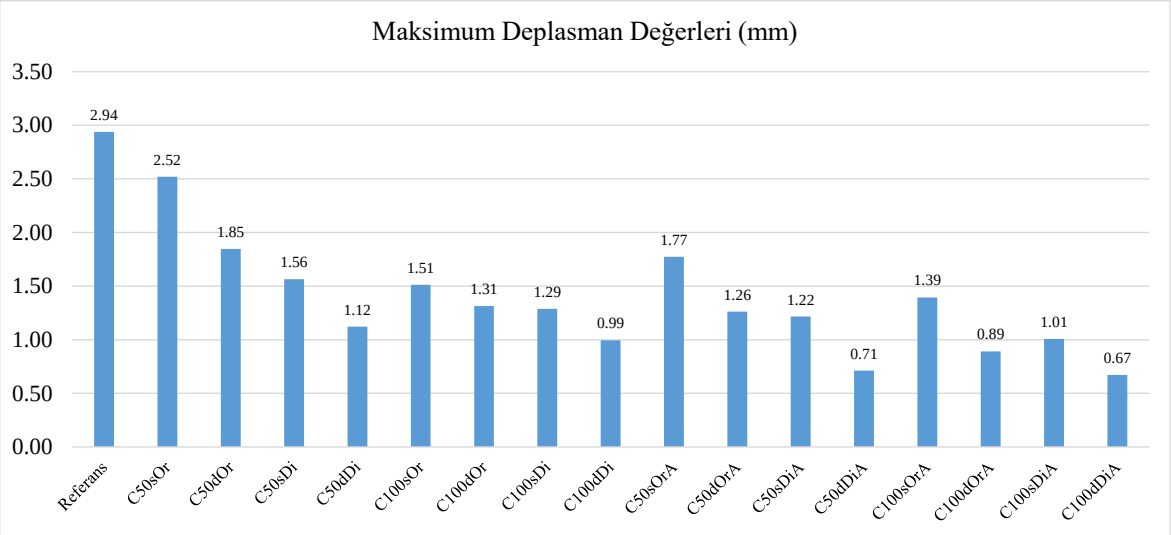
Şekil 4.160. Döşemelerin şerit yerleşimlerine göre maksimum deplasman değeri ortalamaları

Çalışma kapsamında deney elemanlarının maksimum deplasman değerini etkileyen son değişken parametre, ankraj kullanılma durumudur. Sırasıyla S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9 döşemeleriyle özdeş özelliklere sahip olan ilaveten ankraj uygulaması yapılan S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16 ve S17 deney elemanlarında ölçülen maksimum deplasman değeri ortalaması 1,12 mm; bahsi geçen ankrajsız deney elemanlarında ölçülen maksimum deplasman değeri ortalaması ise 1,52 mm'dir. Ankraj kullanılmamış döşemelerde meydana gelen maksimum deplasman değer ortalaması, ankraj kullanılmış döşemelerde meydana gelen maksimum deplasman değer ortalamasından %35,7 daha yüksektir. Şekil 4.161'de ankraj durumu ile maksimum deplasman değer ortalaması arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.161. Döşemelerin ankraj kullanımına göre maksimum deplasman değer ortalamaları

Yürütülen çalışma kapsamında betonarme döşemelerde meydana gelen maksimum deplasman değerleri Şekil 4.162'de grafiksel şekilde sunulmuştur.

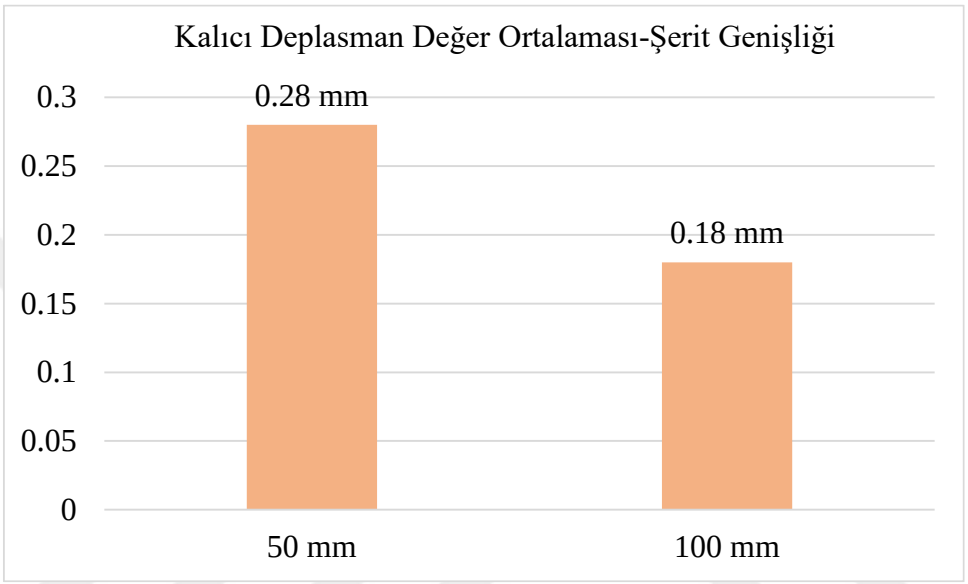


Şekil 4.162. Deney elemanlarında ölçülen maksimum deplasman değerleri

Gerçekleştirilen çalışma kapsamında betonarme döşemelerde meydana gelen kalıcı deplasman değeri, güçlendirme çalışmalarının ardından önemli miktarda azalma göstermiştir. Herhangi bir güçlendirme çalışması yapılmayan ve referans numunesi olarak kabul edilen S1 numunesi ile kıyaslandığında bu deney elemanında meydana gelen kalıcı deplasman değerinin 50 mm şerit genişliğine sahip S2, S3, S4, S5, S10, S11, S12 ve S13 deney elemanlarında meydana gelen kalıcı deplasman değerlerinden sırasıyla %106, %354, %336, %419, %160, %336, %419 ve %541 oranlarında daha fazla olduğu görülmüştür. Aynı orantısal kuram S1 numunesi ile 100 mm genişliğinde karbon tekstil uygulaması yapılan S6, S7, S8, S9, S14, S15, S16 ve S17 deney elemanları arasında kurulduğunda S1 döşemesinde meydana gelen kalıcı deplasman değerinin sırasıyla %187, %808, %419, %1812, %221, %1035, %808 ve %1280 oranlarında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Deney sonucu gözlemlenen kalıcı deplasman değerlerinin azalma oranlarındaki çeşitlilik döşemelerde güçlendirme uygulaması esnasında oluşturulan şerit genişliği, şerit yerleşim şekli, karbon tekstillerin yönü ve ankraj kullanımı farklılıklarından kaynaklanmaktadır.

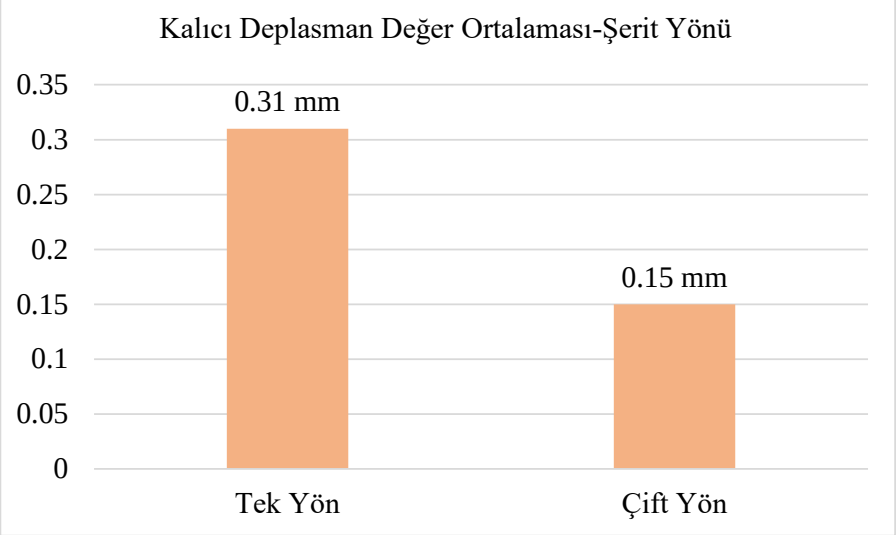
50 mm şerit genişliğine sahip deney elemanlarından elde edilen kalıcı deplasman değeri ortalaması 0,28 mm ve 100 mm şerit genişliğine sahip deney elemanlarından elde

edilen kalıcı deplasman değeri ortalaması 0,18 mm olarak ölçülmüştür. Bu doğrultuda 50 mm şerit genişliğine sahip deney elemanlarının kalıcı deplasman değeri ortalamasının, 100 mm şerit genişliğine sahip deney elamanlarının kalıcı deplasman değeri ortalamasından %55,6 daha fazla olduğu görülmektedir. Şekil 4.163'te şerit genişliği ve kalıcı deplasman değeri ortalaması arasındaki ilişki gösterilmektedir.



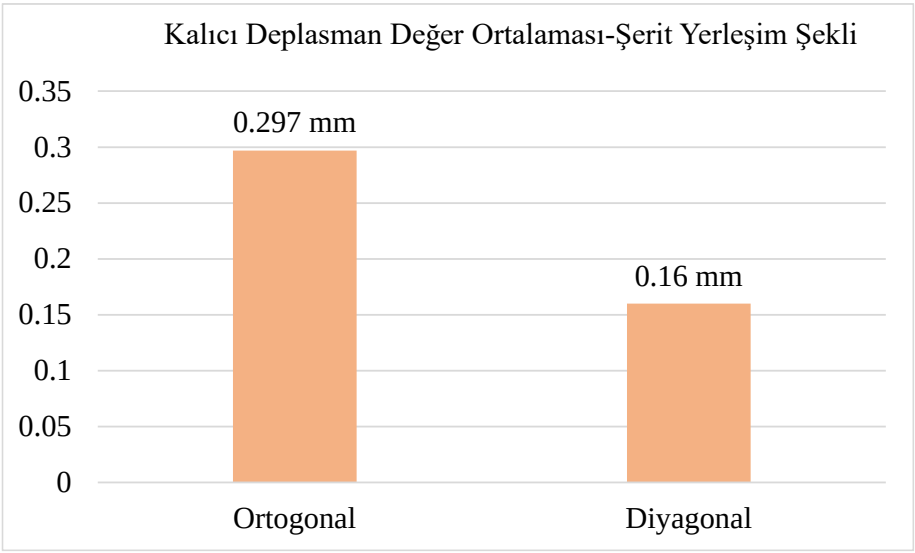
Şekil 4.163. Döşemelerin şerit genişliklerine göre kalıcı deplasman değer ortalaması

Tek yönlü güçlendirmesi yapılan deney elemanlarından elde edilen kalıcı deplasman değeri ortalaması 0,31 mm ve çift yönlü güçlendirmesi yapılan deney elemanlarından elde edilen kalıcı deplasman değeri ortalaması 0,15 mm olarak ölçülmüştür. Bu doğrultuda tek yönlü güçlendirilen deney elemanlarının kalıcı deplasman değeri ortalamasının, çift yönlü güçlendirilen deney elamanlarının kalıcı deplasman değeri ortalamasından %60,5 daha fazla olduğu görülmektedir. Şekil 4.164'de şerit yönü ve kalıcı deplasman değeri ortalaması arasındaki ilişki gösterilmektedir.



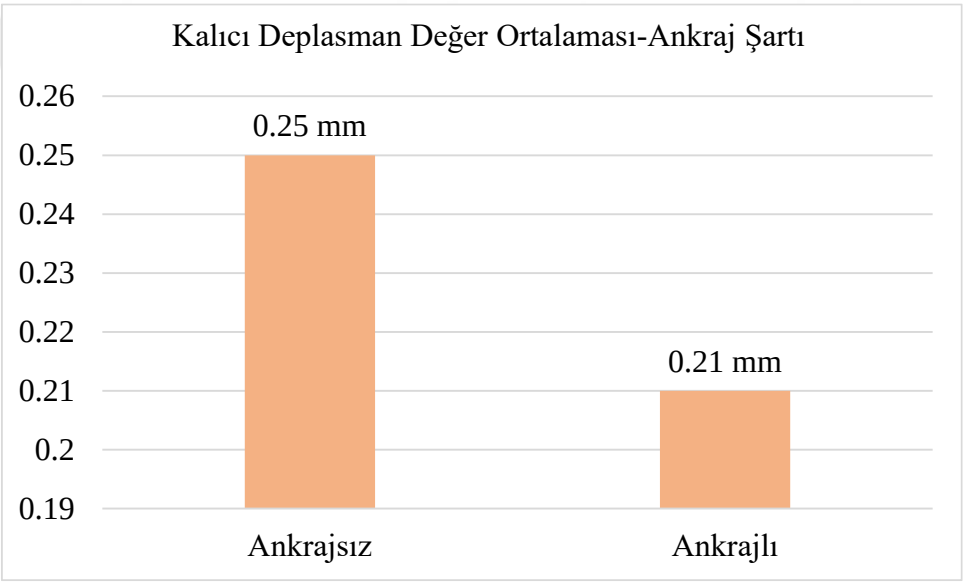
Şekil 4.164. Döşemelerin şerit yönlerine göre kalıcı deplasman değer ortalamaları

Karbon tekstillerinin yerleşim şekli ortogonal şekilde olan betonarme döşemelerin kalıcı deplasman değeri ortalaması 0,297 mm ve karbon tekstillerinin yerleşim şekli diyagonal şekilde olan betonarme döşemelerin kalıcı deplasman değeri ortalaması 0,160 mm olarak hesaplanmıştır. Bu kapsamda yerleşim şekli ortogonal biçimde olan deney elemanlarının kalıcı deplasman değer ortalamaları, yerleşim şekli diyagonal olan deney elemanlarına göre %86 daha fazladır. Şekil 4.165'te şerit yerleşim şekli ile kalıcı deplasman değeri ortalaması arasındaki ilişki verilmiştir.



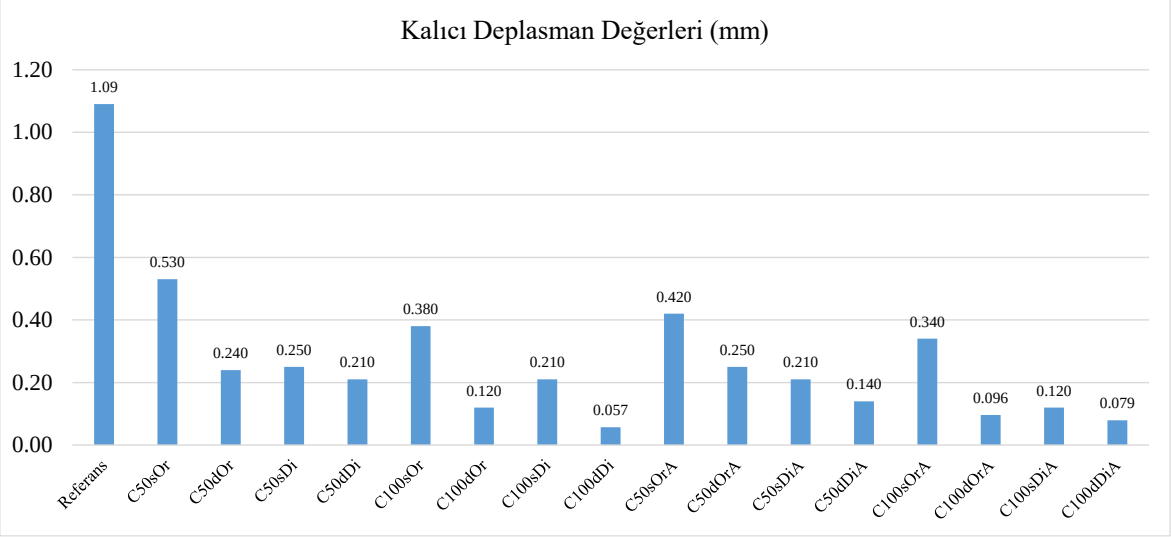
Şekil 4.165. Döşemelerin şerit yerleşimlerine göre kalıcı deplasman değeri ortalamaları

Çalışma kapsamında deney elemanlarının kalıcı deplasman değerini etkileyen son değişken parametre, ankraj kullanılma durumudur. Sırasıyla S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9 döşemeleriyle özdeş özelliklere sahip olan ilaveten ankraj uygulaması yapılan S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16 ve S17 deney elemanlarında ölçülen kalıcı deplasman değeri ortalaması 0,21 mm; bahsi geçen ankrajsız deney elemanlarında ölçülen kalıcı deplasman değeri ortalaması ise 0,25 mm'dir. Ankraj kullanılmamış döşemelerde meydana gelen kalıcı deplasman değer ortalaması, ankraj kullanılmış döşemelerde meydana gelen kalıcı deplasman değer ortalamasından %19 daha yüksektir. Şekil 4.166'da ankraj durumu ile kalıcı deplasman değer ortalaması arasındaki ilişki verilmiştir.



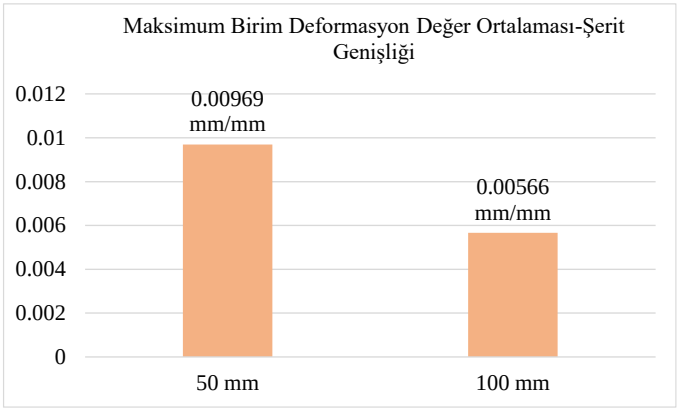
Şekil 4.166. Döşemelerin ankraj kullanımına göre kalıcı deplasman değer ortalamaları

Deney elemanlarının kalıcı deplasman değerleri grafik bazında Şekil 4.167'de gösterilmiştir.



Şekil 4.167. Deney elemanlarında ölçülen kalıcı deplasman değerleri

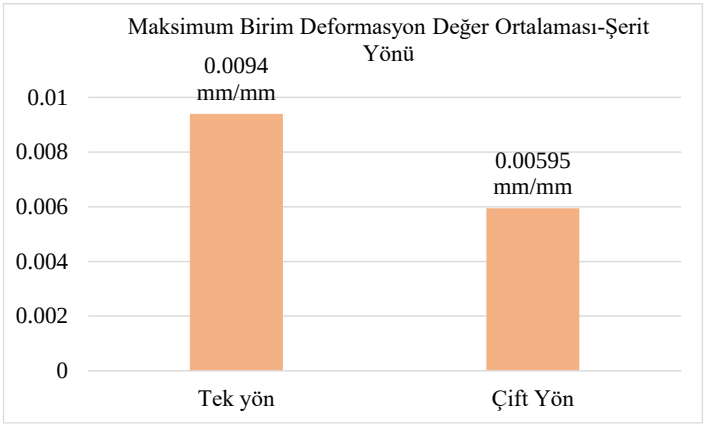
Deney elemanlarına uygulanan çarpma yükü etkisiyle karbon tekstil şeritler üzerinden ölçülen maksimum birim deformasyon değerleri, bu güçlendirme şeritlerinin çarpma etkisi altında etkin bir biçimde çalıştığını ve ciddi oranlarda yük aldıklarını göstermektedir. 50 mm şerit genişliğine sahip döşemelerden elde edilen maksimum birim deformasyon değeri ortalaması 0,00969 mm/mm, 100 mm şerit genişliğine sahip döşemelerden elde edilen maksimum birim deformasyon değeri ortalaması ise 0,00566 mm/mm'dir. Buradan hareketle 100 mm şerit genişliğe sahip döşemelerde meydana gelen maksimum birim deformasyon değeri, 50 mm şerit genişliğine sahip döşemelere kıyasla %71,2 daha fazladır. Şekil 4.168'de şerit genişliği ile maksimum birim deformasyon değeri ortalaması arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.168. Döşemelerin şerit genişliğine göre maksimum birim deformasyon değer ortalamaları

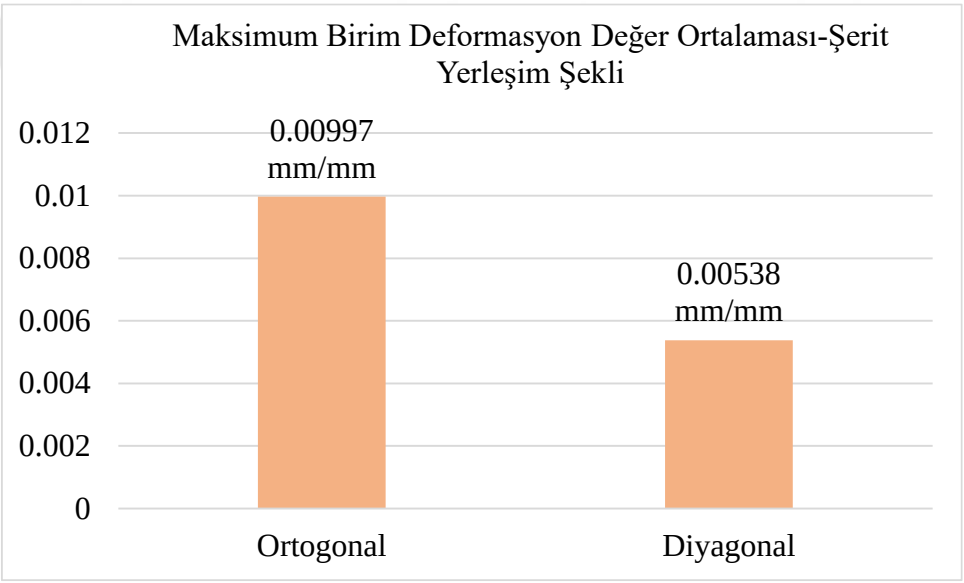
Maksimum birim deformasyonunu etkileyen diğer etkenler şerit yerleşim şekli, karbon tekstillerin yönü ve ankraj kullanılma durumudur.

Çalışma kapsamında kullanılan deney elemanlarının; tek yönlü uygulama yapılan döşemelerde mevcut olan ortalama maksimum birim deformasyon değeri 0,00940 mm/mm, çift yönlü uygulama yapılan döşemelerde mevcut olan ortalama maksimum birim deformasyon değeri 0,00595 mm/mm'dir. Bu veriler orantısal olarak ele alındığında tek yönlü uygulama yapılan döşemelerde gerçekleşen maksimum birim deformasyon değeri, çift yönlü uygulama yapılan döşemelerde gerçekleşen değere göre %58 daha fazladır. Şekil 4.170'te şerit yönleri ile maksimum birim deformasyon değeri ortalaması arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.169. Döşemelerin şerit yönlerine göre maksimum birim deformasyon değer ortalamaları

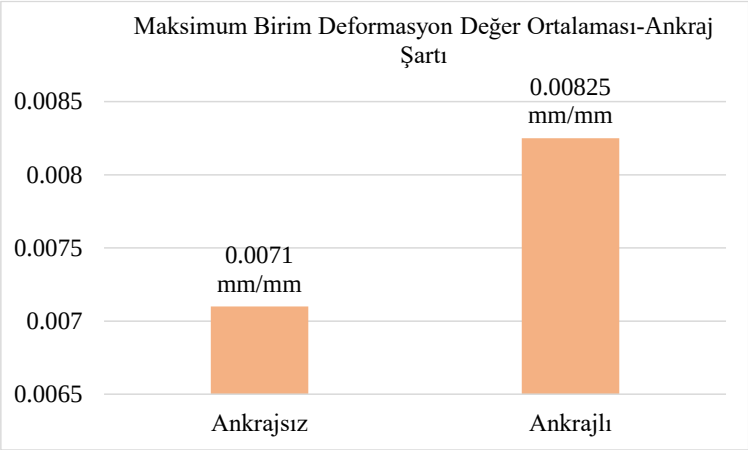
Çalışma kapsamında kullanılan deney elemanlarında; ortogonal şerit yerleşim şekline sahip döşemelerde mevcut olan ortalama maksimum birim deformasyon değeri 0,00997 mm/mm, diyagonal şerit yerleşim şekline sahip döşemelerde mevcut olan ortalama maksimum birim deformasyon değeri ise 0,00538 mm/mm'dir. Bu veriler orantısal olarak ele alındığında ortogonal uygulama yapılan döşemelerde gerçekleşen maksimum birim deformasyon değeri, diyagonal uygulama yapılan döşemelerde gerçekleşen değere göre %85 daha fazladır. Şekil 4.169'da şerit yerleşim şekli ile maksimum birim deformasyon değeri ortalaması arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.170. Döşemelerin şerit yerleşimlerine göre maksimum birim deformasyon değeri ortalamaları

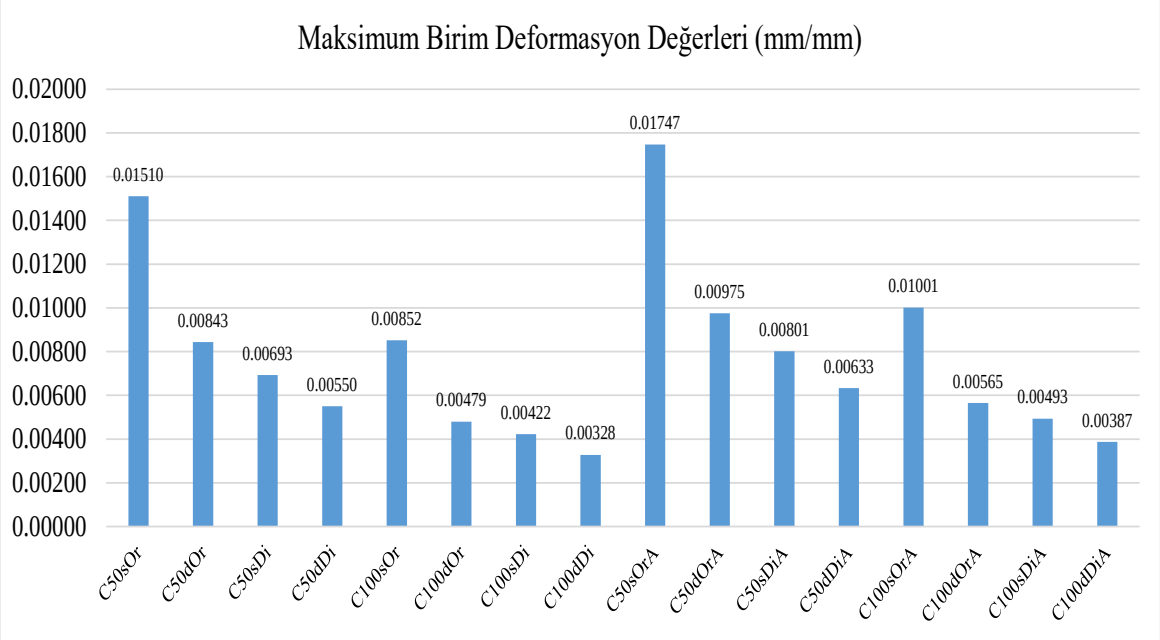
Ankraj kullanılan S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16 ve S17 döşemelerinde gerçekleşen maksimum birim deformasyon değeri ortalaması 0,00825 mm/mm olduğu görülmüştür. Ankraj kullanılmayan ve bunun haricinde az önce bahsi geçen deney elemanlarıyla sırasıyla özdeş özelliklere sahip olan S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8 ve S9 döşemelerinde meydana gelen maksimum birim deformasyon değeri ortalaması ise 0,0071 mm/mm'dir. Ankraj uygulaması yapılmayan döşemelerde elde edilen maksimum birim deformasyon değeri, ankraj uygulaması yapılan döşemelere kıyasla %16,2 daha büyük bir

değere sahiptir. Şekil 4.171'de döşemelerin ankraj kullanımına göre maksimum birim deformasyon değer ortalamaları arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 4.171. Döşemelerin ankraj kullanımına göre maksimum birim deformasyon değer değer ortalamaları

Deney elemanlarının maksimum birim deformasyon değerleri grafik bazında Şekil 4.172'de gösterilmiştir.



Şekil 4.172. Deney elemanlarında maksimum birim deformasyon değerleri

Karbon tekstil şerit genişliğinin artması, yerleşimin çift yönlü ve diyagonal şekilde yapılması ile ivme değerlerinde artma, deplasman değerleri ile birim deformasyon değerlerinde azalma gözlemlenmiştir. Ankraj uygulama durumunda da ivme değerlerinde artış, deplasman değerlerinde azalış tespit edilmiştir. Fakat ankraj kullanılan döşemelerde elde edilen birim deformasyon değerleri, kullanılmayan döşemelere göre daha yüksek bir değere sahiptir. Diğer parametrelerde en yüksek ivme değerini ve en düşük deplasman değerini elde etmemizi sağlayan değişkenimiz bize aynı zamanda en düşük birim deformasyon değerini de vermekteydi. Ankraj şartında ise bu durum sağlanmadı. Bunun sebebi, ankrajların döşeme içerisine yerleştirilmesinde kullanılan epoksi ile tamir harcının yeterince aderansa sahip olmaması şeklinde yorumlanabilir. Parametrelere bağlı olarak değişen ortalama dinamik tepki değerleri Şekil 4.173'te sunulmuştur.

Değişkenler	İvme Değeri Ortalaması (g)	Maksimum Deplasman Değeri Ortalaması (mm)	Kalıcı Deplasman Değeri Ortalaması (mm)	Maksimum Birim Deformasyon Değer Ortalaması (mm/mm)
Referans (S1)	218.64	2.939	1.09	-
50 mm (S2-S3-S4-S5-S10-S11-S12-S13)	476.44	1.5	0.28	0.00969
100 mm (S6-S7-S8-S9-S14-S15-S16-S17)	555.29	1.13	0.175	0.00566
Tek Yön (S2-S4-S6-S8-S10-S12-S14-S16)	445.94	1.53	0.31	0.0094
Çift Yön (S3-S5-S7-S9-S11-S13-S15-S17)	585.79	1.1	0.15	0.00595
Ortogonal (S2-S3-S6-S7-S10-S11-S14-S15)	475.91	1.56	0.297	0.009965
Diyagonal (S4-S5-S8-S9-S12-S13-S16-S17)	555.82	1.07	0.16	0.0054
Ankrajsız (S2-S3-S4-S5-S6-S7-S8-S9)	474.16	1.52	0.25	0.0071
Ankrajlı (S10-S11-S12-S13-S14-S15-S16-S17)	557.57	1.12	0.21	0.0083

Şekil 4.173. Parametrelere bağlı olarak değişen ortalama dinamik tepki değerleri

100 mm ve 50 mm şerit genişliğine sahip numunelerden elde edilen ivme değerleri referans numunesinde ölçülen değerin sırasıyla 2,54 ve 2,18 katı büyüklüğündedir. S1 elemanında mevcut maksimum deplasman, kalıcı deplasman değerleri, 50 ve 100 mm şerit genişliğine sahip plakalardan elde edilen değerlerin sırasıyla maksimum deplasman olarak 1,96 ve 2,6 kalıcı deplasman olarak 3,89 ve 6,23 katı büyüklüğündedir. 50 mm şerit genişliğindeki levhalardan elde edilen maksimum birim deformasyon ortalama değerleri, 100 mm şerit genişliğindeki levhalarda okunan değerden 1,71 kat daha büyüktür.

Çift ve tek şerit yönlerine sahip numunelerden elde edilen ivme değerleri referans numunesinde ölçülen değerin sırasıyla 2,68 ve 2,04 katı büyüklüğündedir. S1 elemanında mevcut maksimum deplasman, kalıcı deplasman değerleri, tek ve çift yön şeritlere sahip plakalardan elde edilen değerlerin sırasıyla maksimum deplasman olarak 1,92 ve 2,67 kalıcı deplasman olarak 3,52 ve 7,27 katı büyüklüğündedir. Tek yön şerit yerleşimine sahip levhalardan elde edilen maksimum birim deformasyon ortalama değerleri, çift yön şerit yerleşimine sahip levhalarda okunan değerden 1,58 kat daha büyüktür.

Diyagonal ve ortogonal şerit yerleşim doğrultularına sahip numunelerden elde edilen ivme değerleri referans numunesinde ölçülen değerin sırasıyla 2,54 ve 2,18 katı büyüklüğündedir. S1 elemanında mevcut maksimum deplasman, kalıcı deplasman değerleri, ortogonal ve diyagonal yerleşim doğrultularına sahip plakalardan elde edilen değerlerin sırasıyla maksimum deplasman olarak 1,88 ve 2,75 kalıcı deplasman olarak 3,67 ve 6,81 katı büyüklüğündedir. Ortogonal şerit yerleşim doğrultusuna sahip levhalardan elde edilen maksimum birim deformasyon ortalama değerleri, diyagonal şerit doğrultusuna sahip levhalarda okunan değerden 1,85 kat daha büyüktür.

İçeriğinde ankraj bulunan ve bulunmayan numunelerden elde edilen ivme değerleri referans numunesinde ölçülen değerin sırasıyla 2,55 ve 2,17 katı büyüklüğündedir. S1 elemanında mevcut maksimum deplasman, kalıcı deplasman değerleri, ankrajsız ve ankrajlı plakalardan elde edilen değerlerin sırasıyla maksimum deplasman olarak 1,93 ve 2,62 kalıcı deplasman olarak 4,36 ve 5,19 katı büyüklüğündedir. Ankrajlı uygulama yapılan levhalardan elde edilen maksimum birim deformasyon ortalama değerleri, ankraj uygulaması yapılmayan levhalarda okunan değerden 1,17 kat daha büyüktür.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gerçekleştirilen deneysel araştırmada karbon tekstil şeritler vasıtasıyla güçlendirme çalışması yapılmış numunelerin çarpma yüklemesi altında göstermiş oldukları davranışlar ve uygulanan güçlendirme tekniklerinin deney elemanları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu kapsamda 50 mm ve 100 mm şerit genişliğine sahip karbon tekstiller; betonarme döşemelere çekme gerilmelerinin oluştuğu alt yüzeylerine ortogonal ve diyagonal doğrultularda, tek ve çift yönlerde uygulanmıştır. Ankraj etkisinin tespiti için, üretilen 8 adet döşemeyle özdeş olan 8 adet betonarme döşeme daha üretilmiş ve bunlara ankraj uygulaması yapılmıştır. Birisi referans olmak üzere toplamda 17 adet döşemenin sabit enerjili bir çarpma yüklemesi altında göstermiş oldukları performanslar incelenmiştir. Bu doğrultuda deney elemanlarının sahip olduğu ivme, deplasman, birim deformasyon ve çarpma yüklemesi değerlerinin zaman tanım alanındaki değişimleri ölçülmüş ve yorumlanmıştır.

Karbon tekstil ile güçlendirilmiş betonarme döşemelerin sertliği artmış, rijitleşmiş ve dolayısıyla ölçülen maksimum ivme değerleri artmıştır. Bu değerin artması, döşemelerin çarpma yüklemesine karşı gösterdikleri direncin ve bu çarpma etkisinde harcanan enerjinin arttığı anlamına gelmektedir. Çalışma sonuçları incelendiğinde, uygulanan karbon tekstil şerit genişliği arttıkça elde edilen maksimum ivme değerinin de arttığı gözlemlenmiştir. Bunlara ek olarak güçlendirme çalışmalarında karbon tekstil uygulamasının çift yönde ve diyagonal olarak yerleştirildiği deney elemanları, tek yönlü ve ortogonal olarak karbon tekstil uygulaması yapılan deney elemanlarına göre çarpma yüklemesi etkisinin karşılanması anlamında daha pozitif sonuç vermiştir ve ivme değerlerinin daha fazla artmasını sağlamıştır. Döşemelerde ankraj kullanımı da maksimum ivme değerini arttıran bir değişkendir. Elde edilen en yüksek ivme değeri; 100 mm karbon tekstil genişliğe sahip, çift yönlü, diyagonal ve ankrajlı deney elemanında ölçülmüştür.

Karbon tekstil ile güçlendirilmiş döşemelerde çarpma yükü etkisiyle meydana gelen maksimum deplasman değeri önemli oranda azalmıştır. Bunun sonucunda deney elemanlarında meydana gelen çatlak sayısı ve genişliklerinde de azalma gözlemlenmiştir. Uygulanan karbon tekstil şerit genişliğinin artmasıyla birlikte, döşemelerde oluşan

maksimum deplasman değerinin de azaldığı sonucuna varılmıştır. Deney elemanlarının diyagonal ve çift yönlü olması, ortogonal ve tek yönlü olması durumuna kıyasla maksimum deplasman değerinin daha az oranda olmasını sağlamıştır. Döşemelerinde ankraj uygulaması yapılan deney elemanlarında ölçülen sonuçlara göre ankraj kullanımı maksimum deplasman değerini azaltmaktadır. Elde edilen bu verilere göre en minimal maksimum deplasman değerinin 100 mm şerit genişliğine sahip diyagonal çift yönlü karbon tekstil uygulaması yapılan ankrajlı betonarme döşemede olduğu sonucuna varılmış ve deney sonuçları ile bu durum teyit edilmiştir. Bu doğrultuda; şerit genişliğinin artması, uygulamanın çift yönlü ve diyagonal şekilde yapılması, ankraj kullanılması durumunda betonarme döşemelerin çok daha yüksek çarpma enerjisine sahip yüklemelere dayanabileceği ve bu durumlarda daha düşük oranda hasar alacakları sonucuna varılmaktadır.

Yapılan güçlendirme çalışması sonrası, güçlendirilen deney elemanlarından ölçülen ve kalıcı olarak meydana gelen plastik deplasman değerlerinde çok büyük bir azalma sağlanmıştır. Uygulanan karbon tekstil şerit genişliğinin artmasıyla, deney elemanlarında meydana gelen kalıcı deplasman değerlerinin azaldığı görülmüştür. Bununla birlikte betonarme döşemelerin diyagonal ve çift yönde uygulanmaları, ortogonal ve tek yönde uygulanmalara kıyasla plastik deplasman değerlerinde daha çok istenen değerleri yani daha düşük plastik deplasman değerleri verdiği sonucuna varılmıştır. Ankraj uygulaması yapılmamış deney elemanlarında ölçülen kalıcı deplasman değeri, ankraj uygulaması yapılan deney elemanlarında ölçülen değerden daha fazladır. Elde edilen bu verilere göre en düşük kalıcı deplasman değerinin 100 mm şerit genişliğine sahip, diyagonal, çift yönlü, karbon tekstil uygulaması yapılan ankrajlı betonarme döşemede olduğu sonucuna varılmış ve deney sonuçları ile bu durum teyit edilmiştir. Bu kapsamda; karbon tekstil şerit genişliğinin artması, uygulamanın çift yönlü ve diyagonal şekilde yapılması, ankraj kullanılması durumlarında döşemelerde meydana gelecek plastik deplasman değerinin önemli oranda azalacağı sonucu varılmıştır.

Gerçekleştirilen deneysel çalışmada karbon tekstil şeritlerden ölçülen maksimum birim deformasyon değerleri, şerit genişliği ile birlikte azalmıştır. Bu durum, karbon tekstil şeritlerin etkin biçimde çalıştığını ve kayda değer yük aldıklarını kanıtlar niteliktedir. Buna ek olarak deney elemanlarına güçlendirmenin çift yönlü ve diyagonal olarak uygulanması,

tek yönlü ve ortogonal olarak uygulanmasına kıyasla daha düşük maksimum birim deformasyon elde edilmesini sağlamıştır. Ankraj kullanılmış deney elemanlarında ölçülen maksimum birim deformasyon değerinin ankraj kullanılmamış döşemelerden ölçülen değere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu verilerden hareketle en düşük maksimum birim deformasyon değerinin 100 mm şerit genişliğine sahip, diyagonal, çift yönlü karbon tekstil uygulaması yapılan ankrajsız betonarme döşemede olduğu sonucuna varılmış ve deney sonuçları ile bu durum teyit edilmiştir. Bu doğrultuda; karbon tekstil şerit genişliğinin artması, uygulamanın çift yönlü ve diyagonal şekilde yapılması durumlarında döşemelerde meydana gelecek maksimum birim deformasyon değerinin azalacağı sonucuna varılmıştır.

Ayrıca, elde edilen maksimum birim deformasyon değerlerinin toplamda 15 eleman için, statik yüklemerde karbon tekstil şeritlerin yüzeyden soyulması için sınır değer olan 0,004 mm/mm değerinden daha büyük olduğu görülmüştür. Sadece S9 ve S17 deney elamanlarında tespit edilen değer sınır değerinin altındadır. Fakat herhangi bir numunede şeritlerin yüzeyden ayrılması gibi bir durum gözlenmemiştir. Bu durum, karbon tekstil şeritlerin dinamik yük etkisinde statik yüklemelere göre daha fazla birim deformasyon kapasitesine sahip olduğu sonucunu göstermektedir.

Yapılan bu deneysel çalışma kapsamında deney elemanlarına uygulanan güçlendirme yöntemleri sonucunda betonarme döşemelerin çarpma yükü etkisi altında göstermiş oldukları davranışlar istenen düzeydedir. Güçlendirilen deney elemanlarının karşılayabileceği yük değerlerinin arttığı ve çarpma etkisi altındaki davranışlarının olumlu yönde etkilendiği gözlemlenmiştir. En iyi performansı; 100 mm şerit genişliğine sahip, diyagonal, çift yönlü karbon tekstil uygulaması yapılan ankrajlı S17 deney elemanı vermiştir.

Gerçekleştirilen bu çalışma ile sonraki zamanlarda yapılacak olan araştırmalara ışık tutulmuştur. Deneylerde kare geometrili betonarme döşemeler kullanılmıştır. Çeşitli geometrik şekillere sahip, boşluklu, farklı kalınlıklardaki betonarme döşemelere karbon tekstil uygulaması yapılarak veya değişik güçlendirme elemanları kullanılarak çalışmalar çeşitlendirilebilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Almussalam, T., Al-Salloum, Y., Alsayed, S., Elsanadedy, H., 2014, Experimental and FE study on RC one-way slabs upgraded with FRP composites, KSCE Journal of Civil Engineering, 19(4):1024-1040.

Anonim, 2013, NI cDAQ-9174 Specifications, https://www.ni.com/pdf/manuals/374045a.pdf, erişim tarihi: 16.05.2021.

Anonim, 2015, NI 9201 Datasheet, https://www.ni.com/pdf/manuals/374238a_02.pdf, erişim tarihi: 16.05.2021.

Anonim, 2015, NI 9234 Datasheet, https://www.ni.com/pdf/manuals/374238a_02.pdf, erişim tarihi: 16.05.2021.

Anonim, 2016, Strain Gauge Catalogue, https://www.zemiceurope.com/media/Documentation/Straingagescatalogue.pdf, erişim tarihi: 16.05.2021

Anonim, 2018, NI 9235 Datasheet, https://www.ni.com/pdf/manuals/374645a_02.pdf, erişim tarihi: 16.05.2021

Anonim, 2019, Teknobar C Karbon Fiber Çubuk, https://www.teknoyapi.com.tr/Documents/TDS_teknobar_c.pdf, erişim tarihi: 16.05.2021

Anonim, 2019, Teknorep 300 Kalın Uygulamalar İçin Yapısal Tamir Harcı, https://www.teknoyapi.com.tr/Documents/TDS_teknorep_300.pdf, erişim tarihi: 16.05.2021

Anonim, 2020, 200C50 ICP® Force Sensor, http://www.pcb.com/products?m=200C50, erişim tarihi: 16.05.2021

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Anonim, 2020, 352B70 ICP® Accelerometer, https://www.pcb.com/products?m=352B70, erişim tarihi: 16.05.2021

Anonim, 2020, Sikadur®-330 Ürün Teknik Bilgi Föyü, https://tur.sika.com/content/dam/dms/tr01/4/sikadur_-330.pdf, erişim tarihi: 16.05.2021.

Anonim, 2021, ticm Tex Karbon Ürün Bilgi Föyü, https://ticm.com/uploads/ticm_TexKarbon_TDS_TR.pdf, erişim tarihi: 16.05.2021

Anonim, 2021, Test Makinesi Pozisyon Ölçüm Sensörleri, https://www.opkon.com.tr/Content/media/file-fb29cd7f.pdf, erişim tarihi: 16.05.2021

Batarlar, B., Beckmann, B., Bracklow, F., Curbach, M., Hering, M., vd., 2021, Experimental investigation on reinforced concrete slabs strengthened with carbon textiles under repeated impact loads, Fib Wiley Technical Paper, DOI: 10.1002/suco.201900319.

Bing, L., Kazunori, F., Yao, X., 2017, Behavior of reinforced concrete slabs under low-velocity impact, ACI Structural Journal, 114(3), 643-658.

Bracklow, F., Curbach, M., Hering, M., Kühn, T., 2019, Impact experiments with reinforced concrete plates of different thicknesses, Fib Wiley Technical Paper, DOI: 10.1002/suco.201900195.

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

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Bournas, D., Koutas, L., 2017, Flexural strengthening of two-way RC slabs with textile reinforced mortar: experimental investigation and design equations, Journal of Composites for Construction , DOI: 10.1061/(ASCE)CC.1943-5614.0000713.

Curbach, M., Kühn, T., 2015, Behavior of RC-slabs under impact-loading, International Conference on the Mechanical and Physical Behaviour of Materials under Dynamic Loading, 01062 DOI: 10.1051/epjconf/20159401062.

Hoşkal, V., 2019, Farklı mesnetlenme koşullarına sahip betonarme plakların çarpma davranışının deneysel olarak incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 105 s.

Hrynk, T., Vecchio, F., 2014, Behavior of steel fiber-reinforced concrete slabs under impact load, ACI Structural Journal, 111-S103.

Krauthammer, T., Zineddin, M., 2008, Simulation of reinforced concrete slab behavior under impact loading, International Journal of Impact Engineering, DOI: 10.1061/41002(328)28.

Marzouk, H., Othman, H., 2015, An experimental investigation on the effect of steel reinforcement on impact response of reinforced concrete plates, International Journal of Impact Engineering, 88 (2016) 12–21.

Marzouk, H., Othman, H., 2018, Applicability of damage plasticity constitutive model for ultra-high performance fibre-reinforced concrete under impact loads, International Journal of Impact Engineering, 114 (2018) 20–31.

Metwally, M., 2013, Prediction of punching shear capacities of two-way concrete slabs reinforced with FRP bars, HBRC Journal, 9:2, 125-133.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Radnic, J., 2014, Impact testing of Rc slabs strengthened with CFRP strips, Composite Structures, 121 (2015) 90-103.

Sezer, C., 2018, CFRP şeritler ile güçlendirilmiş betonarme plakların çarpma davranışının deneysel olarak incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 122 s.

Yılmaz, T., 2013, CFRP şeritlerle güçlendirilmiş kesme dayanımı yetersiz betonarme kirişlerin çarpma davranışının deneysel olarak incelenmesi, Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 157 s.