



**TEKSTİL DONATILI HARÇ ŞERİTLER İLE YIĞMA DUVARLAR
ARASINDAKİ ARAYÜZEY KAYMA GERİLMESİ-SIYRILMA
DEPLASMANI MODELİNİN DENEYSEL OLARAK GELİŞTİRİLMESİ**

Alper ÇELİK

**DOKTORA TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MART 2025

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Alper ÇELİK
14/03/2025

TEKSTİL DONATILI HARÇ ŞERİTLER İLE YIĞMA DUVARLAR ARASINDAKİ
ARAYÜZEY KAYMA GERİLMESİ-SIYRILMA DEPLASMANI MODELİNİN
DENEYSEL OLARAK GELİŞTİRİLMESİ

(Doktora Tezi)

Alper ÇELİK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mart 2025

ÖZET

Depremler, mühendislik hizmeti almamış yapılar sebebiyle afete dönüşmekte, can kayıplarının yanı sıra toplum üzerinde ekonomik, sosyal ve psikolojik açıdan olumsuzluklara neden olmaktadır. Deprem kuşağı üzerinde yer alan ülkemizde son yıllarda meydana gelen büyük depremlerde çok sayıda can ve mal kaybının olması, mevcut yapıların durumu hakkında birçok soruyu beraberinde getirmiştir. Depreme karşı dayanımı yetersiz olarak tespit edilen bütün yapıların yıkılarak yeniden inşa edilmesi ekonomik bir çözüm değildir. Yığma yapıların güçlendirilmesinde kullanımı giderek artan Tekstil Donatılı Harç (TDH) yöntemi ile geliştirilen bir güçlendirme detayının genel performans kriterlerinin doğru bir şekilde hesaplanabilmesi için TDH şeritler ile yığma birimi yüzeyi arasındaki aderans gerilmesi-sıyrılma deplasmanı malzeme modelinin bilinmesi son derece önemlidir. Tez çalışması kapsamında, tekstil donatılı harç şeritler ile farklı yığma birimler (Gazbeton, boşluklu kil tuğla ve dolu harman tuğlası) arasındaki ara yüzeyde meydana gelen aderans gerilmesi-sıyrılma deplasmanı malzeme modelinin deneysel olarak araştırılması ve geliştirilmiş bir malzeme modelinin ortaya konulması hedeflenmiştir. Deneysel çalışmada TDH şeritlerin yüzeye yapıştırılmasında kullanılan harç türü, yığma yüzeylere yapıştırılan TDH şeritlerin genişlikleri ve yapışma uzunluğu deneysel değişkenler olarak ele alınmıştır. Bu değişkenlere ek olarak TDH şeritlerin yüzeyden soyulmasını geciktirmek amacıyla fan tipi karbon lifli polimer (CFRP) ankraj kullanılması da deneysel çalışmada değişken olarak incelenmiştir. Kapsamlı bir deneysel çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar kullanılarak geliştirilmiş bir ara yüzey aderans gerilmesi-sıyrılma deplasman malzeme modeli geliştirilmiştir.

Bilim Kodu : 91109

Anahtar Kelimeler : Yığma yapılar, güçlendirme, tekstil donatılı harç, aderans-sıyrılma, dijital görüntü korelasyonu

Sayfa Adedi : 195

Danışman : Prof. Dr. Özgür ANIL

EXPERIMENTAL DEVELOPMENT OF THE INTERFACIAL BOND-SLIP MODEL
BETWEEN TEXTILE REINFORCED MORTAR STRIPS AND MASONRY WALLS

(Ph. D. Thesis)

Alper ÇELİK

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

March 2025

ABSTRACT

Earthquakes often escalate into disasters due to structures that have not undergone proper engineering evaluations, leading not only to loss of life but also to significant economic, social, and psychological impacts on society. The high number of casualties and property damage resulting from recent major earthquakes in our country, which lies within an active seismic zone, has raised numerous questions regarding the current state of existing structures. Demolishing and rebuilding all structures identified as seismically inadequate is not an economically viable solution. The Textile Reinforced Mortar (TRM) method has gained popularity in the seismic retrofitting of masonry structures. For the accurate assessment of the overall performance criteria of a TRM-based strengthening detail, understanding the bond stress-slip displacement material model at the interface between TRM strips and the masonry surface is crucial. This thesis aims to experimentally investigate the bond -slip material model at the interface between TRM strips and various masonry wall (aerated concrete, hollow clay bricks, and solid clay bricks) and to develop a generalized material model. The experimental study considers variables such as the type of mortar used for bonding the TRM strips to the surface, the width of the TRM strips attached to the masonry surfaces, and the bond length as experimental parameters. Additionally, the use of fan-type carbon fiber reinforced polymer (CFRP) anchors to delay the debonding of TRM strips from the surface is also examined. Based on the results obtained from a comprehensive experimental study, a generalized bond -slip material model for the interface is developed.

Science Code : 91109

Key Words : Masonry structures, strengthening, textile reinforced mortar, bond-slip, digital image correlation

Page Number : 195

Supervisor : Prof. Dr. Özgür ANIL

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının her aşamasında bana yol gösteren, değerli fikirleri ve engin bilgisiyle çalışmalarımı zenginleştiren çok kıymetli danışmanım Prof. Dr. Özgür ANIL'a en derin şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarım sırasında desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve her zaman motive edici yönlendirme sağlayan Doç. Dr. Ömer MERCİMEK'e teşekkür ederim.

Doktora sürecimde, University of California, Los Angeles (UCLA)'da gerçekleştirdiğim araştırmalar sırasında çok kıymetli akademik rehberliğiyle çalışmama değer katan Prof. Dr. Ertuğrul TACİROĞLU'na en içten teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel süreçte çalışmama destek olan Arş. Gör. S. Tuna AKKAYA, Arş. Gör. Kaan BIÇAKÇIOĞLU ve Ankara Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'ndeki çok değerli hocalarıma teşekkür ederim.

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen deneysel süreç, yürütücülüğünü yapmış olduğum 123M152 numaralı TÜBİTAK 1002-A projesi ile desteklenmiştir. Ayrıca, University of California, Los Angeles (UCLA)'da yürütülen araştırma faaliyetleri 2214-A Doktora Sırası Araştırma Bursu ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Sağladıkları değerli katkılar için Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde yanımda olarak bana verdikleri sonsuz destek ve güvenle bu çalışmanın gerçekleşmesinde bana ilham kaynağı olan sevgili aileme; annem Sema ÇELİK, babam Hakan ÇELİK ve kardeşim Batuhan ÇELİK'e ayrı ayrı teşekkür ederim. Tez sürecinde birlikte yaşadığım ve varlığıyla bana yoldaşlık eden babaannem Gönül ÇELİK'e ayrıca teşekkür ederim.

Bu süreç boyunca sevgisi, sabrı ve anlayışıyla en büyük motivasyon kaynağım olan kıymetli eşim Dr. Ayşe Sena ÇELİK, fiziksel olarak ayrı kalınan ve çeşitli zorluklarla karşılaşılan bu dönemde dahi desteğiyle her zaman yanımda olduğunu hissettirmiştir. Tüm katkıları ve fedakarlıkları için kendisine sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiv
RESİMLERİN LİSTESİ	xxiv
1. GİRİŞ.....	1
2. MATERYAL VE YÖNTEM	13
2.1. Deney numuneleri	13
2.2. Deney numunelerinin üretimi	15
2.3. Deney numunelerinin güçlendirilmesi	19
2.4. Malzeme mekanik özelliklerinin belirlenmesi	26
2.5. Yükleme ve ölçüm düzeneği	33
2.6. Dijital Görüntü Korelasyonu.....	34
3. DENEYSEL BULGULAR	37
3.1. Deney Elemanı- #1	40
3.2. Deney Elemanı- #2.....	42
3.3. Deney Elemanı- #3.....	45
3.4. Deney Elemanı- #4.....	48
3.5. Deney Elemanı- #5.....	50
3.6. Deney Elemanı- #6.....	53
3.7. Deney Elemanı- #7	56
3.8. Deney Elemanı- #8.....	58
3.9. Deney Elemanı- #9.....	61

Sayfa

3.10. Deneý Elemanı- #10.....	64
3.11. Deneý Elemanı- #11.....	66
3.12. Deneý Elemanı- #12.....	69
3.13. Deneý Elemanı- #13.....	72
3.14. Deneý Elemanı- #14.....	74
3.15. Deneý Elemanı- #15.....	77
3.16. Deneý Elemanı- #16.....	80
3.17. Deneý Elemanı- #17.....	82
3.18. Deneý Elemanı- #18.....	85
3.19. Deneý Elemanı- #19.....	88
3.20. Deneý Elemanı- #20.....	90
3.21. Deneý Elemanı- #21.....	93
3.22. Deneý Elemanı- #22.....	96
3.23. Deneý Elemanı- #23.....	98
3.24. Deneý Elemanı- #24.....	101
3.25. Deneý Elemanı- #25.....	104
3.26. Deneý Elemanı- #26.....	106
3.27. Deneý Elemanı- #27.....	109
3.28. Deneý Elemanı- #28.....	112
3.29. Deneý Elemanı- #29.....	114
3.30. Deneý Elemanı- #30.....	117
3.31. Deneý Elemanı- #31.....	120
3.32. Deneý Elemanı- #32.....	122
3.33. Deneý Elemanı- #33.....	125
3.34. Deneý Elemanı- #34.....	128
3.35. Deneý Elemanı- #35.....	130

	Sayfa
3.36. Deney Elemanı- #36.....	133
3.37. Deney Elemanı- #37.....	136
3.38. Deney Elemanı- #38.....	138
3.39. Deney Elemanı- #39.....	141
3.40. Deney Elemanı- #40.....	144
3.41. Deney Elemanı- #41.....	146
3.42. Deney Elemanı- #42.....	149
3.43. Deney Elemanı- #43.....	152
3.44. Deney Elemanı- #44.....	154
3.45. Deney Elemanı- #45.....	157
3.46. Deney Elemanı- #46.....	160
3.47. Deney Elemanı- #47.....	162
3.48. Deney Elemanı- #48.....	165
4. DENEYSEL BULGULARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	169
4.1. Şerit yapışma boyunun etkisi	169
4.2. Şerit genişliğinin etkisi.....	170
4.3. Ankraj kullanımının etkisi.....	171
4.4. Harç tipinin etkisi	172
4.5. Boşluklu tuğladan üretilen deney elemanlarının değerlendirilmesi.....	1744
4.6. Dolu tuğladan üretilen deney elemanlarının değerlendirilmesi	174
4.7. Gaz betondan üretilen deney elemanlarının değerlendirilmesi.....	175
5. ANALİTİK ÇALIŞMA	177
5.1. Boşluklu tuğla yüzeyler için geliştirilen malzeme modeli-(ankrajlı).....	177
5.2. Dolu tuğla yüzeyler için geliştirilen analitik model-(ankrajlı).....	178
5.3. Gaz beton yüzeyler için geliştirilen analitik model-(ankrajlı)	180
5.4. Boşluklu tuğla yüzeyler için geliştirilen malzeme modeli-(ankrajsız)	181

	Sayfa
5.5. Dolu tuğla yzeyeiler için geliştirilen analitik model-(ankrajsız)	182
5.6. Gaz beton yzeyeiler için geliştirilen analitik model-(ankrajsız)	183
5.7. Geliştirilen modellerin tahmin performansları.....	184
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	189
KAYNAKLAR	191
ZGEMİř	195



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1 Yüzey tabanlı kohezif bölge modelindeki bileşenler.....	9
Çizelge 2.1 Deney elemanlarının özellikleri.....	14
Çizelge 2.2. Deneysel çalışmada kullanılan harçların mekanik özellikleri	27
Çizelge 2.3 Harçlar için üretici firmalar tarafından belirlenen mekanik özellikler	29
Çizelge 2.4 Deneysel çalışmada kullanılan yığma birimlerin mekanik özellikleri	31
Çizelge 2.5. Deney düzeneğinde bulunan elemanlar	34
Çizelge 3.1. Göçme modları	37
Çizelge 3.2. Deney sonuçlarına ait özet çizelge	39

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Lu vd. (2005) tarafından geliştirilen arayüzey modeli	4
Şekil 1.2. Mertoğlu vd. (2016) tarafından geliştirilen arayüzey modeli	4
Şekil 1.3. Anıl vd. (2016) tarafından geliştirilen arayüzey modeli	5
Şekil 1.4. TDH şeritler ve yığma duvar arasındaki arayüzde oluşan kayma gerilmeleri..	7
Şekil 1.5. Kohezif bölge modelinde kullanılan çekme-ayırma davranışı eğrisi	10
Şekil 2.1. Farklı yığma birimlerden üretilen duvar numuneleri ve boyutları (mm)	18
Şekil 2.2. TDH şeritler ile güçlendirilen deney elemanları.....	25
Şekil 2.3. Üretici firmalar tarafından belirlenen harç mekanik özellikleri	28
Şekil 2.4. Yığma birimlerin gerilme-birim şekil değiştirme ilişkileri.....	32
Şekil 2.5. Yükleme ve ölçüm düzeneğinin 3 boyutlu modeli	33
Şekil 2.6. Yükleme düzeneğinin şematik çizimi.....	33
Şekil 2.7. Dijital görüntü korelasyonu yöntemi için yüzeylerin hazırlanması.....	35
Şekil 3.1. #1 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	40
Şekil 3.2. #1 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	41
Şekil 3.3. #1 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	41
Şekil 3.4 #1 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	42
Şekil 3.5. #2 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	43
Şekil 3.6. #2 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	44
Şekil 3.7. #2 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	44
Şekil 3.8. #2 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	44
Şekil 3.9. #3 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	46
Şekil 3.10. #3 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	46
Şekil 3.11. #3 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	47

Şekil	Sayfa
Şekil 3.12. #3 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	47
Şekil 3.13. #4 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	48
Şekil 3.14. #4 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	49
Şekil 3.15 #4 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	49
Şekil 3.16 #4 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	50
Şekil 3.17. #5 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	51
Şekil 3.18. #5 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	52
Şekil 3.19. #5 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	52
Şekil 3.20. #5 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	52
Şekil 3.21. #6 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	54
Şekil 3.22 #6 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	54
Şekil 3.23. #6 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	55
Şekil 3.24. #6 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	55
Şekil 3.25 #7 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	56
Şekil 3.26. #7 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	57
Şekil 3.27. #7 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	57
Şekil 3.28. #7 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	58
Şekil 3.29. #8 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	59
Şekil 3.30. #8 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	60
Şekil 3.31. #8 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	60
Şekil 3.32. #8 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	60
Şekil 3.33. #9 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	62
Şekil 3.34. #9 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	62
Şekil 3.35. #9 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	63

Şekil	Sayfa
Şekil 3.36. #9 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	63
Şekil 3.37 #10 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	64
Şekil 3.38 #10 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	65
Şekil 3.39. #10 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	65
Şekil 3.40. #10 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	66
Şekil 3.41. #11 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	67
Şekil 3.42. #11 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	68
Şekil 3.43. #11 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	68
Şekil 3.44. #11 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x).....	68
Şekil 3.45. #12 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	70
Şekil 3.46. #12 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	70
Şekil 3.47. #12 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	71
Şekil 3.48. #12 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	71
Şekil 3.49. #13 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	72
Şekil 3.50. #13 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	73
Şekil 3.51. #13 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	73
Şekil 3.52. #13 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	74
Şekil 3.53. #14 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	75
Şekil 3.54. #14 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	76
Şekil 3.55. #14 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	76
Şekil 3.56. #14 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	76
Şekil 3.57. #15 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	78
Şekil 3.58. #15 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	78
Şekil 3.59. #15 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	79

Şekil	Sayfa
Şekil 3.60. #15 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	79
Şekil 3.61. #16 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	80
Şekil 3.62. #16 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	81
Şekil 3.63. #16 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	81
Şekil 3.64. #16 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	82
Şekil 3.65. #17 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	83
Şekil 3.66. #17 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	84
Şekil 3.67. #17 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	84
Şekil 3.68. #17 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	84
Şekil 3.69. #18 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	86
Şekil 3.70. #18 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	86
Şekil 3.71. #18 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	87
Şekil 3.72. #18 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	87
Şekil 3.73. #19 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	88
Şekil 3.74. #19 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	89
Şekil 3.75. #19 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	89
Şekil 3.76. #19 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	90
Şekil 3.77. #20 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	91
Şekil 3.78. #20 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	92
Şekil 3.79. #20 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	92
Şekil 3.80. #20 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	92
Şekil 3.81. #21 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	94
Şekil 3.82. #21 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	94
Şekil 3.83. #21 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	95

Şekil	Sayfa
Şekil 3.84. #21 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	95
Şekil 3.85. #22 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	96
Şekil 3.86. #22 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	97
Şekil 3.87. #22 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	97
Şekil 3.88. #22 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	98
Şekil 3.89. #23 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	99
Şekil 3.90. #23 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	100
Şekil 3.91. #23 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	100
Şekil 3.92. #23 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	100
Şekil 3.93. #24 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	102
Şekil 3.94. #24 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	102
Şekil 3.95. #24 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	103
Şekil 3.96. #24 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	103
Şekil 3.97. #25 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	104
Şekil 3.98. #25 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	105
Şekil 3.99. #25 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	105
Şekil 3.100. #25 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	106
Şekil 3.101. #26 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	107
Şekil 3.102. #26 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	108
Şekil 3.103. #26 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	108
Şekil 3.104. #26 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	108
Şekil 3.105. #27 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	110
Şekil 3.106. #27 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	110
Şekil 3.107. #27 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	111

Şekil	Sayfa
Şekil 3.108. #27 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	111
Şekil 3.109. #28 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	112
Şekil 3.110. #28 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	113
Şekil 3.111. #28 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu).....	113
Şekil 3.112. #28 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x).....	114
Şekil 3.113. #29 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	115
Şekil 3.114. #29 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	116
Şekil 3.115. #29 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	116
Şekil 3.116. #29 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x).....	116
Şekil 3.117. #30 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	118
Şekil 3.118. #30 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	118
Şekil 3.119. #30 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	119
Şekil 3.120. #30 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	119
Şekil 3.121. #31 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	120
Şekil 3.122. #31 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	121
Şekil 3.123. #31 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	121
Şekil 3.124. #31 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	122
Şekil 3.125. #32 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	123
Şekil 3.126. #32 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	124
Şekil 3.127. #32 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	124
Şekil 3.128. #32 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	124
Şekil 3.129. #33 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	126
Şekil 3.130. #33 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	126
Şekil 3.131. #33 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	127

Şekil	Sayfa
Şekil 3.132. #33 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	127
Şekil 3.133. #34 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	128
Şekil 3.134. #34 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	129
Şekil 3.135. #34 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	129
Şekil 3.136. #34 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	130
Şekil 3.137. #35 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	131
Şekil 3.138. #35 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	132
Şekil 3.139. #35 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	132
Şekil 3.140. #35 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	132
Şekil 3.141. #36 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	134
Şekil 3.142. #36 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	134
Şekil 3.143. #36 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	135
Şekil 3.144. #36 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	135
Şekil 3.145. #37 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	136
Şekil 3.146. #37 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	137
Şekil 3.147. #37 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	137
Şekil 3.148. #37 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	138
Şekil 3.149. #38 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	139
Şekil 3.150. #38 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	140
Şekil 3.151. #38 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	140
Şekil 3.152. #38 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	140
Şekil 3.153. #39 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	142
Şekil 3.154. #39 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	142
Şekil 3.155. #39 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	143

Şekil	Sayfa
Şekil 3.156. #39 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	143
Şekil 3.157. #40 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	144
Şekil 3.158. #40 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	145
Şekil 3.159. #40 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	145
Şekil 3.160. #40 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	146
Şekil 3.161. #41 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	147
Şekil 3.162. #41 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	148
Şekil 3.163. #41 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	148
Şekil 3.164. #41 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	148
Şekil 3.165. #42 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	150
Şekil 3.166. #42 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	150
Şekil 3.167. #42 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	151
Şekil 3.168. #42 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	151
Şekil 3.169. #43 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	152
Şekil 3.170. #43 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	153
Şekil 3.171. #43 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	153
Şekil 3.172. #43 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	154
Şekil 3.173. #44 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	155
Şekil 3.174. #44 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	156
Şekil 3.175. #44 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	156
Şekil 3.176. #44 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	156
Şekil 3.177. #45 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	158
Şekil 3.178. #45 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	158
Şekil 3.179. #45 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	159

Şekil	Sayfa
Şekil 3.180. #45 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	159
Şekil 3.181. #46 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	160
Şekil 3.182. #46 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	161
Şekil 3.183. #46 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	161
Şekil 3.184. #46 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	162
Şekil 3.185. #47 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	163
Şekil 3.186. #47 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	164
Şekil 3.187. #47 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	164
Şekil 3.188. #47 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	164
Şekil 3.189. #48 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi	166
Şekil 3.190. #48 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)	166
Şekil 3.191. #48 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)	167
Şekil 3.192. #48 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)	167
Şekil 4.1 Şerit yapışma boyundaki artışın yapısal parametreler üzerine etkisi.....	170
Şekil 4.2 Şerit genişliğindeki artışın yapısal parametreler üzerine etkisi	171
Şekil 4.3 CFRP fan tipi ankraj kullanımının yapısal parametreler üzerine etkisi.....	172
Şekil 4.4 Harç basınç dayanımı artışının yapısal parametreler üzerine etkisi	173
Şekil 4.5 Boşluklu tuğla numunelerde deneysel değişkenlerin ortalama etkisi.....	174
Şekil 4.6 Dolu tuğla numunelerde deneysel değişkenlerin ortalama etkisi	175
Şekil 4.7 Gaz beton numunelerde deneysel değişkenlerin ortalama etkisi.....	175
Şekil 5.1 Boşluklu tuğla ile ankrajlı TDH şeritler arasındaki arayüzey davranışı.....	178
Şekil 5.2 Boşluklu tuğla duvar ile ankrajlı TDH şeritler arasındaki arayüzey davranışı.	179
Şekil 5.3 Gaz beton duvar ile ankrajlı TDH şeritler arasındaki arayüzey davranışı.....	180
Şekil 5.4 Boşluklu tuğla duvar ile ankrajsız TDH şeritler arasındaki arayüzey davranışı	181

Şekil	Sayfa
Şekil 5.5 Dolu tuğla duvar ile ankrajsız TDH şeritler arasındaki arayüzey davranışı....	182
Şekil 5.6 Gaz beton duvar ile ankrajsız TDH şeritler arasındaki arayüzey davranışı.....	183
Şekil 5.7 Maksimum aderans gerilmesi denklemlerinin tahmin performansı	185
Şekil 5.8 Maksimum yükteki deplasman denklemlerinin tahmin performansı	185
Şekil 5.9 Artık gerilme denklemlerinin tahmin performansı	186
Şekil 5.10 Artık gerilmedeki deplasman denklemlerinin tahmin performansı	186
Şekil 5.11 Maksimum deplasman denklemlerinin tahmin performansı	187
Şekil 5.12 Enerji tüketim kapasitesi denklemlerinin tahmin performansı.....	187

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 1.1. Kahramanmaraş depremleri sonrası yığma yapı hasarlarından bazıları	2
Resim 2.1. Deney elemanlarının üretiminde kullanılan yığma birimler.....	15
Resim 2.2. Numunelerin üretiminde kullanılan harç ürünü ve hazırlanması	16
Resim 2.3. Boşluklu tuğladan oluşan duvar numunelerinin üretimi.....	16
Resim 2.4. Dolu harman tuğlasından oluşan duvar numunelerinin üretimi	17
Resim 2.5. Gaz beton bloklardan oluşan duvar numunelerinin üretimi	17
Resim 2.6. Üretilen 48 adet deney elemanı	19
Resim 2.7. Farklı genişlik ve uzunluklardaki TDH şeritlerin kesilmesi.....	20
Resim 2.8. Fan tipi ankrajların hazırlanması	21
Resim 2.9. Güçlendirilecek yüzeylerin hazırlanması	22
Resim 2.10. CFRP fan tipi ankrajların uygulanması	23
Resim 2.11. Güçlendirme uygulamasında kullanılan harçlar	24
Resim 2.12. TDH şeritlerin yüzeylere uygulanması.....	25
Resim 2.13. Deney elemanlarının uygun sıcaklık ve nemde kürlenmesi	26
Resim 2.14. Harç mekanik özelliklerinin belirlenmesi için üretilen numuneler	26
Resim 2.15. Gerilme-gerinim ilişkisinin elde edilmesi için kullanılan düzenek	27
Resim 2.16. Dolu tuğla üretim banından numune alımı	30
Resim 2.17. Hazırlanan küp numuneler.....	31
Resim 2.18. Gerilme-gerinim ilişkilerinin belirlenmesi için kullanılan düzenek.....	31
Resim 2.19. Dijital görüntü korelasyonu yöntemi için yüzeylerin hazırlanması.....	36
Resim 3.1. #1 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	40
Resim 3.2. #2 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	43
Resim 3.3. #3 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	45

Resim	Sayfa
Resim 3.4. #4 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	48
Resim 3.5. #5 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	51
Resim 3.6. #6 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	53
Resim 3.7. #7 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	56
Resim 3.8. #8 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	59
Resim 3.9. #9 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	61
Resim 3.10. #10 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	64
Resim 3.11. #11 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	67
Resim 3.12. #12 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	69
Resim 3.13. #13 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	72
Resim 3.14. #14 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	75
Resim 3.15. #15 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	77
Resim 3.16. #16 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	80
Resim 3.17. #17 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	83
Resim 3.18. #18 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	85
Resim 3.19. #19 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	88
Resim 3.20. #20 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	91
Resim 3.21. #21 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	93
Resim 3.22. #22 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	96
Resim 3.23. #23 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	99
Resim 3.24. #24 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	101
Resim 3.25. #25 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	104
Resim 3.26. #26 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	107
Resim 3.27. #27 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	109

Resim	Sayfa
Resim 3.28. #28 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	112
Resim 3.29. #29 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	115
Resim 3.30. #30 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	117
Resim 3.31. #31 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	120
Resim 3.32. #32 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	123
Resim 3.33. #33 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	125
Resim 3.34. #34 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	128
Resim 3.35. #35 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	131
Resim 3.36. #36 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	133
Resim 3.37. #37 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	136
Resim 3.38. #38 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	139
Resim 3.39. #39 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	141
Resim 3.40. #40 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	144
Resim 3.41. #41 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	147
Resim 3.42. #42 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	149
Resim 3.43. #43 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	152
Resim 3.44. #44 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	155
Resim 3.45. #45 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	157
Resim 3.46. #46 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	160
Resim 3.47. #47 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	163
Resim 3.48. #48 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası.....	165

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
C	Harç basınç dayanımı
cm³	Santimetre küp
E	Enerji tüketim kapasitesi
F_{max}	Maksimum çekme kuvveti
g	Gram
G_c	Arayüz kritik enerji salınımı
kN	Kilo newton
K_{nn}	Arayüz rijitliği doğrudan çekme bileşeni
K_{ss}	Arayüz rijitliği birinci kayma bileşeni
K_{tt}	Arayüz rijitliği ikinci kayma bileşeni
L	TDH şerit yapışma boyu
M_w	Deprem moment büyüklük bileşeni
MPa	Mega paskal
mm	Mili metre
N	Newton
W	TDH şerit genişliği
t_n	Arayüz gerilmesi doğrudan çekme bileşeni
t_s	Arayüz gerilmesi birinci kayma bileşeni
t_t	Arayüz gerilmesi ikinci kayma bileşeni
δ_n	Arayüz yer değiştirmesi doğrudan çekme bileşeni
δ_s	Arayüz yer değiştirmesi birinci kayma bileşeni
δ_t	Arayüz yer değiştirmesi ikinci kayma bileşeni
τ	Kayma gerilmesi
τ_{max}	Maksimum kayma gerilmesi
τ_{res}	Kalıcı (artık) kayma gerilmesi
δ	Yer değiştirme
δ_{max}	Maksimum gerilmedeki yer değiştirme

Simgeler δ_{res} $\delta_{ultimate}$ ϵ_{max} **Açıklamalar**

Kalıcı gerilmedeki yer değiştirme

Maksimum yer değiştirme

Maksimum birim Şekil değiştirme

Kısaltmalar**CFRP****DIC****LVDT****RILEM****ROI****TDH****Açıklamalar**

Karbon lifli polimer

Dijital görüntü korelasyonu yöntemi

Doğrusal değişken diferansiyel transformatörler

Uluslararası yapı laboratuvarları uzmanları birliği

Veri kümesi ilgi alanı

Tekstil donatılı harç

1. GİRİŞ

Yığma yapılar, taşıyıcı sistemi tuğla, gaz beton veya doğal taşlar gibi farklı birimlerden üretilmiş düşey duvarlardan oluşan yapılardır. Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2000 yılında gerçekleştirmiş olduğu bina sayımında ülkemizdeki yapıların %51'nin taşıyıcı sisteminin yığma olduğu belirlenmiştir [1]. Ayrıca, ülkemizde yapı stoku açısından kültürel mirasımız olan tarihi yapıların çok büyük bir kısmı yığma yapı olarak inşa edilmiştir. Ülkemizde ve dünyada yığma yapıların sıklıkla tercih edilmesinin başlıca sebepleri ekonomik olması ve nitelikli işçilik gerektirmeden yerel malzemelerin kullanımıyla hızlı bir şekilde inşa edilebilmesidir. Yığma yapılar, betonarme yapılara göre enerji yutma kapasitelerinin daha düşük olması ve yatay yüklere karşı dayanımlarının daha az olması sebebiyle genellikle depreme dayanıklı yapılar olarak nitelendirilmezler. Yığma yapılarda, kullanılan yığma birimlerin çekme dayanımı, ara yüzeydeki harcın ise kayma dayanımının genellikle oldukça düşük değerlerde olduğu bilinmektedir. Deprem sebebiyle yığma yapılarda gözlemlenen düzlem içi ve düzlem dışı hasarların en önemli nedeni, duvarlarda oluşan kayma gerilmeleri dolayısıyla çekme gerilmelerinin meydana getirdiği çatlak, ayrılma ve dağılmalardır [2]. 6 Şubat 2023 tarihinde ülkemizde yaşanan Pazarcık ($M_w=7,7$) ve Elbistan ($M_w=7,6$) depremlerinde, yeterli mühendislik hizmeti almamış birçok yığma yapı ağır hasar görmüş veya yıkılmıştır. Bununla birlikte kültürel mirasımız olan 40'ın üzerinde tarihi yapı da depremlerden etkilenmiştir. Deprem sonrasında Malatya'da yapılan teknik incelemelerde; Tarihi Yeni Cami'nin dış duvarlarının düzlem dışı davranış sergileyerek yıkıldığı (Resim 1.1-a), Tarihi Malatya Gar binasının beden duvarlarında düzlem içi diyagonal kesme çatlaklarının oluştuğu (Resim 1.1-b), ve incelenen birçok betonarme yapının dolgu duvarlarında hasar meydana geldiği (Resim 1.1-c) gözlemlenmiştir.

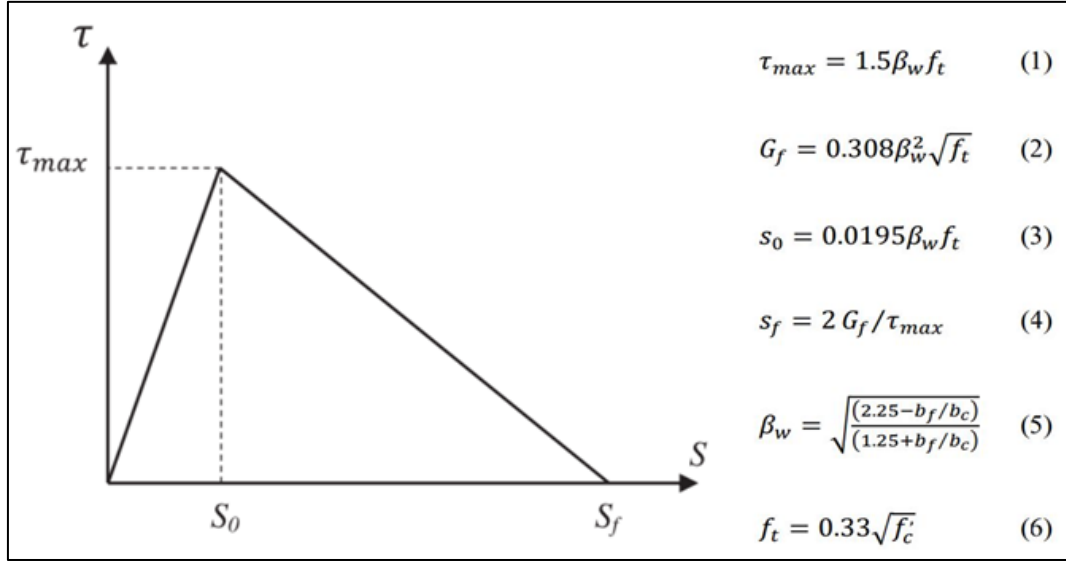


Resim 1.1. Kahramanmaraş depremleri sonrası yığma yapı hasarlarından bazıları

Depreme karşı dayanımı yetersiz olarak tespit edilen bütün yapıların yıkılarak yeniden inşa edilmesi ekonomik bir çözüm değildir. İnşaat mühendisliği biliminde yaşanan gelişmeler neticesinde depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkeleri ortaya konulmuş ve deprem yönetmelikleri de bu doğrultuda güncellenmiştir. Eski deprem yönetmeliklerine tabi olarak inşa edilen yapılar, güncel yönetmeliklerin gereksinimlerini sağlayabilmek açısından güçlendirmelere ihtiyaç duyabilmektedir. Güçlendirme, hasarsız bir yapı veya yapı elemanını öngörülen güvenli bir deprem performans düzeyine çıkarmak için yapılan işlemler olarak tanımlanmaktadır. Mevcut yönetmelik şartlarını sağlamak amacının yanı sıra, yapının kullanım amacında değişiklik, yapıya ilave kat eklenmesi ve imalat sürecinde malzeme kalitesinden duyulan kuşku sebepleriyle de yapılarda güçlendirmeler yapılmaktadır. Ayrıca, birçok medeniyete ev sahipliği yapmış olan ülkemizde bulunan anıtsal değere sahip tarihi yığma yapılar da yenilikçi güçlendirme teknikleri sayesinde gelecek nesillere aktarılabilecek ve böylece kültürel mirasın devamlılığı sağlanabilecektir.

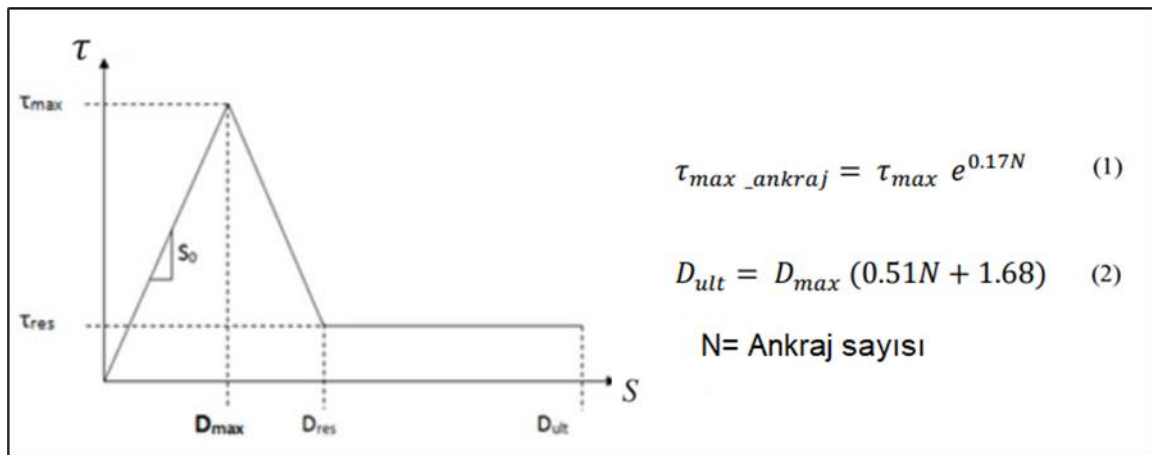
Taşıyıcı yığma duvarların çelik elemanlarla güçlendirilmesi [3-4], taşıyıcı yığma duvarların kendiliğinden yerleşen beton ile güçlendirilmesi [5] ve püskürtme beton ile taşıyıcı yığma duvarların güçlendirilmesi [6-7] yığma yapıların güçlendirilmesinde kullanılan başlıca

yöntemlerdendir. Bu güçlendirme tekniklerinin, uygulanması için nitelikli işçilik gerekmesi, yangın ve korozyon gibi çevresel risklere karşı savunmasız olması, uygulanacak yapının aslının bozulması sebebiyle mimari kaygılar meydana getirmesi ve maliyetinin yüksek olması bu tip güçlendirme yöntemlerinin başlıca dezavantajlardandır. Bu sebeple araştırmacılar kolay uygulanabilir, sürdürülebilir ve maliyet etkinliğini sağlayan yeni güçlendirme yöntemleri geliştirmeye başlamışlardır. Son 20 yılda karbon lifli polimer (FRP), onarım ve güçlendirmede en çok tercih edilen malzeme olarak yaygın bir şekilde kullanılmış olup, birçok betonarme ve yığma yapı bu yöntem ile güçlendirilmiştir. Ayrıca FRP güçlendirme yöntemi ile ilgili birçok bilimsel çalışma yapılmış olup, yöntemin avantaj ve dezavantajları belirlenmiştir [8-15]. Yapılarda mevcut kullanımı engellemeden uygulanabilmesi, korozyona karşı direnci ve betonarme elemanların mevcut geometrisini değiştirmeyerek yapı sistemine ilave yük getirmemesi yöntemin başlıca avantajlarıdır. FRP ile güçlendirilen yapı elemanlarında meydana gelen en önemli göçme mekanizmalarından birisi FRP şeritlerin yüzeyden erken soyulmasıdır. Literatürde FRP şeritler ile güçlendirmenin uygulandığı yüzey arasındaki aderans-sıyrılma ilişkisinin deneysel olarak modellendiği çalışmalar bulunmaktadır. Lu vd. (2005) [16] tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışmada beton yüzeyi ile ankrajsız CFRP şeritler arasındaki arayüzey kayma gerilmesi- kayma deplasmanı malzeme modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen bu malzeme modeli çift doğrulu bir malzeme modeli olup, CFRP şeride etki eden eksenel kuvvet etkisiyle CFRP şerit belirli bir düzeye kadar kayma gerilmesi taşımaya devam etmekte ve CFRP şerit ile beton yüzey arasındaki kayma gerilmesi değeri belirli bir değere ulaştıktan sonra CFRP şerit yüzeyden soyularak aniden kapasite düşmesi meydana gelerek kayma gerilmesi değeri sıfıra kadar düşmektedir. Çalışma sonucunda geliştirilen malzeme modeli yaygın bir şekilde kabul görmüş ve 2014 yılından itibaren ANSYS ve ABAQUS sonlu elemanlar yazılımlarının içeriğine dahil edilmiştir. Lu vd. (2005) tarafından geliştirilen arayüzey malzeme modeli ve eşitlikler Şekil 1.1’de verilmiştir.



Şekil 1.1. Lu vd. (2005) tarafından geliştirilen arayüzey modeli

CFRP şeritlerin yüzeyden soyulmalarını geciktirmek amacıyla CFRP kullanılarak geliştirilen güçlendirme detaylarında ankraj kullanımı konusundaki araştırmalar giderek artmıştır. Mertoğlu vd. (2016) [17] gerçekleştirmiş oldukları deneysel çalışma ile, Lu vd. (2005) [16] tarafından geliştirilen modele modifikasyonlar getirerek ankrajlı CFRP şeritler için ara yüzey kayma gerilmesi- kayma deplasmanı malzeme modeli oluşturmuşlardır (Şekil 1.2).

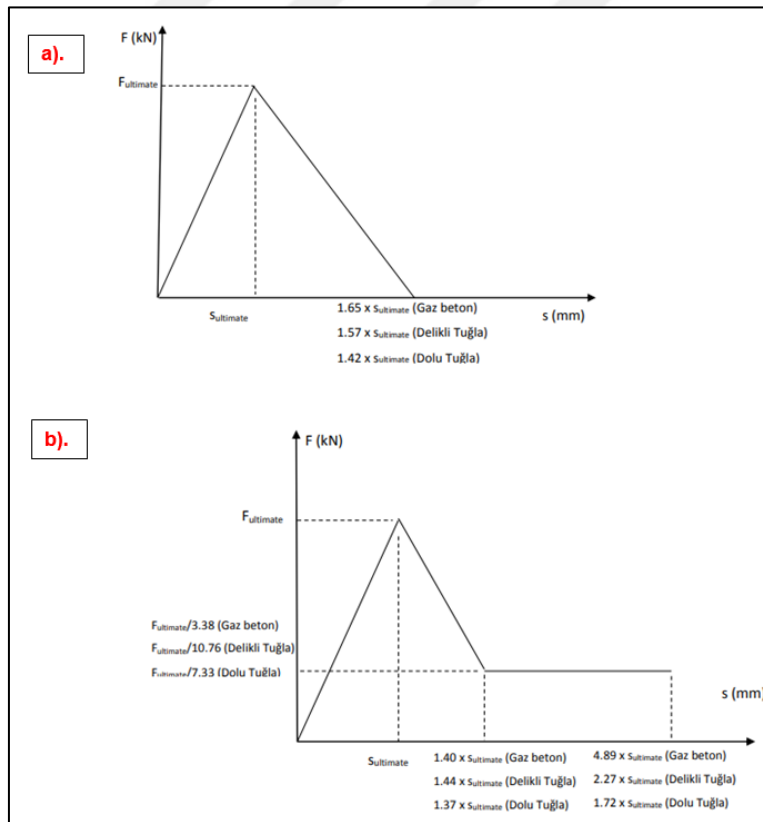


Şekil 1.2. Mertoğlu vd. (2016) tarafından geliştirilen arayüzey modeli

Anıl vd. (2014) [18] tarafından, CFRP şeritler ile delikli yığma yapı tuğlası, dolu harman tuğlası ve gaz beton yüzeyler arasındaki gerilme dağılımı, yük-kayma deplasmanı davranışı ve taşıma gücü performansları deneysel olarak incelenmiştir. Ayrıca CFRP şeridin üzerinde yüzeyden soyulmasını geciktirmek için CFRP'den üretilen fan tipi ankrajın gerilme

dağılımı, yük-kayma deplasmanı davranışı ve taşıma gücü değerleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deneysel çalışmada değişken olarak yer alan parametreler, CFRP şerit genişliği, CFRP şerit yapıştırma boyu ve CFRP şeridin yapıştırıldığı malzeme türüdür. Gerçekleştirilen 24 adet deney sonucunda, CFRP şeritler ve yığılma birimler arasındaki ara yüzey kayma gerilmesi- kayma deplasmanı malzeme modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen malzeme modeli ankrajlı şeritler için Şekil 1.3-a, ankrajsız şeritler için ise Şekil 1.3-b'de verilmiştir.

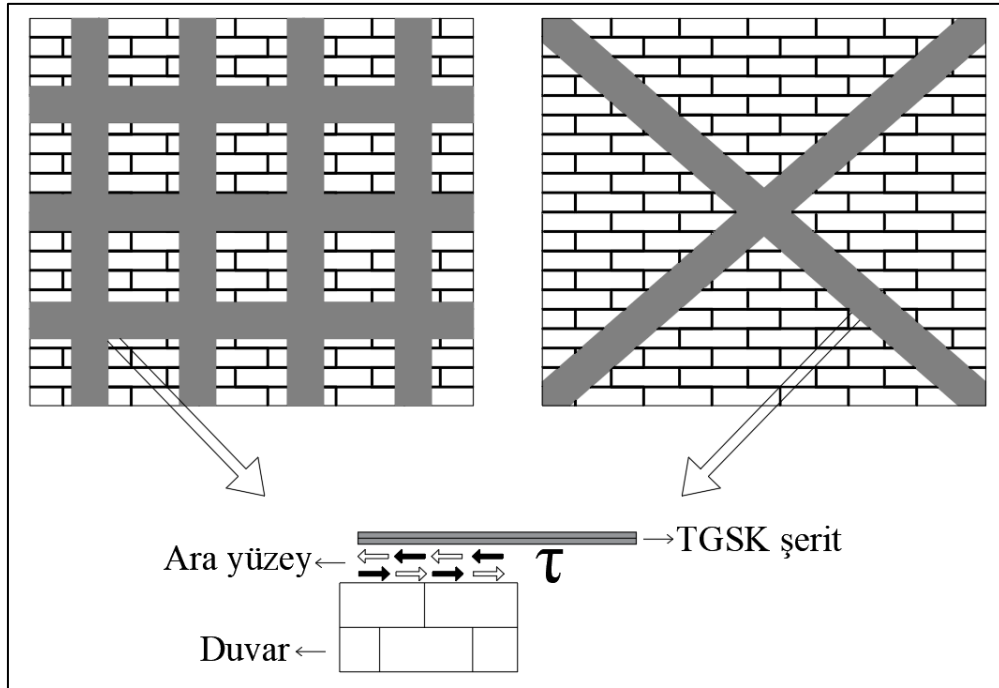
Deneysel çalışma kapsamında incelenen değişkenlerden CFRP şerit yapışma boyu ve CFRP şerit genişliği arttıkça deney elemanlarının maksimum taşıma gücü değerleri de artış göstermiştir. Yapışma yüzeyinin malzeme türü yönüyle bakıldığında dolu harman tuğla malzemesinin kullanıldığı elemanların en yüksek dayanım değerine sahip olduğu görülmüştür. Deneysel çalışmada en düşük dayanım değerlerini gaz betondan üretilen deney elemanları sergilemiştir. Deneysel çalışma kapsamında incelenen bir diğer önemli değişken olan fan tipi ankrajın CFRP şerit üzerinde bulunması dayanım değerlerini önemli oranda artırmıştır.



Şekil 1.3. Anıl vd. (2016) tarafından geliştirilen arayüzey modeli

Betonarme ve yığma yapıların güçlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan FRP yönteminin birçok avantajının yanı sıra çeşitli dezavantajları da bulunmaktadır. Güçlendirme yapılacak eleman yüzeyi ile FRP arasında kohezif bir bölge oluşturmak amacıyla kullanılan organik bazlı reçine esaslı epoksi malzemesinin, yangına karşı zayıf direnci, ıslak ve nemli yüzeylerde uygulanamaması, uygulanacak yüzeyde hasar meydana getirmesi, buhar geçirimsizliğinin düşük olması, sağlığa ve çevreye zararlı olması, ayrıca bu yöntemin oldukça maliyetli olması başlıca olumsuzluklardandır. FRP yönteminin başlıca dezavantajları göz önüne alındığında son yıllarda literatüre giren tekstil donatılı harç (TDH) tekniğinin yapısal güçlendirme alanında sürdürülebilirlik, çevre dostu ve maliyet açısından önemli bir ilerleme olduğu değerlendirilebilir [19-20]. TDH ile güçlendirme tekniği, çimento esaslı inorganik bir harcın karbon, bazalt, cam veya çelik gibi malzemelerden üretilen ağ şeklinde tekstiller ile birlikte kullanılarak kompozit bir yapı malzemesi üretilmesi esasına dayanmaktadır. Güçlendirilme yapılacak eleman yüzeyine uygulanan tekstil katmanı iki yönde birbirine dik olarak ağ şeklinde örülen liflerden oluşmaktadır. TDH ile güçlendirme yönteminde kullanılan harcın geleneksel yöntemlerle üretildiği göz önüne alındığında, bu yöntemin epoksi esaslı kompozit malzemelerle güçlendirme tekniklerine göre birçok avantajı bulunmaktadır. Düşük maliyetli olması, yangına dayanıklı olması, nitelikli işçilik gerektirmeden kolay ve hızlı uygulanabilmesi, nemli ve ıslak yüzeylerde uygulanabilir olması, betonarme ve yığma elemanların yüzeylerine uygulanabilir olması, yenilikçi ve çevre dostu malzemeler kullanılması yöntemin başlıca avantajlarıdır. Son yıllarda betonarme ve yığma yapı elemanlarının Tekstil donatılı harç (TDH) yöntemi kullanılarak güçlendirilmesi üzerine birçok bilimsel çalışma yürütülmüştür [21-33].

TDH ile güçlendirilen yığma duvarlarda meydana gelen en önemli göçme mekanizmalarından birisi TDH şeritlerin yüzeyden soyulmasıdır. Yapılan güçlendirmenin etkili olabilmesi için harç, tekstil ve duvar arasındaki aderans kuvveti oldukça önemlidir. Bu nedenle geliştirilen güçlendirme detayının kapasitesinin hesaplanabilmesi veya tasarım yapılabilmesi için TDH şeritler ile yapışma yüzeyi arasındaki gerilme dağılımı, yük-sıyrılma deplasmanı davranışının belirlenmesi giderek önem kazanmaktadır. TDH şeritlerle güçlendirilen bir yığma duvar yapı elemanında, kompozit şeritler ve yığma duvar arasındaki arayüzeyde oluşan kayma gerilmeleri şematik olarak Şekil 1.4'te gösterilmiştir.



Şekil 1.4. TDH şeritler ve yığma duvar arasındaki arayüzde oluşan kayma gerilmeleri

Mevcut literatür incelendiğinde son yıllarda tekstil katmanı ile harç arasındaki ve TDH ile yığma birimler arasındaki aderans gerilmelerinin ve TDH katmanının çekme dayanımının belirlenmesine yönelik bazı çalışmalar yapılmıştır. Dalalbashi vd. (2018) [34] tarafından yapılan çalışmada tekstil katmanı ile harç arasındaki aderans-sıyrılma davranışının incelenmesi için 3 farklı deney düzeneği tasarlanmıştır. Çalışma sonucunda deney düzeneklerinden elde edilen veriler karşılaştırılmış olup, seçilen etkili harç alanının sonuçları etkileyen önemli bir parametre olduğu vurgulanmıştır. Betorlesi vd. (2022) [35] tarafından yapılan deneysel çalışmada, TDH katmanına kupon çekme ve düz tuğla duvar üzerine yapıştırılan TDH şeride yüzeyden çekme deneyi uygulanmıştır. Çalışmada, birim şekil değiştirme değerleri optik ölçüm düzeneği kullanılarak elde edilmiştir. Oddo vd. (2021) [36] tarafından TDH'nin çekme davranışının incelenmesi hakkında yapılan derleme çalışmasında, TDH malzemelerinin giderek yaygınlaşmasına rağmen, tekstil, harç ve yapıştırılan yüzey arasındaki gerilme mekanizmasının karmaşıklığı nedeniyle, bu yenilikçi kompozit malzemenin aderans-sıyrılma ilişkisinin modellenmesinin önemli olduğu ve literatürde eksik olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca yapılan çalışmada, TDH malzemelerinin çekme davranışının tahmin edildiği üç farklı mevcut basitleştirilmiş analitik modeller de incelenmiştir. (Aveston–Cooper–Kelly (ACK) modeli [37], Minafò ve La Mendola modeli [38], Tension Stiffening Model [39]). Angiolili vd. (2021) [40] tarafından İtalyada bulunan mevcut tarihi bir yapı üzerindeki TDH ile güçlendirilen bir bölümde yapılan deneysel

çalışmada mevcut bir model bulunmadığı için TDH şeritler ile yığma taş birim arasındaki aderans davranışı etkisini hesaba katmak için düzeltme katsayısı kullanmıştır. Wang vd. (2021) [41] tarafından yapılan bir başka deneysel çalışmada ise, TDH katmanının çekme dayanımı, tekstil ile harç arasındaki aderans ve TDH ile tuğla duvar arasındaki aderans üzerinde araştırma yapılmıştır. Tek bir yığma birim türü üzerinde yapılan deneysel çalışmada, harç tipi, ankraj kullanımı, TDH şerit genişliği ve aderans boyu sabit olarak dikkate alınmış ve çalışma sonucunda bir model önerilmemiştir.

Mevcut literatürde farklı yığma birimler ile TDH şeritler arasındaki arayüzeyde meydana gelen aderans gerilmesi-sıyrılma deplasmanı davranışı için harç tipi, yığma birim türü, ankraj kullanımı, TDH şerit genişliği ve aderans boyu değişkenlerinin göz önüne alındığı genelleştirilebilecek bir malzeme modeli bulunmamaktadır. Tez çalışması kapsamında TDH şeritler ile yığma birimler arasındaki arayüzeyin aderans gerilmesi-sıyrılma deplasmanı davranışı için harç tipi, yığma birim türü, ankraj kullanımı, TDH şerit genişliği ve aderans boyu değişkenlerinin göz önüne alındığı deneysel bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

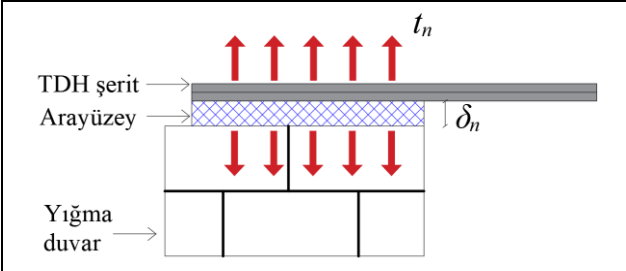
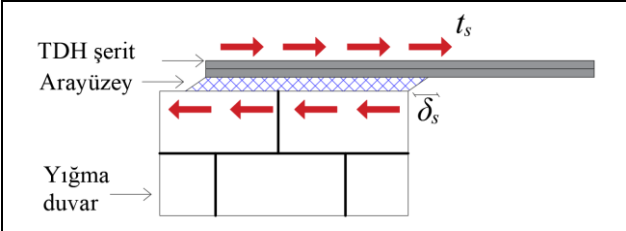
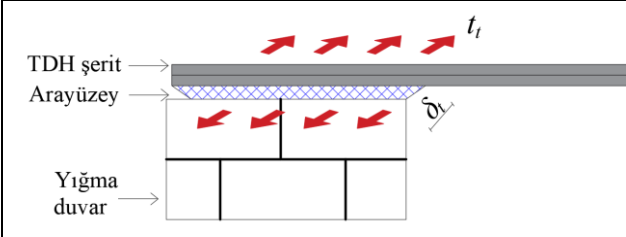
TDH şeritler ile güçlendirilecek yığma yapıların ön tasarım aşamasında kapasitelerinin hesaplanıp güçlendirme detaylarının belirlenmesi için nümerik analiz modellerinin oluşturulması gerekmektedir. Nümerik analiz çalışmalarında yığma duvarlar ve TDH şeritler arasındaki kohezif davranışın modellerde dikkate alınabilmesi için arayüzeyde meydana gelen aderans gerilmesi-sıyrılma deplasmanı malzeme modelinin bilinmesi son derece önemlidir. Bu kapsamda deneysel programda yer alan 48 adet deney numunesi üzerinde gerçekleştirilen deneysel çalışma sonucunda elde edilen yük-deplasman ilişkileri ve birim şekil değiştirme dağılımlarından faydalanılarak genelleştirilmiş arayüzey gerilmesi-sıyrılma deplasmanı malzeme modelleri önerilmiştir.

Yüzey tabanlı kohezif bölge modeli (Çekme-ayırma kanunu)

Yüzey tabanlı kohezif bölge modelleme (Cohesive Zone Modelling- CZM), kompozit malzemeler ve ince yapışkan ara yüzeyler gibi yapı malzemelerinin mekanik davranışlarını incelemek için kullanılan önemli bir yöntemdir. Bu modelleme, TDH şeritleri ve yığma duvarlar arasındaki etkileşimleri analiz ederek yük taşıma kapasitesini ve hasar ilerleyişini simüle etmektedir.

Yüzey tabanlı kohezif bölge modeli, ara yüzeydeki gerilme (t) ve yer değiştirme (δ) arasındaki ilişkiyi tanımlayan çekme-ayırma (traction-separation) yasasına dayanmaktadır. Bu yasa üç ana gerilme ve yer değiştirme bileşeni bulunmaktadır. Gerilme ve yer değiştirme bileşenleri Çizelge 1.1’de detaylı olarak gösterilmiştir

Çizelge 1.1 Yüzey tabanlı kohezif bölge modelindeki bileşenler

Şematik gösterim	Doğrultu	Gerilme bileşeni	Deplasman bileşeni
	Direkt çekme	t_n	δ_n
	Kayma-1	t_s	δ_s
	Kayma-2	t_t	δ_t

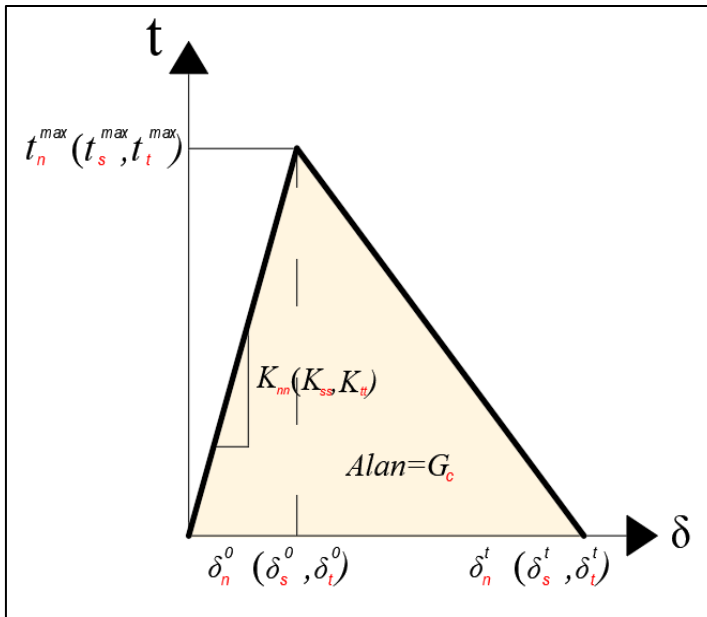
Doğrudan çekme bileşeni (t_n ve δ_n): TRM şeridine dik yönde uygulanan yükleri tanımlamakta ve TRM şeridinin yığma duvardan kopma davranışını simüle etmektedir.

Birinci kayma bileşeni (t_s ve δ_s): TRM şeridi boyunca yatay kayma gerilmesini tanımlamakta ve kayma çatlamlarının başlangıcını ve ilerlemesini incelemektedir. İkinci kayma bileşeni (t_t ve δ_t): Yüzeğe paralel diğer kayma yönünü temsil etmekte ve çeşitli yükleme durumlarında dikkate alınmaktadır.

Bu bileşenlerin elastik bölgedeki davranışı, elastik rijitlik modülleri (K_{nn} , K_{ss} , K_{tt}) ile tanımlanmakta ve gerilme-yer değiştirme ilişkisi Eş.1.1'de verilen matris formunda ifade edilmektedir.

$$t = \begin{bmatrix} t_n \\ t_s \\ t_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{nn} & 0 & 0 \\ 0 & K_{ss} & 0 \\ 0 & 0 & K_{tt} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \delta_n \\ \delta_s \\ \delta_t \end{bmatrix} \quad (1.1)$$

Çekme ayırma yasında elastik fazın ardından ara yüzeyin maksimum gerilme (t_{maks}) noktasına ulaştığı ve yük taşıma kapasitesinin azalmaya başladığı bölge hasar bölgesi olarak tanımlanmaktadır. Bu aşamada enerji kavramı kritik önem taşımaktadır. Şekil 1.5.'te gösterilen çekme-ayırma eğrisi, ara yüzeydeki enerjinin elastik ve hasar fazlarında nasıl davrandığını göstermektedir. Eğrinin altındaki alan, ara yüzeyin kopma ya da çatlama dayanıklılığını temsil eden kritik enerji salınım hızı (G_c) ile ilişkilendirilmektedir. Bu enerji, malzemenin çatlak yayılması ve ayrışma süreçlerini simüle etmek için kullanılmaktadır.



Şekil 1.5. Kohezif bölge modelinde kullanılan çekme-ayırma davranışı eğrisi

Hasar bölgesinde, enerjin tüketiminin rolü, ara yüzeyin yük taşıma kapasitesinde azalma gösterdiği süreçte belirgin hale gelmektedir. Elastik enerji, malzeme kopmadan önce salınmakta ve bu enerji, çatlak yayılmasını ve ayrışma sürecini desteklemektedir. Kopma anında, malzeme tarafından absorbe edilen enerji, malzemenin kopmasına neden olmakta ve bu, çekme-ayırma eğrisinin altındaki toplam alanla temsil edilmektedir.





2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Deney numuneleri

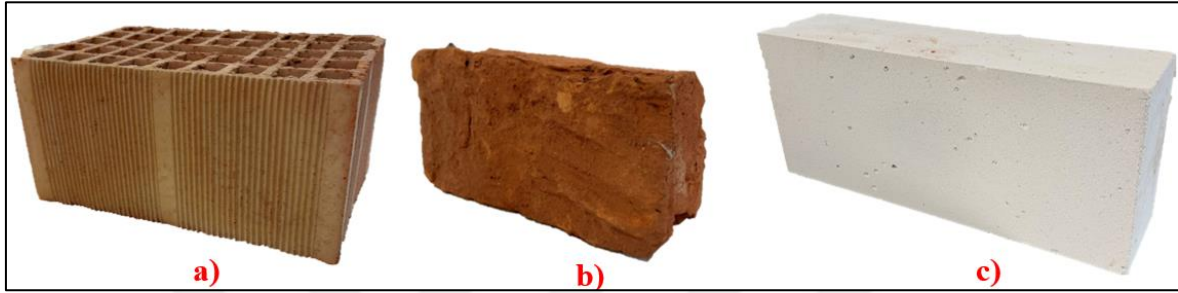
Deneyisel çalışmada, yığma birimler üzerinde yapıştırılacak olan farklı genişliklerdeki TDH şeritler hidrolik yükleme sistemi kullanılarak aksenal yük ile yüzeyden çekilecektir. Bu kapsamda oluşturulan deneyel programda harç tipi, yığma birim türü, ankraj kullanımı, TDH şerit genişliği ve aderans boyu Çizelge 2.1’de sunulduğu üzere deneyel değişken olarak dikkate alınmıştır. Toplamda 48 adet deney elemanından oluşacak deneyel çalışma, boşluklu kil tuğla, dolu harman tuğlası ve gaz betondan oluşan yığma elemanlar üzerinde gerçekleştirilecektir. Deneyel programda değişken olarak yer alan harç tipleri, tekstil kompozit şeritlerin yığma birimlere yapıştırılmasında kullanılan geleneksel harç ve lif takviyeli özel harçtır. TDH şeritlerin yüzeyden sıyrılmasını geciktirdiği bilinen fan tipi ankrajın kullanıp kullanılmaması da deneyel programda göz önüne alınan bir başka değişkendir. Söz konusu deneyel çalışma için TDH şerit genişliği 50 mm ve 100 mm olarak, aderans boyu ise 150 mm ve 250 mm olarak seçilmiştir.

Çizelge 2.1 Deney elemanlarının özellikleri

Deney Elemanı No	Harç Türü	Yığma Birim Türü	Ankraj Kullanılması	TDH Şerit	
				B _{TRM} Genişliği (mm)	L _{TRM} Yapışma Boyu (mm)
1	Standart Harç	Boşluklu Kil Tuğla	Var	50	150
2				250	
3				100	150
4					250
5			Yok	50	150
6				250	
7				100	150
8					250
9		Dolu Harman Tuğlası	Var	50	150
10				250	
11				100	150
12					250
13			Yok	50	150
14				250	
15				100	150
16					250
17		Gazbeton	Var	50	150
18				250	
19				100	150
20					250
21			Yok	50	150
22				250	
23				100	150
24					250
25	Lif Takviyeli Özel Harç	Boşluklu Kil Tuğla	Var	50	150
26				250	
27				100	150
28					250
29			Yok	50	150
30				250	
31				100	150
32					250
33		Dolu Harman Tuğlası	Var	50	150
34				250	
35				100	150
36					250
37			Yok	50	150
38				250	
39				100	150
40					250
41		Gazbeton	Var	50	150
42				250	
43				100	150
44					250
45			Yok	50	150
46				250	
47				100	150
48					250

2.2. Deney numunelerinin üretimi

Tez çalışması kapsamında deneysel çalışma için hazırlanan deney numunelerinin üretiminde, düşey boşluklu yığma yapı tuğlası, dolu harman tuğlası ve gaz beton olmak üzere üç farklı yığma birim kullanılmıştır. Deney elemanlarının üretiminde kullanılan yığma birimler Resim 2.1’de gösterilmiştir.



Resim 2.1. Deney elemanlarının üretiminde kullanılan yığma birimler

Deneysel numunelerin üretiminde kullanılan; boşluklu yığma yapı tuğlaları $275 \times 175 \times 130$ mm dolu harman tuğlaları $190 \times 90 \times 50$ mm, gaz beton bloklar ise $600 \times 250 \times 150$ mm boyutlarındadır. Resim 2.1’de bulunan farklı türde birimler; (a) boşluklu tuğla, (b) dolu harman tuğlası, (c) gazbeton kullanılarak mevcut yığma yapıların taşıyıcı duvarlarını temsil eden duvar numuneleri üretilmiştir.

Yığma yapıların duvarını oluşturan birimleri bir arada tutan harç katmanı aynı zamanda duvarın sürekliliğini sağlamaktadır. TS-2848 standartına göre harçlar dayanımlarına göre 5 sınıfa ayrılmaktadır. 3:1 oranında kum, çimento karışımı A sınıfı harç olarak tanımlanmakta ve bu tip harçların basınç dayanımı 15 MPa olmaktadır. Boşluklu tuğla ve harman tuğladan oluşan duvar numunelerinin üretiminde, harç katmanlarında daha homojen bir yapı elde edilmesi amacıyla TS-2848 standartında belirtilen A sınıfı harcın mekanik özellikleri ile benzer olan çimento esaslı SikaRepair-645® hazır harç ürünü kullanılmıştır (Resim 2.2).



Resim 2.2. Numunelerin üretiminde kullanılan harç ürünü ve hazırlanması

Boşluklu yığma tuğlalardan oluşan duvar numunelerinin üretiminde, üst üste 2 sıra olacak şekilde 3 tam 2 yarım olmak üzere toplamda 4 adet boşluklu tuğla kullanılmıştır. Derzlerin düşey ekseninde çakışmaması amacıyla ikinci sıranın köşelerinde yarım tuğla kullanılmıştır (Resim 2.3). Deneysel programa göre toplam 16 adet boşluklu tuğladan oluşan duvar numunesi üretilmiştir.



Resim 2.3. Boşluklu tuğladan oluşan duvar numunelerinin üretimi

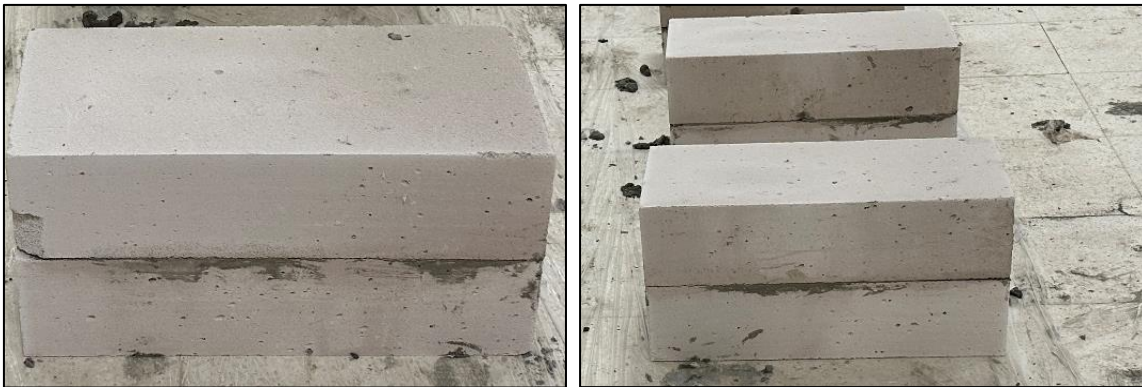
Dolu harman tuğlasından oluşan duvar numunelerinin üretiminde, üst üste 5 sıra olacak şekilde ve her sırada 3'er adet olmak üzere toplamda 15 adet dolu harman tuğlası

kullanılmıştır. Derzlerin düşey ekseninde aynı eksen üzerinde çakışmaması amacıyla, üst üste her sırada şaşırtma yapılmıştır (Resim 2.4). Deneysel programa göre toplam 16 adet dolu harman tuğlasından oluşan duvar numunesi üretilmiştir.



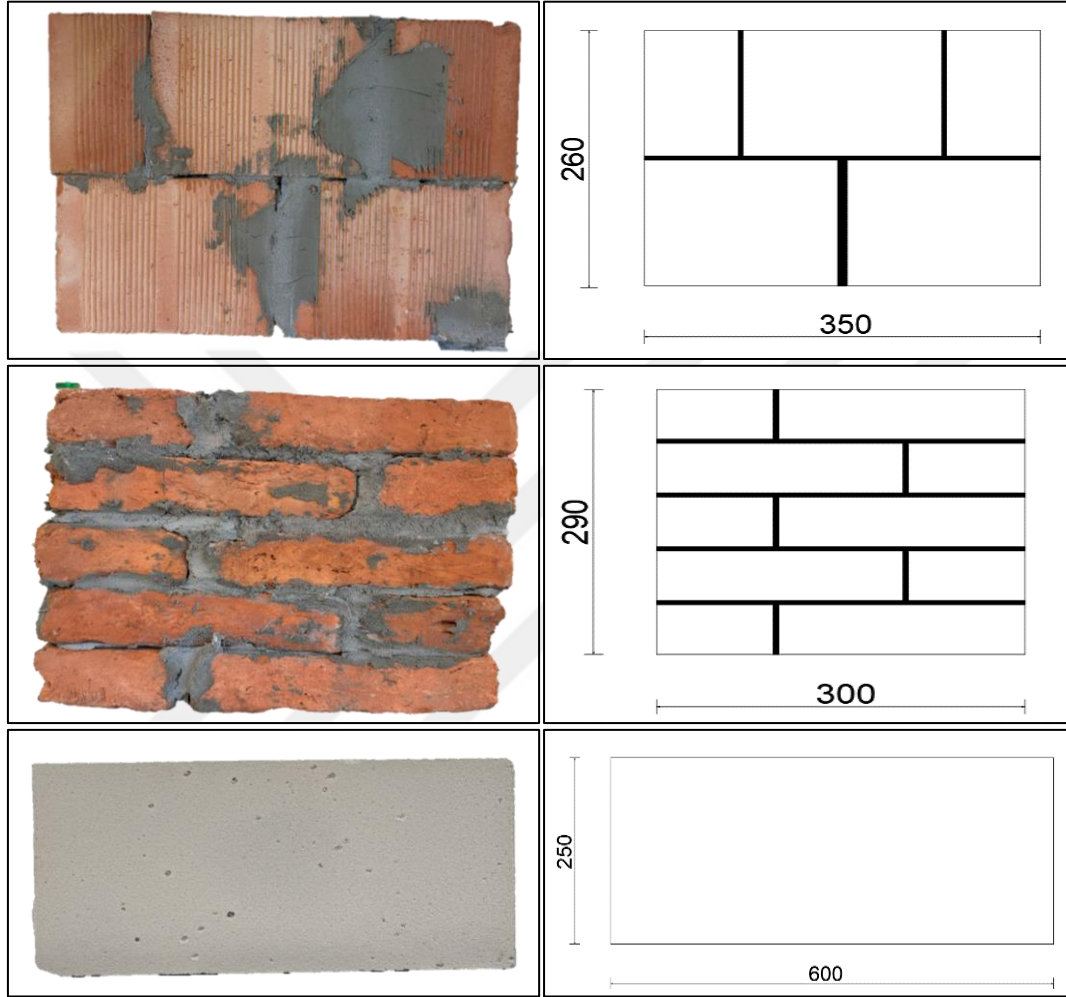
Resim 2.4. Dolu harman tuğlasından oluşan duvar numunelerinin üretimi

Gaz beton bloklardan oluşan duvar numuneleri ise 2 adet $600 \times 250 \times 150$ mm boyutlarında gaz beton bloğun uzun kenarları boyunca birbirine yapıştırılması ile üretilmiştir. Gaz beton blokların üretiminde, çimento esaslı hazır gaz beton yapıştırıcısı kullanılmıştır (Resim 2.5). Deneysel programa göre toplam 16 adet gaz beton bloktan oluşan duvar numunesi üretilmiştir.



Resim 2.5. Gaz beton bloklardan oluşan duvar numunelerinin üretimi

Tez çalışması kapsamında farklı yığma birimlerden üretilen deney numunelerinin tipik görüntüleri ve ölçüleri Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Üretim aşamasının sonunda 48 adet deney elemanı Resim 2.6’da gösterilmiştir



Şekil 2.1. Farklı yığma birimlerden üretilen duvar numuneleri ve boyutları (mm)



Resim 2.6. Üretilen 48 adet deney elemanı

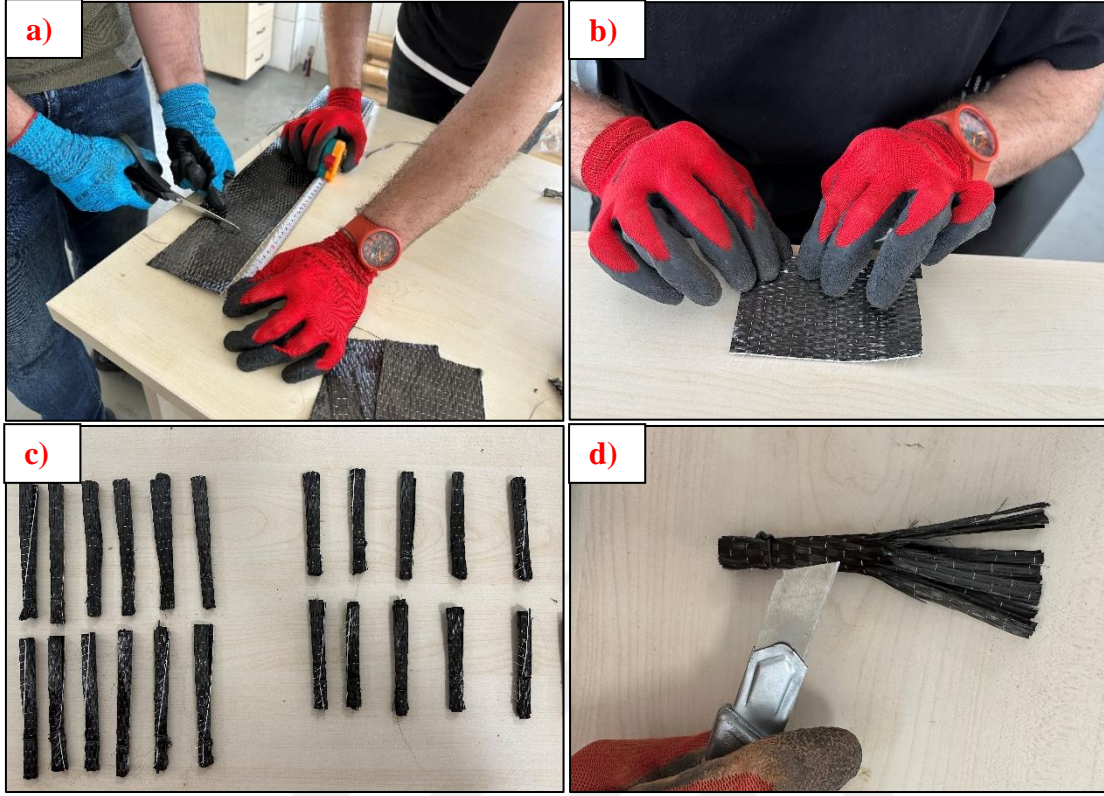
2.3. Deney numunelerinin güçlendirilmesi

Tez çalışması kapsamında çimento esaslı harçlar kullanılarak üretilen deney elemanları 28 gün boyunca uygun nem ve sıcaklıktaki laboratuvar ortamında bekletildikten sonra üretilen duvar numunelerinin TDH şeritlerle güçlendirme işlemine geçilmiştir. Deneysel programda TDH şeritlerin genişliği, yapışma uzunluğu ve ankraj kullanımı değişken olarak yer almaktadır. Güçlendirme aşamasında öncelikle 50 mm ve 100 mm genişliğe sahip TDH şeritler 150 mm ve 250 mm yapışma uzunluğuna uygun olacak şekilde kesilmiştir (Resim 2.7).



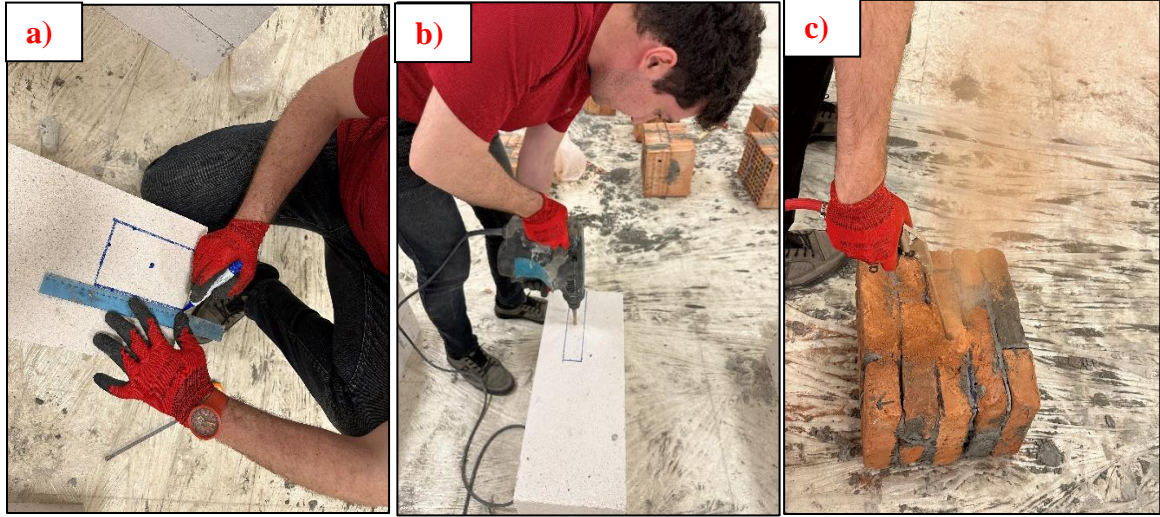
Resim 2.7. Farklı genişlik ve uzunluklardaki TDH şeritlerin kesilmesi

Duvar numuneleri üzerine yapıştırılacak olan TDH şeritlerin çekme kuvveti etkisi altında yüzeyden soyulmasını geciktirmesi amacıyla, CFRP ankraj kullanımı deney programında değişken olarak yer almıştır. CFRP kumaş kullanılarak üretilen fan tipi ankrajlar, Resim 2.8’de gösterildiği gibi hazırlanmıştır. Öncelikle CFRP kumaşlar 100×80 mm boyutlarında kesilmiştir. Ardından kesilen CFRP kumaşlar 10 mm çapında 6 cm uzunluğundaki betonarme donatılarına sarılmış ve bağ teli ile bağlanmıştır. Uygulamada ankrajın eleman yüzeyine yapışacak olan fan kısmı maket bıçağıyla kesilerek fan tipi ankraj hazırlanmıştır. Resim 2.8’de a) CFRP kumaşların kesilmesi, b) Kesilen kumaşların betonarme donatısına sarılmasını, c) Hazırlanan ankrajları d) Maket bıçağı ile yüzeye yapışacak fan kısımların oluşturulmasını göstermektedir.



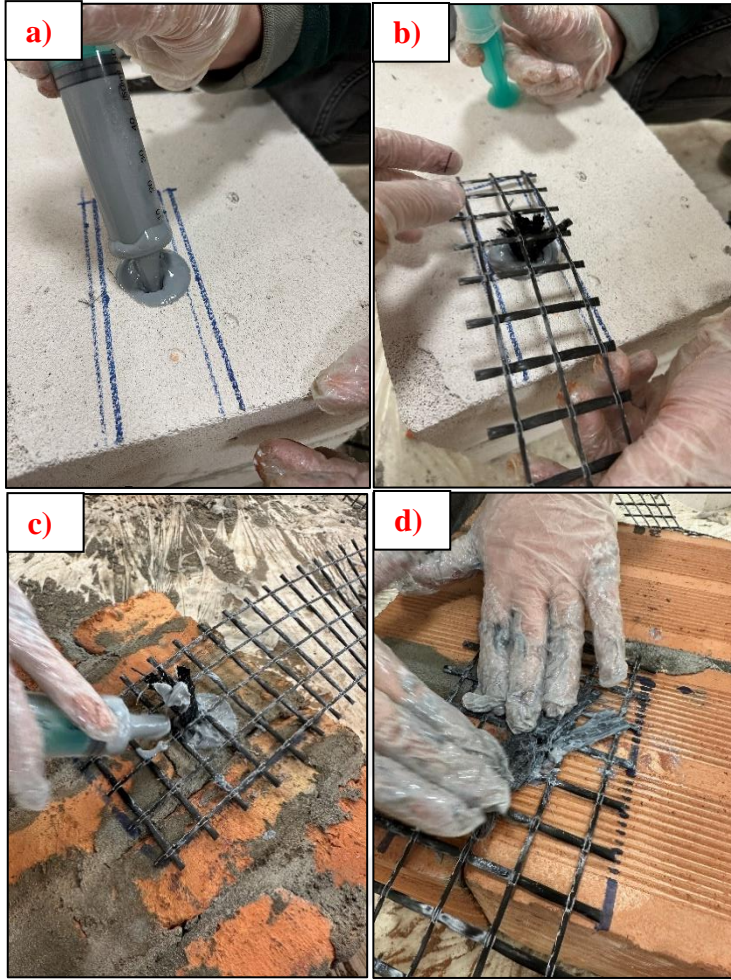
Resim 2.8. Fan tipi ankrajların hazırlanması

Yığma duvar numunelerine uygulanacak olan farklı genişlik ve uzunluktaki TDH şeritlerin deney elemanları üzerinde yapıştırılacağı yerler Resim 2.9-a' da görüldüğü gibi çizilmiştir. Ankraj uygulanacak olan deney numunelerinde ankrajın uygulanacağı nokta da işaretlenmiştir. CFRP fan tipi ankrajların uygulanacağı noktalar 10 mm matkap ucu ile 6 cm uzunluğunda delinmiştir (Resim 2.9-b). Reçine esaslı epoksi ile numune içine ankre edilecek olan fan tipi ankrajların daha iyi yapışması için deliklerin içi ve şeritlerin yapıştırılacağı yüzeyler kompresör yardımıyla tozdan arındırılmıştır (Resim 2.9-c)



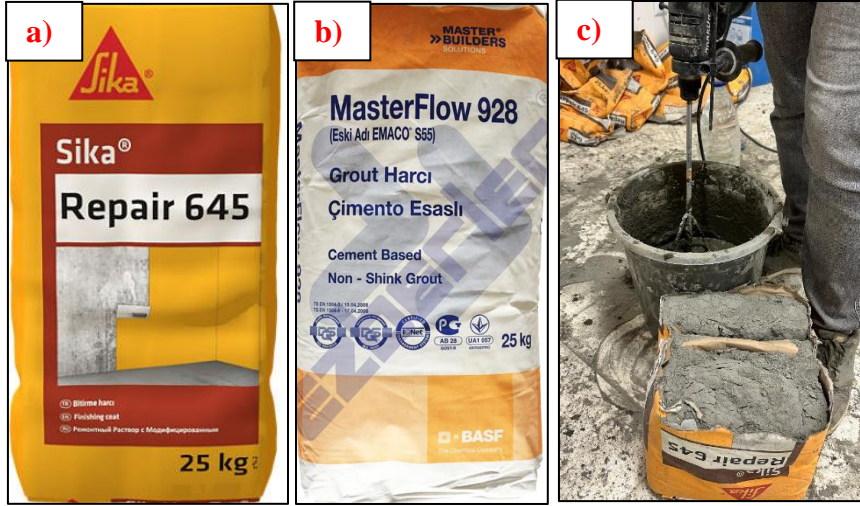
Resim 2.9. Güçlendirilecek yüzeylerin hazırlanması

TDH şeritlerin yapıştırılacağı yüzeyler güçlendirme yapılmadan önce ankraj kullanılacak olan deney elemanlarına ankrajlar yerleştirilmiştir. Çift bileşenli reçine esaslı epoksi karışımı hazırlanarak enjektörler yardımı ile ankraj delikleri epoksi doldurulmuştur (Resim 2.10-a). CFRP fan tipi ankrajlar karbon ağların içinden geçirilerek hazırlanan deliklere yerleştirilmiştir (Resim 2.10-b). Ankrajların fan kısmı karbon ağların üzerine açılarak epoksi ile yapıştırılmıştır (Resim-2.10-c, d).



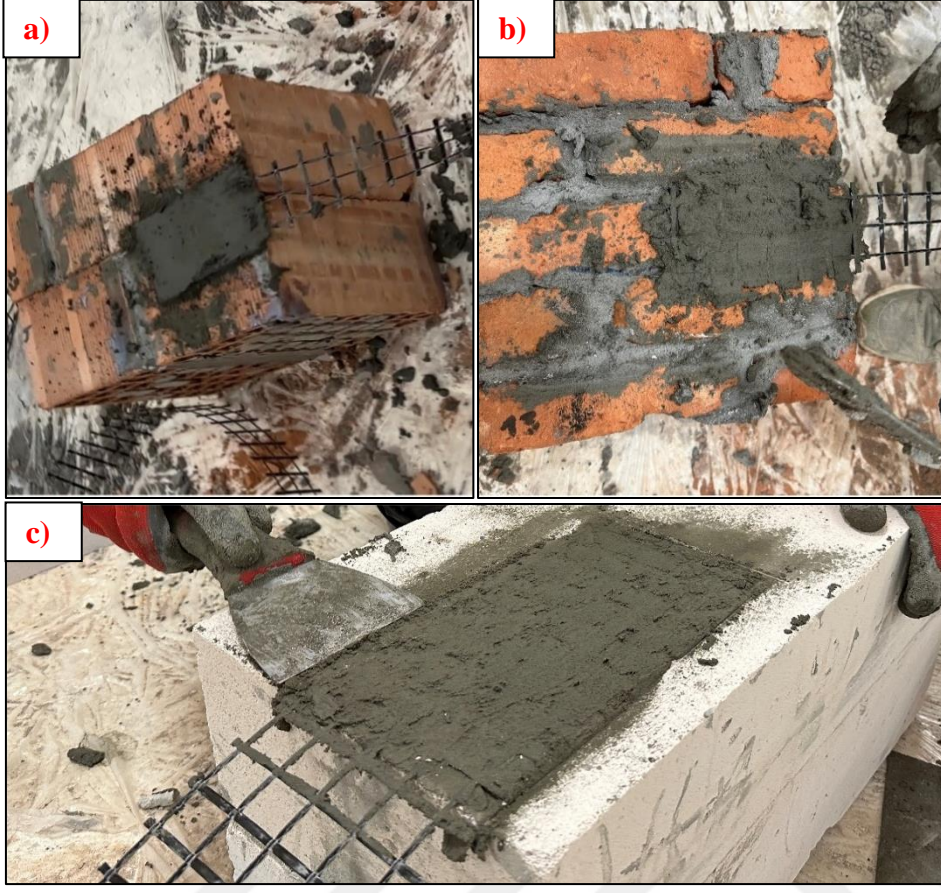
Resim 2.10. CFRP fan tipi ankrajların uygulanması

Tekstil donatılı harç (TDH) yönteminde karbon tekstillerin yüzeye yapıştırılmasında inorganik çimento esaslı harçlar kullanılmaktadır. Deneysel program göz önüne alındığında TDH şeritler ile güçlendirme uygulamasında normal harç ve lif takviyeli özel harç olmak üzere iki farklı harç türü bulunmaktadır. Deneysel programdaki normal harç sınıfı için SikaRepair-645® hazır harç ürünü, lif takviyeli yüksek dayanımlı özel harç sınıfı için ise MasterFlow-928® hazır harç ürünü kullanılmıştır. TDH ile güçlendirme yönteminde kullanılan harç türleri ve çimento esaslı harçların hazırlanması Resim 2.11’de gösterilmiştir. Resim 2.11’de a) Normal harç sınıfında kullanılan ürünü, b) özel harç sınıfında kullanılan ürünü, c) çimento esaslı harçların su ile karıştırılması işlemini göstermektedir. Çimento esaslı harçlar üretici tarafından verilen tarife göre karıştırıcı yardımıyla su ile karıştırılarak hazırlanmıştır.

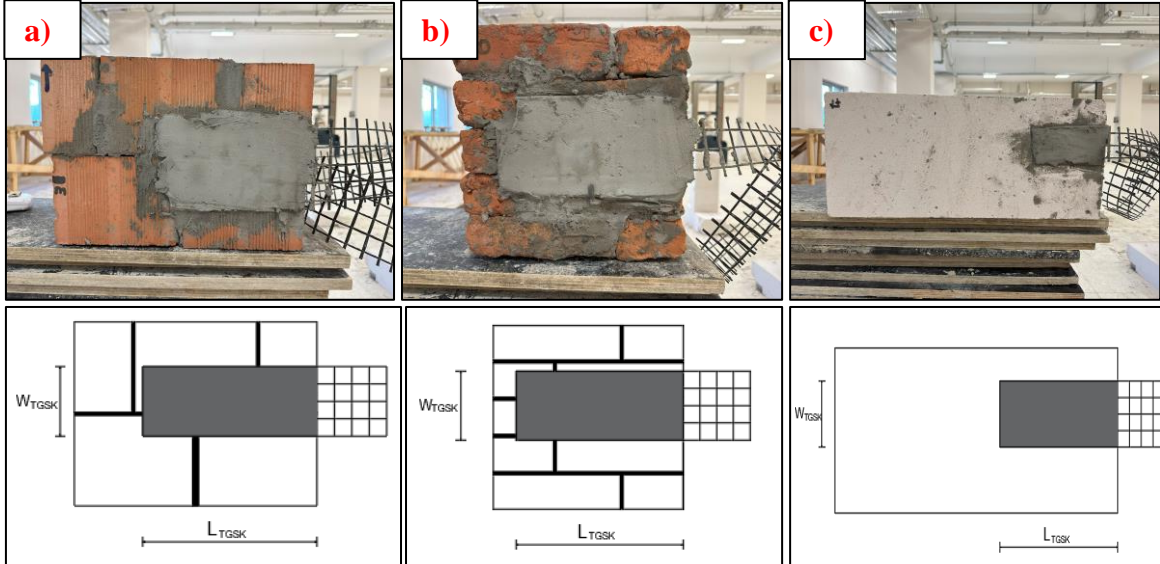


Resim 2.11. Güçlendirme uygulamasında kullanılan harçlar

Resim 2.9 ve 2.10'da gösterildiği gibi yüzeyleri hazırlanan duvar numunelerine TDH şeritler ile güçlendirme yapılmıştır. Öncelikler hazırlanan yüzeye çimento esaslı harç 4-5 mm kalınlığında sürülmektedir. Ardından belirlenen genişlik ve uzunluğa göre kesilen karbon ağlar yüzeye sürülen harç tabakasının üzerine yerleştirilerek üzerine ikinci tabaka olarak 4-5 mm kalınlığında harç sürülmektedir. Ankrajlı olan numunelerde ise karbon ağ kaldırılarak altında kalan yüzeye harç sürülmekte ve ardından ikinci tabaka da karbon tekstil ağ üzerine uygulanmaktadır. Üç farklı duvar numunesi tipi üzerine TDH şeritler ile güçlendirme uygulaması Resim 2.12'de gösterilmiştir. Güçlendirme işlemi tamamlanan deney elemanlarının görüntüsü ve şematik çizimi Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Şekil 2.2'de a) Boşluklu tuğladan oluşturulan duvar numunelerini, b) dolu harman tuğla kullanılarak oluşturulan duvar numunelerini ve c) gaz beton bloklardan oluşan duvar numunelerini göstermektedir. Güçlendirme uygulamasının tamamlanmasından sonra çimento esaslı olan harçların uygun nem ve sıcaklıkta kürlenmesi sağlanmıştır (Resim-2.13).



Resim 2.12. TDH şeritlerin yüzeylere uygulanması



Şekil 2.2. TDH şeritler ile güçlendirilen deney elemanları



Resim 2.13. Deney elemanlarının uygun sıcaklık ve nemde kürlenmesi

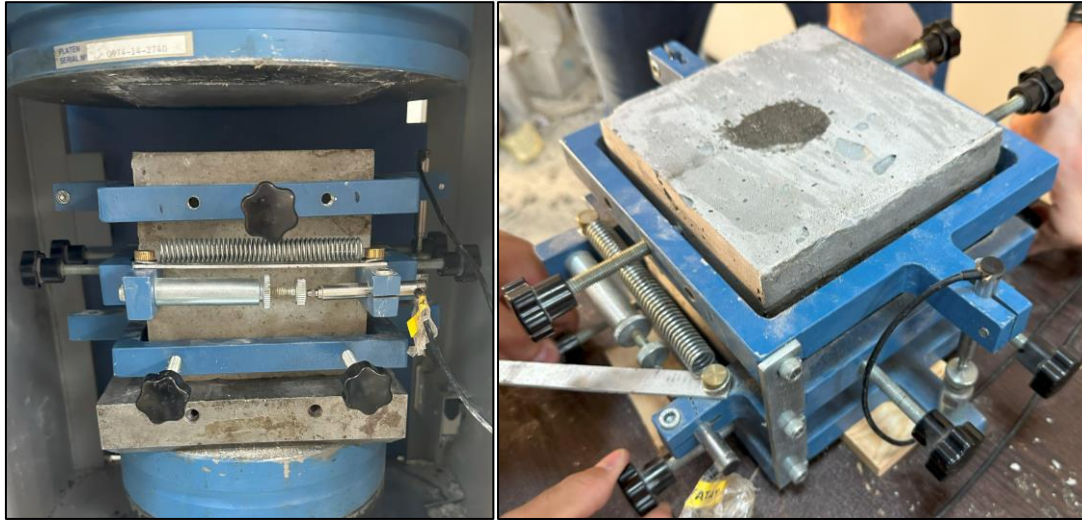
2.4. Malzeme mekanik özelliklerinin belirlenmesi

Duvar numunelerinin üretiminde ve güçlendirme uygulamasında kullanılan harç malzemelerinin mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, 4'er adet $150 \times 150 \times 150$ mm boyutlarında küp numune ve 3'er adet $40 \times 40 \times 160$ mm boyutlarında prizma numuneler hazırlanmıştır (Şekil 2.14).



Resim 2.14. Harç mekanik özelliklerinin belirlenmesi için üretilen numuneler

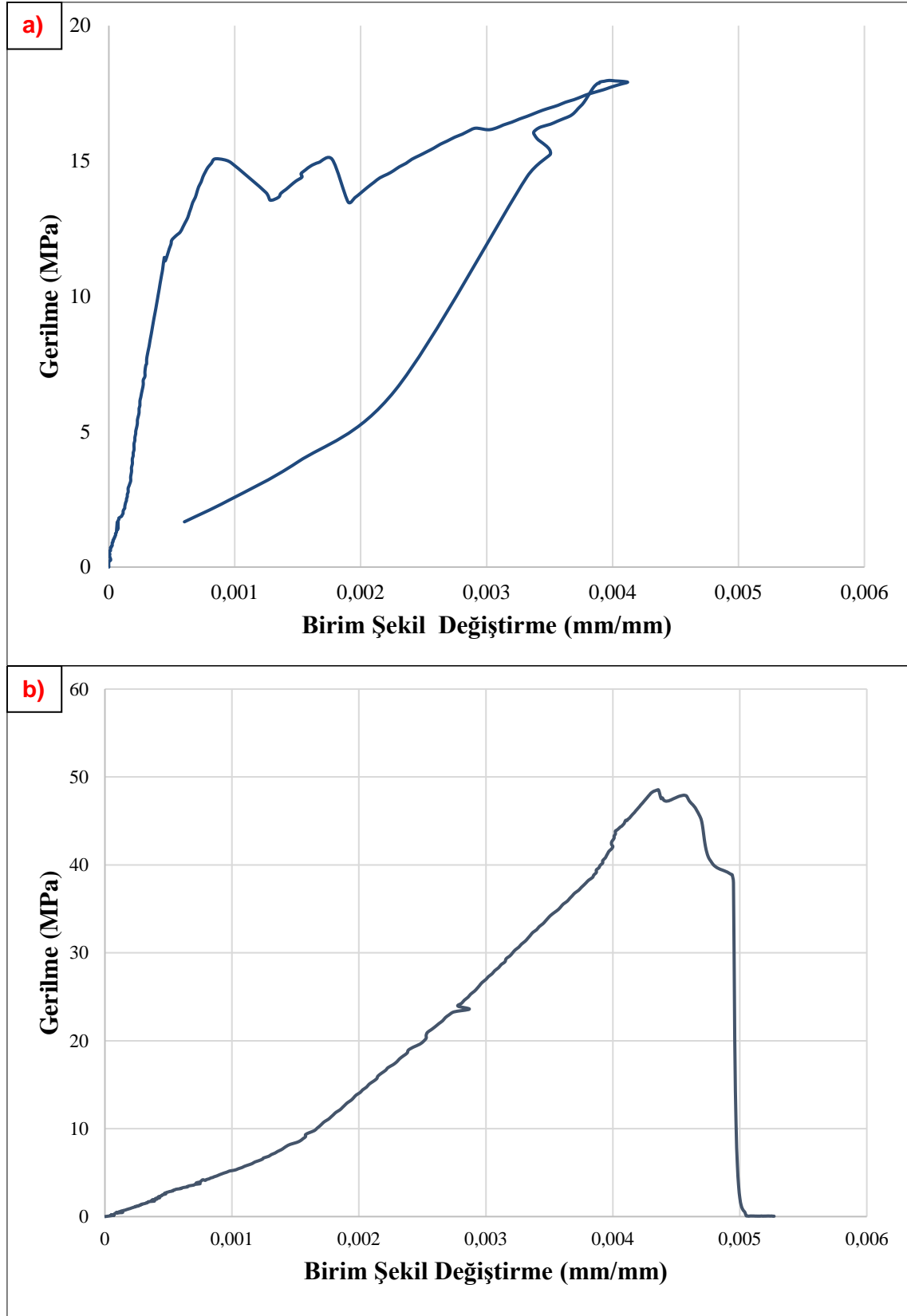
Hazırlanan numuneler test edilerek harç malzemelerine ait birim hacim ağırlık, 7 ve 28 günlük basınç dayanımları ve 28 günlük eğilmede çekme dayanımı elde edilmiştir. Ayrıca, 28 günlük küp numuneleri test edilirken gerilme-birim deformasyon ilişkisini elde etmek amacıyla Resim 2.15'te gösterilen ölçüm düzeneği kullanılmıştır. Şekil 2.15'te gösterilen ölçüm düzeneğinde düşeyde bulunan 0,01 mm hassasiyetli LVDT kullanılarak her yükleme adımı için yüke karşı gelen birim deformasyon değeri hesaplanılmıştır. Harç numunelerine ait mekanik özellikler Çizelge 2.2'de verilmiştir. 28 günlük küp numunelerden elde edilen gerilme-birim şekil değiştirme ilişkileri ise Şekil 2.3'te gösterilmiştir. Güçlendirmede kullanılan iki farklı çimento bazlı harç ürünü (Sika Repair-645 ve Master Flow-928 ©) için üretici firmalar tarafından belirlenen mekanik özellikleri Çizelge 2.3'te verilmiştir.



Resim 2.15. Gerilme-gerinim ilişkisinin elde edilmesi için kullanılan düzenek

Çizelge 2.2. Deneysel çalışmada kullanılan harçların mekanik özellikleri

Harç Tipi	Kür Süresi	Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	Basınç Dayanımı (MPa)	Elastisite Modülü (MPa)
Normal Harç	7	1,62	14,04	17940
	28	1,66	17,80	
	28	1,62	18,00	
	28	1,62	19,50	
Özel Harç	7	2,23	37,9	11120
	28	2,24	48,0	
	28	2,25	48,5	
	28	2,23	48,8	



Şekil 2.3. Üretici firmalar tarafından belirlenen harç mekanik özellikleri

Çizelge 2.3 Harçlar için üretici firmalar tarafından belirlenen mekanik özellikler

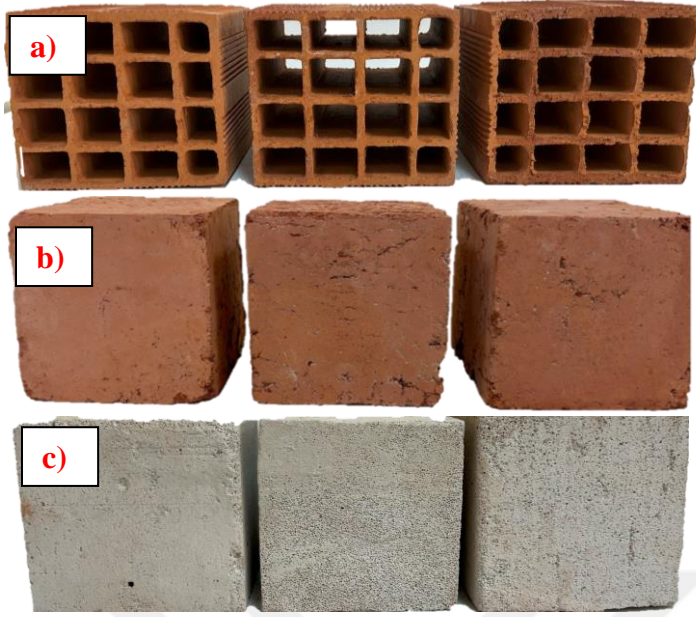
	Sika Repair-645 ©	Master Flow-928 ©
Basınç Dayanımı	1 gün : - 7 gün: 15-25 N/mm ² 28 gün: 25-40 N/mm ²	1 gün : >30 N/mm ² 7 gün: >50 N/mm ² 28 gün: >60 N/mm ²
Eğilme Dayanımı	7 gün: 3, 5 N/mm ² 28 gün: 5,5 N/mm ²	7 gün: - 28 gün: >8,0 N/mm ²
Yapışma Dayanımı	>1,5 N/mm ²	>2 N/mm ²

Tez çalışması kapsamında kullanılan yığma birimlerin basınç yüklemesi altında gerilme-birim deformasyon ilişkileri deneysel olarak belirlenmiştir. Yığma birimlerin gerilme-birim şekil değiştirme davranışlarının elde edilebilmesi için test edilecek numunelerin 15 cm x 15 cm x 15 cm'lik küp boyutlarında olacak şekilde hazırlanması gerekmiştir. Boşluklu tuğla ve gazbeton birimleri 15 cm ölçülerinde kesilerek küp numuneler elde edilmiştir. Ancak, dolu harman tuğlalarının boyutları uygun olmadığı için numuneler kesilerek hazırlanamamıştır. Dolu harman tuğlalarının mekanik özelliklerinin belirlenmesi için farklı bir yöntem izlenmiştir. Resim 2.16'da dolu tuğla mekanik özelliklerinin belirlenmesi için tuğla fabrikasından numune alım süreci: a) Üretim bandı, b) Ahşap kalıplara tuğla karışımının yerleştirilmesi, c) Karışımın sıkıştırılması, d) Hazırlanan küp numuneler gösterilmiştir. Resim 2.16'da görüldüğü üzere 15 cm x 15 cm x 15 cm'lik küp boyutlarında ahşap kalıplar üretilerek aktif olarak tuğla üretimi gerçekleştirilen bir tuğla fabrikasından üretim esnasında numuneler alınmıştır. Dolu harman tuğlası üretiminde kullanılan killi-toprak malzemesi ahşap kalıplara yerleştirilen sıkıştırılmıştır. Hazırlanan küp numuneler tuğlalarla aynı koşulda olacak şekilde 1 hafta boyunca açık havada kurutulduktan sonra 800 C° 'lik fırında pişirilmiştir.

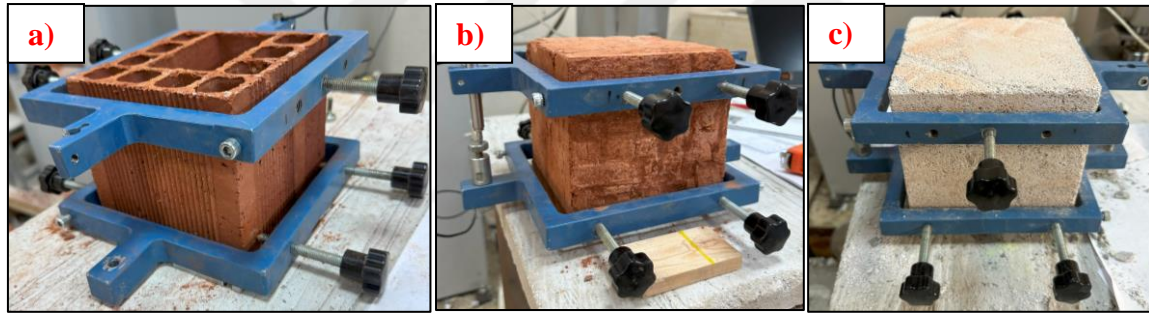


Resim 2.16. Dolu tuğla üretim banından numune alımı

Mekanik özelliklerin belirlenmesi amacıyla üç farklı yığma birim türü için ayrıt uzunlukları 15 cm olan 3'er adet küp numune üretilmiştir (Resim 2.17). Resim 2.17'de a) Boşluklu tuğla, b) Dolu tuğla, c) Gazbeton numuneleri göstermektedir. Hazırlanan her bir numune hassas terazi ile tartılarak malzemelerin birim hacim ağırlıkları belirlenmiştir. Ardından hazırlanan küp numuneler basınç yüklemesi altında test edilirken gerilme-birim deformasyon ilişkisini elde etmek amacıyla Resim 2.18'de gösterilen ölçüm düzeneği kullanılmıştır. Resim 2.18'de gösterilen ölçüm düzeneğinde düşeyde bulunan 0,01 mm hassasiyetli LVDT kullanılarak her yükleme adımı için yüke karşı gelen birim deformasyon değeri hesaplanmıştır. Yığma birim numunelerine ait mekanik özellikler Çizelge 2.4'te verilmiştir. Küp numunelerden elde edilen gerilme-birim şekil değiştirme ilişkileri ise Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



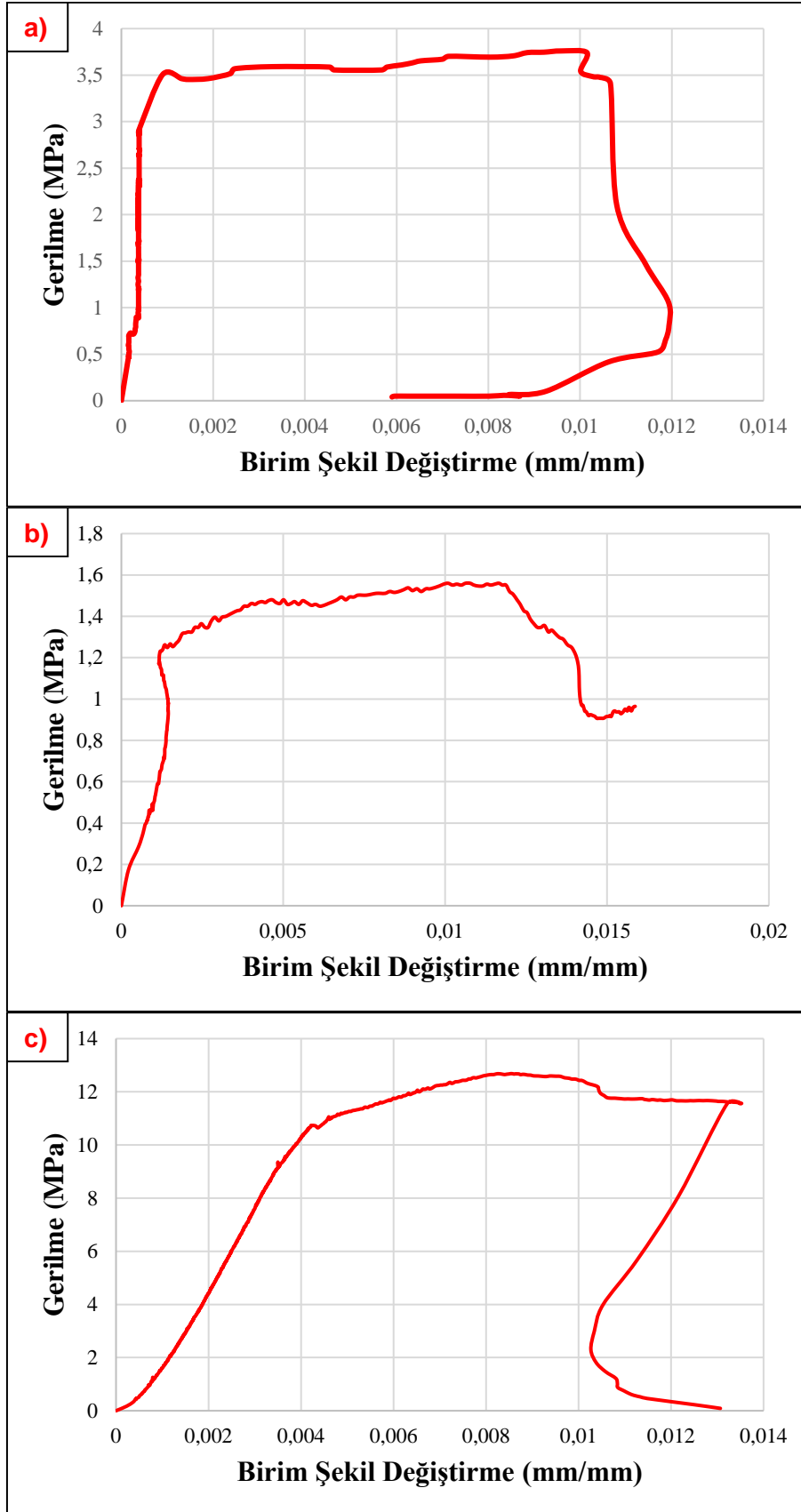
Resim 2.17. Hazırlanan küp numuneler



Resim 2.18. Gerilme-gerinim ilişkilerinin belirlenmesi için kullanılan düzenek

Çizelge 2.4 Deneysel çalışmada kullanılan yığma birimlerin mekanik özellikleri

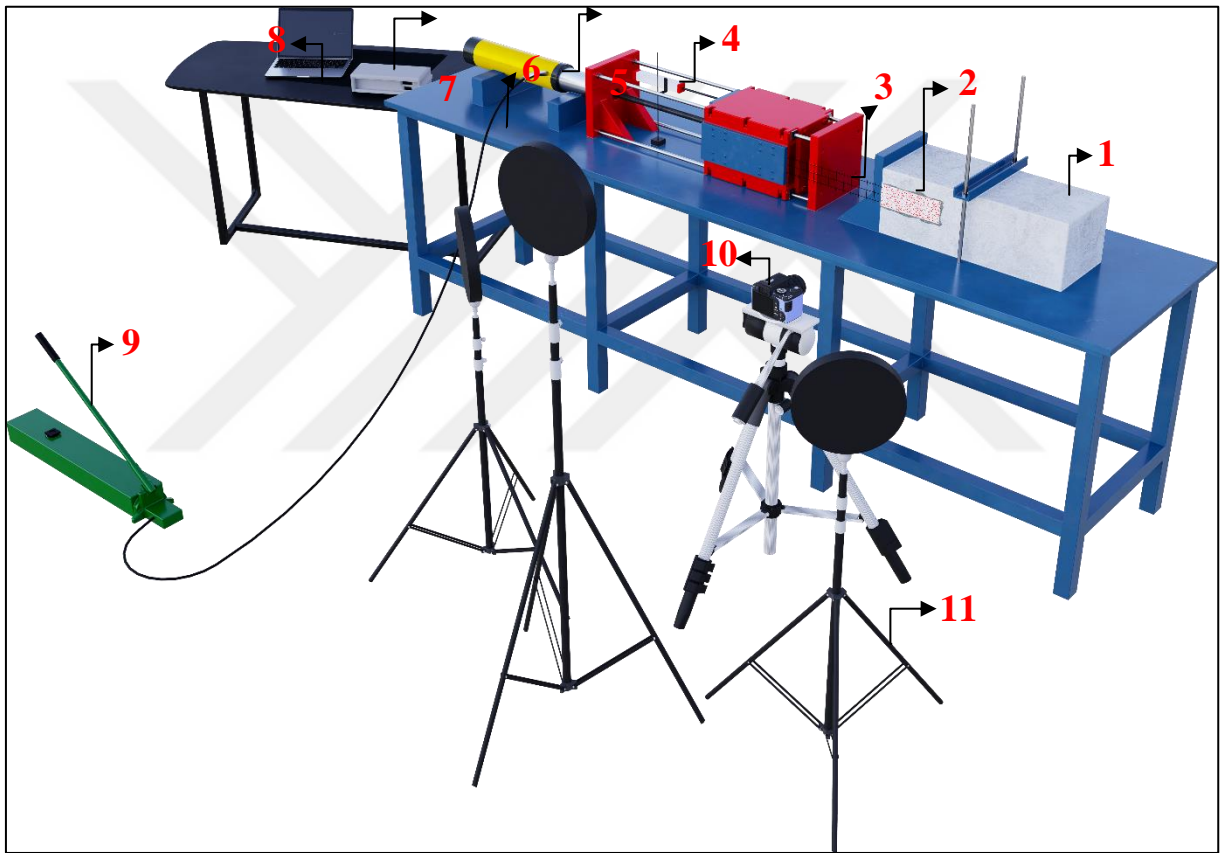
Numune	Birim Hacim (gr/cm ³)	Ağırlık	Basınç Dayanımı (MPa)
Boşluklu Tuğla-1	0,68		2,78
Boşluklu Tuğla-2	0,70		2,62
Boşluklu Tuğla-3	0,69		2,20
Boşluklu Tuğla Ortalama	0,69		2,53
Dolu Harman Tuğla-1	1,68		11,80
Dolu Harman Tuğla-2	1,68		12,45
Dolu Harman Tuğla-3	1,67		12,82
Dolu Harman Tuğla-Ortalama	1,68		12,36
Gazbeton-1	0,49		1,96
Gazbeton-2	0,48		1,56
Gazbeton-3	0,46		1,87
Gazbeton Ortalama	0,48		1,80



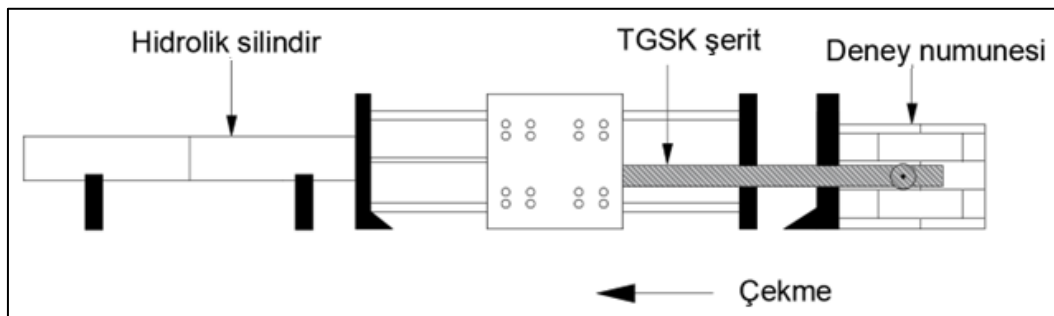
Şekil 2.4. Yığma birimlerin gerilme-birim şekil değişirme ilişkileri

2.5. Yükleme ve ölçüm düzeneği

Deneysel programa uygun olarak güçlendirilen 48 adet deney elemanı, özel olarak hazırlanan yükleme ve ölçüm düzeneğine alınarak TDH şartlarına doğrudan çekme kuvveti uygulanması suretiyle test edilmiştir. Yükleme ve ölçüm düzeneğinin 3 boyutlu detaylı şematik çizimi Şekil 2.5'te gösterilmiştir. Deney düzeneğini oluşturan elemanlar şekil üzerinde numaralandırılmış ve Çizelge 2.5'te tanımlanmıştır. Ayrıca deney düzeneğinin 2 boyutlu şematik çizimi de Şekil 2.6'da verilmiştir.



Şekil 2.5. Yükleme ve ölçüm düzeneğinin 3 boyutlu modeli



Şekil 2.6. Yükleme düzeneğinin şematik çizimi

Çizelge 2.5. Deney düzeneğinde bulunan elemanlar

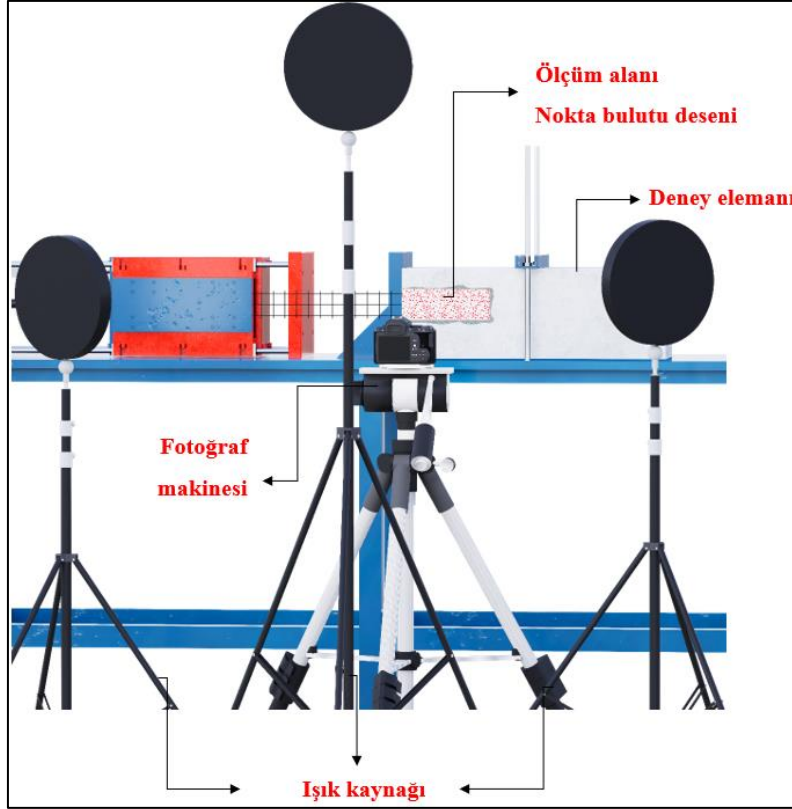
1	Deney numunesi
2	TDH şerit
3	Karbon ağ
4	Potansiyometrik cetvel (LVDT)
5	Yük hücresi (300 kN kapasiteli)
6	Hidrolik kriko (400 kN kapasiteli)
7	Veri toplama sistemi (8 kanallı)
8	Bilgisayar
9	El pompası
10	Yüksek çözünürlüklü fotoğraf makinesi
11	Işık kaynakları

Tez çalışmasında TDH şeritlerdeki birim deformasyon dağılımının, gerinim ölçerler kullanılarak elde edilmesi planlanmıştır. Ancak, son yıllarda inşaat mühendisliği deneysel çalışmalarında kullanımı giderek artan dijital görüntü korelasyonu (DIC) yönteminin TDH şeritlerdeki gerilme dağılımını her iki yönde sürekli olarak vereceği düşünülüp bu yöntemin tez çalışması kapsamında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bunun için deneyi gerçekleştirilen bir adet referans numunesine DIC boyaması yapılmış ve ayrıca 5 adet birim deformasyon ölçer yerleştirilip uzunluk boyunca meydana gelen şekil değişimi iki yöntemle izlenmiştir. Dijital görüntü korelasyonundan elde edilen birim deformasyon değerleri gerinim ölçerler ile doğrulandıktan sonra tüm deneysel çalışmada dijital görüntü korelasyonu (DIC) kullanılmıştır.

2.6. Dijital Görüntü Korelasyonu

Çekme deneyleri esnasında TDH şeritlerin yüzeyinde meydana gelen gerilme ve şekil değiştirme bileşenlerinin yüzey boyunca elde edilmesi amacıyla geleneksel ölçüm tekniklerine alternatif olarak optik temelli bir ölçüm tekniği olan dijital görüntü korelasyonu (DIC) yöntemi kullanılmıştır. Dijital görüntü korelasyonu yönteminde numune yüzeyine hizalanmış yüksek çözünürlüklü fotoğraf makinesi ile belirli aralıklarla görüntü alınmaktadır. Deneye başlamadan deforme olmamış yüzeyden alınan referans görüntü ile, deney sırasında alınan görüntüler arasında yer değiştirme vektörleri hesaplanır. Yer

değiştirme vektörleri, deneyi yapılacak elamanın ilgili bölgesinde (ROI) beyaz zemin üzerine kırmızı renk ile oluşturulmuş rastgele nokta bulutu deseni ile hesaplanmaktadır. Dijital görüntü korelasyonu yönteminde kullanılan ölçüm ekipmanları ve düzeneğin 3 boyutlu şematik gösterimi Şekil 2.7’de verilmiştir.



Şekil 2.7. Dijital görüntü korelasyonu yöntemi için yüzeylerin hazırlanması

Güçlendirmesi tamamlanan 48 adet deney elemanından dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile ölçüm alınabilmesi amacıyla TDH şerit yüzeyleri beyaz boya ile 2 kat boyandıktan sonra kırmızı sprej boya rastgele nokta bulutu deseni oluşturulmuştur. Deney elemanlarında deformasyon ölçümlerinin yapılacağı yüzeylerinin dijital görüntü korelasyonu yöntemi için hazırlanması süreci Resim 2.19’da gösterilmiştir.



Resim 2.19. Dijital görüntü korelasyonu yöntemi için yüzeylerin hazırlanması

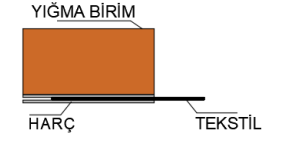
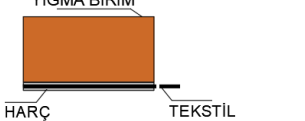
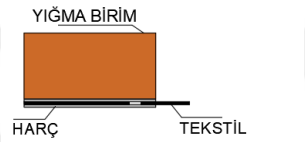
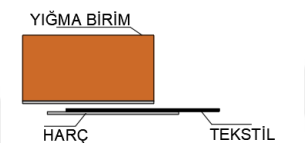
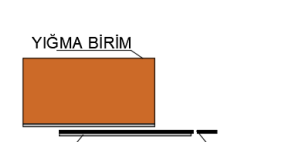
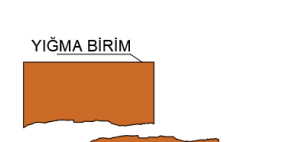
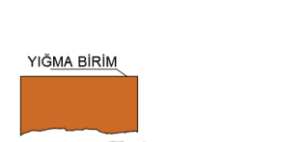
3. DENEYSEL BULGULAR

Deneysel çalışma kapsamında 3 farklı yığma birim tipi üzerine yapıştırılan farklı genişlik ve uzunluktaki TDH şeritler yüzeyden çekme kuvveti ile sıyrılarak test edilmiştir. Her bir deney elemanı için deney sırasında yük hücresinden okunan yük ile LVDT'den okunan deplasman değerleri kullanılarak yük-deplasman ilişkileri oluşturulmuştur. Deney esnasında alınan fotoğraflar kullanılarak dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile analizler yapılmış ve numunelerin göçmeden önceki birim deformasyon dağılımları elde edilmiştir. X ve Y doğrultularındaki birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası olarak verilmiştir. X doğrultusunda şerit uzunluğu boyunca meydana gelen birim uzama dağılımlarının sayısal değerleri kullanılarak yüklü kenardan uzaklığa bağlı ortalama birim şekil değiştirme grafikleri oluşturulmuştur. Deney elemanları Çizelge 3.1'de verilen ve RILEM teknik komitesi tarafından önerilen farklı tipteki göçme modlarına göre incelenmiştir [42]. Test edilen 48 numune üzerinden elde edilen tüm deneysel sonuçlar Çizelge 3.2'de özetlenmiştir. Deneysel bulgular her bir numune için ayrı başlıklar halinde verilmiştir.

Çizelge 3.1. Göçme modları

Göçme Modu	Şematik Çizim	Açıklama
A		TDH şeridin deney elemanına hasar vererek yüzeyden ayrılması sonucunda deney elemanı göçmüştür.
B		TDH şerit bütünlüğünü koruyarak yığma birim yüzeyinden tamamen sıyrılmıştır.
C		Deney elemanının göçmesi, TDH şeridin yüzeyindeki sıva katmanının hasar görmesi sonucunda meydana gelmiştir.

Çizelge 3.2. (devam) Göçme modları

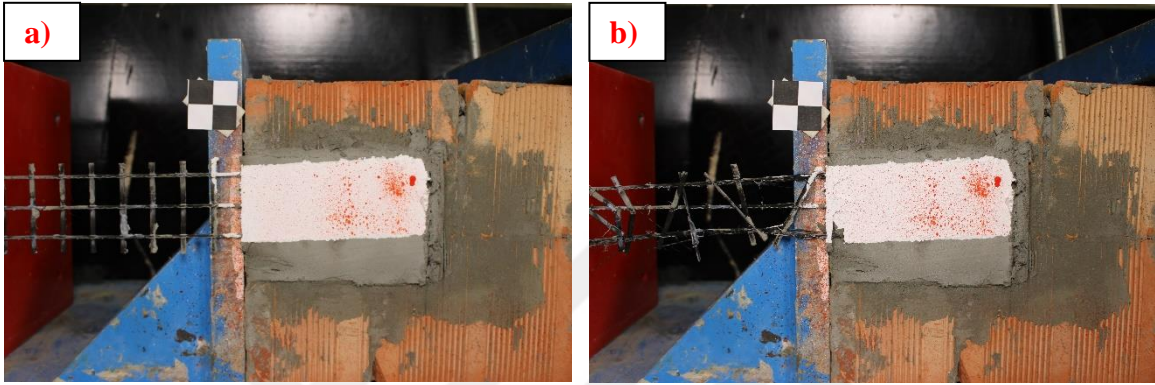
D		<p>Deney elemanının göçmesi, TDH şeridin alt ve üst yüzeylerindeki sıva katmanlarının hasar görmeden, karbon tekstil ağın ara yüzeyden sıyrılması şeklinde meydana gelmiştir.</p>
E-1		<p>Sıva katmanlarının dışında bırakılan karbon tekstil ağın kopmasıyla deney elemanı göçmüştür.</p>
E-2		<p>Karbon tekstil ağın sıva katmanlarının içinde bulunan bölgeden kopmasıyla deney elemanında göçme meydana gelmiştir.</p>
C+D		<p>Deney elemanının göçmesi, TDH şeridin yüzeyindeki sıva katmanının hasar görmesi ve karbon tekstil ağın ara yüzeyden sıyrılması şeklinde olmuştur.</p>
C+E1		<p>TDH şeridin yüzeyindeki sıva katmanının hasar görmesi ve sıva katmanlarının içinde bulunmayan karbon tekstil ağın kopmasıyla deney elemanı göçmüştür.</p>
A+E1		<p>TDH şerit deney elemanına hasar vererek yüzeyden ayrılmış ve sıva katmanlarının içinde bulunmayan karbon tekstil ağ kopmuştur böylece deney elemanında göçme meydana gelmiştir.</p>
A+C		<p>Deney elemanının göçmesi, TDH şeridin yüzeyindeki sıva katmanının hasar görmesi ve deney elemanına hasar vererek yüzeyden ayrılması şeklinde meydana gelmiştir.</p>

Çizelge 3.3. Deney sonuçlarına ait özet çizelge

No #	F _{max} kN	δ _{max} mm	τ _{max} MPa	δ _{ultimate} mm	τ _{res} MPa	δ _{res} mm	K _{ss} N/mm ³	E N/mm	ε _{max} mm/mm
1	6,69	10,15	0,89	32,48	0,56	12,1	0,66	144,06	0,0062
2	9,67	15,40	0,77	39,11	0,40	17,9	0,63	201,42	0,1460
3	9,58	11,33	0,64	38,76	0,26	13,7	0,85	130,85	0,0227
4	10,93	16,85	0,44	43,00	0,25	20,7	0,65	236,28	0,4056
5	5,90	9,49	0,79	30,89	0,35	12,5	0,62	82,67	0,0427
6	7,55	13,21	0,60	33,05	0,33	13,6	0,57	114,71	0,0224
7	7,49	11,53	0,50	35,00	0,20	13,2	0,65	129,31	0,0092
8	7,79	13,46	0,31	35,10	0,19	15,2	0,58	162,52	0,1362
9	9,70	12,26	1,29	37,77	0,92	14,1	0,79	218,25	0,0229
10	11,20	15,44	0,90	39,43	0,61	18,2	0,73	200,01	0,2891
11	11,26	12,58	0,75	39,94	0,43	14,1	0,90	254,21	0,0192
12	12,39	15,91	0,50	41,14	0,42	20,0	0,78	216,22	0,3104
13	6,97	8,64	0,93	28,36	0,36	11,7	0,81	110,56	0,0190
14	8,60	13,93	0,69	30,34	0,35	15,6	0,62	123,25	0,1675
15	8,73	11,86	0,58	37,75	0,29	16,1	0,74	190,16	0,0336
16	10,22	14,83	0,41	38,05	0,22	17,0	0,69	190,18	0,0237
17	4,80	8,02	0,64	22,45	0,00	0,0	0,60	45,67	0,0072
18	7,21	12,59	0,58	27,25	0,00	0,0	0,57	92,59	0,1034
19	5,27	8,62	0,35	24,98	0,00	0,0	0,61	56,62	0,0631
20	8,06	13,78	0,32	30,96	0,00	0,0	0,59	116,49	0,0589
21	3,77	7,27	0,50	17,46	0,00	0,0	0,52	27,27	0,0271
22	5,03	9,99	0,40	22,79	0,00	0,0	0,50	55,53	0,0334
23	4,25	7,64	0,28	21,51	0,00	0,0	0,56	26,24	0,0298
24	5,87	12,66	0,23	31,37	0,00	0,0	0,46	93,15	0,0210
25	9,66	12,19	1,29	32,31	0,64	17,4	0,79	185,03	0,0063
26	13,87	18,70	1,11	40,19	0,54	20,7	0,74	265,85	0,1574
27	12,26	14,16	0,82	42,87	0,36	19,8	0,87	262,54	0,0023
28	15,56	20,10	0,62	44,05	0,28	22,4	0,77	327,40	0,1692
29	7,64	11,21	1,02	29,58	0,44	14,8	0,68	101,88	0,1667
30	10,42	16,14	0,83	34,55	0,37	17,9	0,65	123,23	0,3957
31	9,82	13,91	0,65	36,45	0,26	16,1	0,71	140,37	1,0516
32	13,16	18,97	0,53	42,05	0,26	22,1	0,69	242,26	0,3637
33	12,26	15,06	1,63	47,41	1,12	19,8	0,81	401,67	0,2349
34	14,93	18,80	1,19	51,37	0,61	21,8	0,79	456,41	0,2406
35	14,10	15,05	0,94	52,31	0,45	19,8	0,94	347,34	0,1477
36	17,13	20,20	0,69	54,04	0,44	25,3	0,85	528,43	0,0071
37	9,91	12,37	1,32	39,93	0,51	16,8	0,80	200,43	0,0732
38	12,26	16,70	0,98	40,49	0,51	17,8	0,73	282,39	0,0420
39	13,21	13,29	0,88	44,62	0,37	16,7	0,99	239,40	0,0340
40	14,46	18,96	0,58	45,10	0,36	20,2	0,76	390,09	0,3156
41	6,93	10,09	0,92	28,46	0,00	0,0	0,69	93,51	0,0221
42	10,05	14,94	0,80	32,99	0,00	0,0	0,67	140,32	0,0625
43	8,10	12,35	0,54	36,90	0,00	0,0	0,66	136,27	0,0201
44	11,46	17,96	0,46	44,90	0,00	0,0	0,64	314,72	0,0746
45	5,39	9,07	0,72	22,79	0,00	0,0	0,59	49,53	0,0100
46	7,18	12,50	0,57	29,38	0,00	0,0	0,57	93,05	0,0242
47	6,22	10,29	0,41	29,37	0,00	0,0	0,60	109,80	0,0279
48	8,00	14,14	0,32	34,73	0,00	0,0	0,57	112,66	0,0249

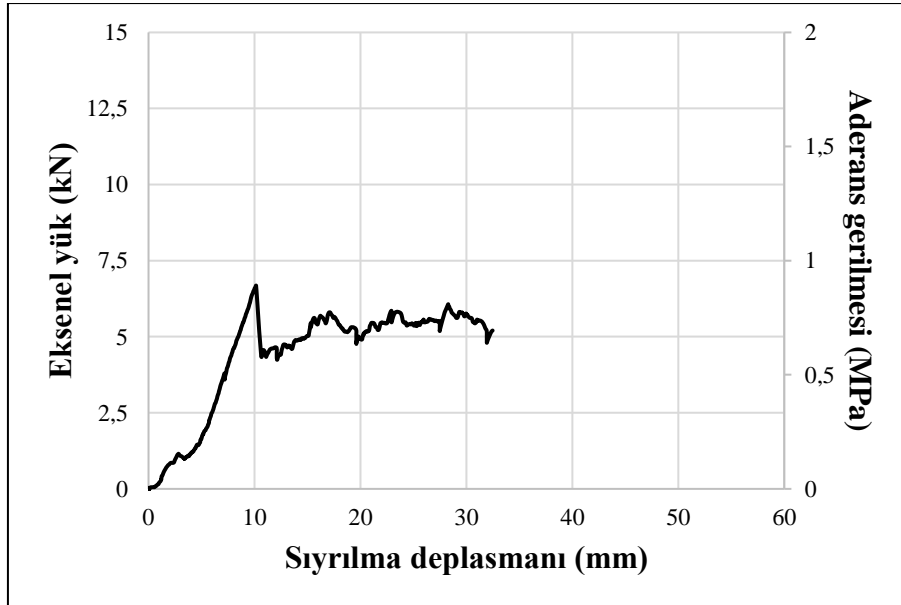
3.1. Deney Elemanı- #1

Boşluklu yığma yapı tuğlasından üretilen #1 numaralı deney elemanı, normal dayanımlı harç kullanılarak 50 mm genişlik ve 150 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede şerit ortasında 1 adet CFRP fan tipi ankraj kullanılmıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.1’de verilmiştir.



Resim 3.1. #1 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#1 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 6,69 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 10,15 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. #1 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon

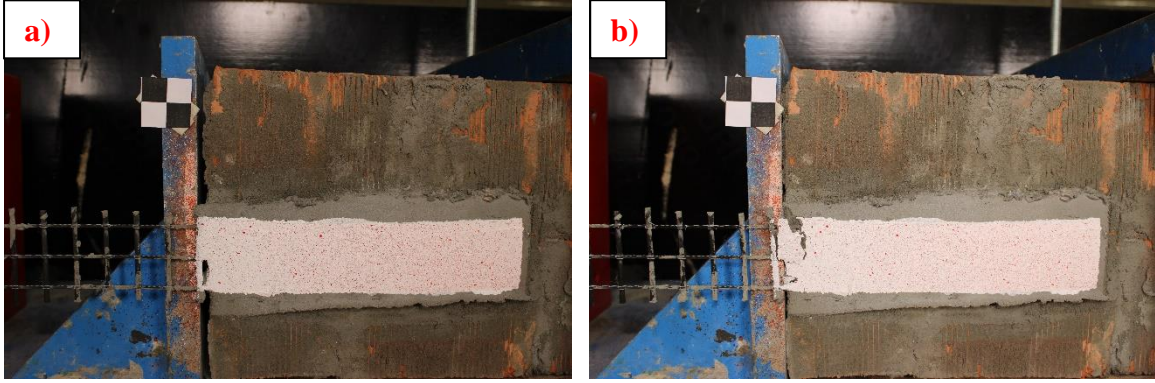


Şekil 3.4 #1 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#1 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0062 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,89 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,56 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,66 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 144,06 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Sıva katmanlarının dışında bırakılan karbon tekstil ağın kopmasıyla deney elemanı göçmüştür (E1 tipi göçme modu).

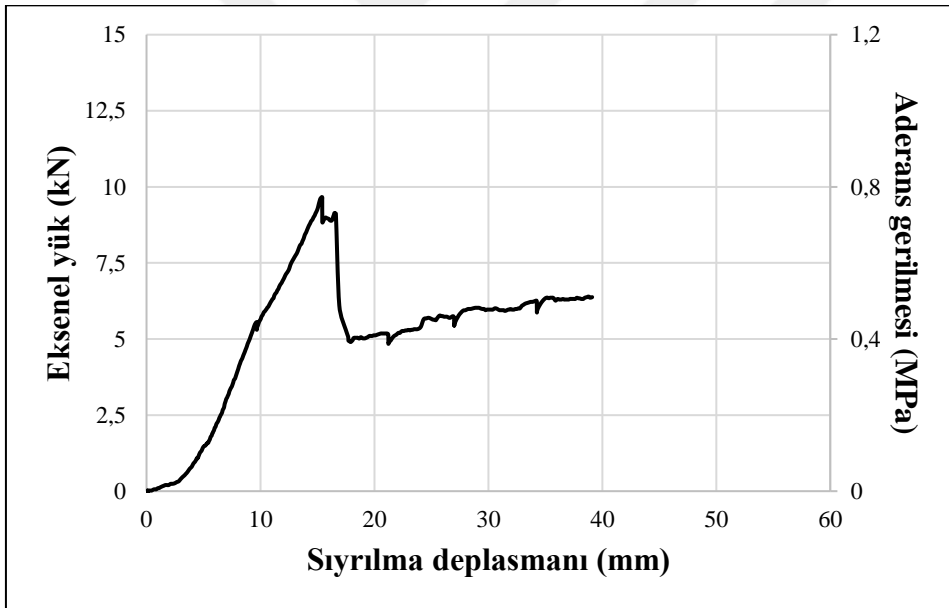
3.2. Deney Elemanı- #2

Boşluklu yığma yapı tuğlasından üretilen #2 numaralı deney elemanı, normal dayanımlı harç kullanılarak 50 mm genişlik ve 250 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede şerit ortasında 1 adet CFRP fan tipi ankraj kullanılmıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.2'de verilmiştir.



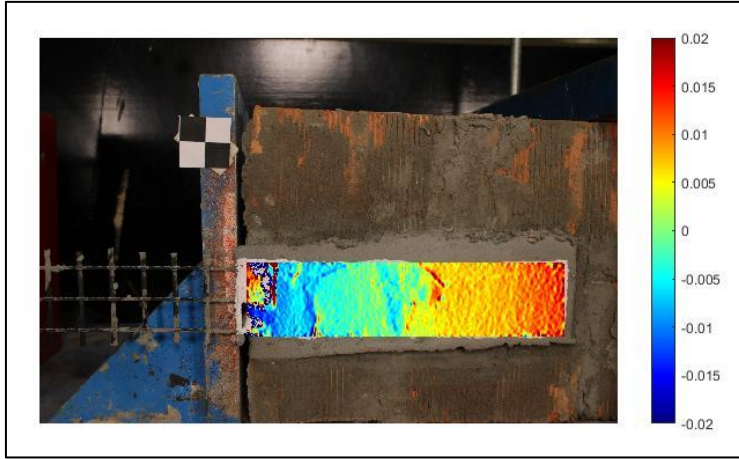
Resim 3.2. #2 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#2 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 9,67 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 15,40 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.5'te verilmiştir.

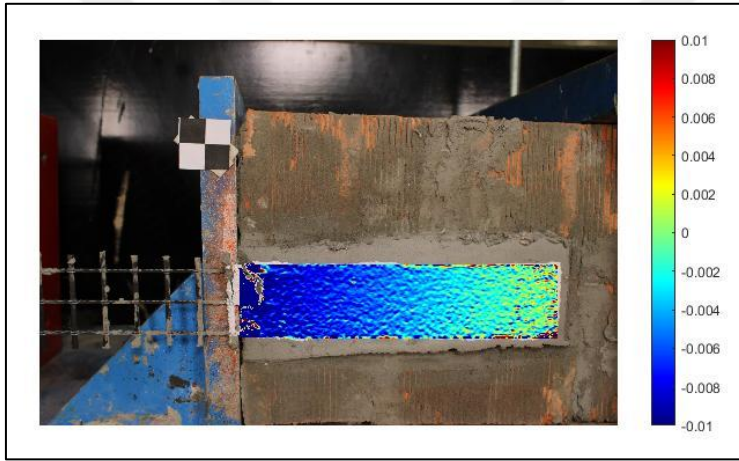


Şekil 3.5. #2 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

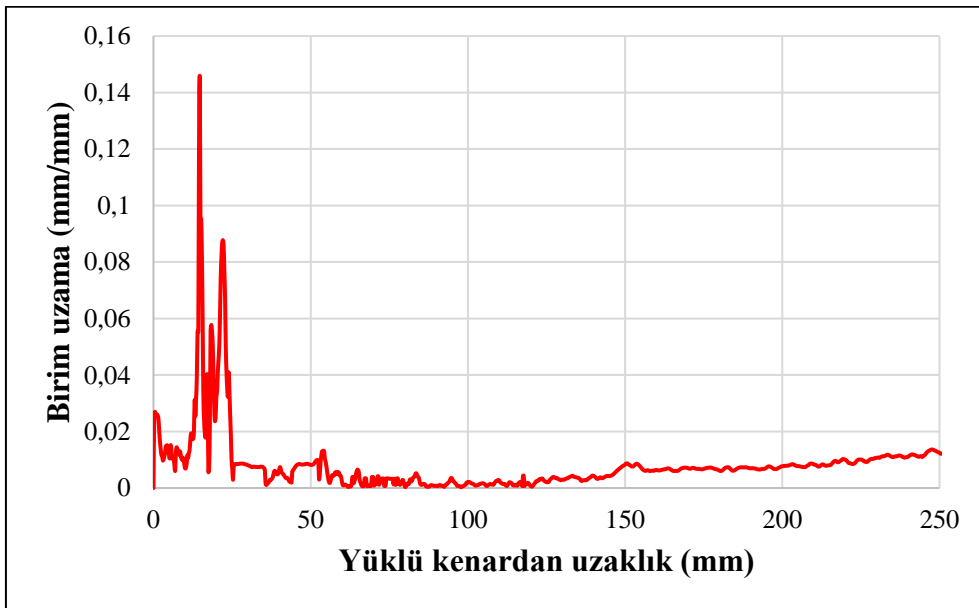
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.6'da, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.7'de verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.8'de görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.6. #2 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.7. #2 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

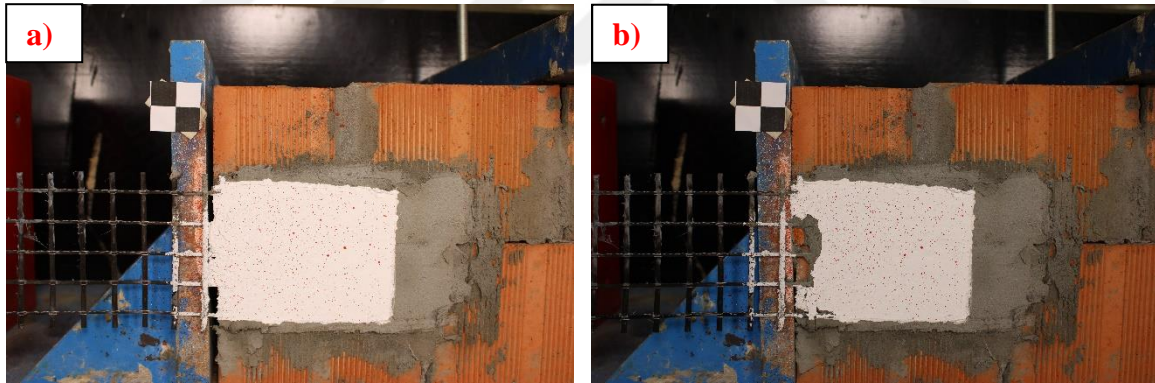


Şekil 3.8. #2 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#2 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,1460 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,77 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,40 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,63 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 201,42 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Deney elemanının göçmesi, TDH şeridin alt ve üst yüzeylerindeki sıva katmalarının hasar görmeden, karbon tekstil ağın ara yüzeyden sıyrılması şeklinde meydana gelmiştir (D tipi göçme modü).

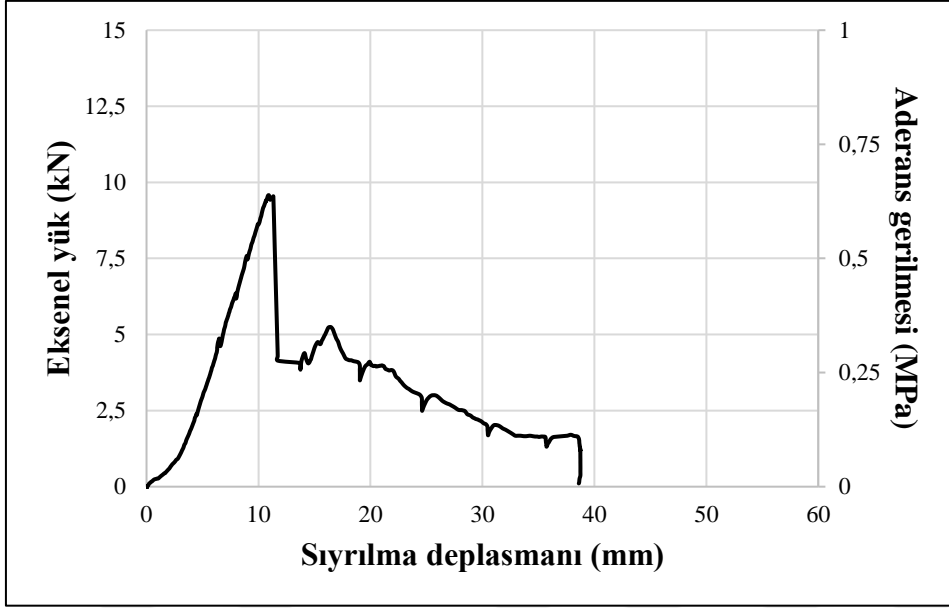
3.3. Deney Elemanı- #3

Boşluklu yığma yapı tuğlasından üretilen #3 numaralı deney elemanı, normal dayanımlı harç kullanılarak 100 mm genişlik ve 150 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede şerit ortasında 1 adet CFRP fan tipi ankraj kullanılmıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.3'te verilmiştir.



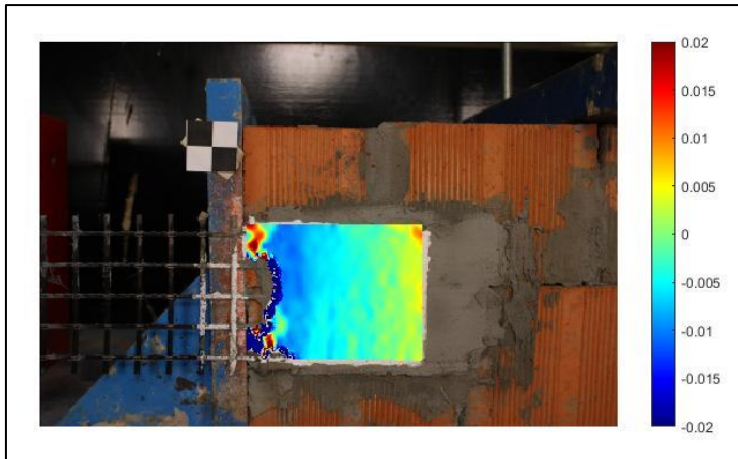
Resim 3.3. #3 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#3 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 9,58 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 11,33 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.9'da verilmiştir.

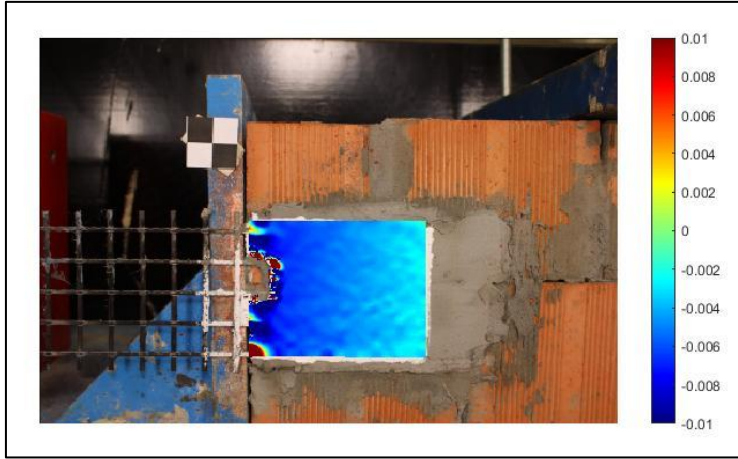


Şekil 3.9. #3 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

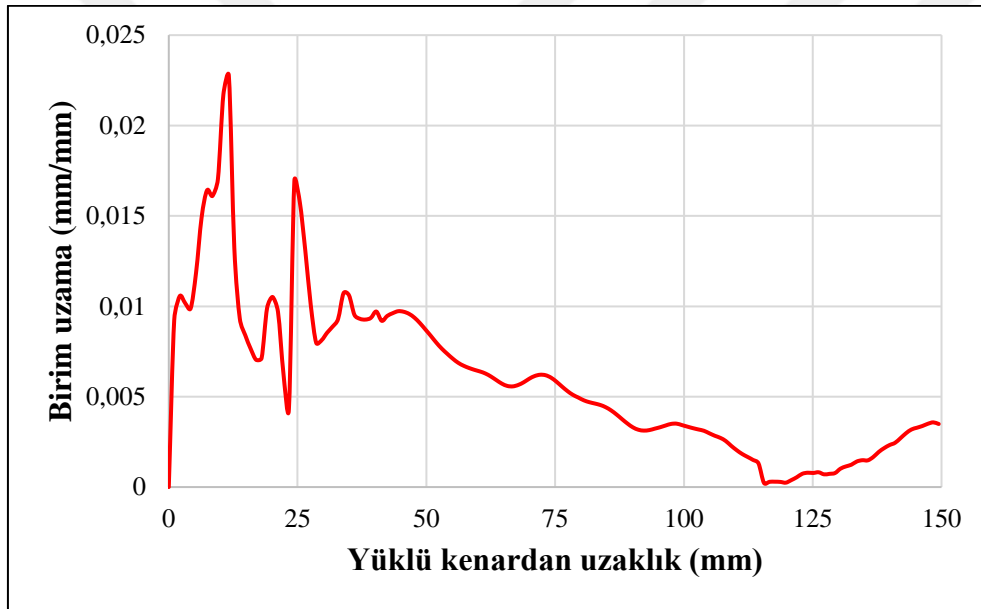
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.10'da, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.11'de verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.12'de görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.10. #3 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.11. #3 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

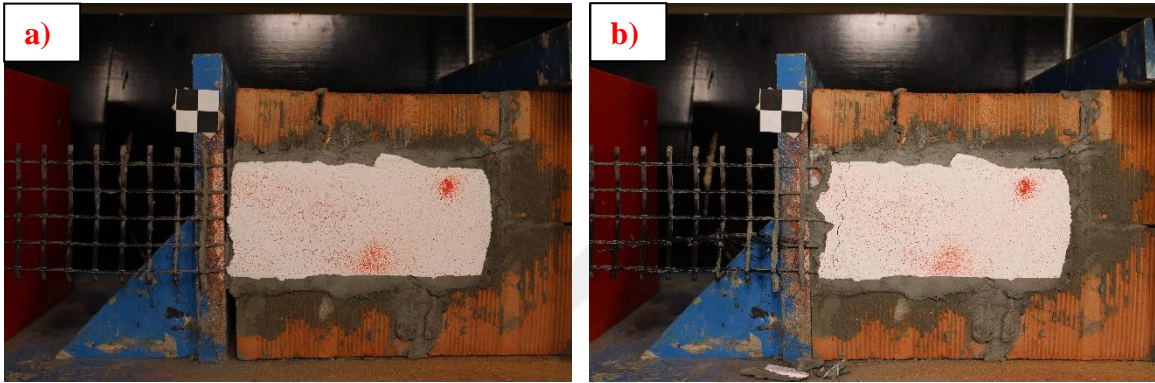


Şekil 3.12. #3 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#3 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0227 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,64 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,26 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,85 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 130,85 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Deney elemanının göçmesi, TDH şeridin yüzeyindeki sıva katmanının hasar görmesi ve karbon tekstil ağın ara yüzeyden sıyrılması şeklinde olmuştur (C+D tipi göçme modu).

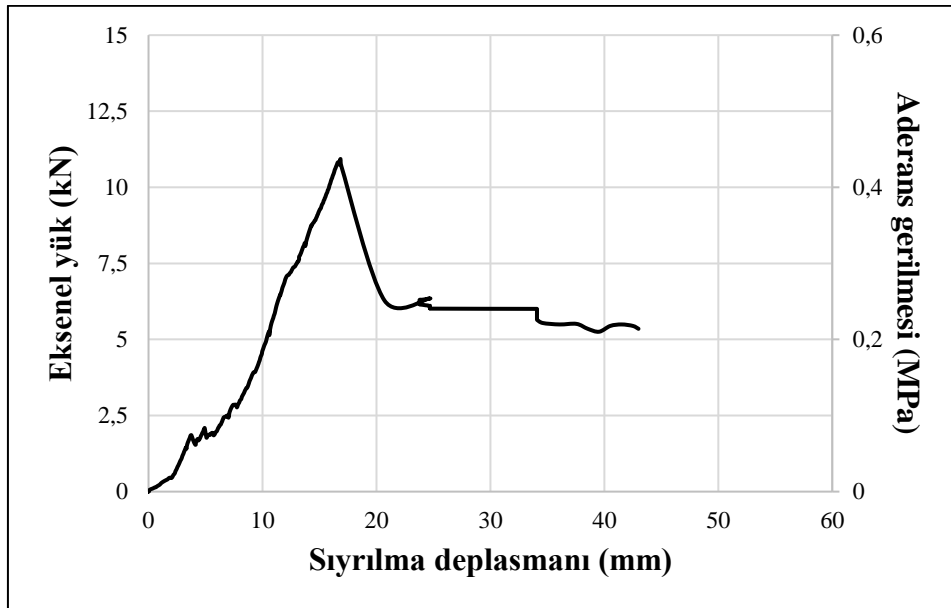
3.4. Deney Elemanı- #4

Boşluklu yığma yapı tuğlasından üretilen #4 numaralı deney elemanı, normal dayanımlı harç kullanılarak 100 mm genişlik ve 250 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede şerit ortasında 1 adet CFRP fan tipi ankraj kullanılmıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.4'te verilmiştir.



Resim 3.4. #4 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#4 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 10,93 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 16,85 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.13'te verilmiştir.



Şekil 3.13. #4 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

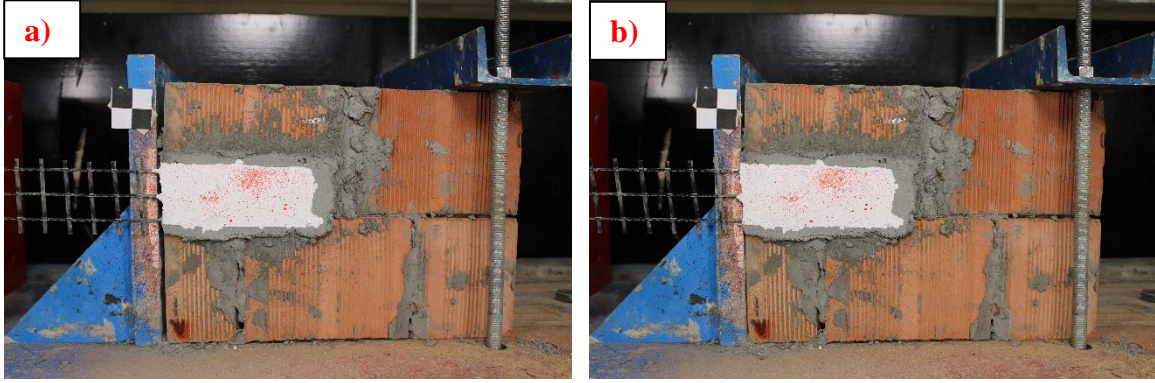


Şekil 3.16 #4 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#4 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0227 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,44 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,25 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,65 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 236,28 kN-mm olarak hesaplanmıştır. TDH şeridin yüzeyindeki sıva katmanının hasar görmesi ve sıva katmanlarının içinde bulunmayan karbon tekstil ağın kopmasıyla deney elemanı göçmüştür (C+E1 tipi göçme modu).

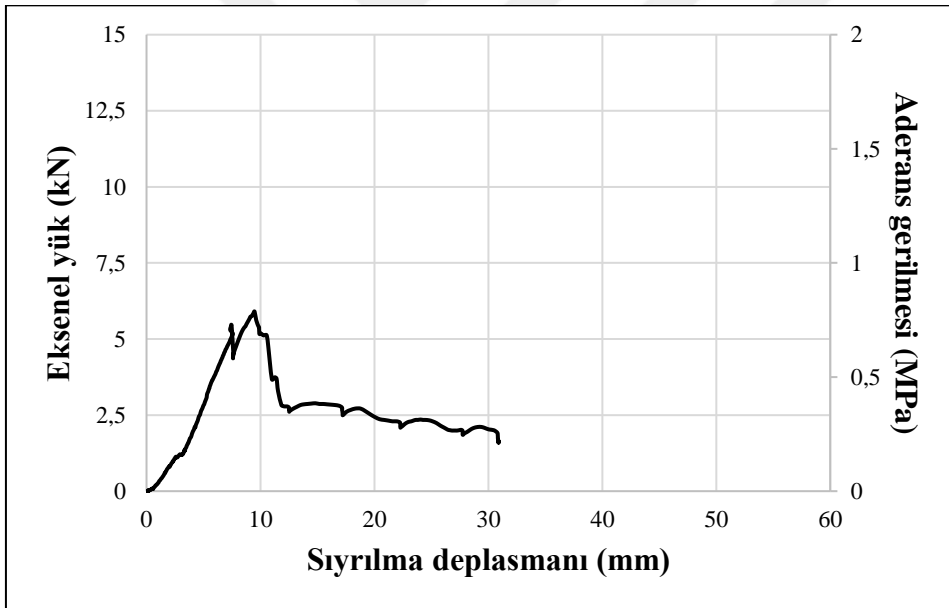
3.5. Deney Elemanı- #5

Boşluklu yığma yapı tuğlasından üretilen #5 numaralı deney elemanı, normal dayanımlı harç kullanılarak 50 mm genişlik ve 150 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede CFRP fan tipi ankraj kullanılmamıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.5'te verilmiştir.



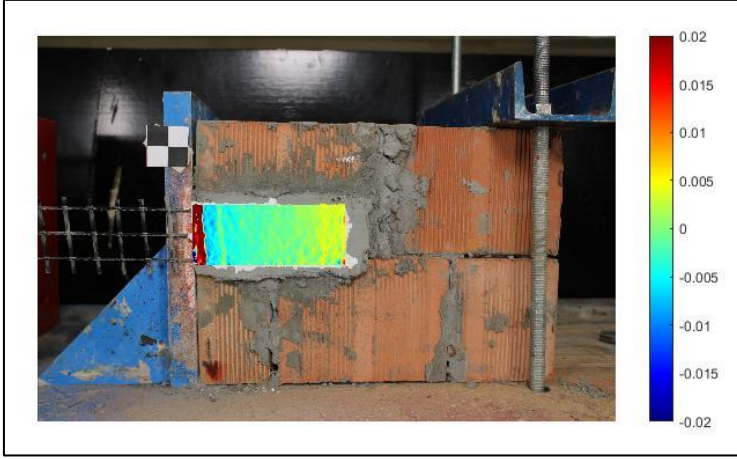
Resim 3.5. #5 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#5 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 5,90 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 9,49 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.17’de verilmiştir.

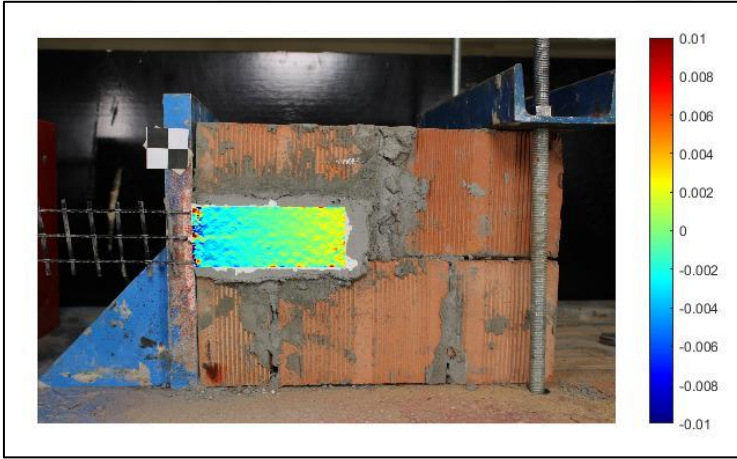


Şekil 3.17. #5 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.18’de, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.19’da verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.20’de görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.18. #5 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.19. #5 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

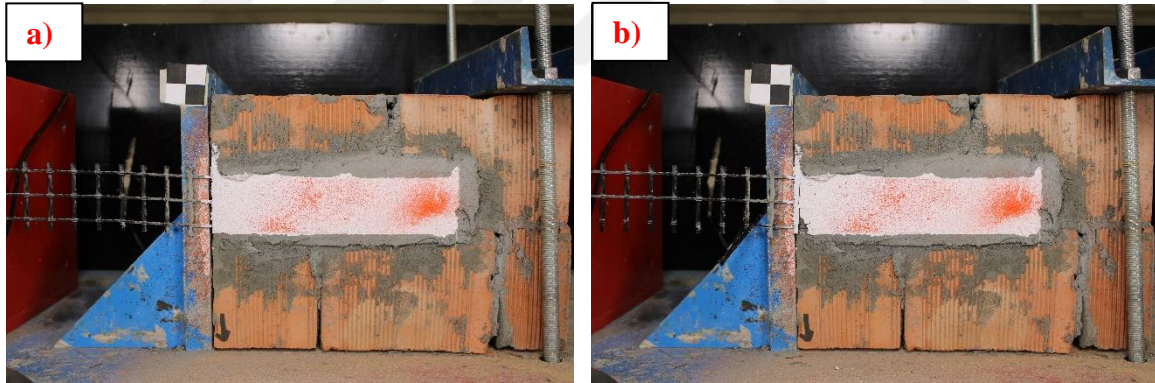


Şekil 3.20. #5 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#5 numaralı deney elemanında TDH şeridinin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0427 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,79 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,35 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,62 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 82,67 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Deney elemanının göçmesi, TDH şeridinin alt ve üst yüzeylerindeki sıva katmalarının hasar görmemesi, karbon tekstil ağın ara yüzeyden sıyrılması şeklinde meydana gelmiştir (D tipi göçme modu).

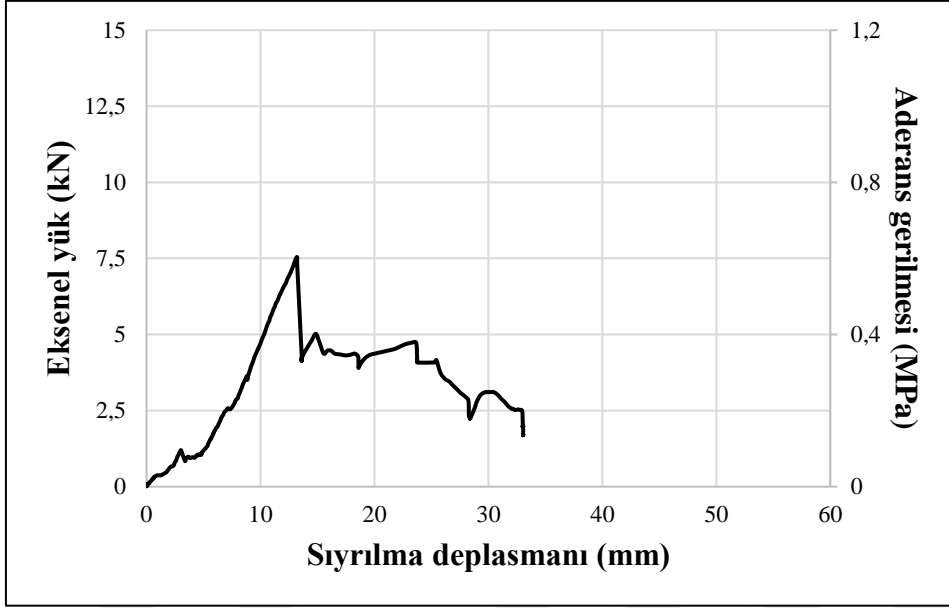
3.6. Deney Elemanı- #6

Boşluklu yığma yapı tuğlasından üretilen #6 numaralı deney elemanı, normal dayanımlı harç kullanılarak 50 mm genişlik ve 250 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede CFRP fan tipi ankraj kullanılmamıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.6'da verilmiştir.



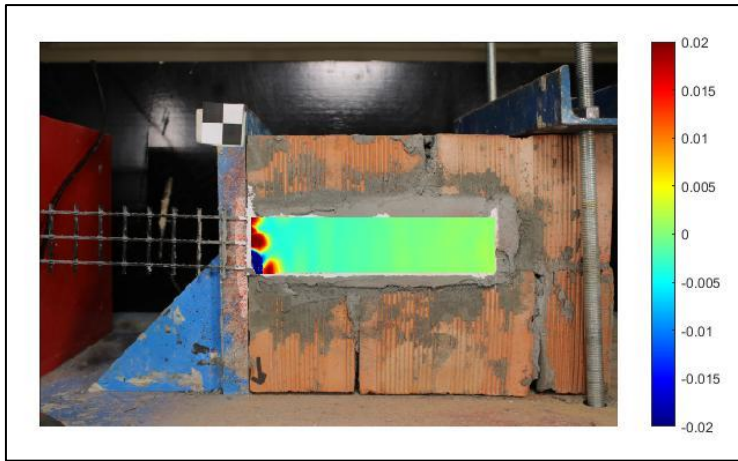
Resim 3.6. #6 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#6 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 7,55 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 13,21 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.21'de verilmiştir.



Şekil 3.21. #6 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

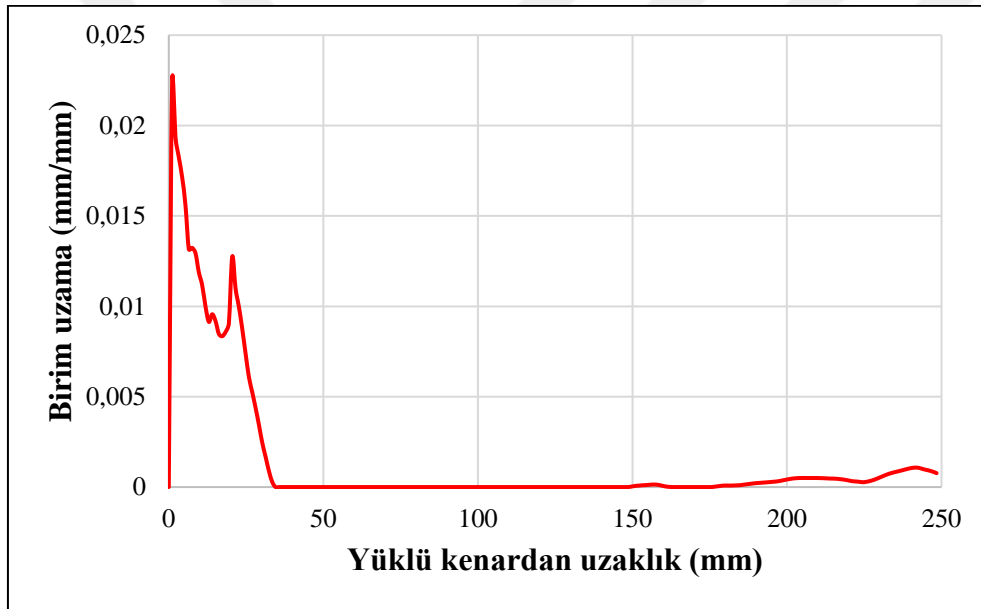
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.22’de, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.23’te verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.24’te görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.22 #6 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.23. #6 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

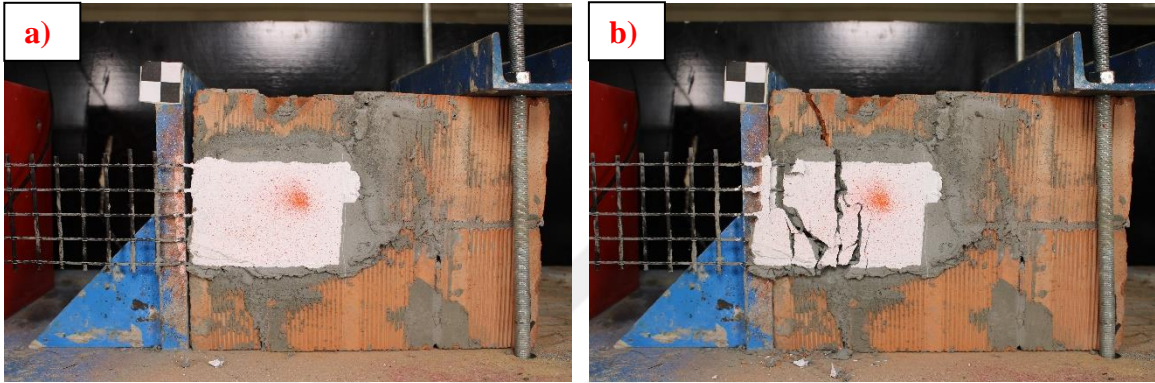


Şekil 3.24. #6 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#6 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0224 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,60 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,33 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,57 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 114,71 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Sıva katmanlarının dışında bırakılan karbon tekstil ağın kopmasıyla deney elemanı göçmüştür (E1 tipi göçme modu).

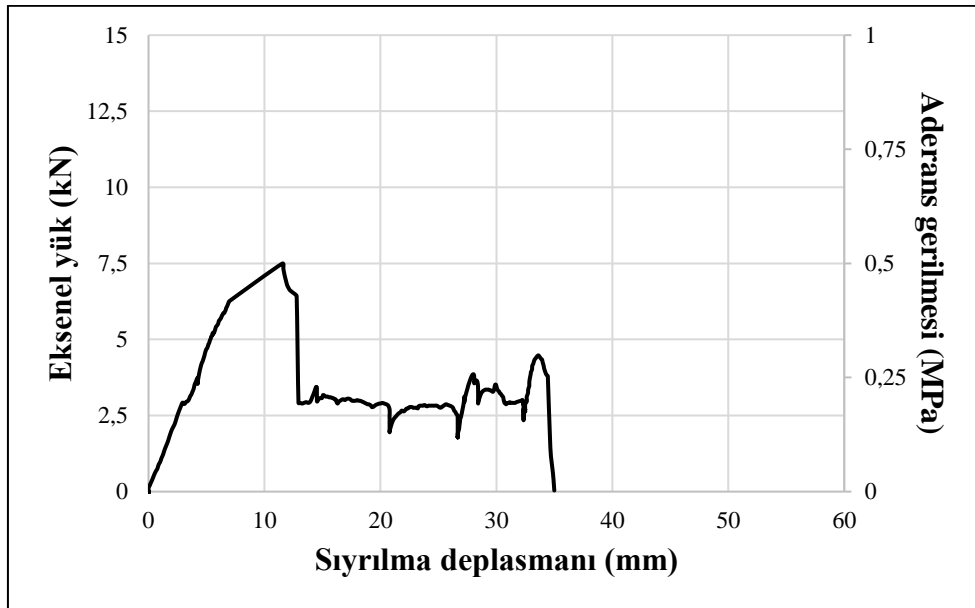
3.7. Deney Elemanı- #7

Boşluklu yığma yapı tuğlasından üretilen #7 numaralı deney elemanı, normal dayanımlı harç kullanılarak 100 mm genişlik ve 150 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede CFRP fan tipi ankraj kullanılmamıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.7’de verilmiştir.



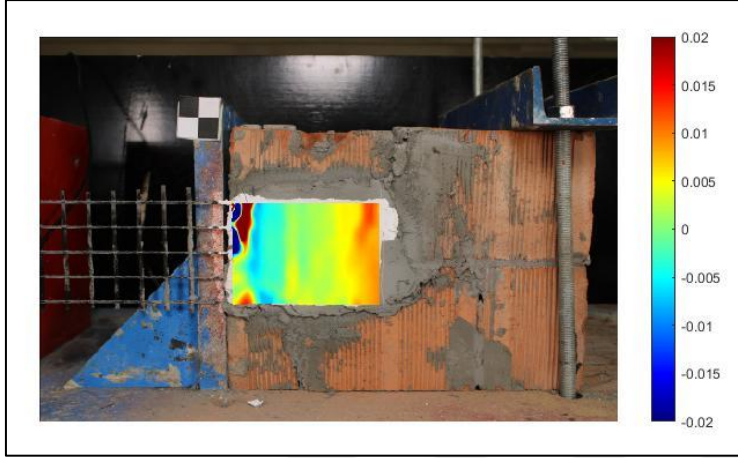
Resim 3.7. #7 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#7 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 7,49 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 11,53 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.25’te verilmiştir.

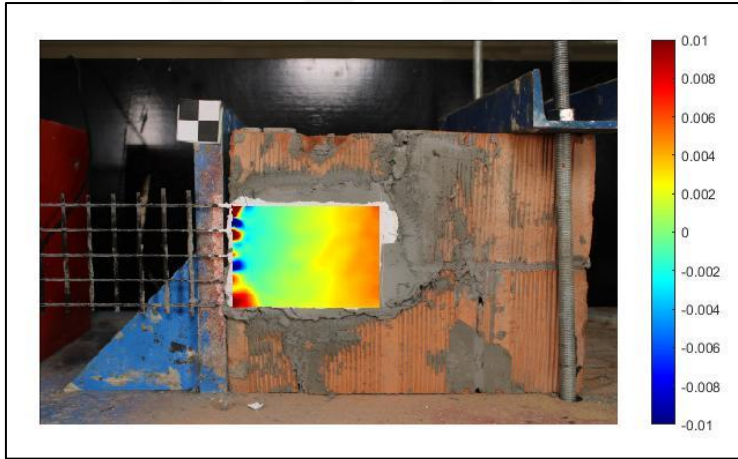


Şekil 3.25 #7 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.26'da, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.27'de verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.28'de görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.26. #7 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.27. #7 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)



Şekil 3.28. #7 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#7 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0092 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,50 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,20 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,65 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 129,31 kN-mm olarak hesaplanmıştır. TDH şeridin deney elemanına hasar vererek yüzeyden ayrılması sonucunda deney elemanı göçmüştür (A tipi göçme modu).

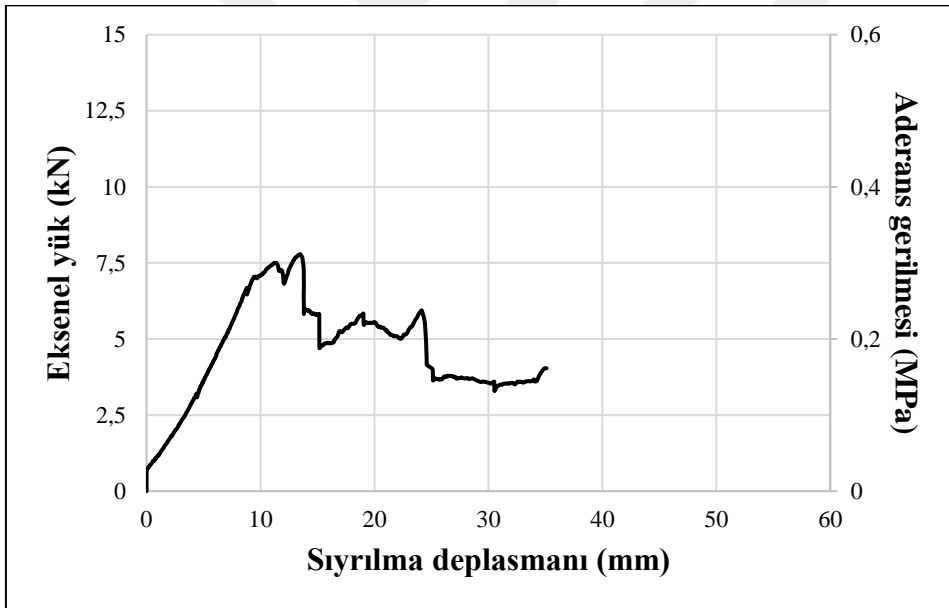
3.8. Deney Elemanı- #8

Boşluklu yığma yapı tuğlasından üretilen #8 numaralı deney elemanı, normal dayanımlı harç kullanılarak 100 mm genişlik ve 250 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede CFRP fan tipi ankraj kullanılmamıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.8'de verilmiştir.



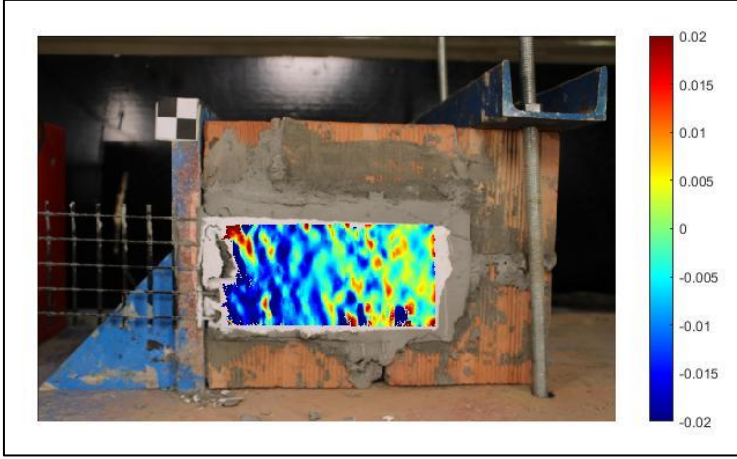
Resim 3.8. #8 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#8 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 7,79 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 13,46 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.29'da verilmiştir.

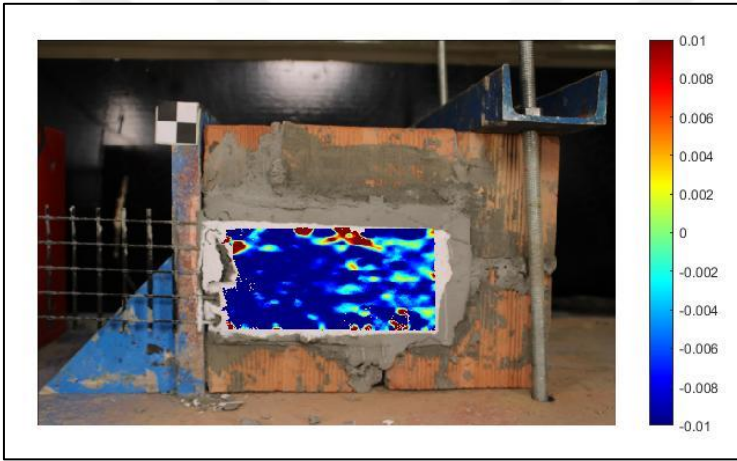


Şekil 3.29. #8 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.30'da, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.31'de verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.32'de görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.30. #8 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.31. #8 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

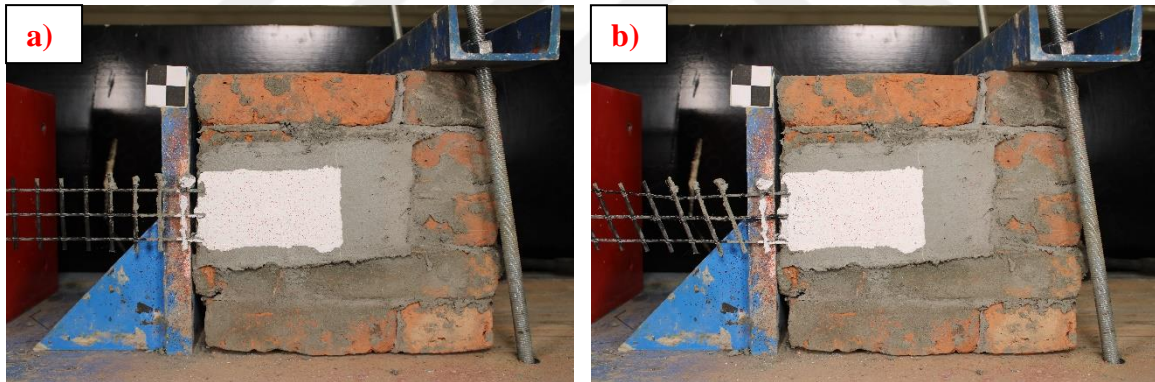


Şekil 3.32. #8 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#8 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,1362 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,31 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,19 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,58 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 162,52 kN-mm olarak hesaplanmıştır. TDH şeridin yüzeyindeki sıva katmanının hasar görmesi ve sıva katmanlarının içinde bulunmayan karbon tekstil ağın kopmasıyla deney elemanı göçmüştür (C+E1 tipi göçme modu).

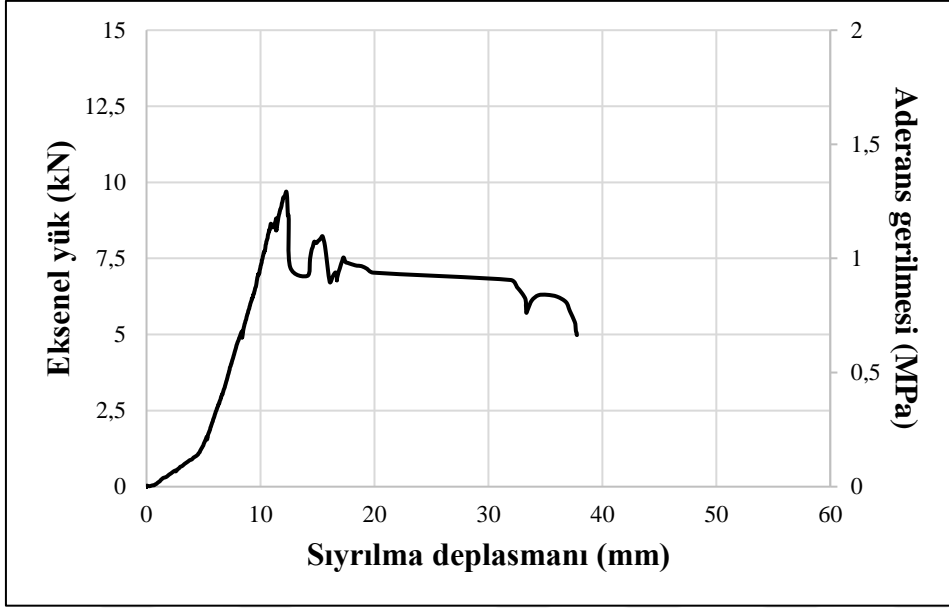
3.9. Deney Elemanı- #9

Dolu harman tuğlasından üretilen #9 numaralı deney elemanı, normal dayanımlı harç kullanılarak 50 mm genişlik ve 150 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede şerit ortasında 1 adet CFRP fan tipi ankraj kullanılmıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.9'da verilmiştir.



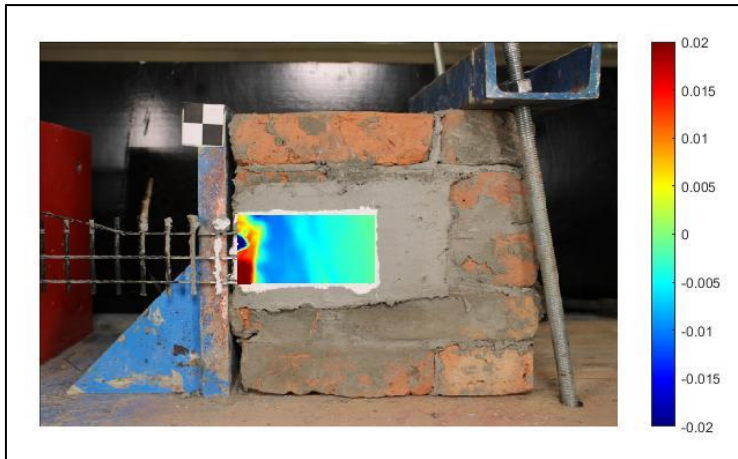
Resim 3.9. #9 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#9 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 9,70 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 12,26 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.33'te verilmiştir.

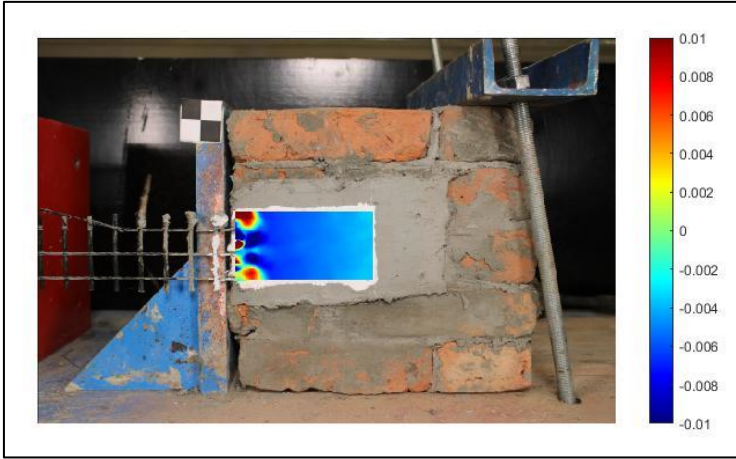


Şekil 3.33. #9 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

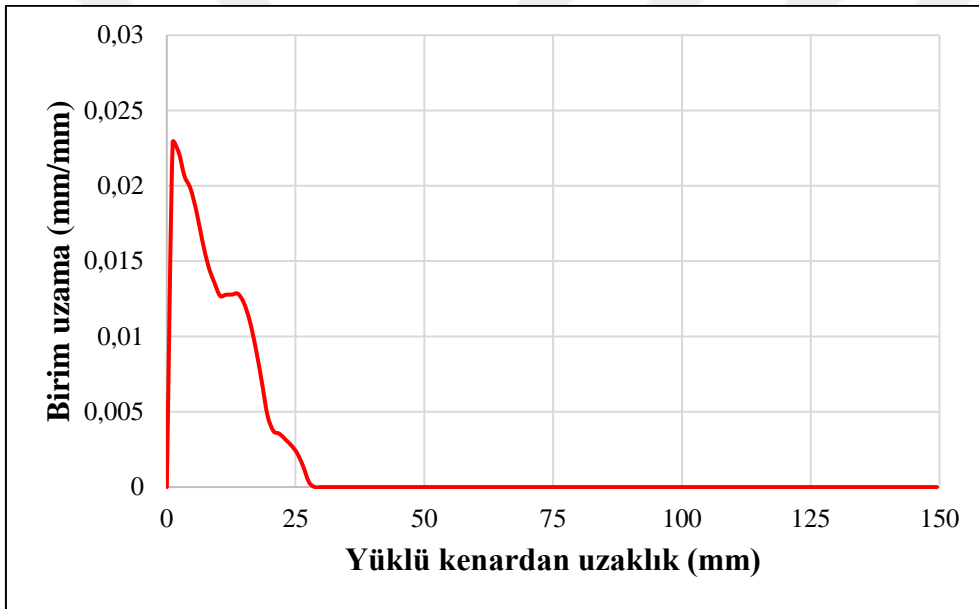
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile geçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.34'te, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.35'te verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.36'da görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.34. #9 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.35. #9 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

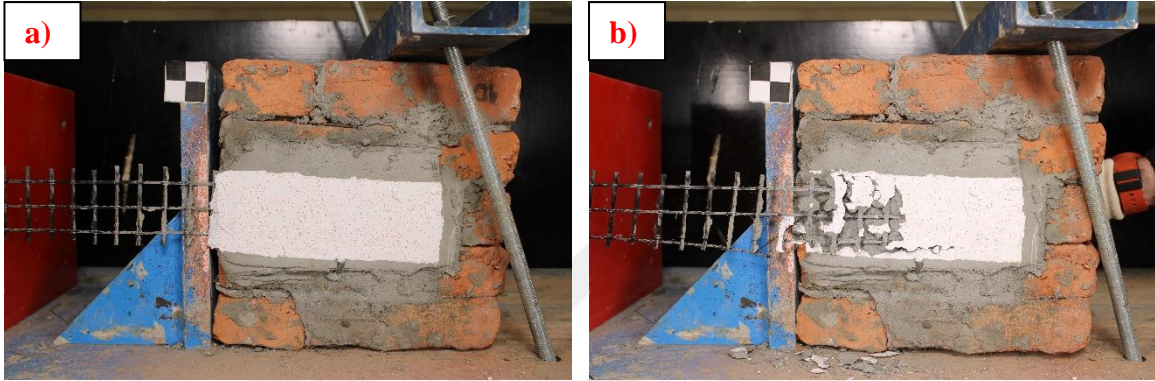


Şekil 3.36. #9 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#9 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0229 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 1,29 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,92 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,79 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 218,25 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Deney elemanının göçmesi, TDH şeridin alt ve üst yüzeylerindeki sıva katmalarının hasar görmeden, karbon tekstil ağın ara yüzeyden sıyrılması şeklinde meydana gelmiştir (D tipi göçme modü).

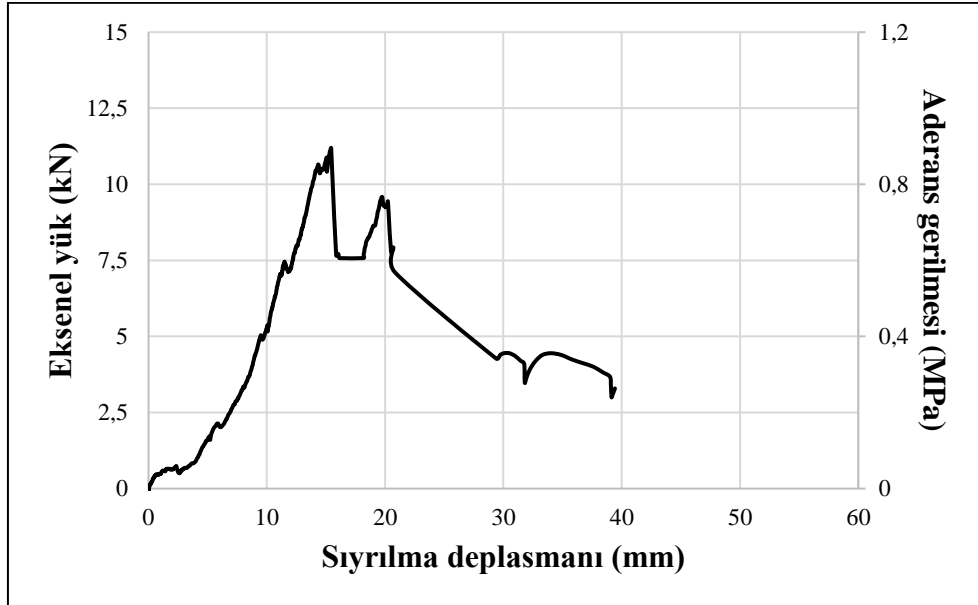
3.10. Deney Elemanı- #10

Dolu harman tuğlasından üretilen #10 numaralı deney elemanı, normal dayanımlı harç kullanılarak 50 mm genişlik ve 250 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede şerit ortasında 1 adet CFRP fan tipi ankraj kullanılmıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.10'da verilmiştir.



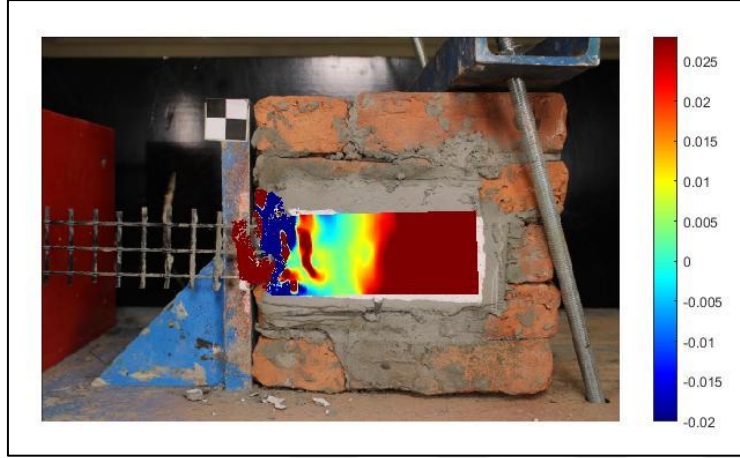
Resim 3.10. #10 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#10 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 11,20 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 15,44 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.37'de verilmiştir.

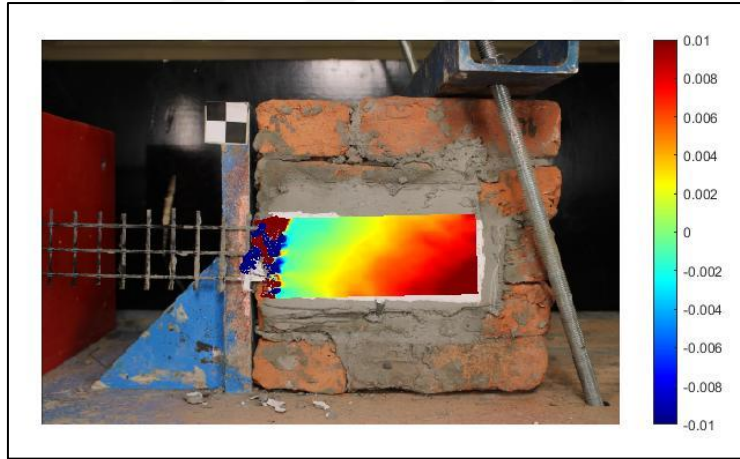


Şekil 3.37 #10 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

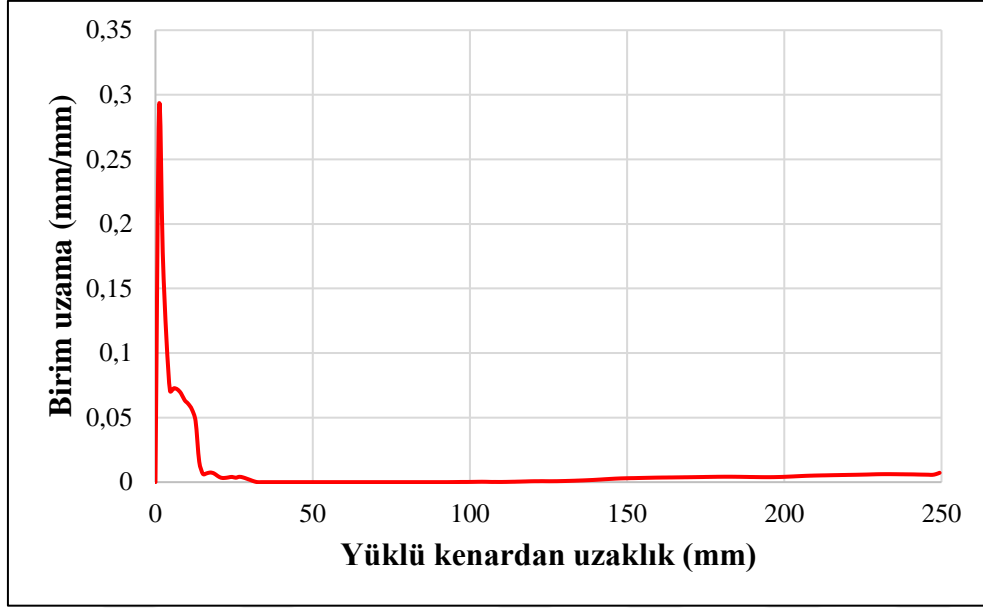
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.38'de, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.39'da verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.40'ta görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.38 #10 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.39. #10 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)



Şekil 3.40. #10 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#10 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,2891 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,90 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,61 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,73 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 200,01 kN-mm olarak hesaplanmıştır. TDH şeridin yüzeyindeki sıva katmanının hasar görmesi ve sıva katmanlarının içinde bulunmayan karbon tekstil ağın kopmasıyla deney elemanı göçmüştür (C+E1 tipi göçme modu).

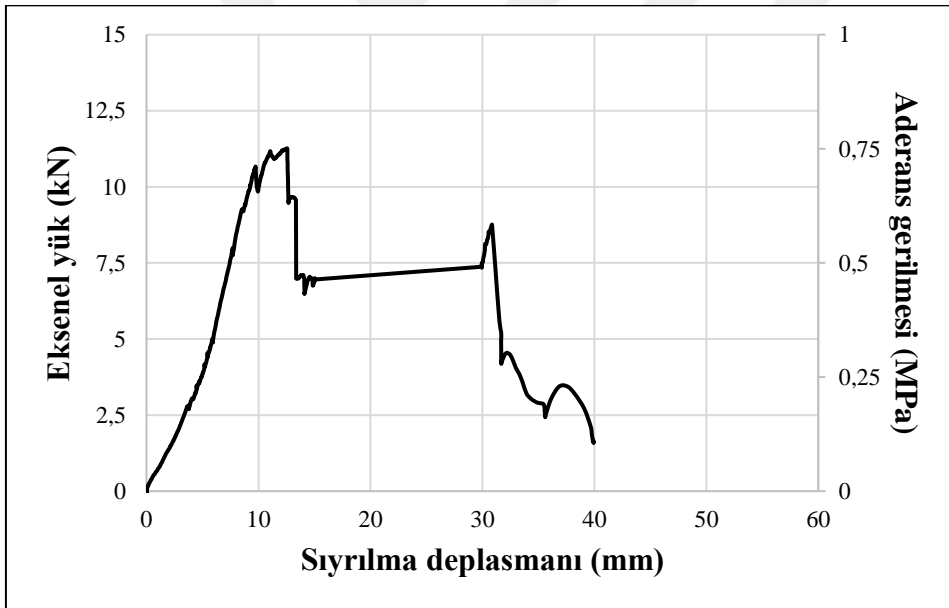
3.11. Deney Elemanı- #11

Dolu harman tuğlasından üretilen #11 numaralı deney elemanı, normal dayanımlı harç kullanılarak 100 mm genişlik ve 150 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede şerit ortasında 1 adet CFRP fan tipi ankraj kullanılmıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.11’de verilmiştir.



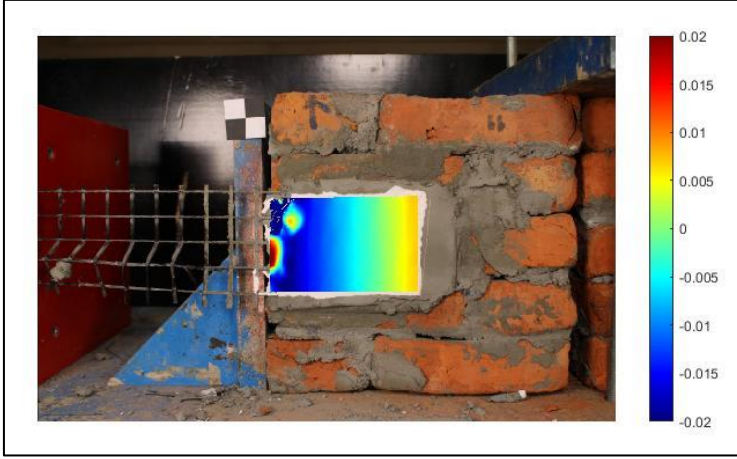
Resim 3.11. #11 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#11 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 11,26 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 12,58 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.41’de verilmiştir.



Şekil 3.41. #11 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

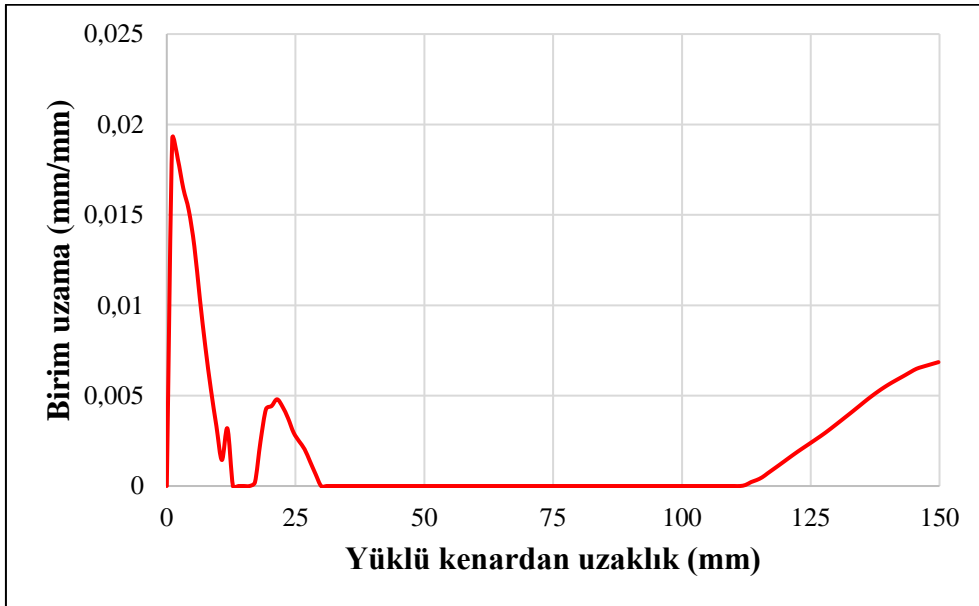
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.42’de, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.43’te verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.44’te görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.42. #11 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.43. #11 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

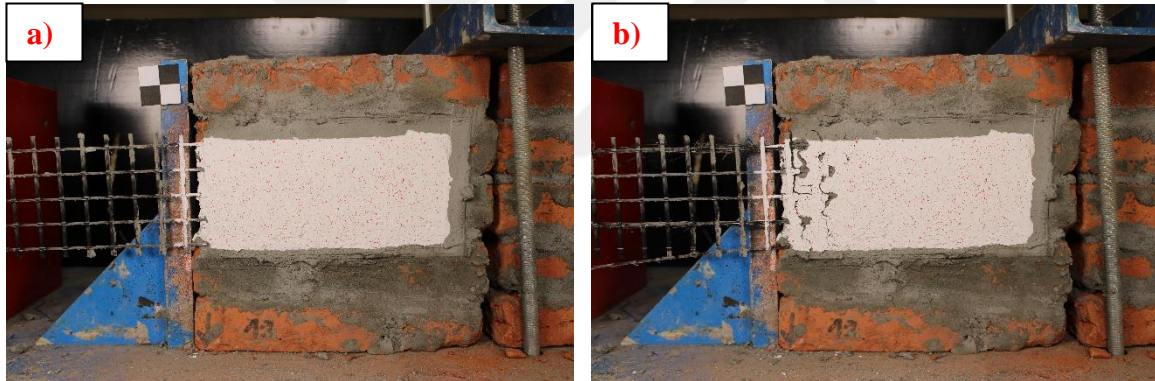


Şekil 3.44. #11 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#11 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0192 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,75 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,43 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,90 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 254,21 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Sıva katmanlarının dışında bırakılan karbon tekstil ağın kopmasıyla deney elemanı göçmüştür (E1 tipi göçme modü).

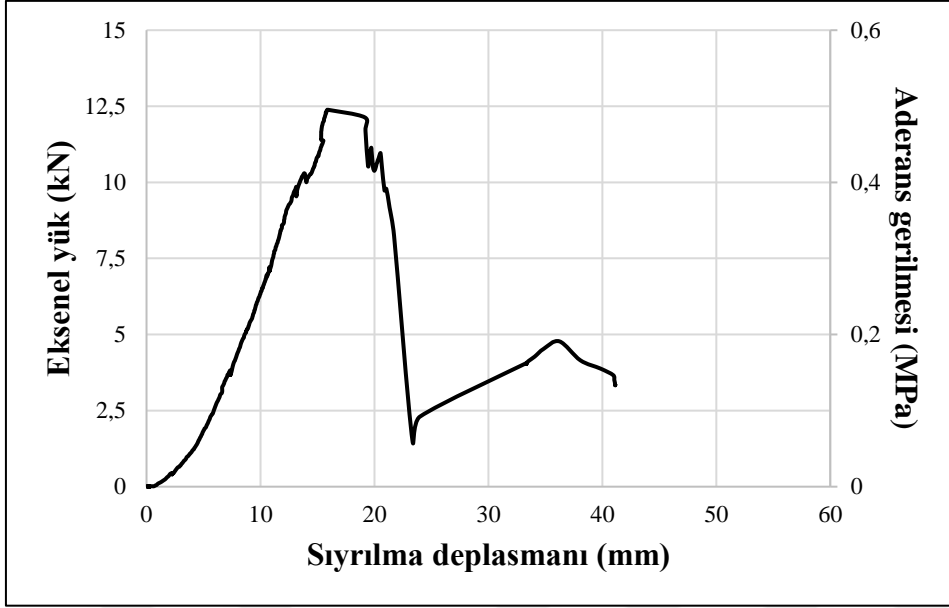
3.12. Deney Elemanı- #12

Dolu harman tuğlasından üretilen #12 numaralı deney elemanı, normal dayanımlı harç kullanılarak 100 mm genişlik ve 250 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede şerit ortasında 1 adet CFRP fan tipi ankraj kullanılmıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.12’de verilmiştir.



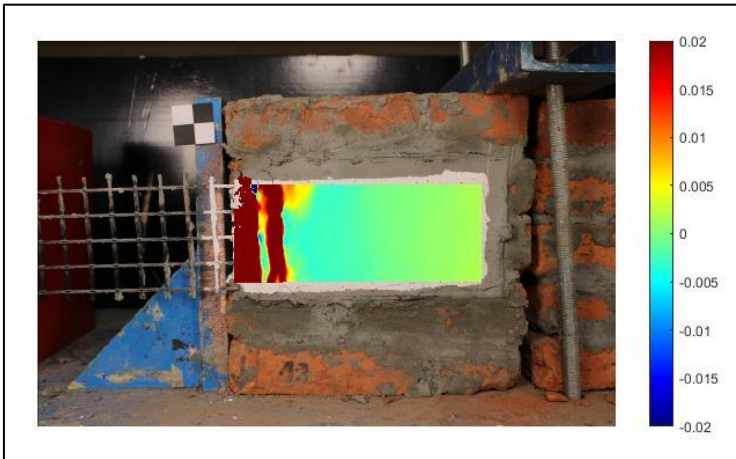
Resim 3.12. #12 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#12 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 12,39 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 15,91 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.45’te verilmiştir.

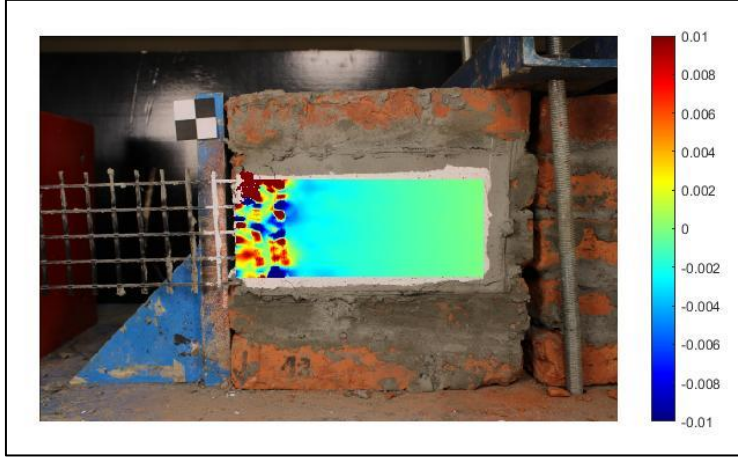


Şekil 3.45. #12 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

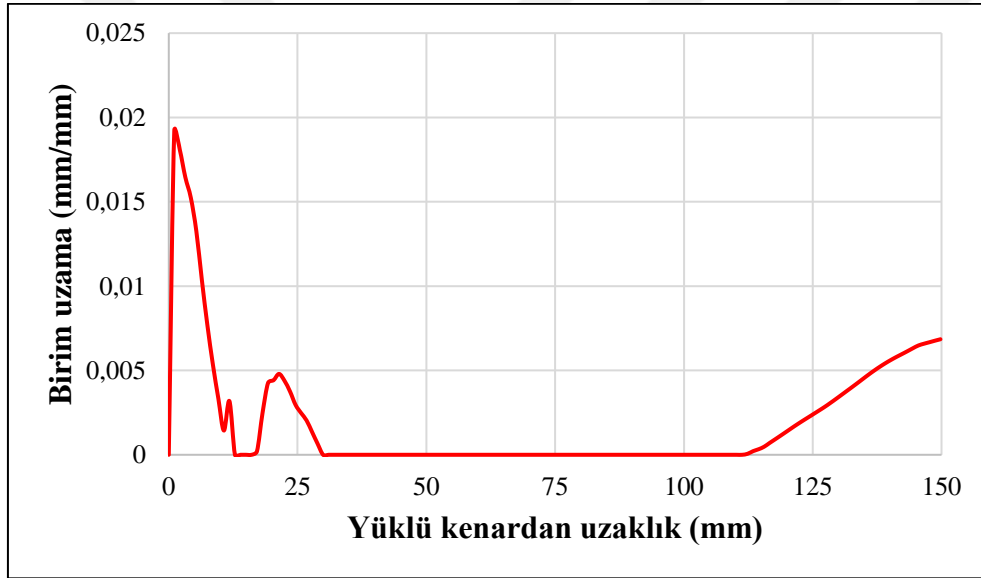
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.58'de, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.47'de verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.48'de görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.46. #12 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.47. #12 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)



Şekil 3.48. #12 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#12 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,3104 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,50 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,42 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,78 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 216,22 kN-mm olarak hesaplanmıştır. TDH şeridin yüzeyindeki sıva katmanının hasar görmesi ve sıva katmanlarının içinde bulunmayan karbon tekstil ağın kopmasıyla deney elemanı göçmüştür (C+E1 tipi göçme modu).

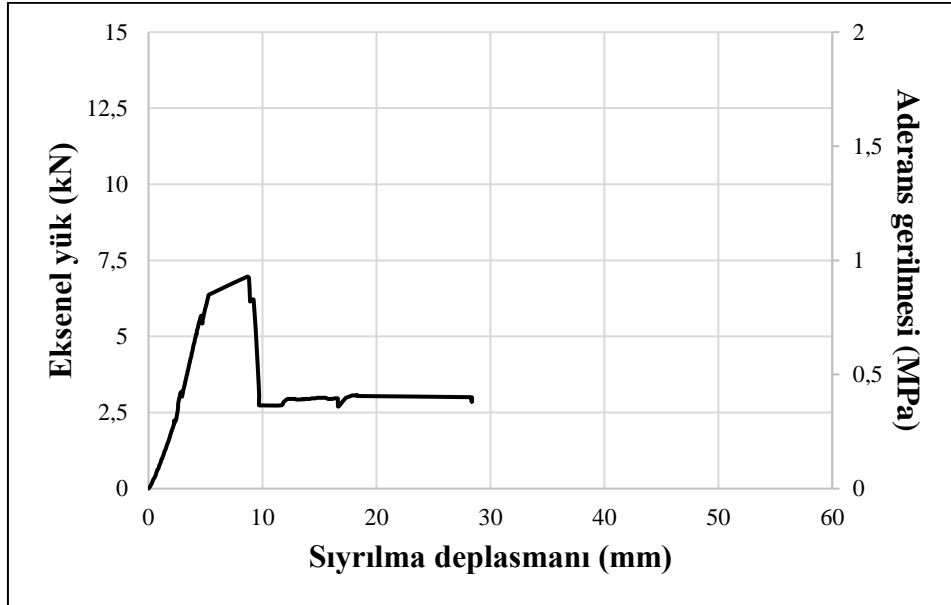
3.13. Deney Elemanı- #13

Dolu harman tuğlasından üretilen #13 numaralı deney elemanı, normal dayanımlı harç kullanılarak 50 mm genişlik ve 150 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede CFRP fan tipi ankraj kullanılmamıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.13'te verilmiştir.



Resim 3.13. #13 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#13 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 6,97 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 8,64 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.49'da verilmiştir.



Şekil 3.49. #13 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

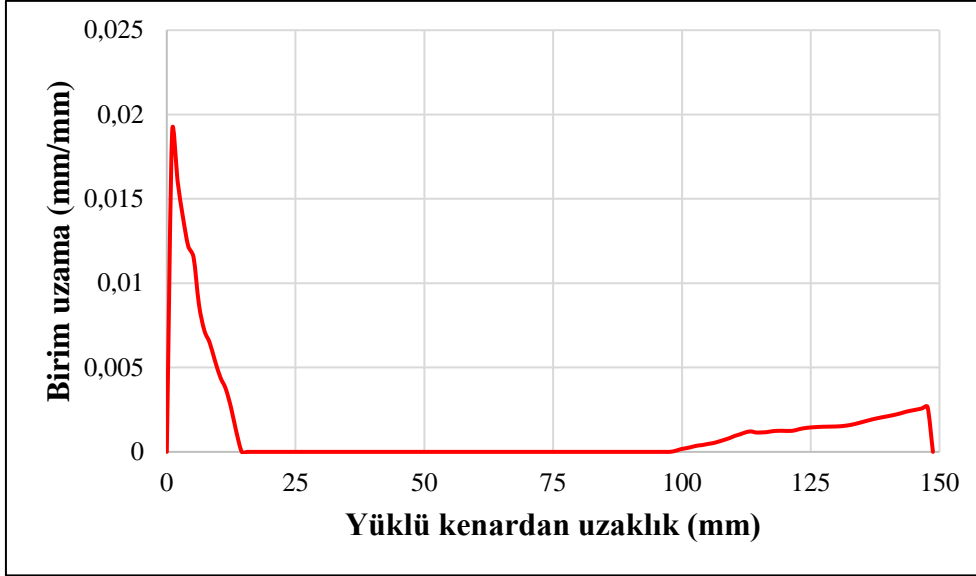
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.50’de, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.51’de verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.52’de görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.50. #13 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.51. #13 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

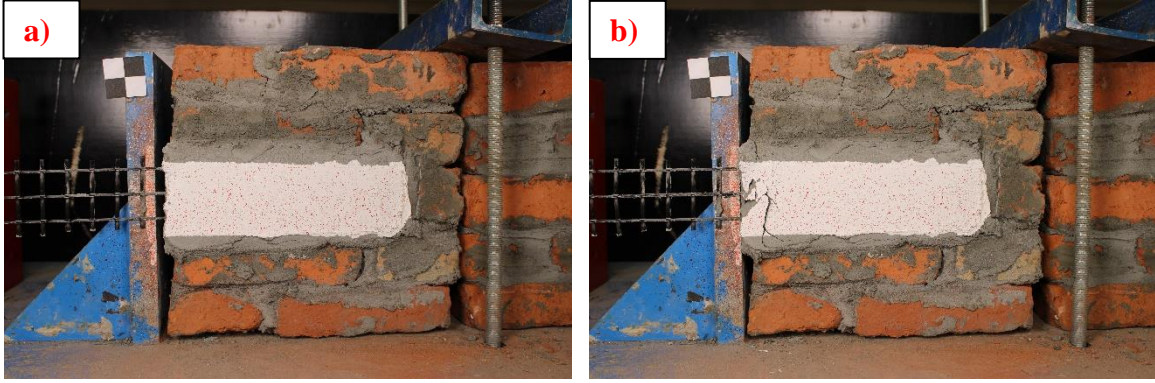


Şekil 3.52. #13 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#13 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0190 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,93 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,36 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,81 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 110,56 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Deney elemanının göçmesi, TDH şeridin alt ve üst yüzeylerindeki sıva katmalarının hasar görmeden, karbon tekstil ağın ara yüzeyden sıyrılması şeklinde meydana gelmiştir (D tipi göçme modu).

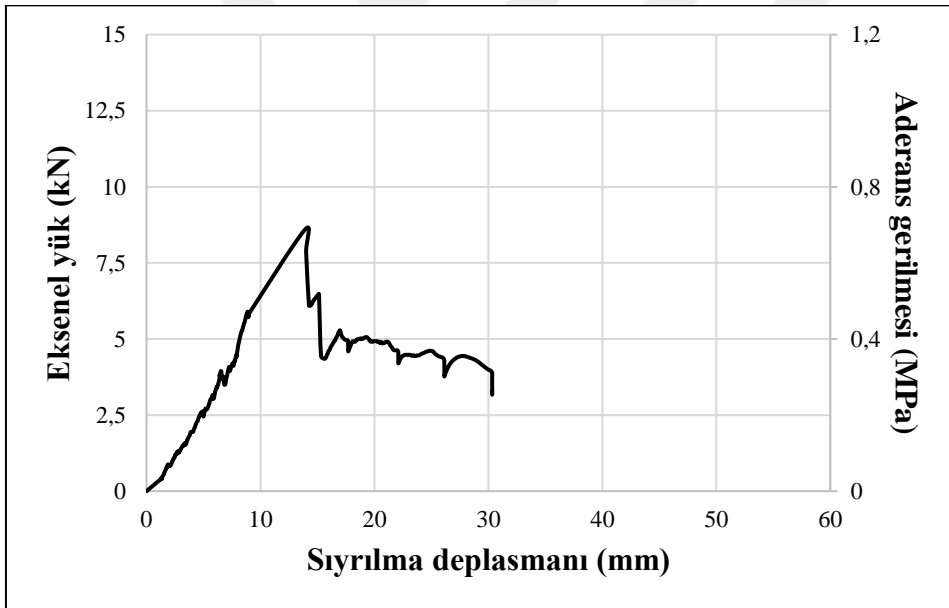
3.14. Deney Elemanı- #14

Dolu harman tuğlasından üretilen #14 numaralı deney elemanı, normal dayanımlı harç kullanılarak 50 mm genişlik ve 250 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede CFRP fan tipi ankraj kullanılmamıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.14'te verilmiştir.



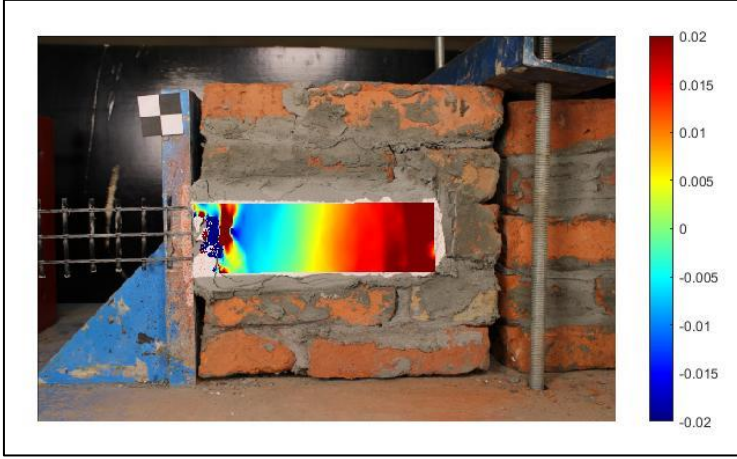
Resim 3.14. #14 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#14 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 8,60 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 13,93 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.53'te verilmiştir.

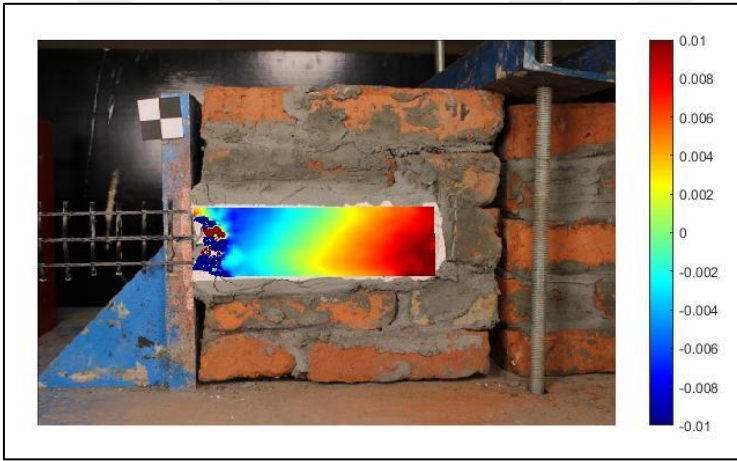


Şekil 3.53. #14 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

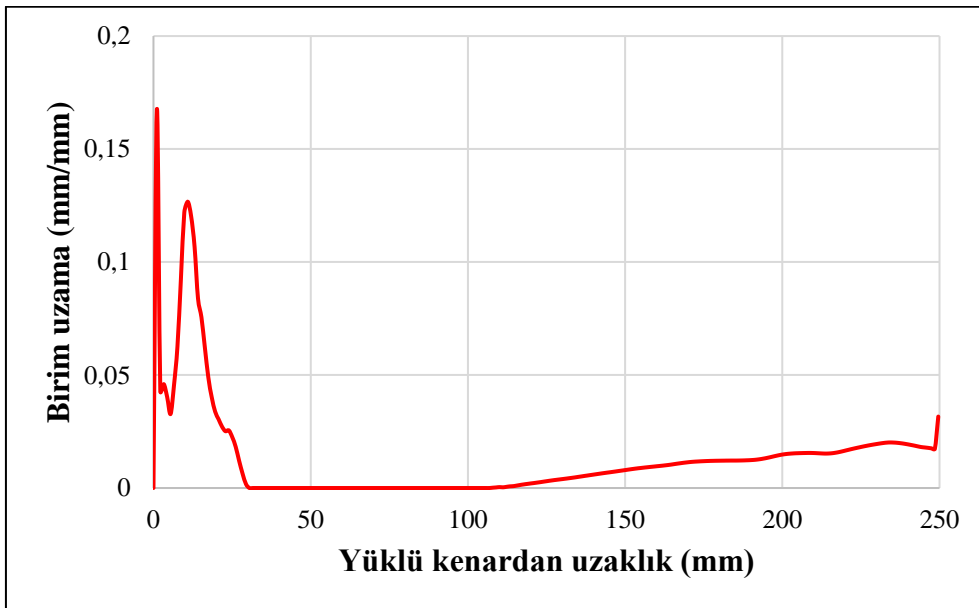
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.54'te, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.55'te verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.56'da görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.54. #14 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.55. #14 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

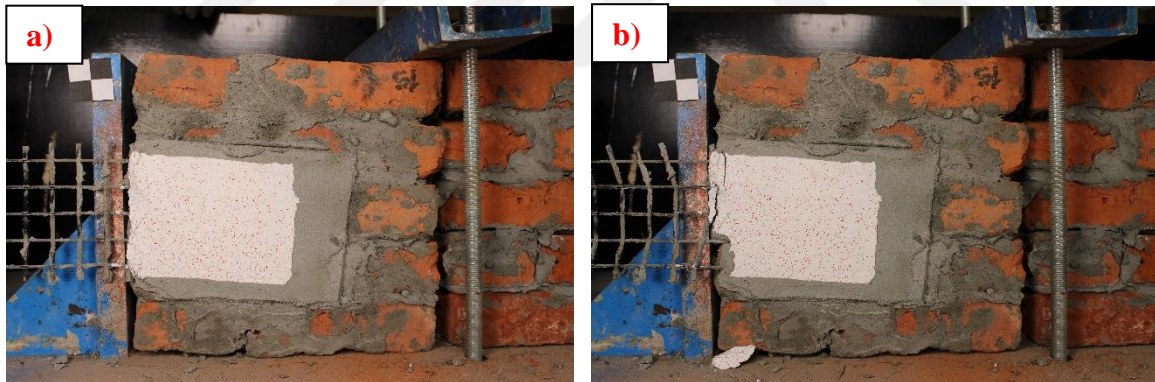


Şekil 3.56. #14 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#14 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,1675 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,69 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,35 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,62 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 123, 25 kN-mm olarak hesaplanmıştır. TDH şeridin yüzeyindeki sıva katmanının hasar görmesi ve sıva katmanlarının içinde bulunmayan karbon tekstil ağın kopmasıyla deney elemanı göçmüştür (C+E1 tipi göçme modu).

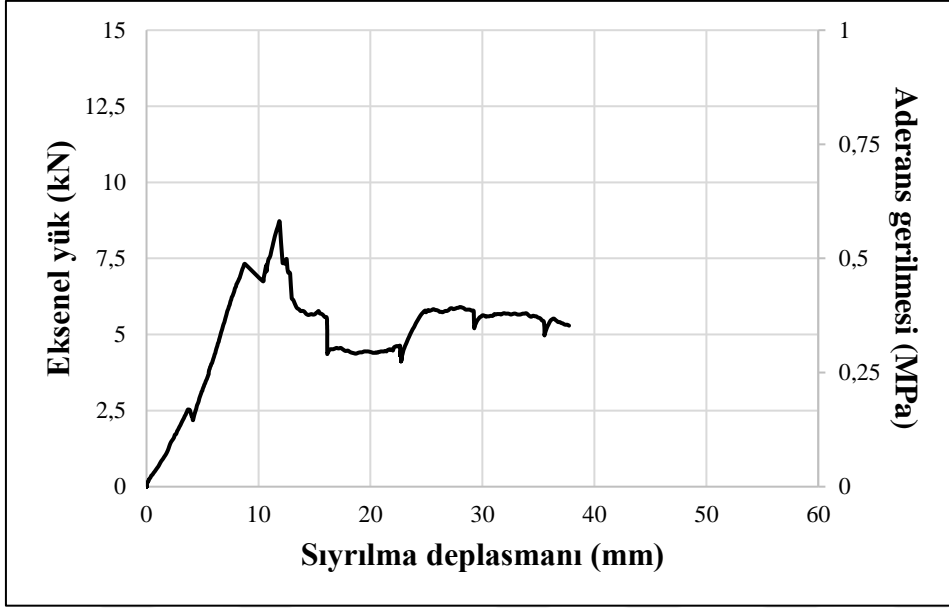
3.15. Deney Elemanı- #15

Dolu harman tuğlasından üretilen #15 numaralı deney elemanı, normal dayanımlı harç kullanılarak 100 mm genişlik ve 150 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede CFRP fan tipi ankraj kullanılmamıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.15'te verilmiştir.



Resim 3.15. #15 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#15 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 8,73 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 11,86 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.57'de verilmiştir.



Şekil 3.57. #15 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

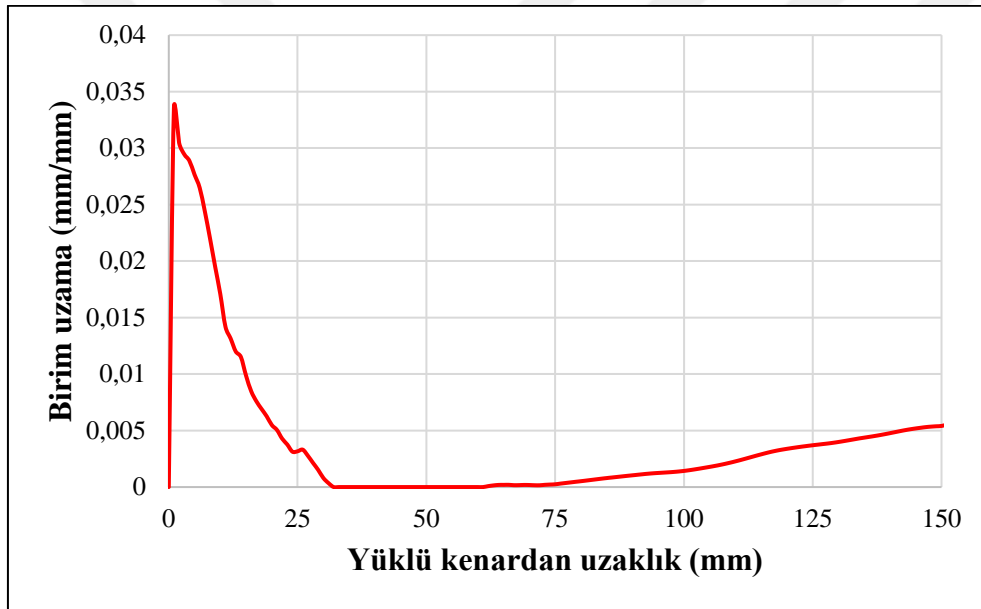
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.58'de, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.59'da verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.60'ta görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.58. #15 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.59. #15 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

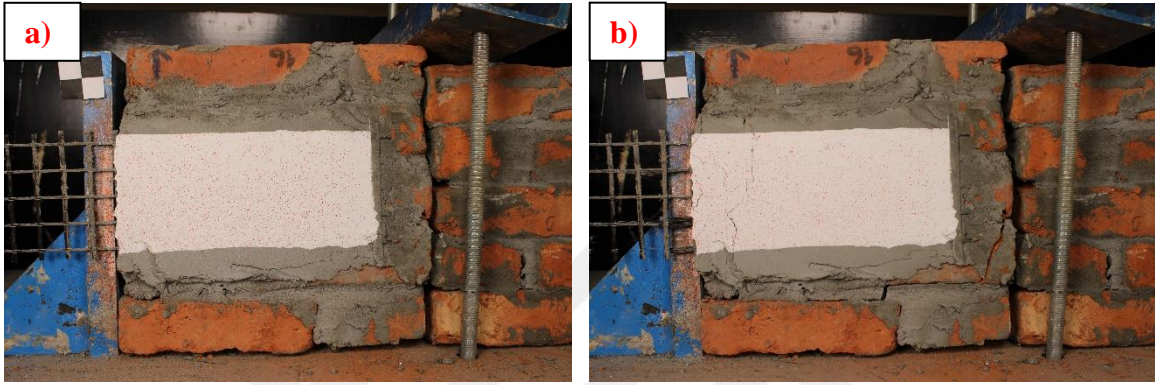


Şekil 3.60. #15 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#15 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0336 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,58 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,29 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,74 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 190,16 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Deney elemanının göçmesi, TDH şeridin alt ve üst yüzeylerindeki sıva katmalarının hasar görmeden, karbon tekstil ağın ara yüzeyden sıyrılması şeklinde meydana gelmiştir (D tipi göçme modü).

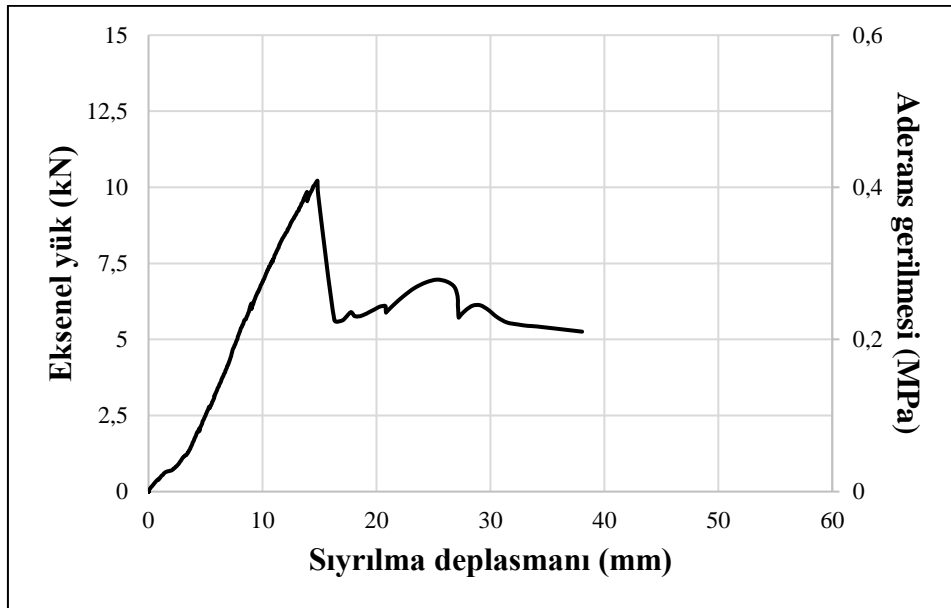
3.16. Deney Elemanı- #16

Dolu harman tuğlasından üretilen #16 numaralı deney elemanı, normal dayanımlı harç kullanılarak 100 mm genişlik ve 250 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede CFRP fan tipi ankraj kullanılmamıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.16'da verilmiştir.



Resim 3.16. #16 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#16 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 10,22 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 14,83 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.61'de verilmiştir.

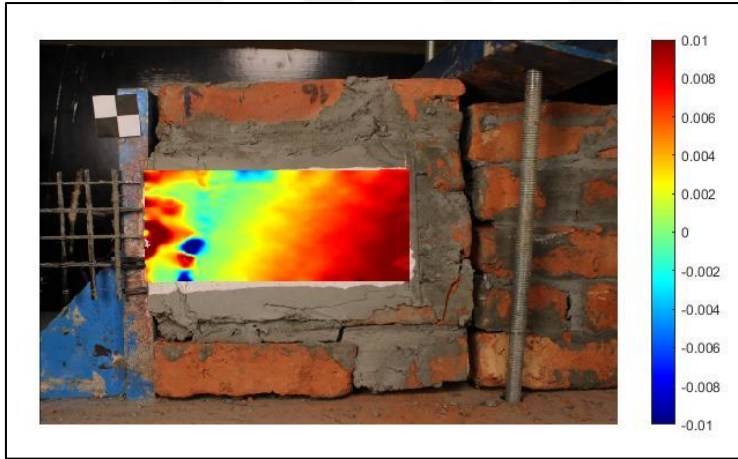


Şekil 3.61. #16 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

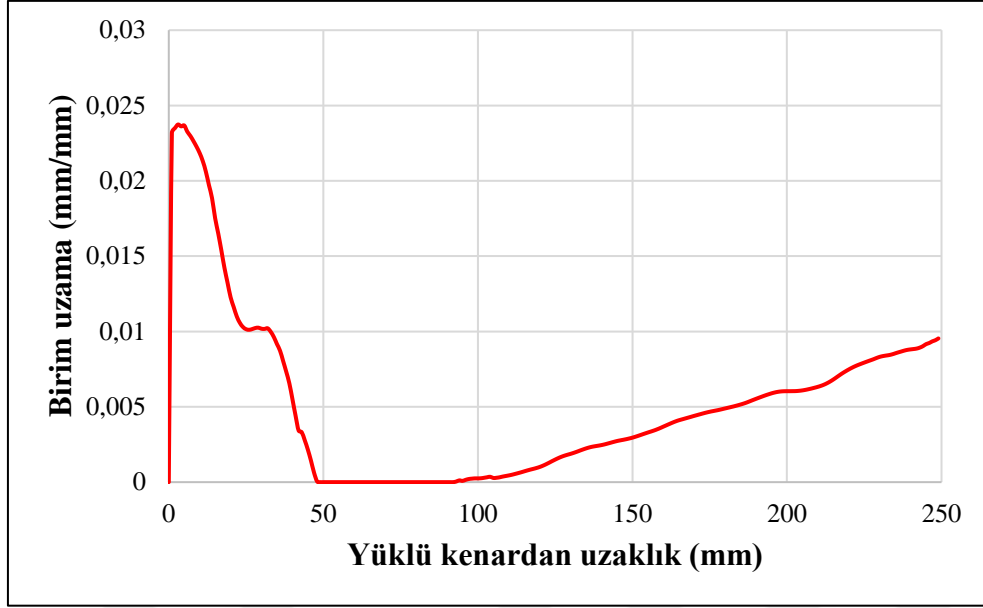
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.62’de, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.63’te verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.64’te görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.62. #16 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.63. #16 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

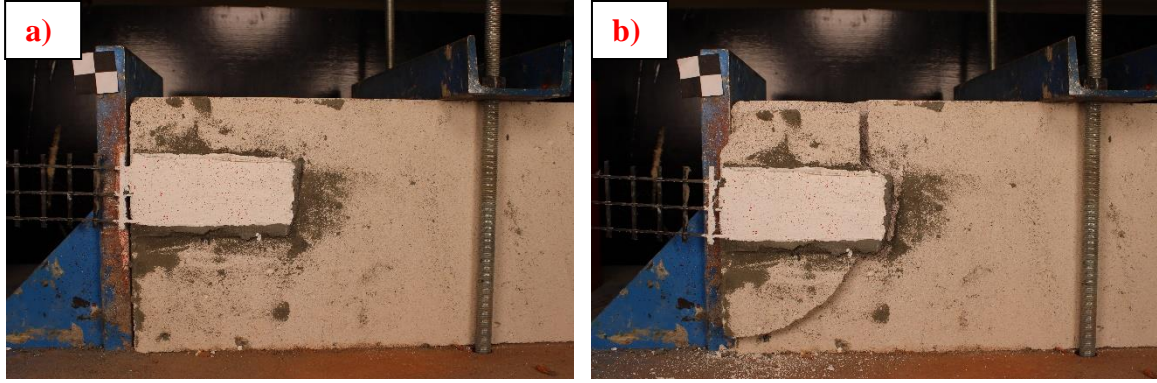


Şekil 3.64. #16 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#16 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0237 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,41 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,22 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,69 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 190,18 kN-mm olarak hesaplanmıştır. TDH şerit deney elemanına hasar vererek yüzeyden ayrılmış ve sıva katmanlarının içinde bulunmayan karbon tekstil ağ kopmuştur böylece deney elemanında göçme meydana gelmiştir (A+e1 tipi göçme modu).

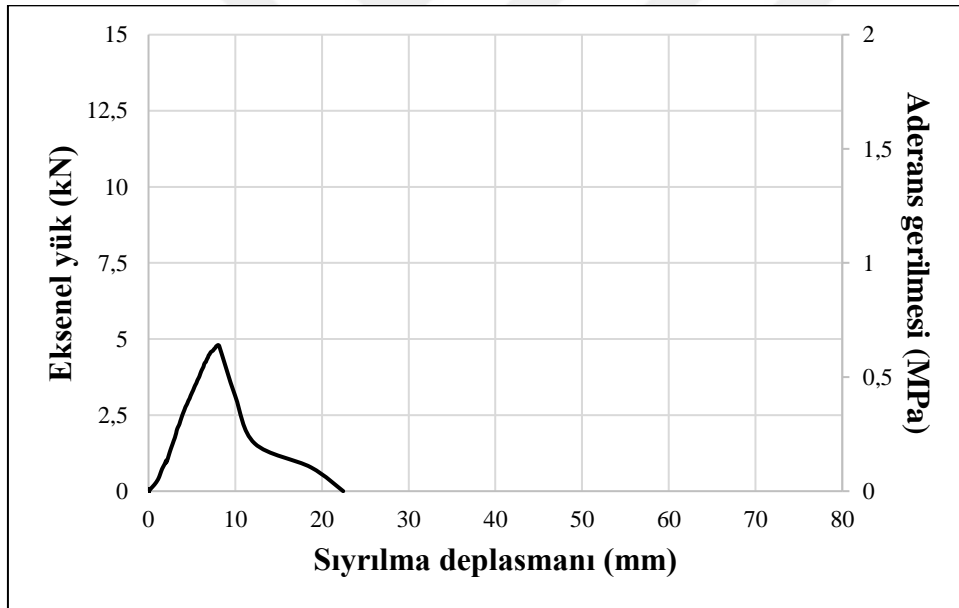
3.17. Deney Elemanı- #17

Gaz betondan üretilen #17 numaralı deney elemanı, normal dayanımlı harç kullanılarak 50 mm genişlik ve 150 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede şerit ortasında 1 adet CFRP fan tipi ankraj kullanılmıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.17’de verilmiştir.



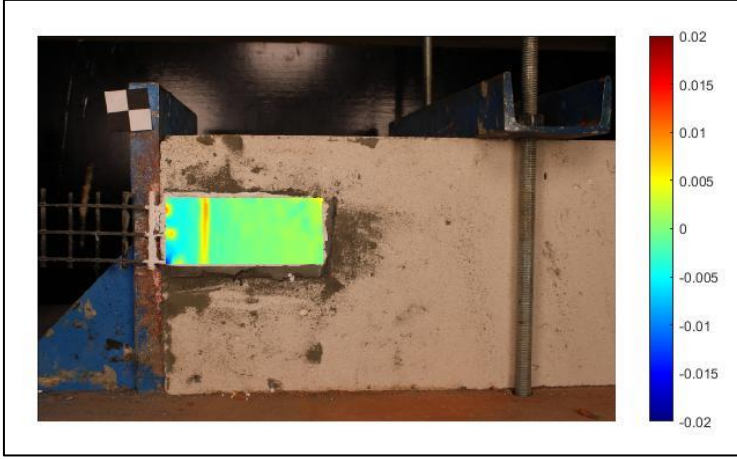
Resim 3.17. #17 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#17 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 4,80 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 8,02 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.65'te verilmiştir.

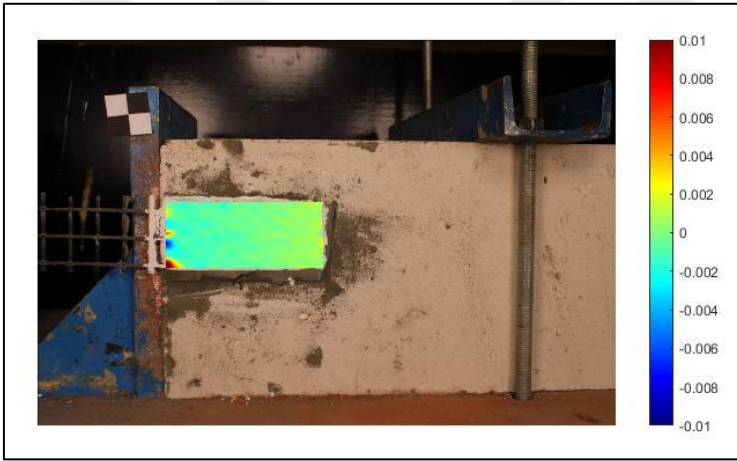


Şekil 3.65. #17 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

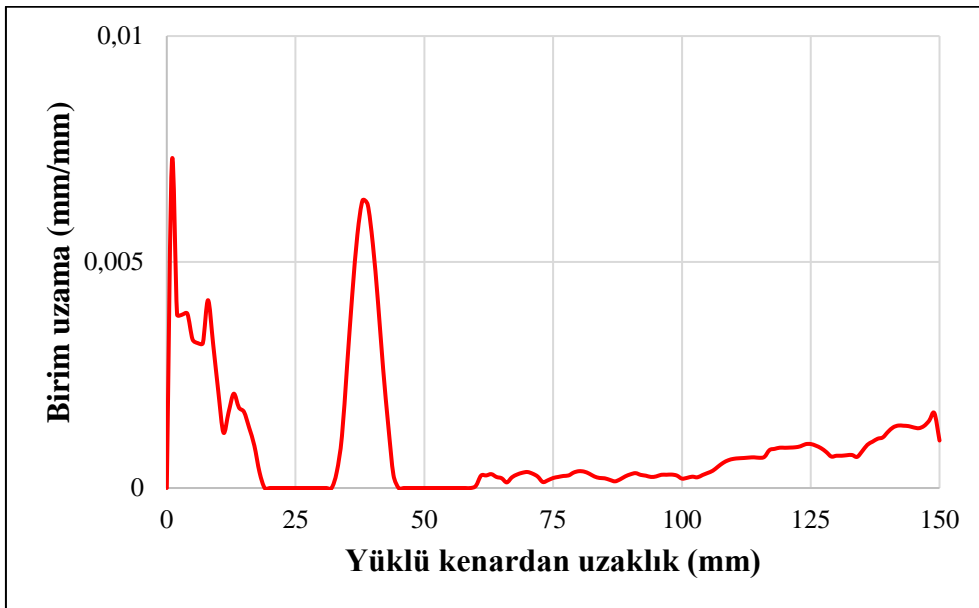
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.66'da, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.67'de verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.68'de görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.66. #17 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.67. #17 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

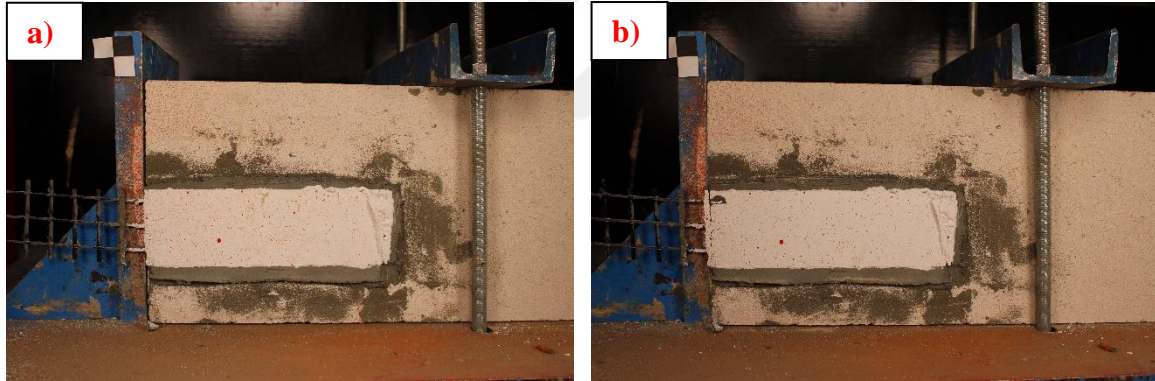


Şekil 3.68. #17 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#17 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0072 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,64 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanında artık gerilme meydana gelmemiştir. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,60 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 45,67 kN-mm olarak hesaplanmıştır. TDH şeridin deney elemanına hasar vererek yüzeyden ayrılması sonucunda deney elemanı göçmüştür (A tipi göçme modü).

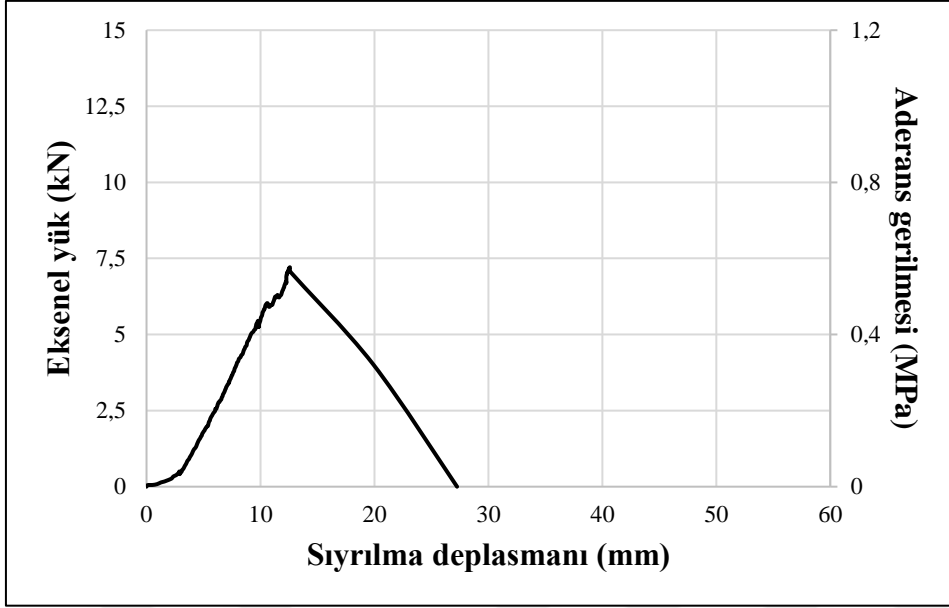
3.18. Deney Elemanı- #18

Gaz betondan üretilen #18 numaralı deney elemanı, normal dayanımlı harç kullanılarak 50 mm genişlik ve 250 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede şerit ortasında 1 adet CFRP fan tipi ankraj kullanılmıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.18'de verilmiştir.



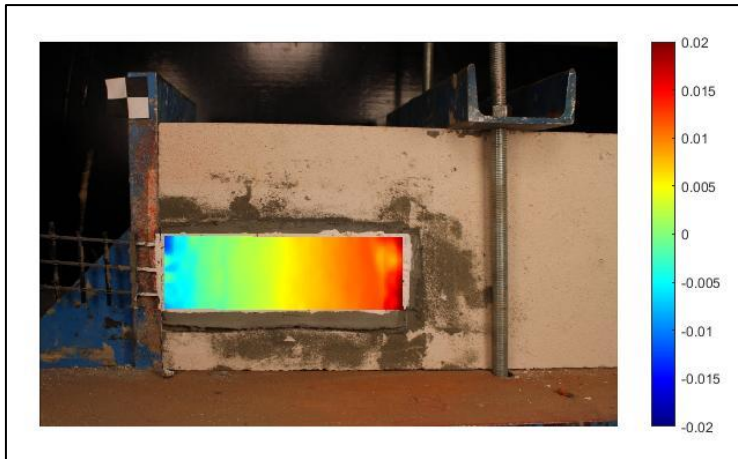
Resim 3.18. #18 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#18 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 7,21 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 12,59 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.69'da verilmiştir.



Şekil 3.69. #18 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

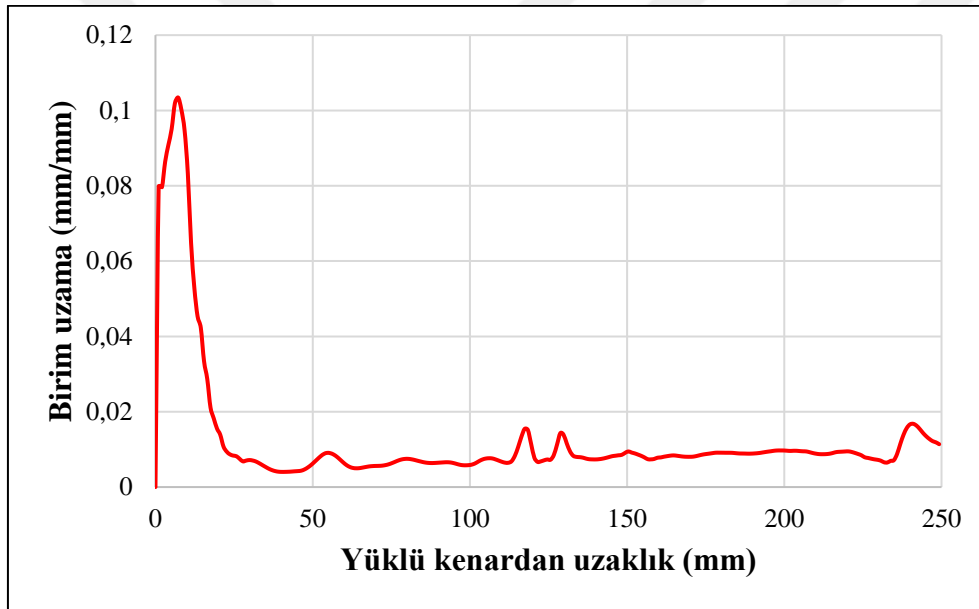
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.70’te, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.71’de verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.72’de görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.70. #18 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.71. #18 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

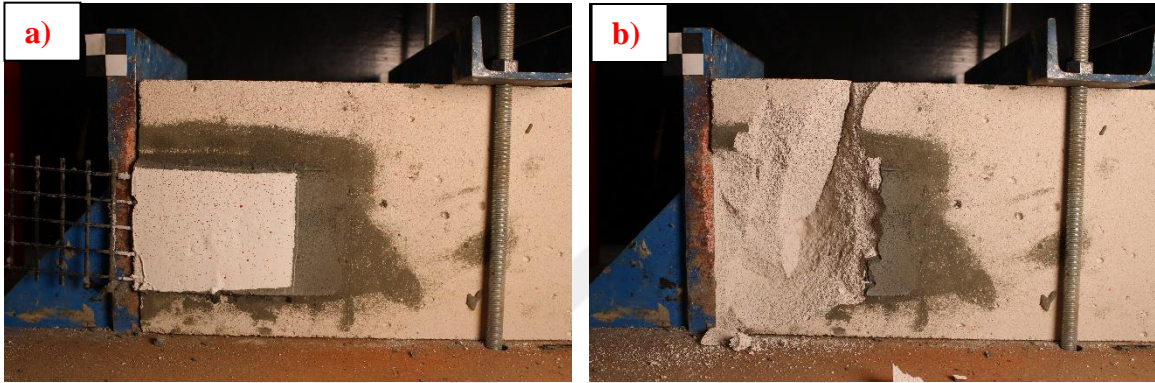


Şekil 3.72. #18 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#18 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,1034 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,58 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanında artık gerilme meydana gelmemiştir. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,57 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 92,59 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Deney elemanının göçmesi, TDH şeridin alt ve üst yüzelerindeki sıva katmalarının hasar görmeden, karbon tekstil ağın ara yüzeyden sıyrılması şeklinde meydana gelmiştir (D tipi göçme modu).

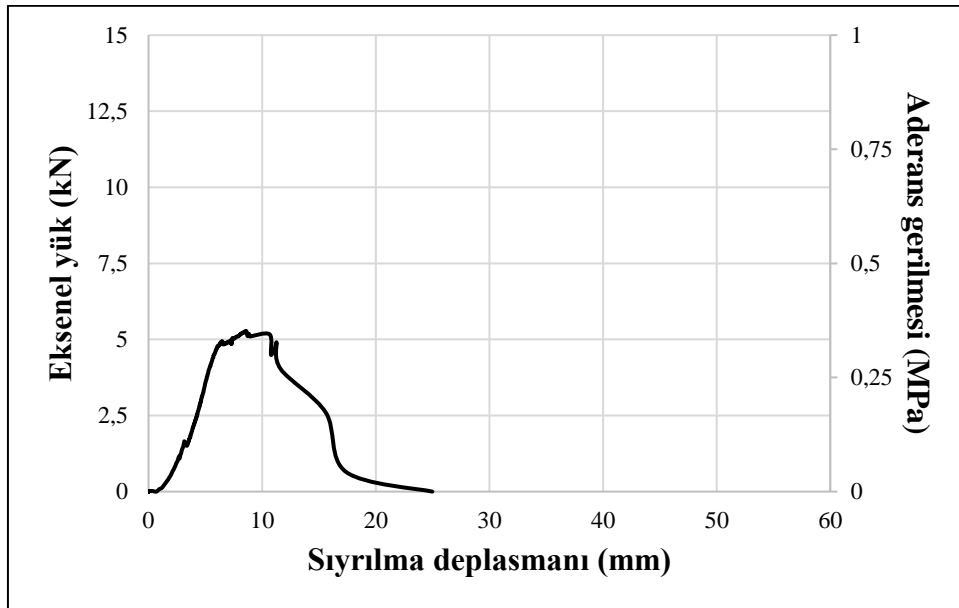
3.19. Deney Elemanı- #19

Gaz betondan üretilen #19 numaralı deney elemanı, normal dayanımlı harç kullanılarak 100 mm genişlik ve 150 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede şerit ortasında 1 adet CFRP fan tipi ankraj kullanılmıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.19'da verilmiştir.



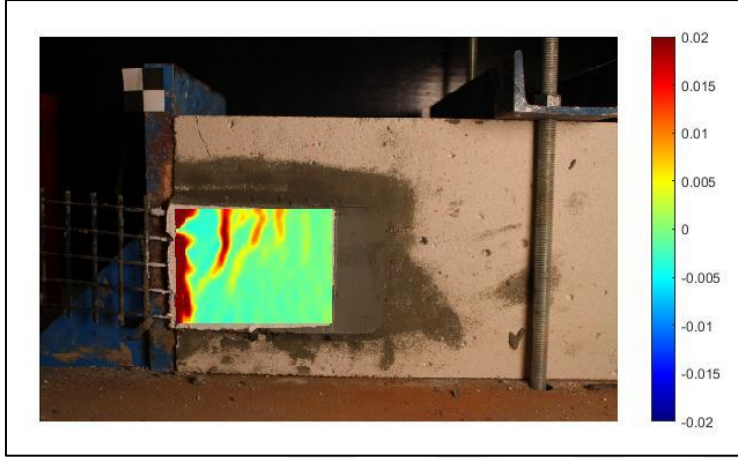
Resim 3.19. #19 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#19 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 5,27 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 8,62 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.73'te verilmiştir.

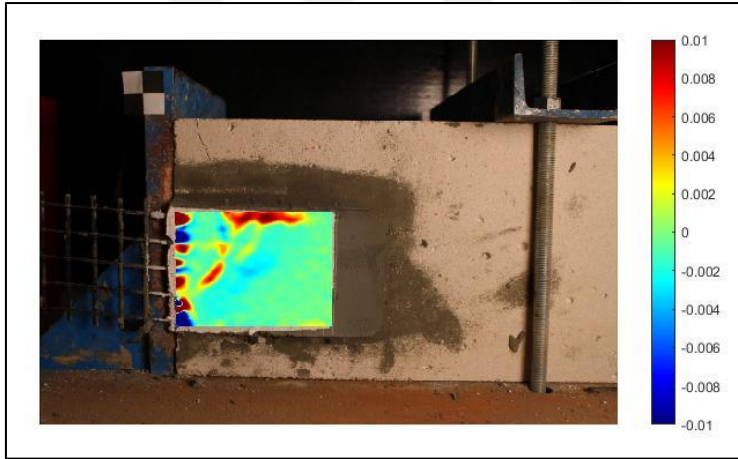


Şekil 3.73. #19 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

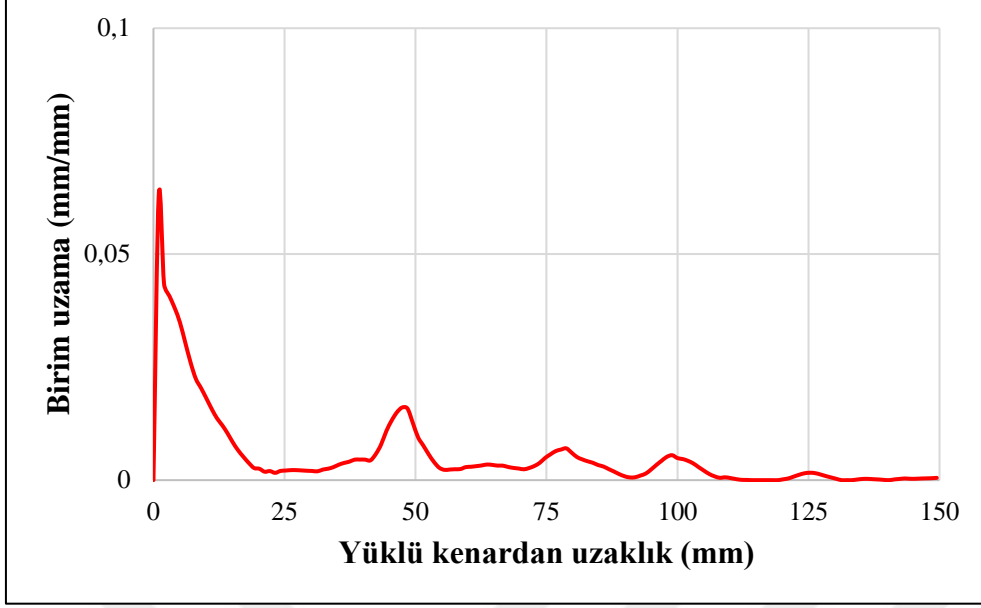
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.74'te, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.94'te verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.76'da görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.74. #19 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.75. #19 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

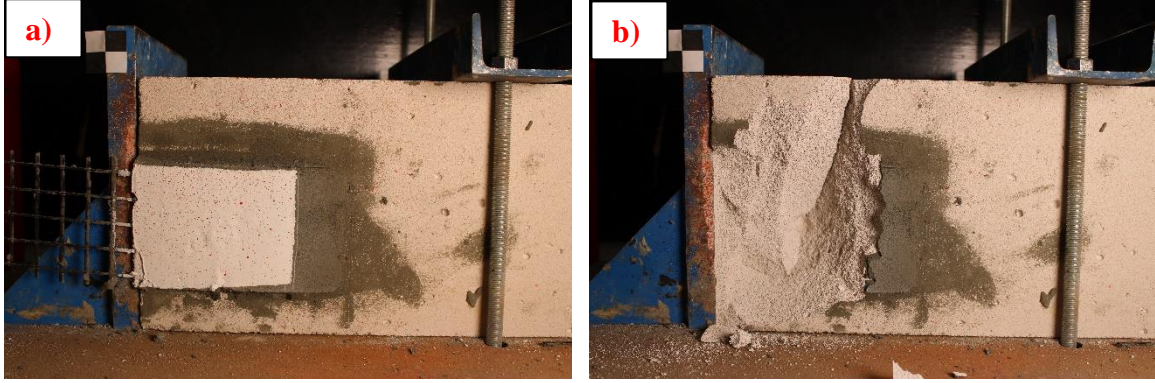


Şekil 3.76. #19 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#19 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0631 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,35 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanında artık gerilme meydana gelmemiştir. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,61 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 56,62 kN-mm olarak hesaplanmıştır. TDH şeridin deney elemanına hasar vererek yüzeyden ayrılması sonucunda deney elemanı göçmüştür (A tipi göçme modu).

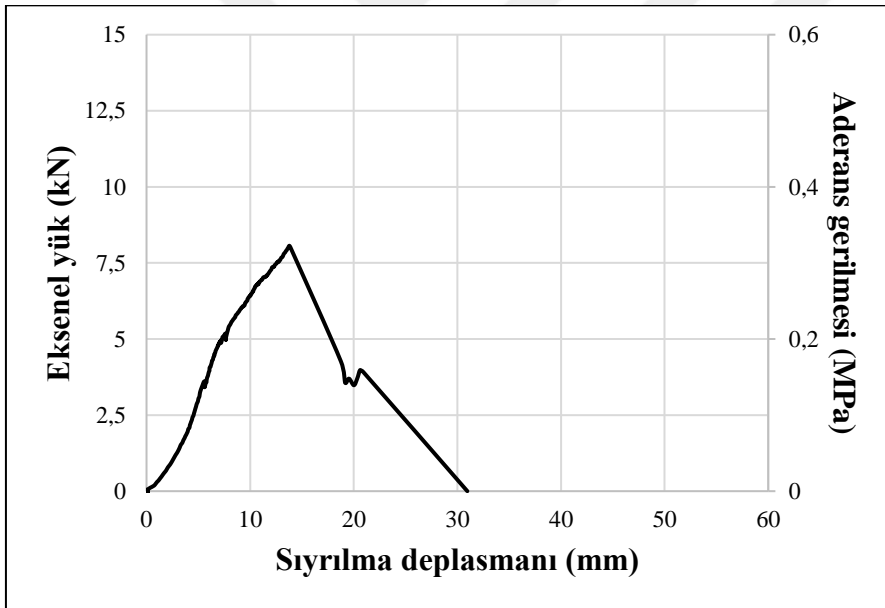
3.20. Deney Elemanı- #20

Gaz betondan üretilen #20 numaralı deney elemanı, normal dayanımlı harç kullanılarak 100 mm genişlik ve 250 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede şerit ortasında 1 adet CFRP fan tipi ankraj kullanılmıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.20'de verilmiştir.



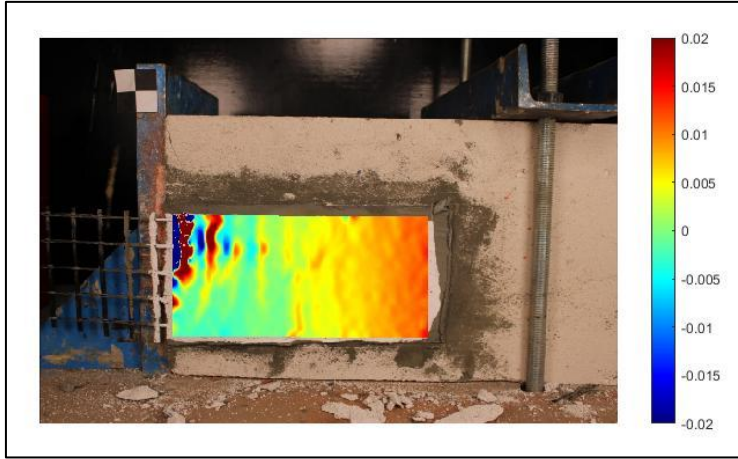
Resim 3.20. #20 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#20 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 8,06 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 13,78 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.77’de verilmiştir.

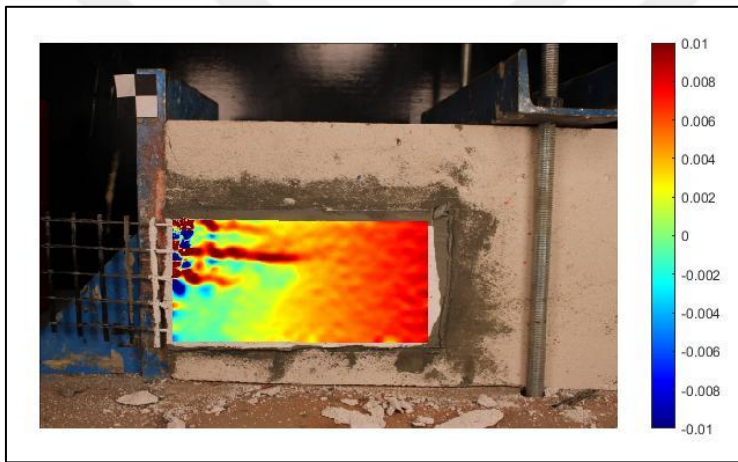


Şekil 3.77. #20 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

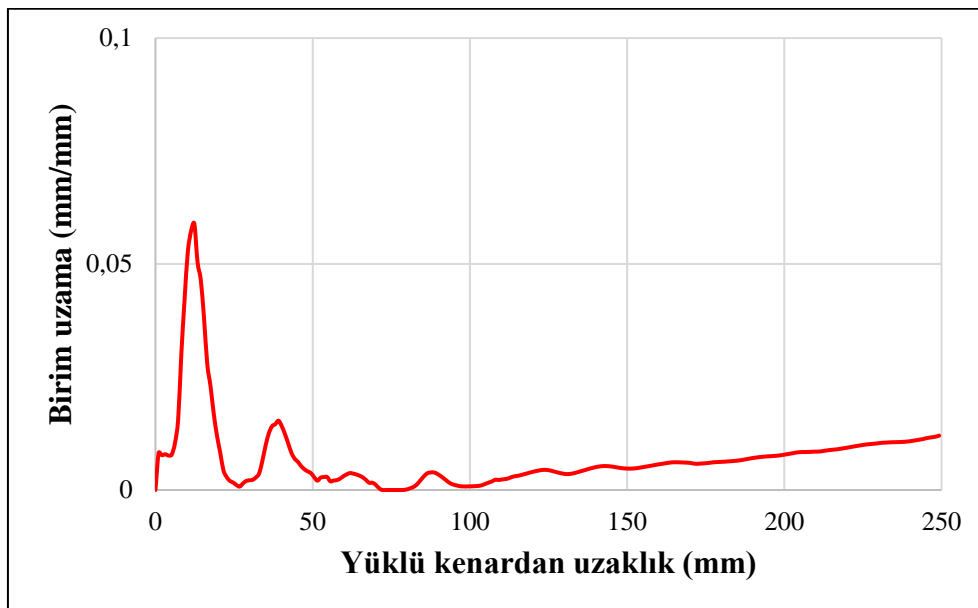
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.78’de, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.79’da verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.80’de görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.78. #20 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.79. #20 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

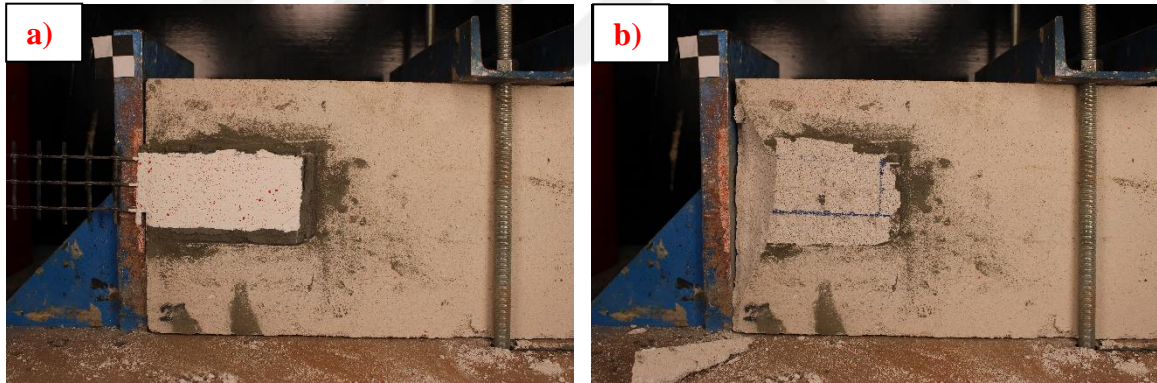


Şekil 3.80. #20 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#20 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0589 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,32 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanında artık gerilme meydana gelmemiştir. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,59 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 116,49 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Deney elemanının göçmesi, TDH şeridin yüzeyindeki sıva katmanının hasar görmesi ve deney elemanına hasar vererek yüzeyden ayrılması şeklinde meydana gelmiştir (A+C tipi göçme modu).

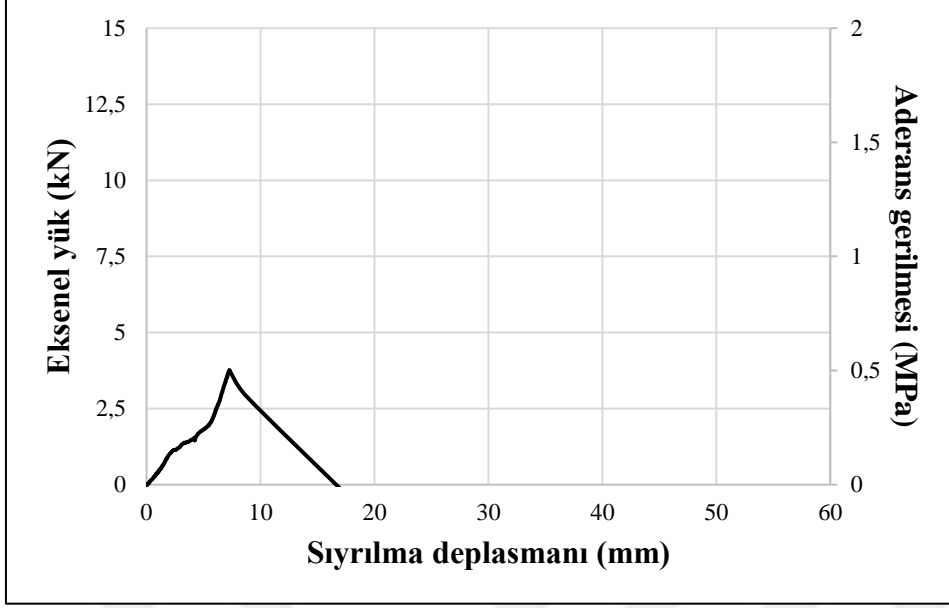
3.21. Deney Elemanı- #21

Gaz betondan üretilen #21 numaralı deney elemanı, normal dayanımlı harç kullanılarak 50 mm genişlik ve 150 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede CFRP fan tipi ankraj kullanılmamıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.21’de verilmiştir.



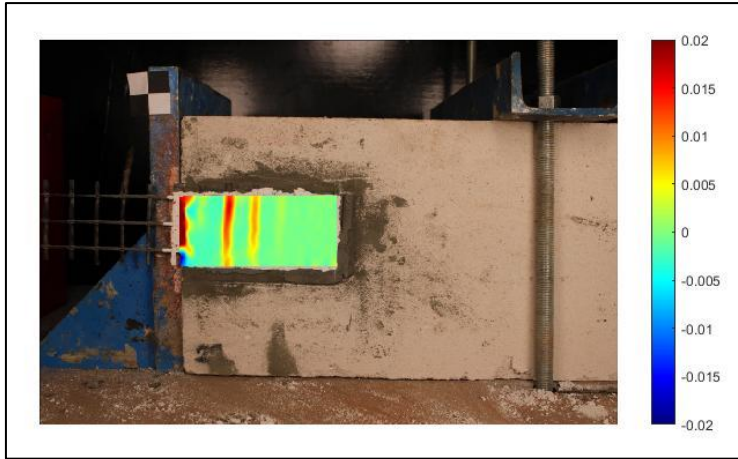
Resim 3.21. #21 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#21 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 3,77 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 7,27 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.81’de verilmiştir.



Şekil 3.81. #21 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

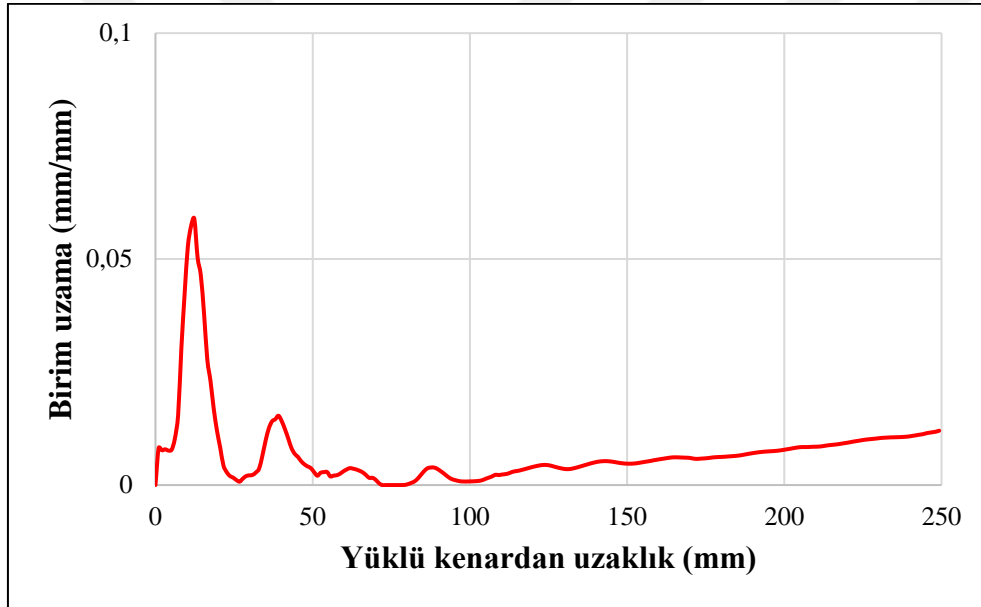
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.82’de, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.83’te verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.84’te görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.82. #21 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.83. #21 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

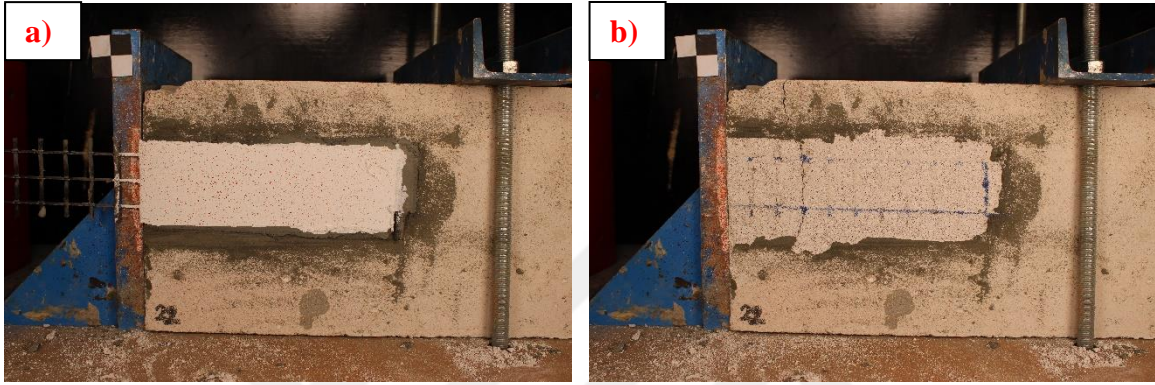


Şekil 3.84. #21 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#21 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0271 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,50 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanında artık gerilme meydana gelmemiştir. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,52 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 27,27 kN-mm olarak hesaplanmıştır. TDH şeridin deney elemanına hasar vererek yüzeyden ayrılması sonucunda deney elemanı göçmüştür (A tipi göçme modu).

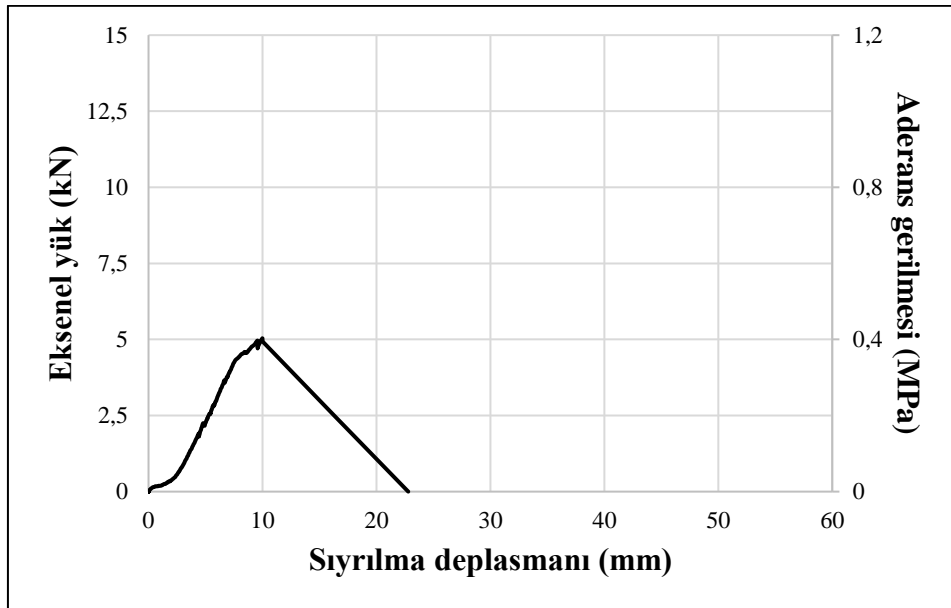
3.22. Deney Elemanı- #22

Gaz betondan üretilen #22 numaralı deney elemanı, normal dayanımlı harç kullanılarak 50 mm genişlik ve 250 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede CFRP fan tipi ankraj kullanılmamıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.22’de verilmiştir.



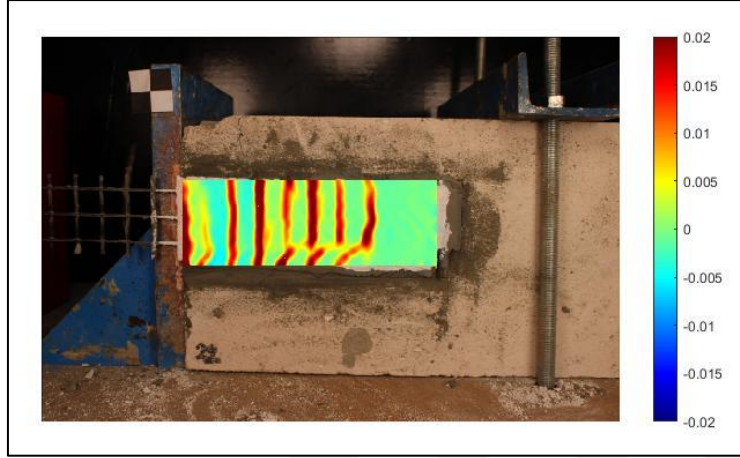
Resim 3.22. #22 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#22 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 5,03 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 9,99 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.85’te verilmiştir.

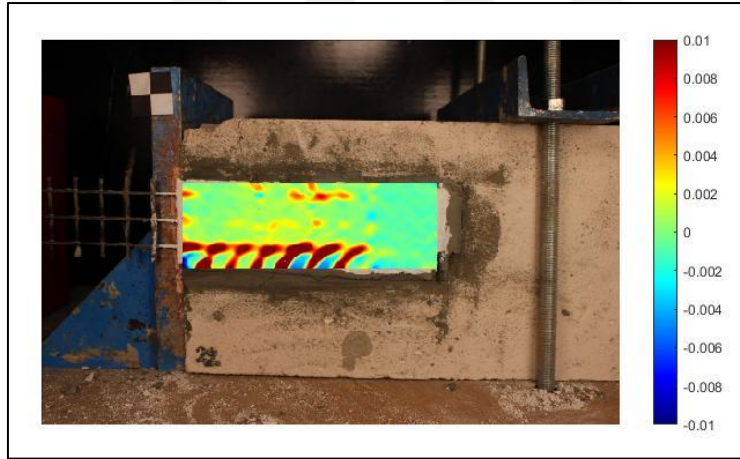


Şekil 3.85. #22 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

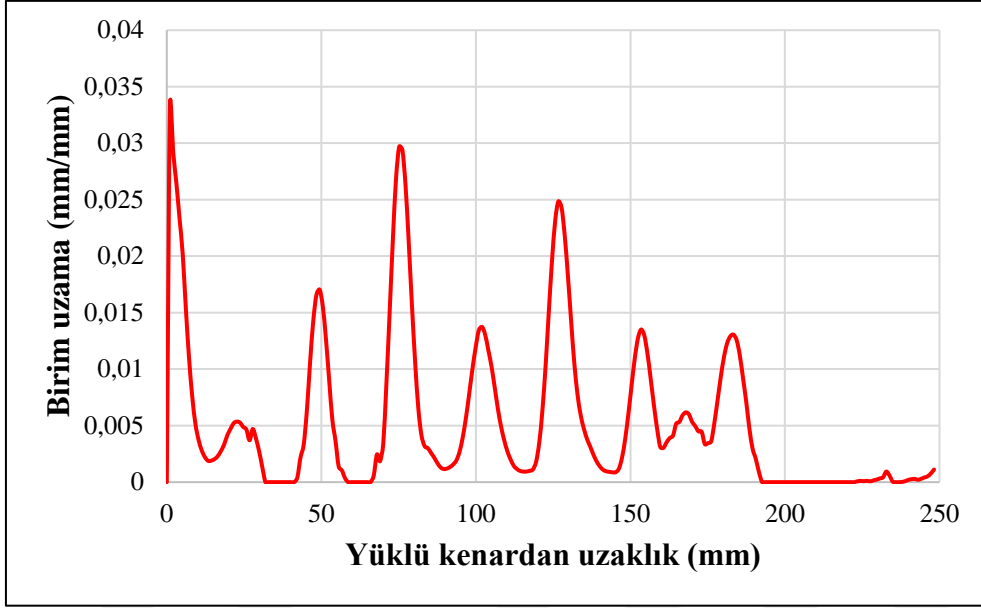
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.86'da, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.87'de verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.88'de görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.86. #22 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.87. #22 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

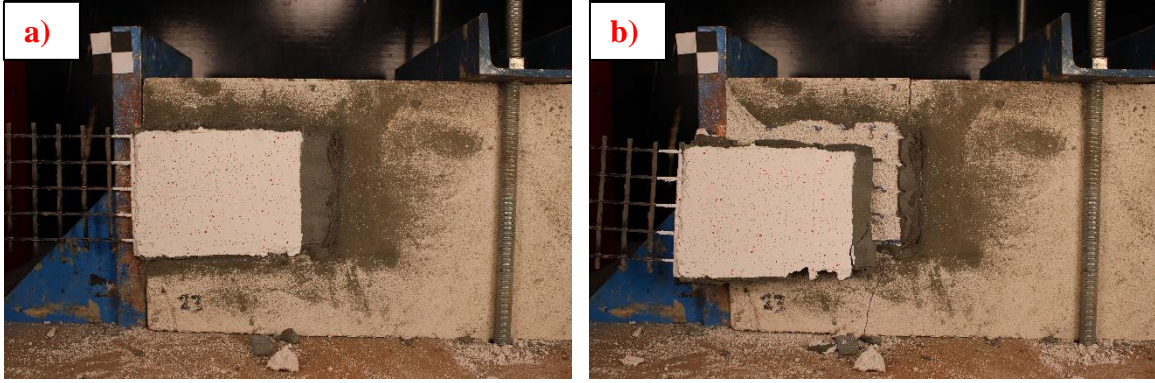


Şekil 3.88. #22 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#22 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0334 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,40 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanında artık gerilme meydana gelmemiştir. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,50 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 55,53 kN-mm olarak hesaplanmıştır. TDH şeridin deney elemanına hasar vererek yüzeyden ayrılması sonucunda deney elemanı göçmüştür (A tipi göçme modu).

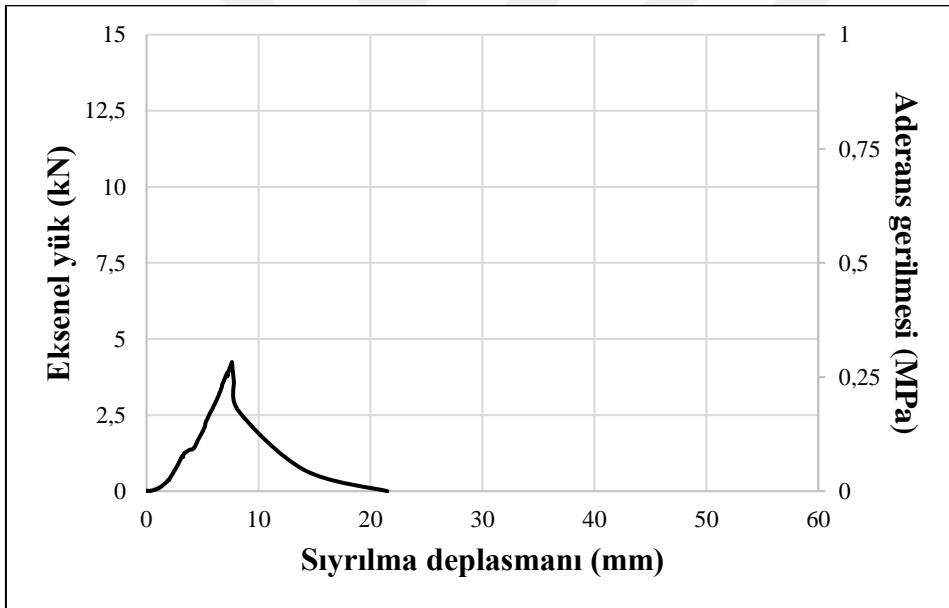
3.23. Deney Elemanı- #23

Gaz betondan üretilen #23 numaralı deney elemanı, normal dayanımlı harç kullanılarak 100 mm genişlik ve 150 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede CFRP fan tipi ankraj kullanılmamıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.23'te verilmiştir.



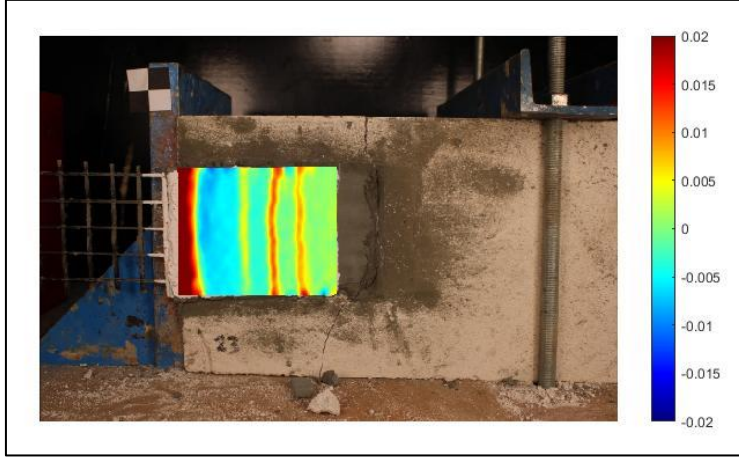
Resim 3.23. #23 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#23 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 4,25 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 7,64 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.89’da verilmiştir.



Şekil 3.89. #23 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

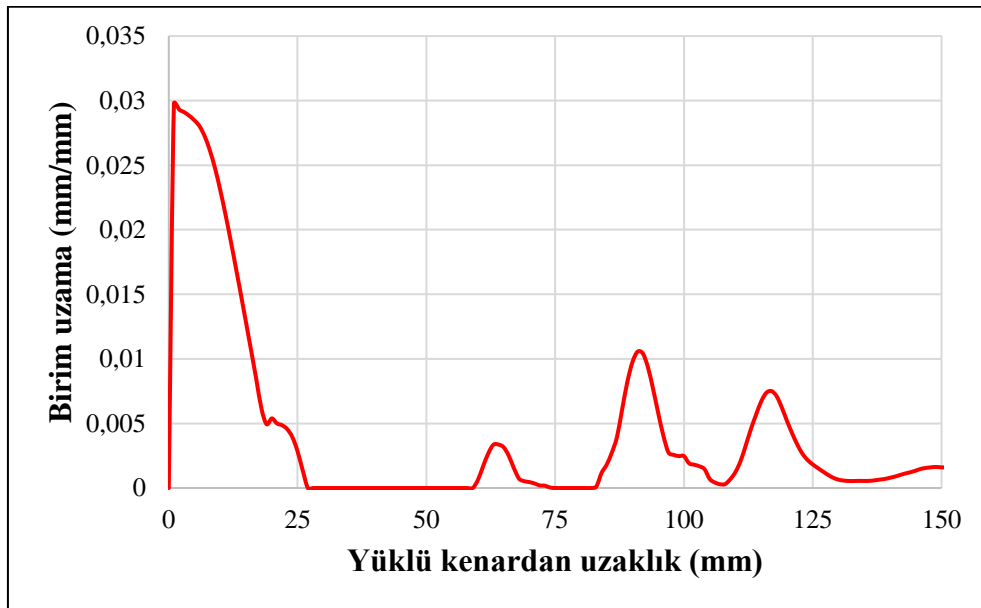
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.90’da, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.91’de verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.92’de görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.90. #23 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.91. #23 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

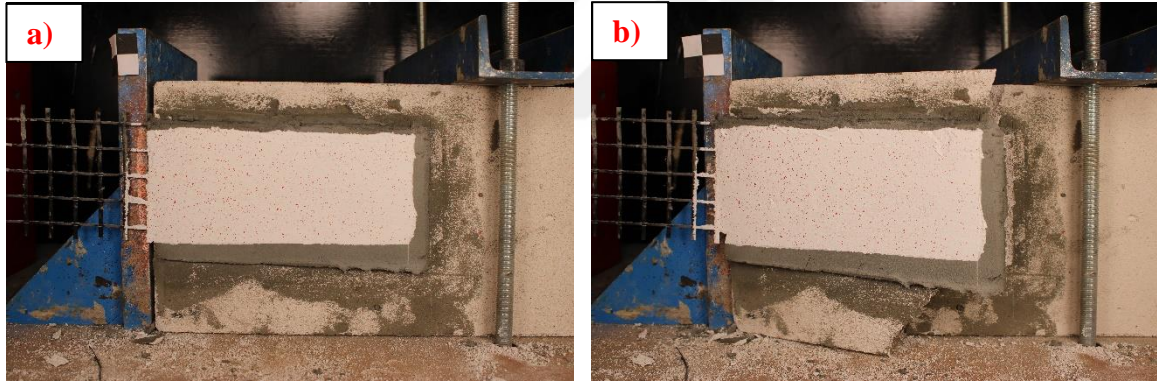


Şekil 3.92. #23 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#23 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0298 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,28 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanında artık gerilme meydana gelmemiştir. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,56 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 26,24 kN-mm olarak hesaplanmıştır. TDH şeridin deney elemanına hasar vererek yüzeyden ayrılması sonucunda deney elemanı göçmüştür (A tipi göçme modü).

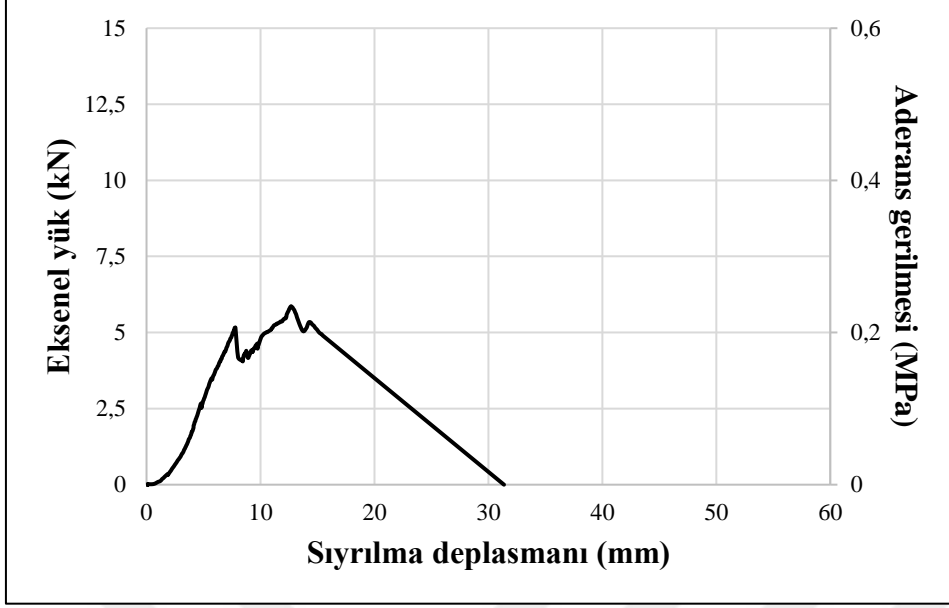
3.24. Deney Elemanı- #24

Gaz betondan üretilen #24 numaralı deney elemanı, normal dayanımlı harç kullanılarak 100 mm genişlik ve 250 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede CFRP fan tipi ankraj kullanılmamıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.24'te verilmiştir.



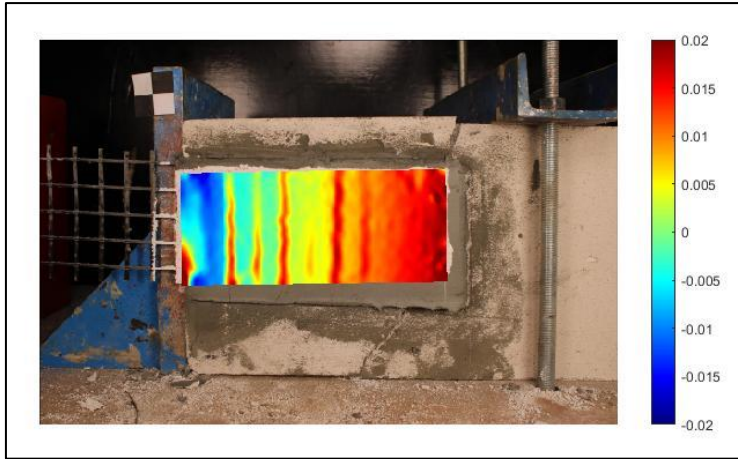
Resim 3.24. #24 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#24 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 5,87 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 12,66 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.93'te verilmiştir.

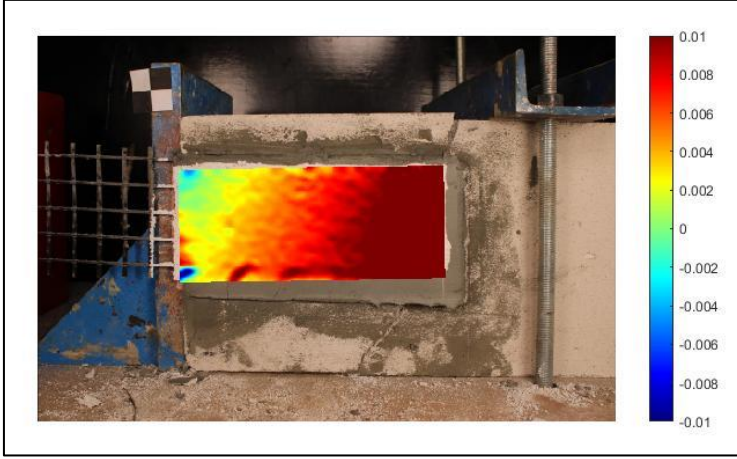


Şekil 3.93. #24 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

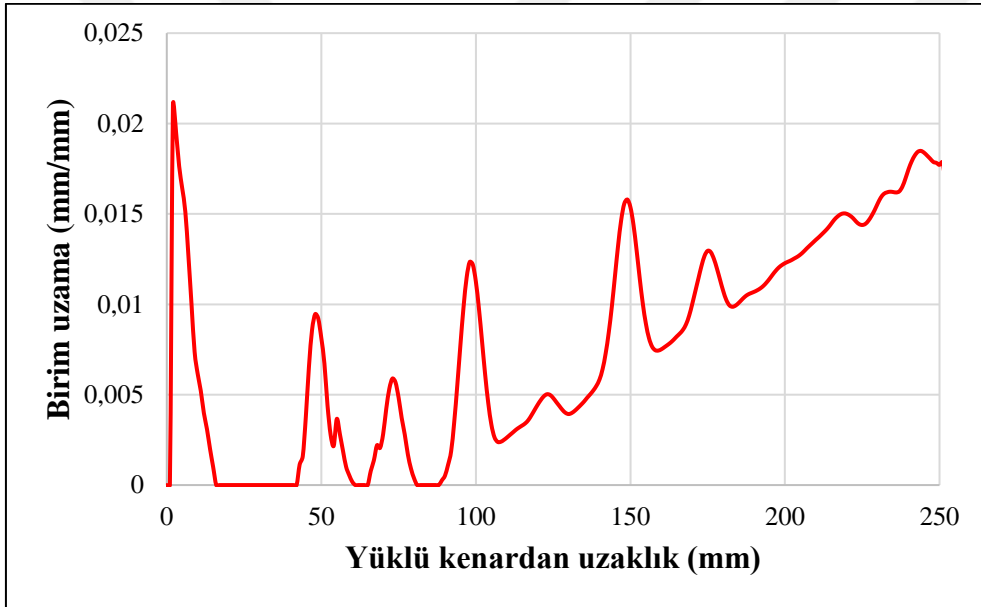
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.94'te, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.95'te verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.96'da görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.94. #24 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.95. #24 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

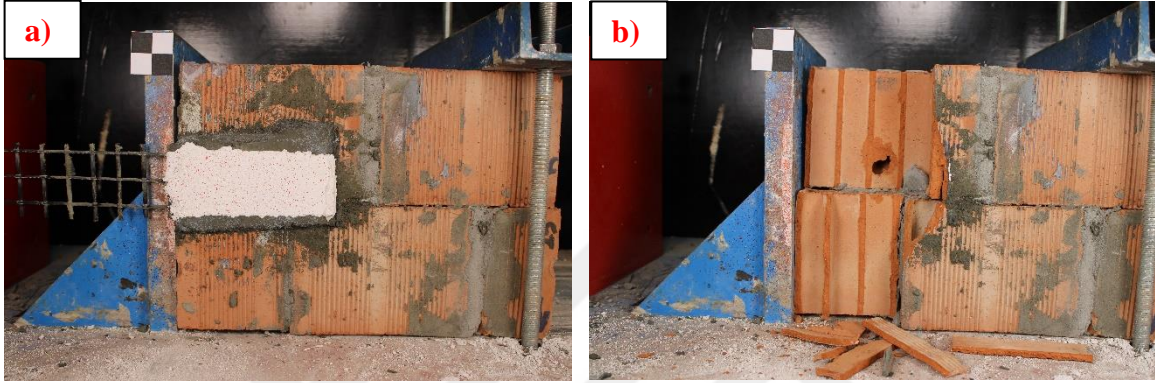


Şekil 3.96. #24 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#24 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0210 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,23 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanında artık gerilme meydana gelmemiştir. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,46 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 93,15 kN-mm olarak hesaplanmıştır. TDH şeridin deney elemanına hasar vererek yüzeyden ayrılması sonucunda deney elemanı göçmüştür (A tipi göçme modü).

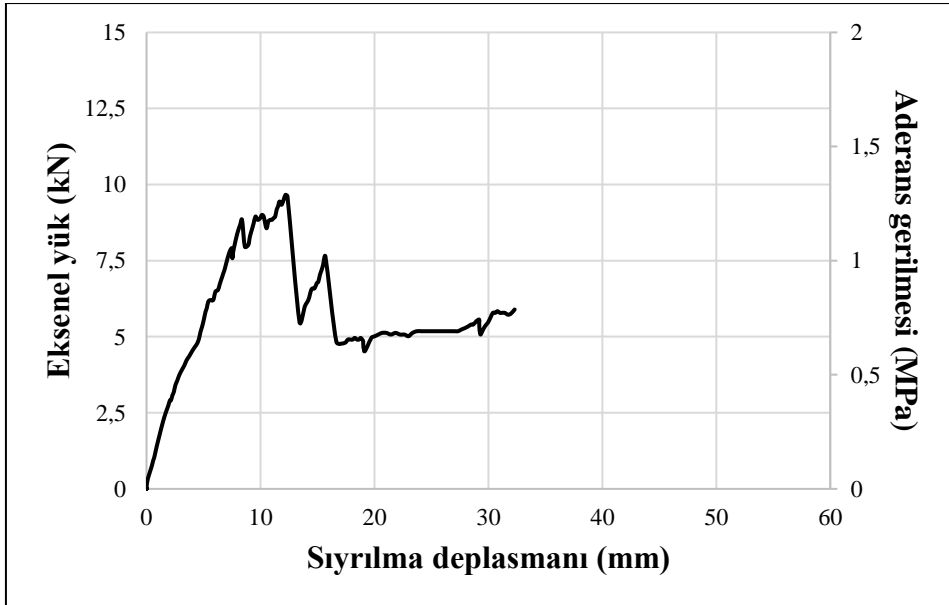
3.25. Deney Elemanı- #25

Boşluklu yığma yapı tuğlasından üretilen #25 numaralı deney elemanı, yüksek dayanımlı harç kullanılarak 50 mm genişlik ve 150 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede şerit ortasında 1 adet CFRP fan tipi ankraj kullanılmıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.25'te verilmiştir.



Resim 3.25. #25 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#25 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 9,66 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 12,19 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.97'de verilmiştir.



Şekil 3.97. #25 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

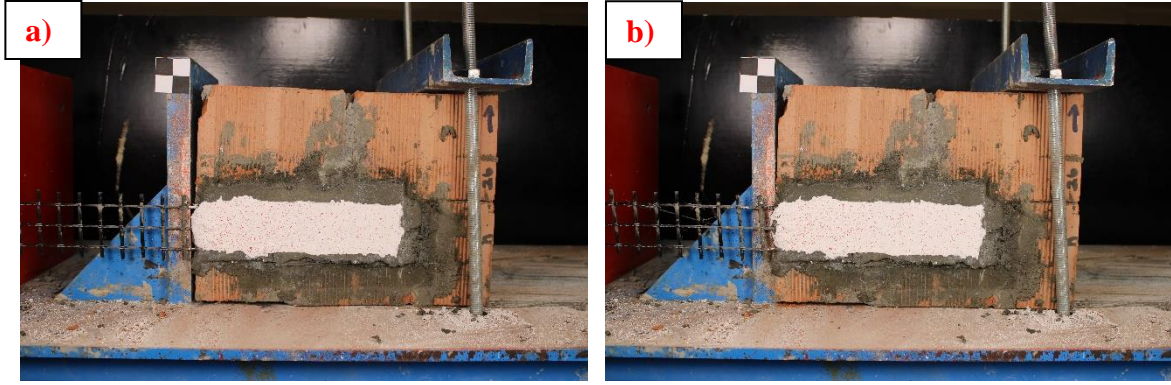


Şekil 3.100. #25 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#25 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0063 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 1,29 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,64 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,79 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 185,03 kN-mm olarak hesaplanmıştır. TDH şeridin deney elemanına hasar vererek yüzeyden ayrılması sonucunda deney elemanı göçmüştür (A tipi göçme modu).

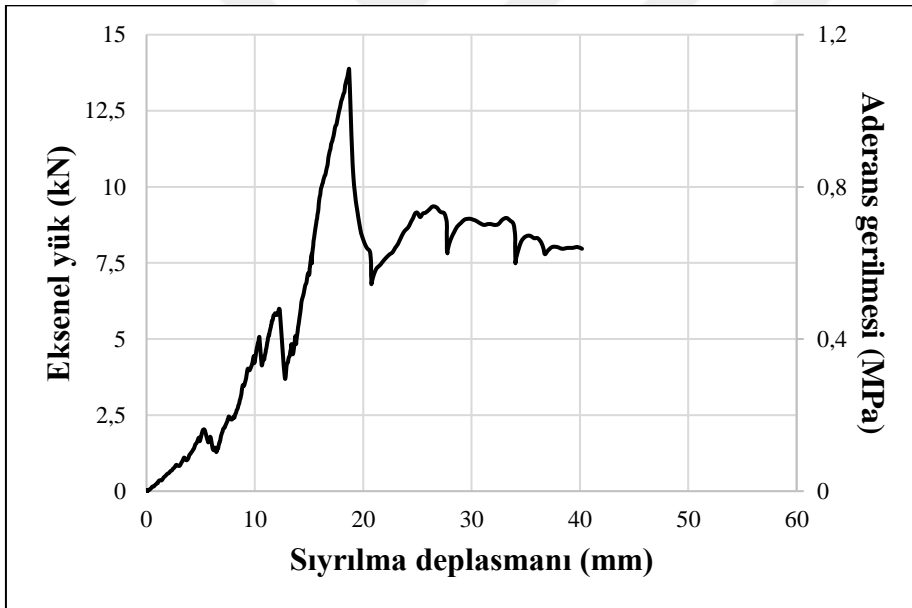
3.26. Deney Elemanı- #26

Boşluklu yığma yapı tuğlasından üretilen #26 numaralı deney elemanı, yüksek dayanımlı harç kullanılarak 50 mm genişlik ve 250 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede şerit ortasında 1 adet CFRP fan tipi ankraj kullanılmıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.26'da verilmiştir.



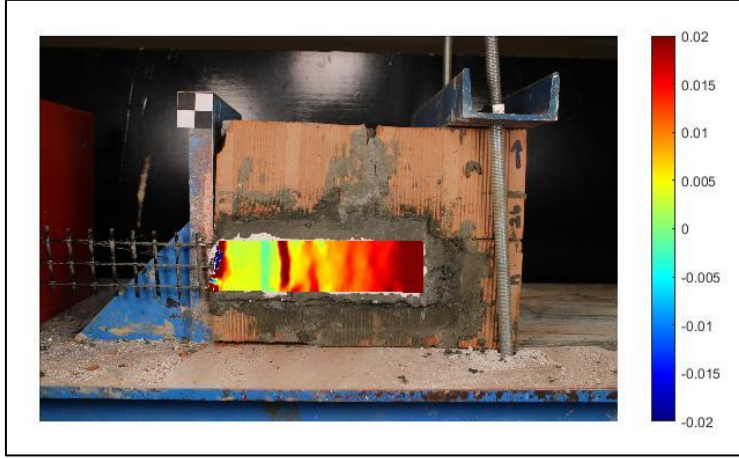
Resim 3.26. #26 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#26 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 13, 87 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 18,70 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.101’de verilmiştir.

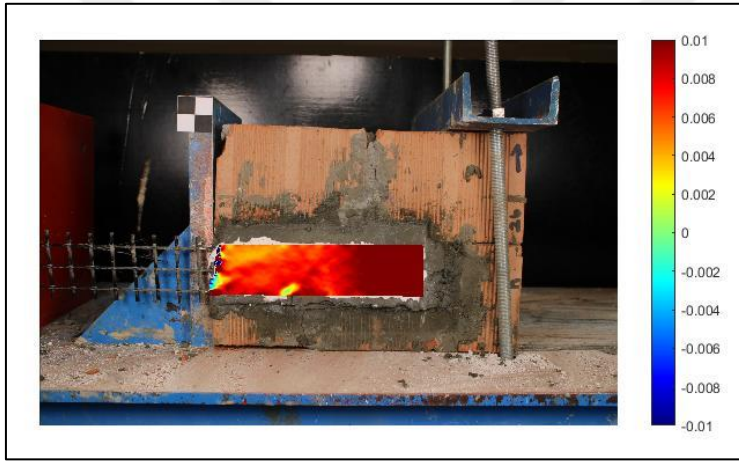


Şekil 3.101. #26 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

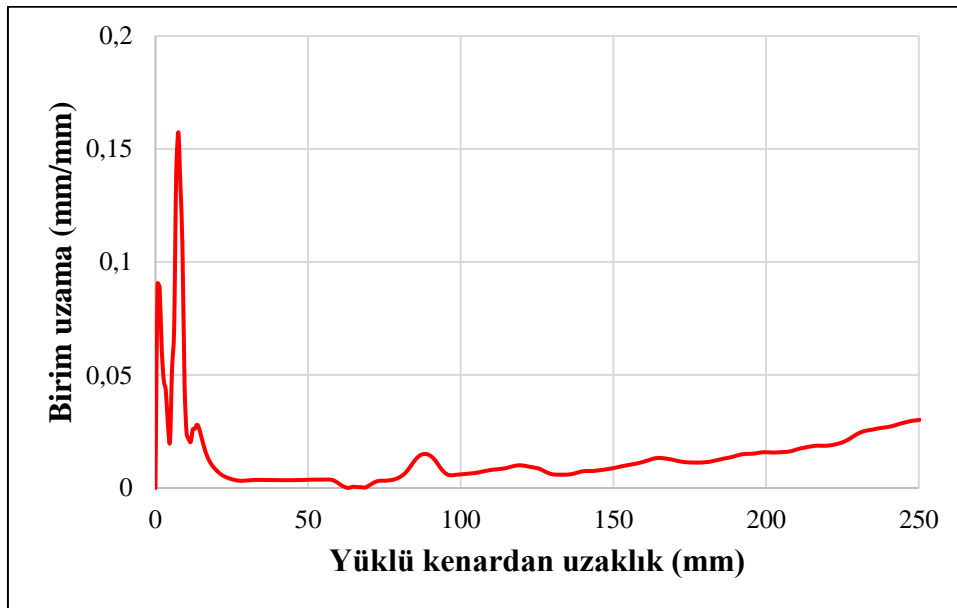
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.102’de, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.103’te verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.104’te görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.102. #26 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.103. #26 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

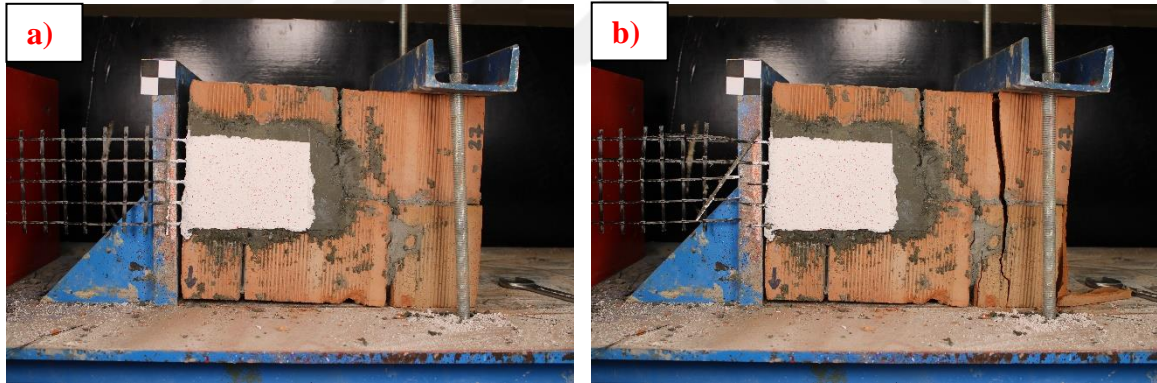


Şekil 3.104. #26 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#26 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,1574 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 1,11 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,54 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,74 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 265,85 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Deney elemanının göçmesi, TDH şeridin alt ve üst yüzeylerindeki sıva katmalarının hasar görmeden, karbon tekstil ağın ara yüzeyden sıyrılması şeklinde meydana gelmiştir (D tipi göçme modü).

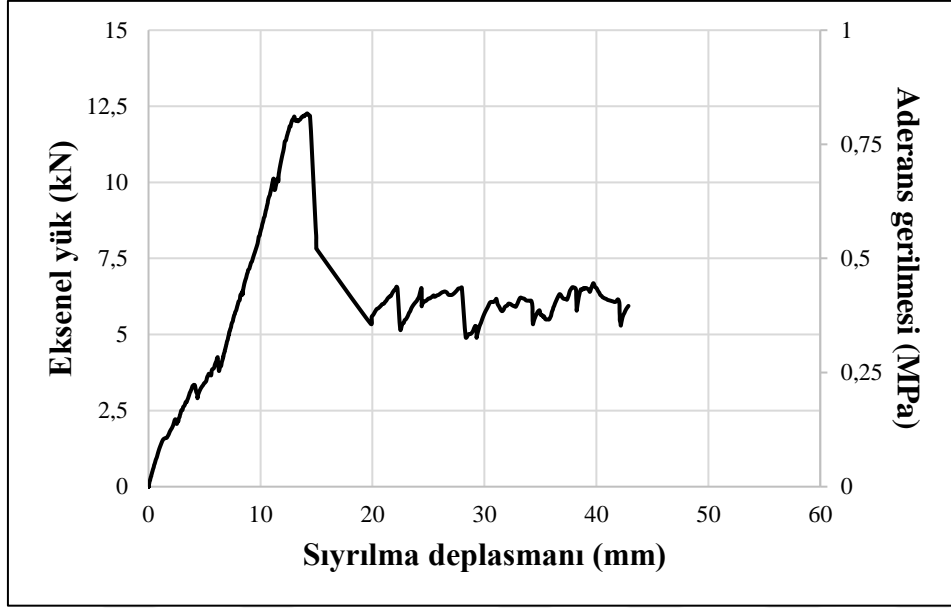
3.27. Deney Elemanı- #27

Boşluklu yığma yapı tuğlasından üretilen #27 numaralı deney elemanı, yüksek dayanımlı harç kullanılarak 100 mm genişlik ve 150 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede şerit ortasında 1 adet CFRP fan tipi ankraj kullanılmıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.27’de verilmiştir.



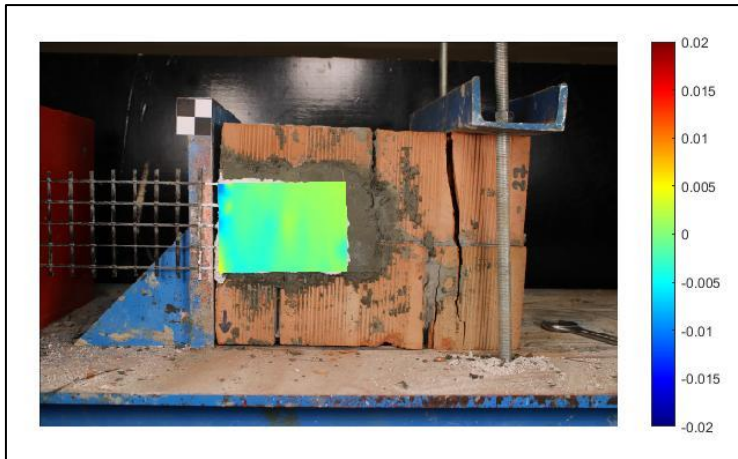
Resim 3.27. #27 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#27 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 12,26 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 14,16 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.105’te verilmiştir.

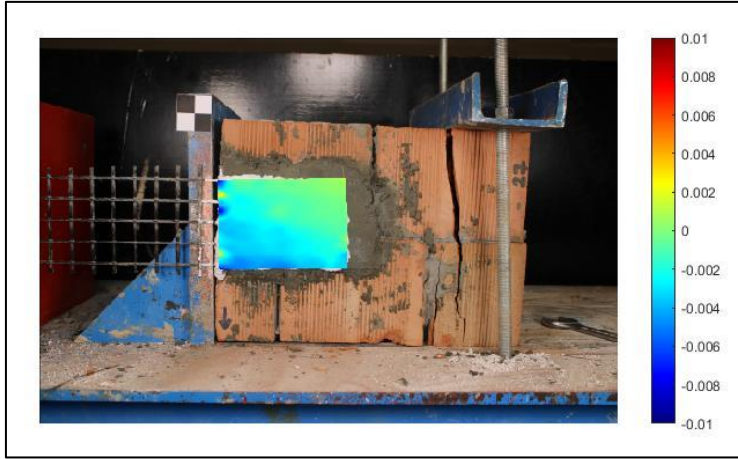


Şekil 3.105. #27 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

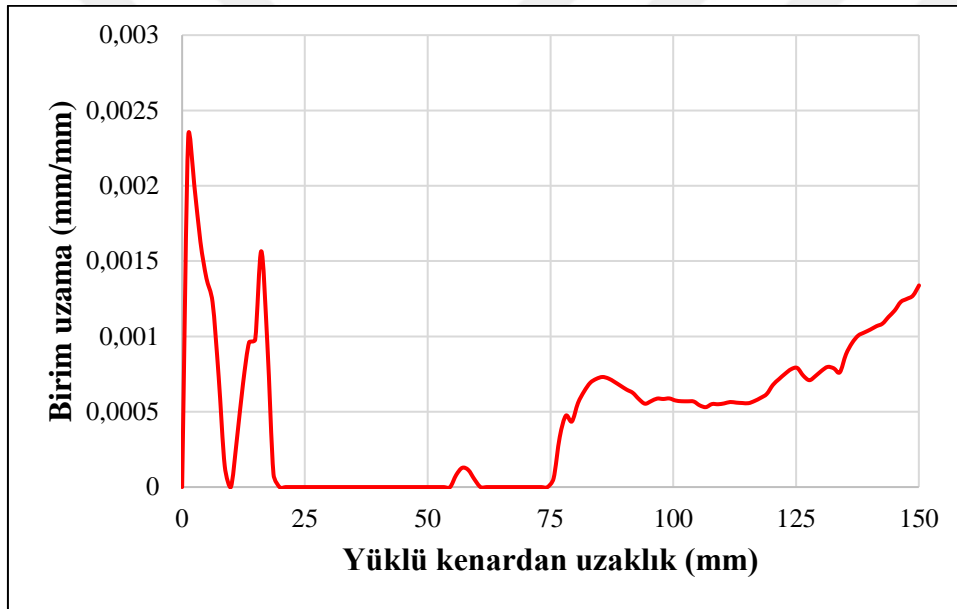
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.106'da, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.107'de verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.108'de görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.106. #27 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.107. #27 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

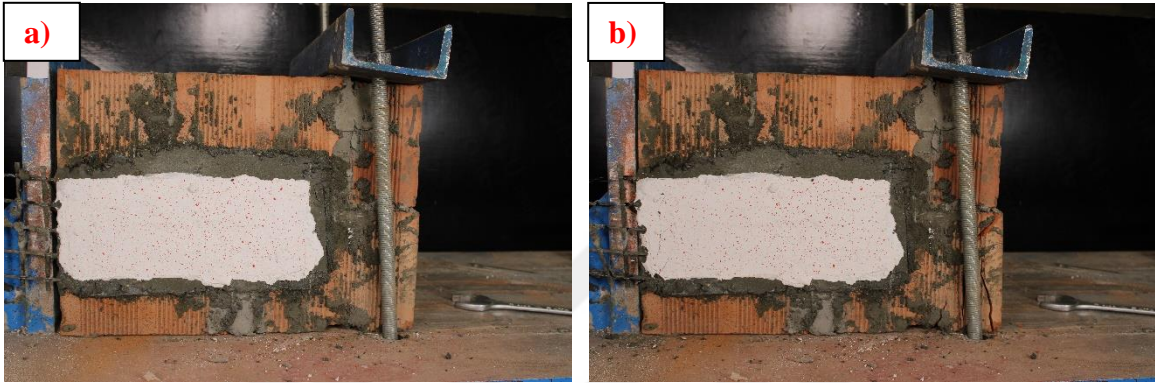


Şekil 3.108. #27 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#27 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0023 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,82 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,36 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,87 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 262,54 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Sıva katmanlarının dışında bırakılan karbon tekstil ağın kopmasıyla deney elemanı göçmüştür (E1 tipi göçme modu).

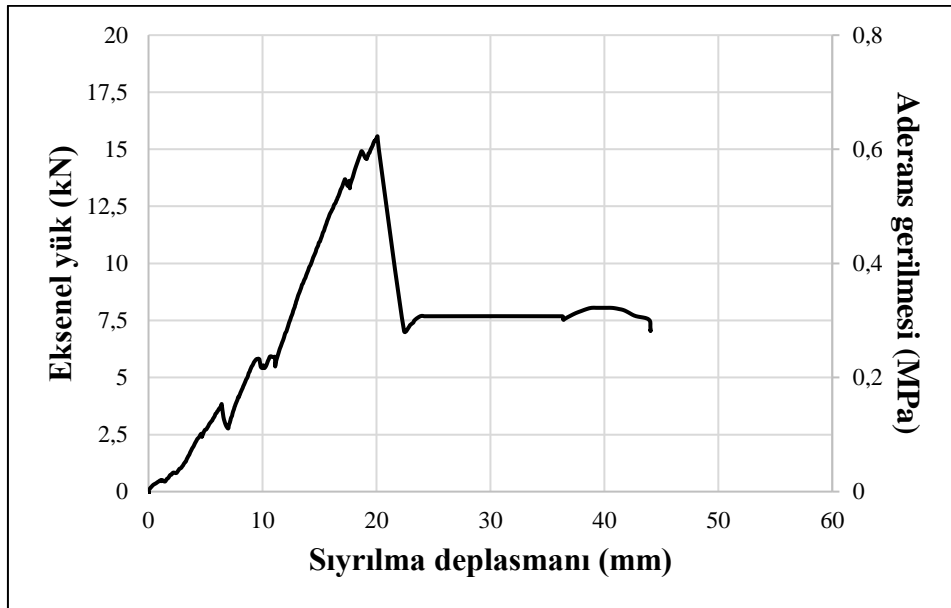
3.28. Deney Elemanı- #28

Boşluklu yığma yapı tuğlasından üretilen #28 numaralı deney elemanı, yüksek dayanımlı harç kullanılarak 100 mm genişlik ve 250 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede şerit ortasında 1 adet CFRP fan tipi ankraj kullanılmıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.28’de verilmiştir.



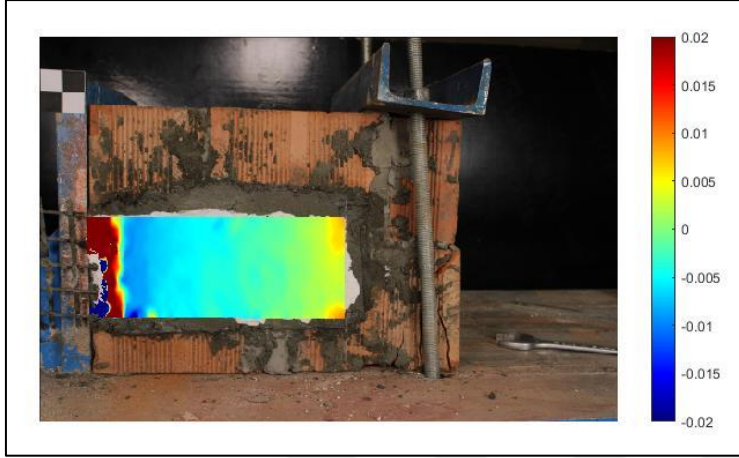
Resim 3.28. #28 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#28 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 15,56 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 20,10 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.109’da verilmiştir.

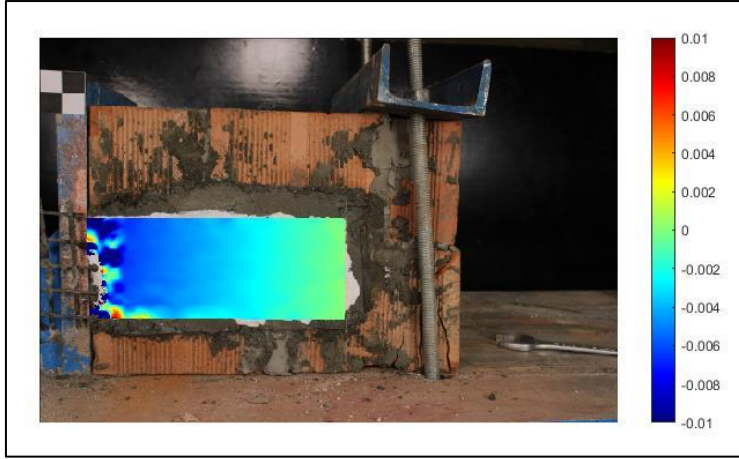


Şekil 3.109. #28 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.110'da, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.111'de verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.112'de görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.110. #28 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.111. #28 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

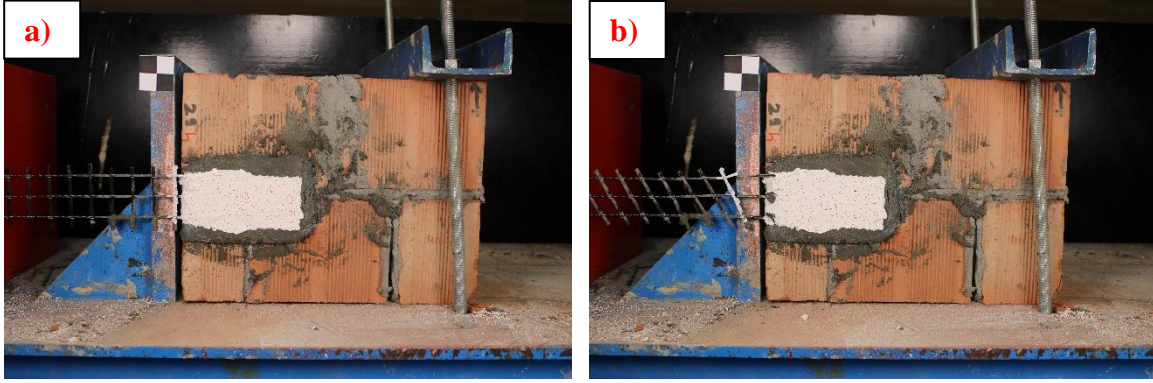


Şekil 3.112. #28 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#28 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,1692 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,62 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,28 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,77 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 327,40 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Sıva katmanlarının dışında bırakılan karbon tekstil ağın kopmasıyla deney elemanı göçmüştür (E1 tipi göçme modu).

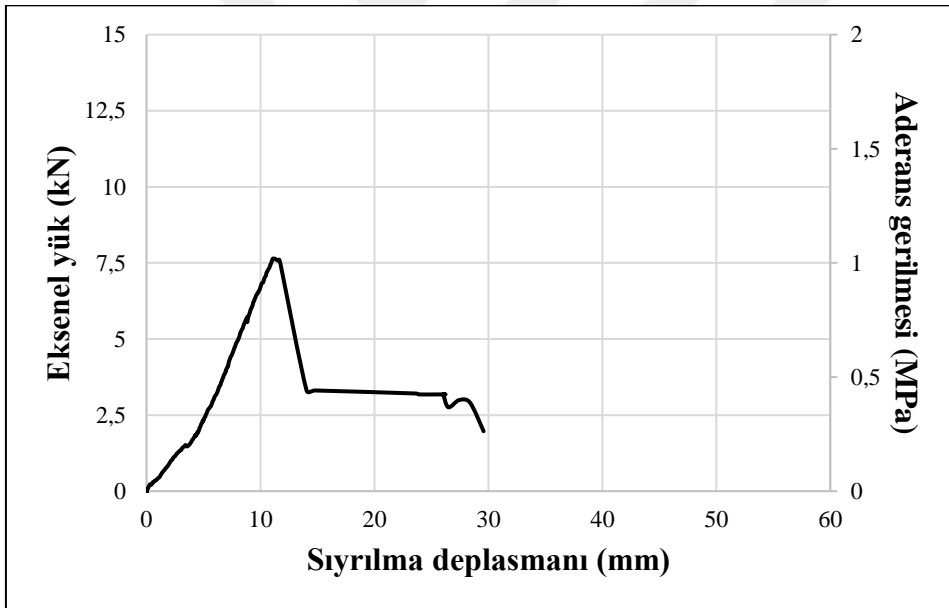
3.29. Deney Elemanı- #29

Boşluklu yığma yapı tuğlasından üretilen #29 numaralı deney elemanı, yüksek dayanımlı harç kullanılarak 50 mm genişlik ve 150 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede CFRP fan tipi ankraj kullanılmamıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.29'da verilmiştir.



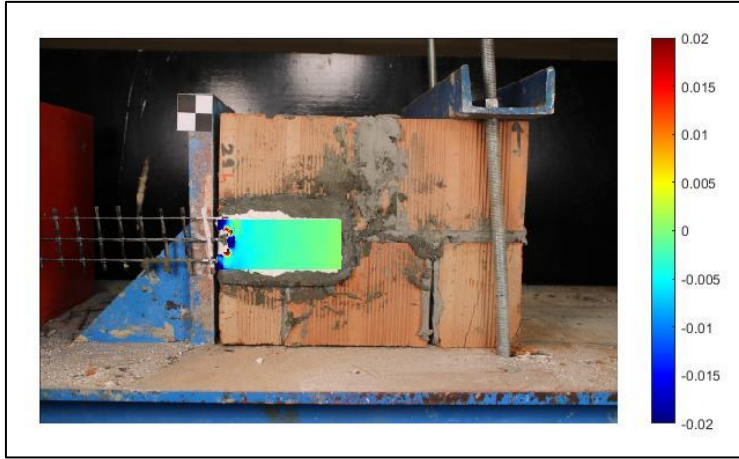
Resim 3.29. #29 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#29 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 7,64 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 11,21 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.113'te verilmiştir.

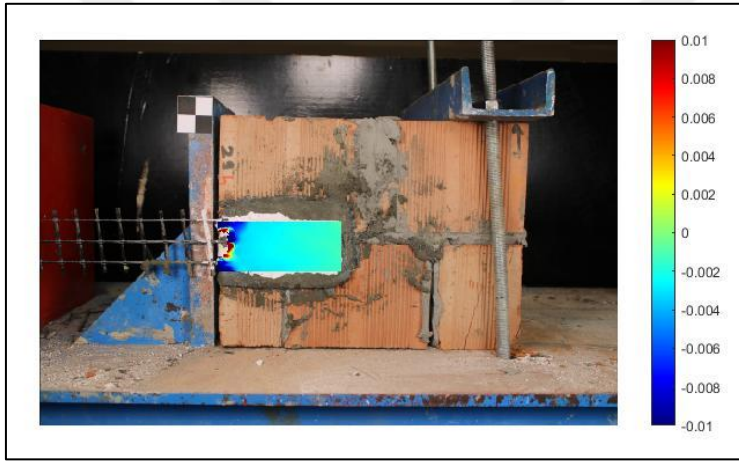


Şekil 3.113. #29 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

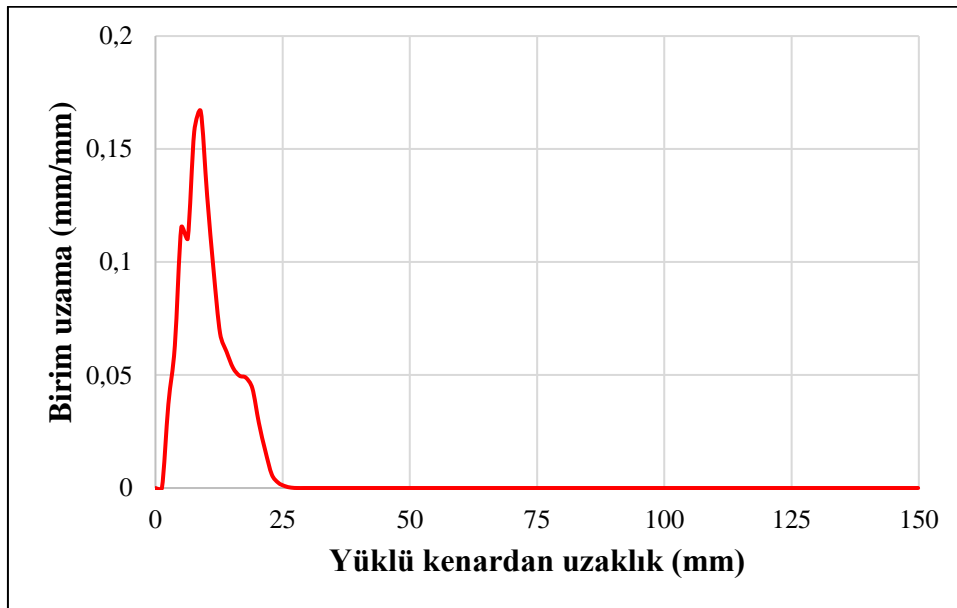
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.114'te, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.115'te verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.116'da görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.114. #29 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.115. #29 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

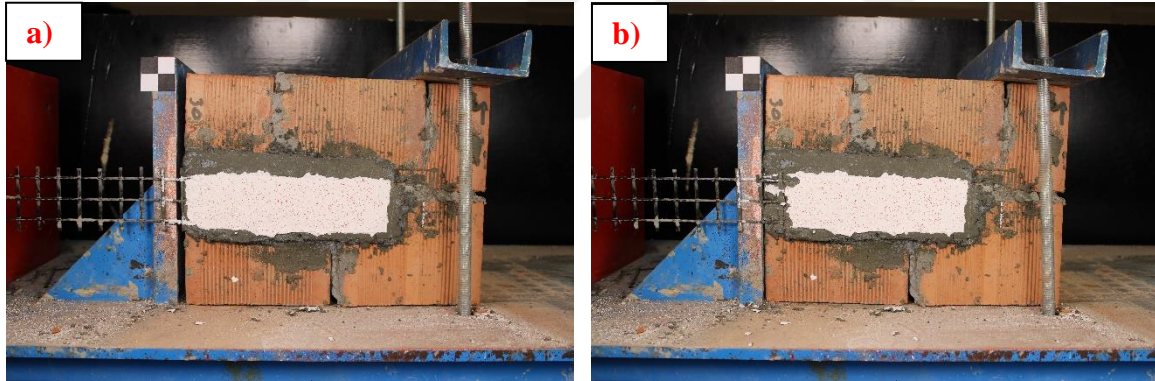


Şekil 3.116. #29 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#29 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,1667 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 1,02 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,44 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,68 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 101,88 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Sıva katmanlarının dışında bırakılan karbon tekstil ağın kopmasıyla deney elemanı göçmüştür (E1 tipi göçme modü).

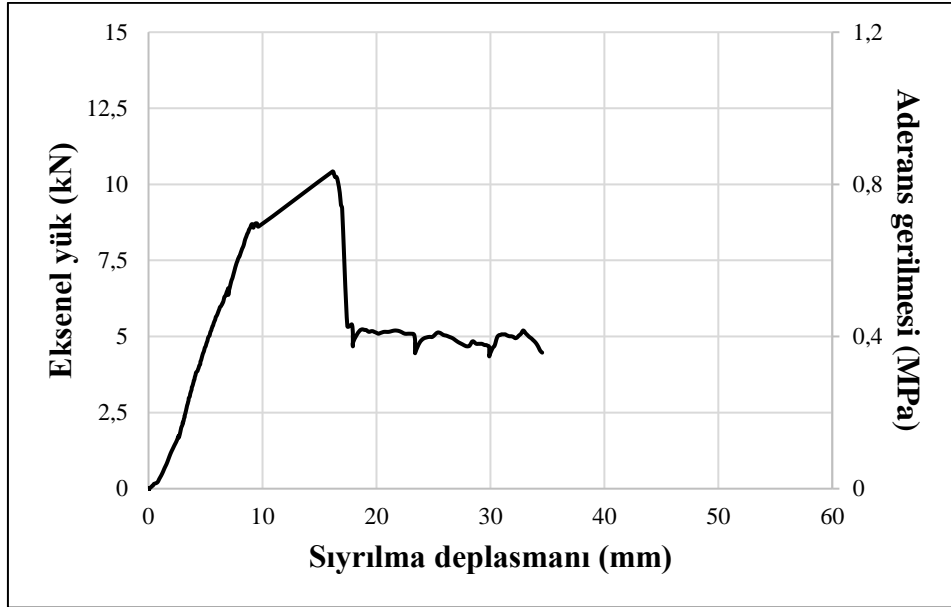
3.30. Deney Elemanı- #30

Boşluklu yığma yapı tuğlasından üretilen #30 numaralı deney elemanı, yüksek dayanımlı harç kullanılarak 50 mm genişlik ve 250 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede CFRP fan tipi ankraj kullanılmamıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.30'da verilmiştir.



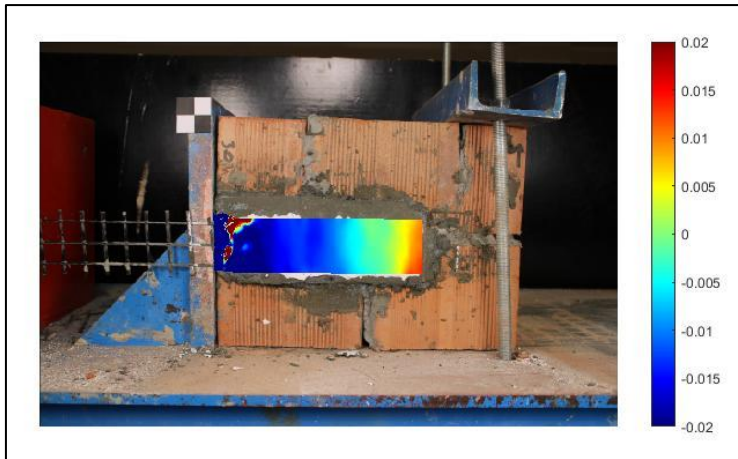
Resim 3.30. #30 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#30 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 10,42 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 16,14 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.117'de verilmiştir.

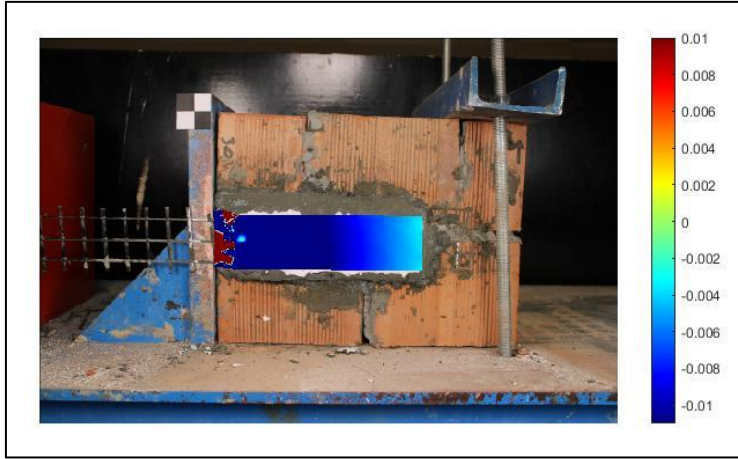


Şekil 3.117. #30 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

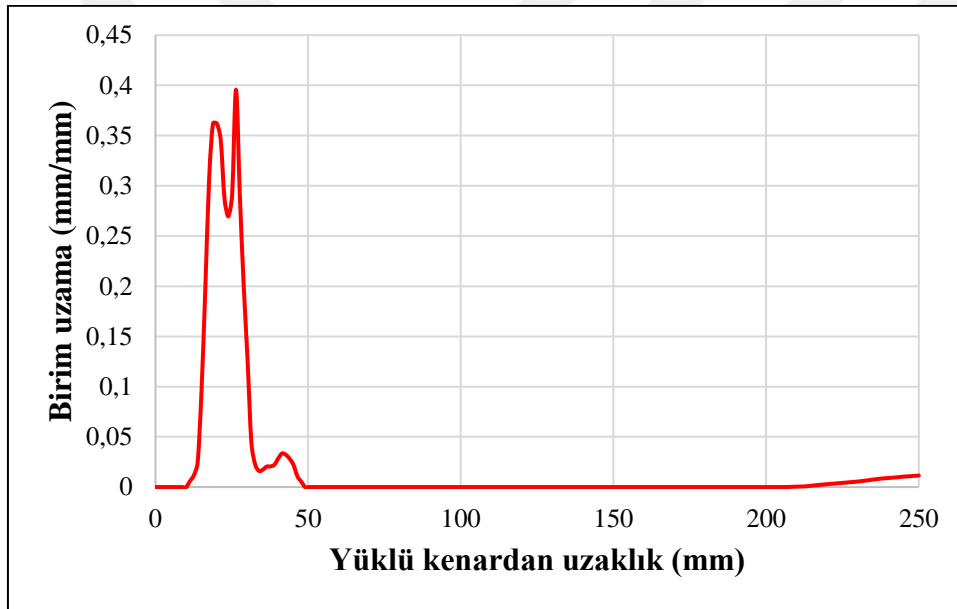
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.118'de, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.119'da verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.120'de görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.118. #30 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.119. #30 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

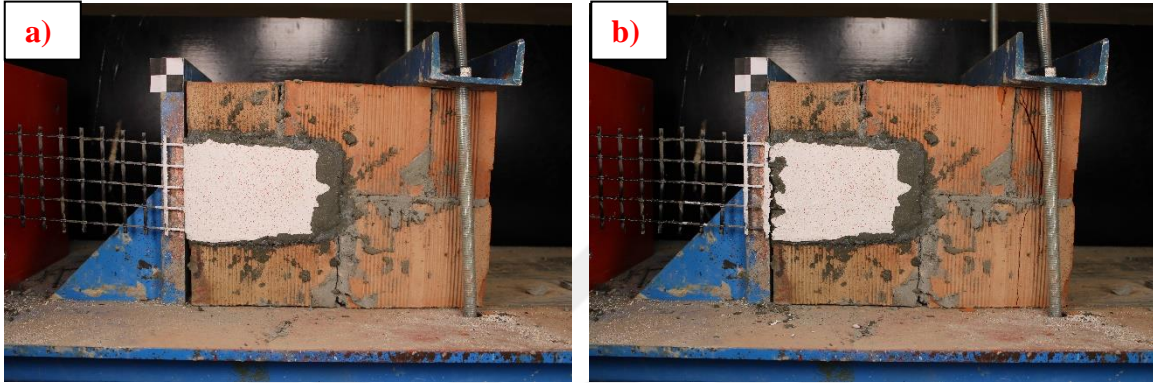


Şekil 3.120. #30 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#30 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,3957 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,83 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,37 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,65 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 123,23 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Deney elemanının göçmesi, TDH şeridin yüzeyindeki sıva katmanının hasar görmesi ve karbon tekstil ağın ara yüzeyden sıyrılması şeklinde olmuştur (C+D tipi göçme modu).

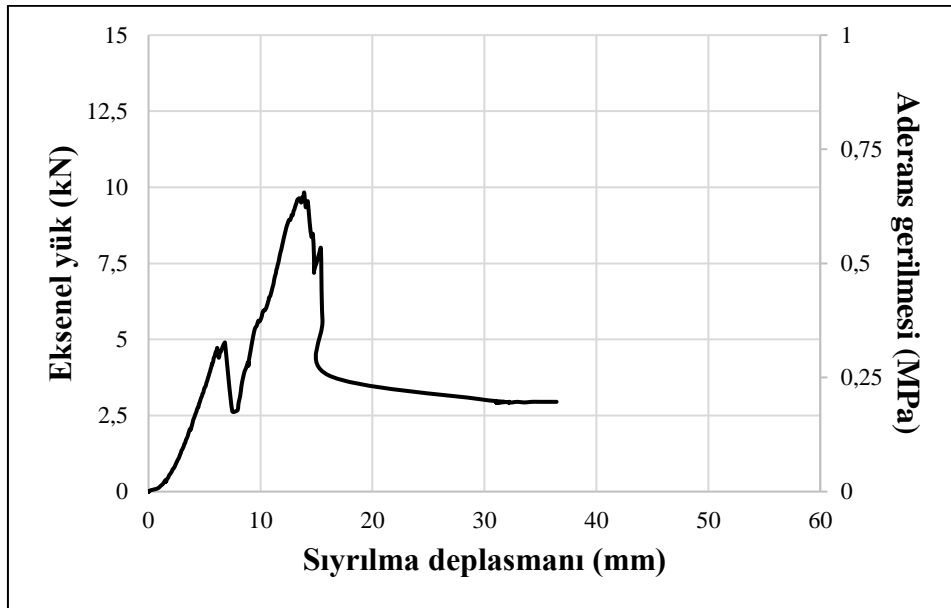
3.31. Deney Elemanı- #31

Boşluklu yığma yapı tuğlasından üretilen #31 numaralı deney elemanı, yüksek dayanımlı harç kullanılarak 100 mm genişlik ve 150 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede CFRP fan tipi ankraj kullanılmamıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.31’de verilmiştir.



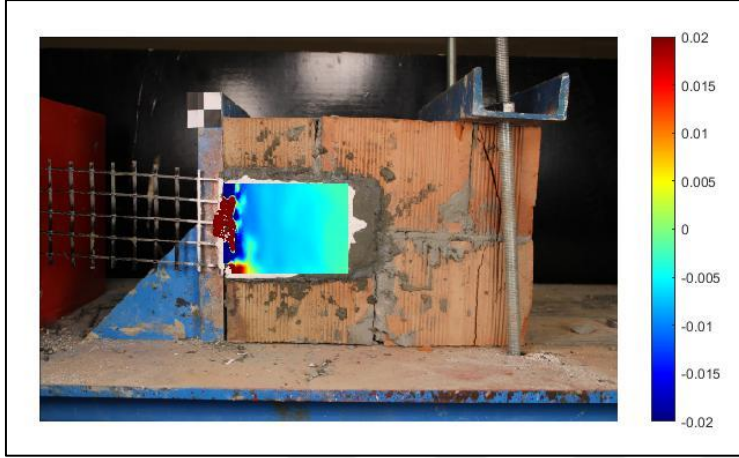
Resim 3.31. #31 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#31 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 9,82 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 13,91 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.121’de verilmiştir.

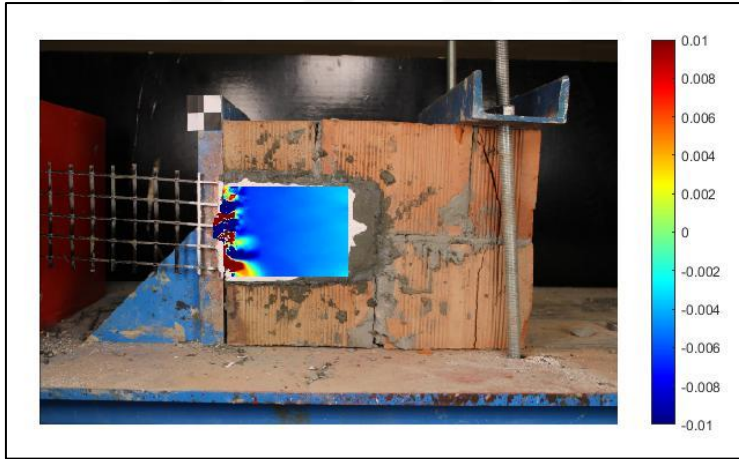


Şekil 3.121. #31 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

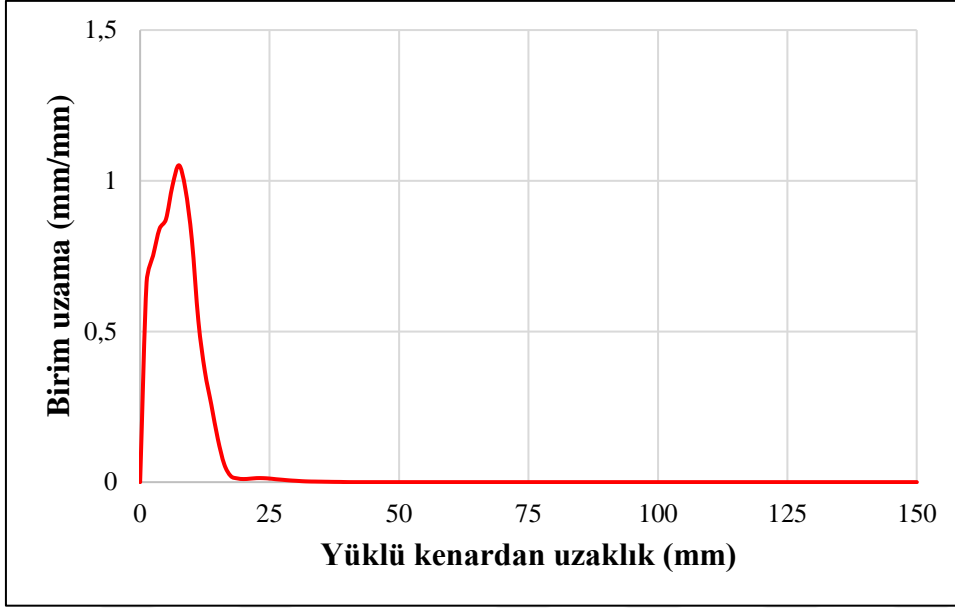
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.122’de, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.123’te verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.124’te görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.122. #31 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.123. #31 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

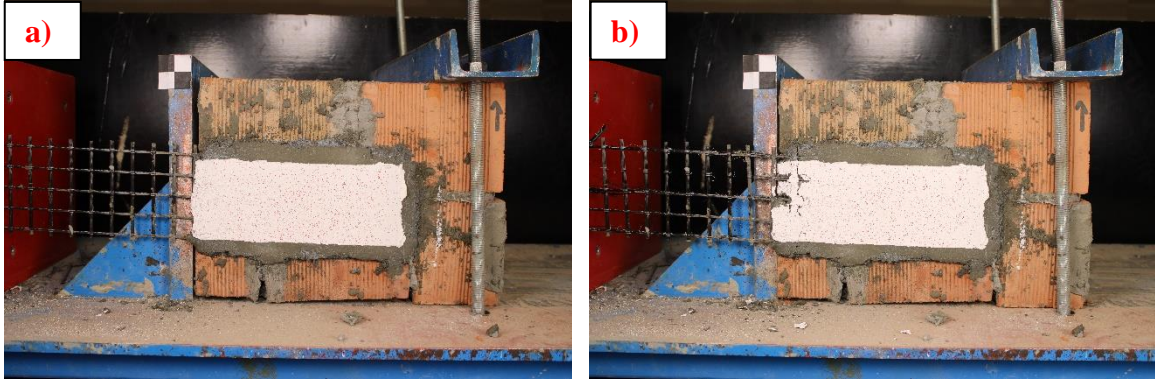


Şekil 3.124. #31 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#31 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 1,0516 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,65 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,26 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,71 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 140,37 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Deney elemanının göçmesi, TDH şeridin alt ve üst yüzeylerindeki sıva katmalarının hasar görmeden, karbon tekstil ağın ara yüzeyden sıyrılması şeklinde meydana gelmiştir (D tipi göçme modu).

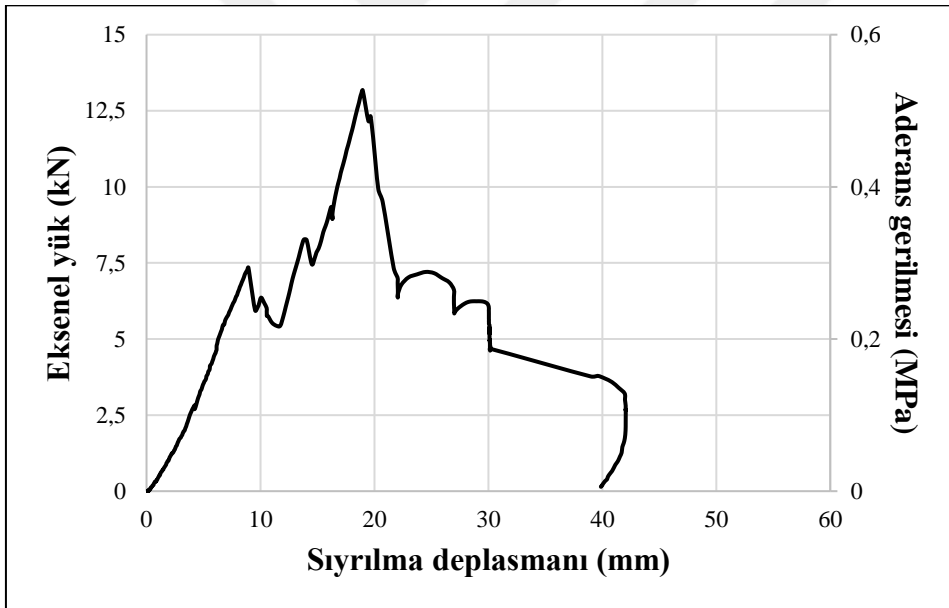
3.32. Deney Elemanı- #32

Boşluklu yığma yapı tuğlasından üretilen #32 numaralı deney elemanı, yüksek dayanımlı harç kullanılarak 100 mm genişlik ve 250 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede CFRP fan tipi ankraj kullanılmamıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.32'de verilmiştir.



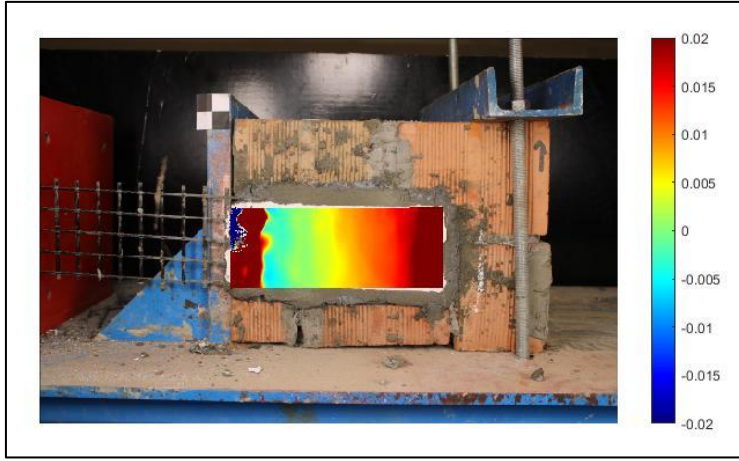
Resim 3.32. #32 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#32 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 13,16 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 18,97 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.125'te verilmiştir.

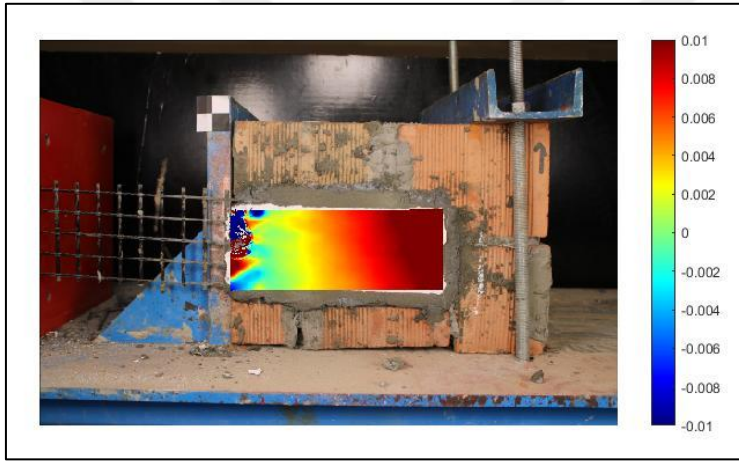


Şekil 3.125. #32 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

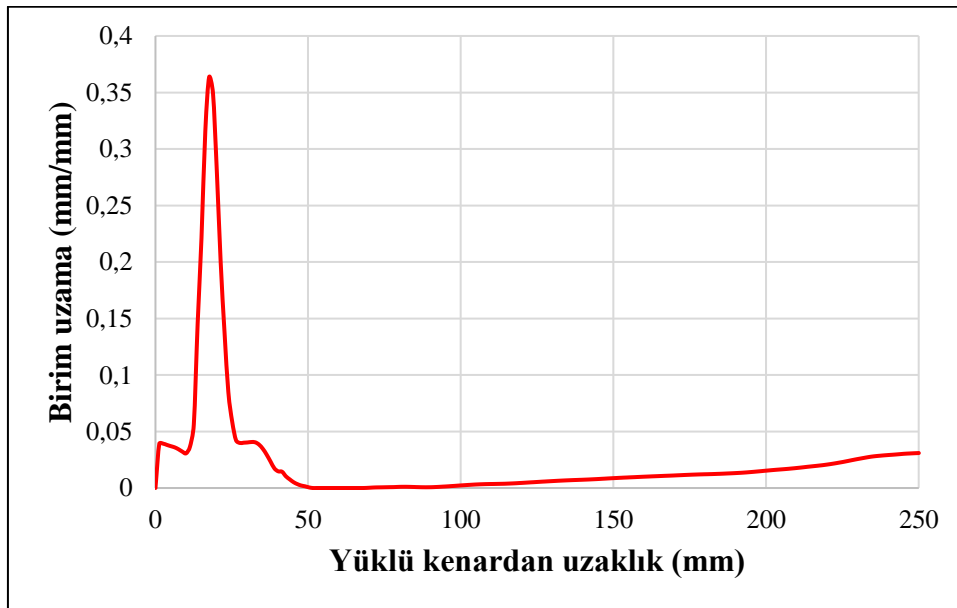
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.126'da, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 127'de verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.128'de görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.126. #32 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.127. #32 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

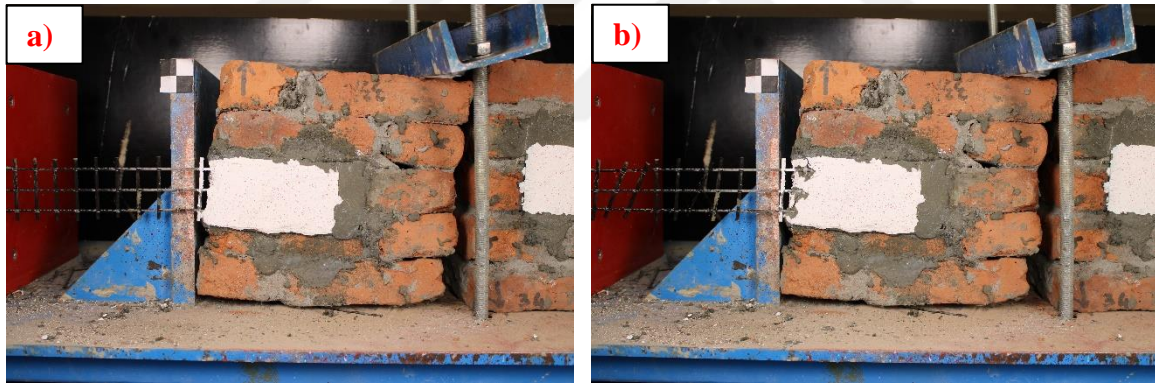


Şekil 3.128. #32 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#32 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,3637 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,53 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,26 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,69 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 242,26 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Sıva katmanlarının dışında bırakılan karbon tekstil ağın kopmasıyla deney elemanı göçmüştür (E1 tipi göçme modü).

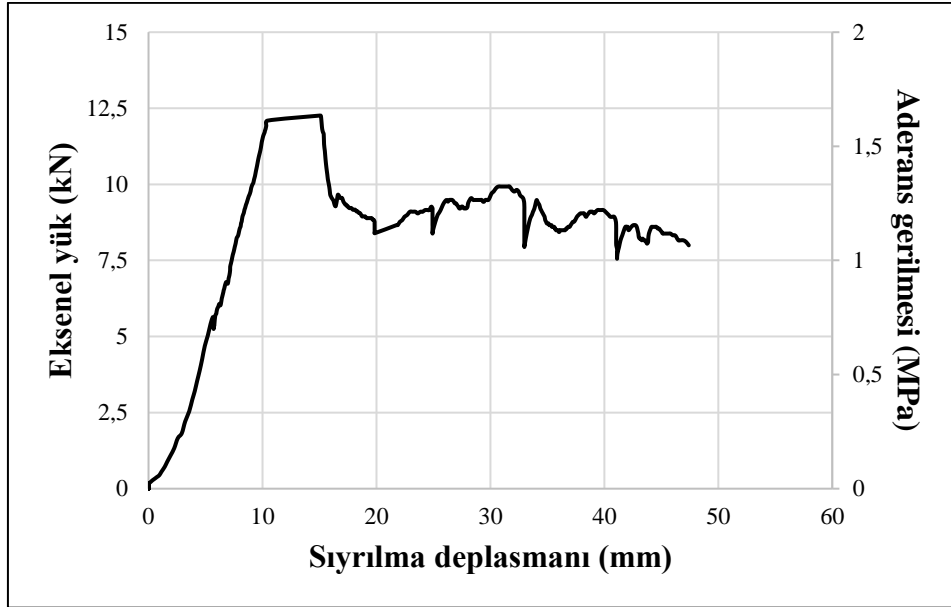
3.33. Deney Elemanı- #33

Dolu harman tuğlasından üretilen #33 numaralı deney elemanı, yüksek dayanımlı harç kullanılarak 50 mm genişlik ve 150 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede şerit ortasında 1 adet CFRP fan tipi ankraj kullanılmıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.33'te verilmiştir.



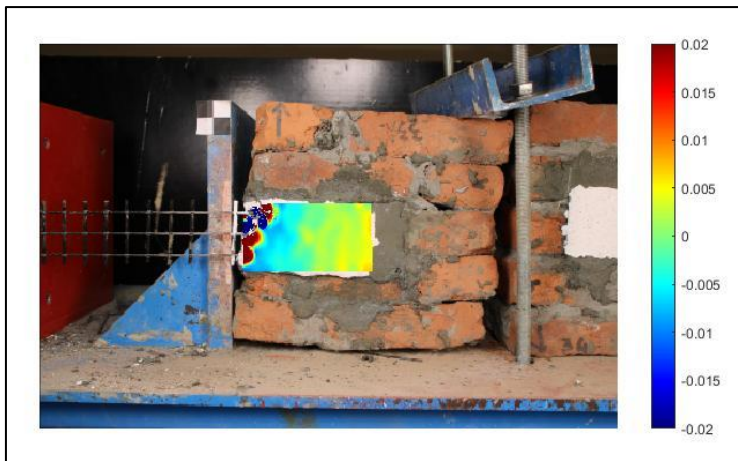
Resim 3.33. #33 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#33 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 12,26 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 15,06 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.129'da verilmiştir.

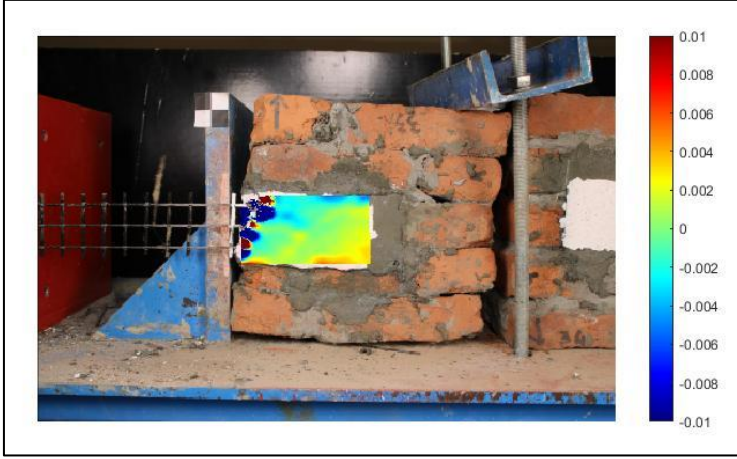


Şekil 3.129. #33 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

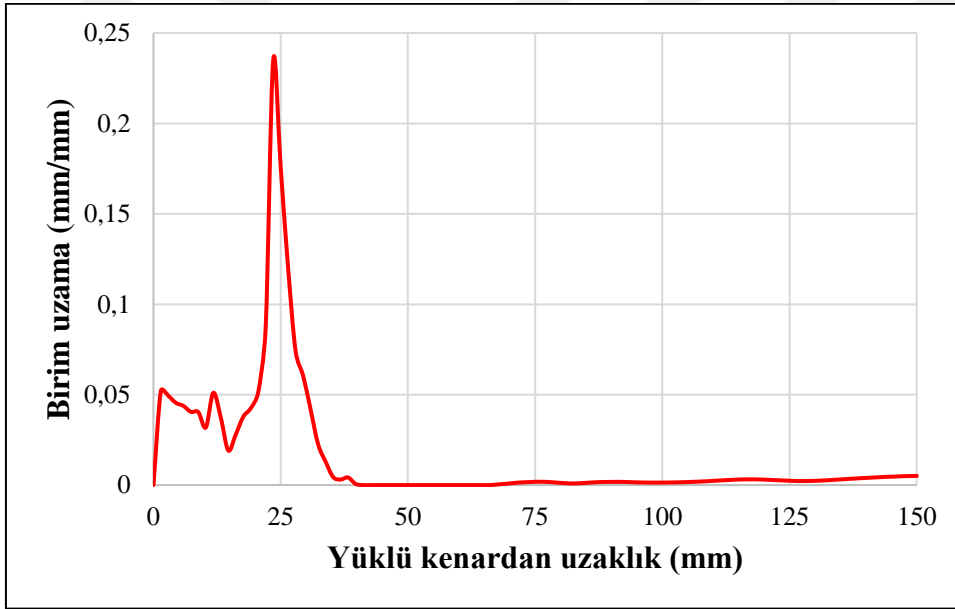
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.130'da, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.131'de verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.132'de görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.130. #33 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.131. #33 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

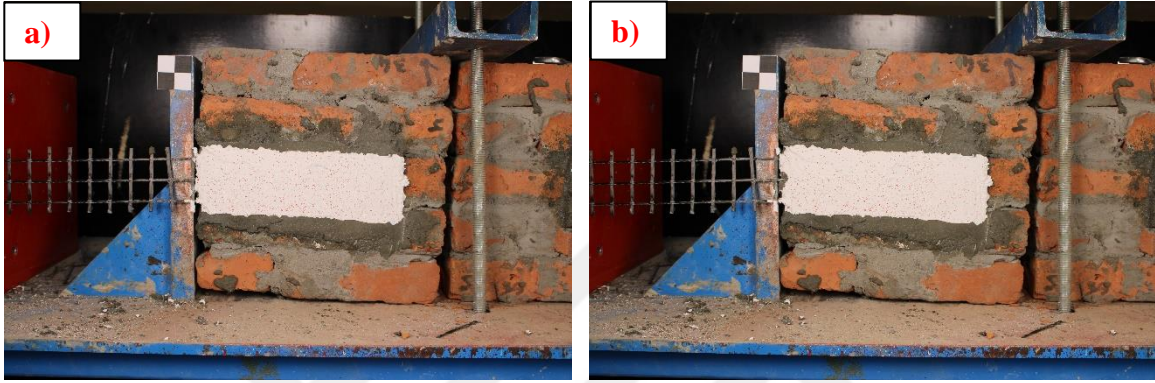


Şekil 3.132. #33 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#33 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,2349 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 1,63 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 1,12 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,81 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 401,67 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Sıva katmanlarının dışında bırakılan karbon tekstil ağın kopmasıyla deney elemanı göçmüştür (E1 tipi göçme modu).

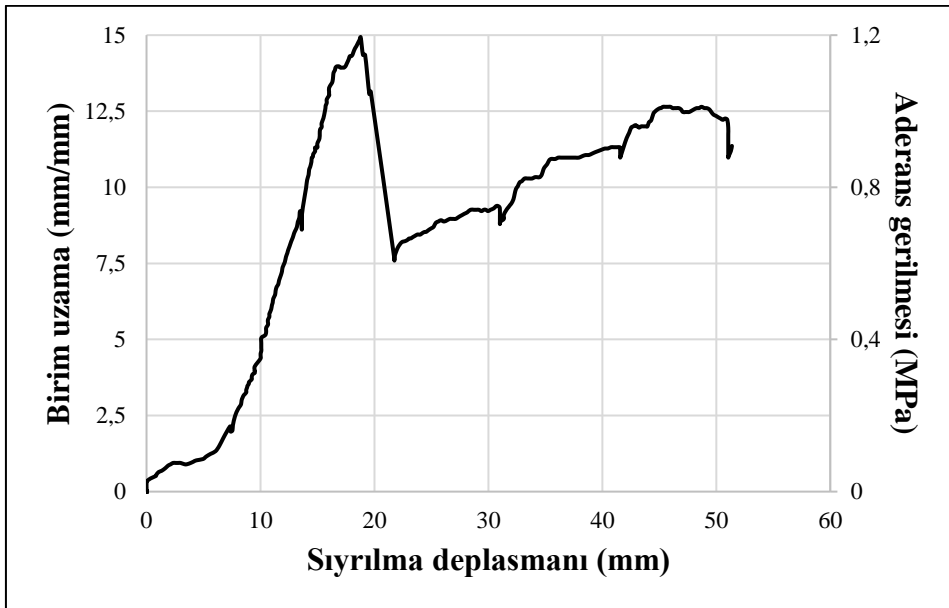
3.34. Deney Elemanı- #34

Dolu harman tuğlasından üretilen #34 numaralı deney elemanı, yüksek dayanımlı harç kullanılarak 50 mm genişlik ve 250 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede şerit ortasında 1 adet CFRP fan tipi ankraj kullanılmıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.34’te verilmiştir.



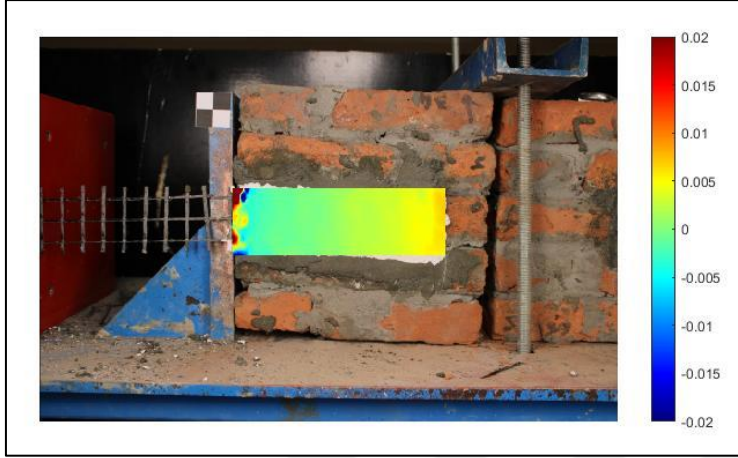
Resim 3.34. #34 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#34 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 14,93 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 18,80 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.133’te verilmiştir.

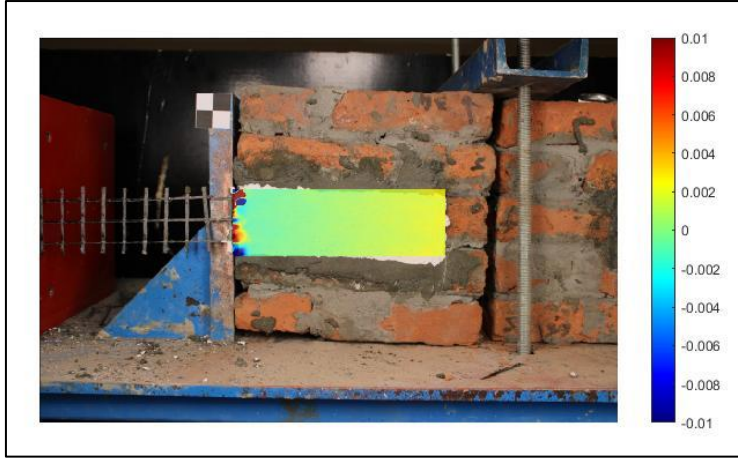


Şekil 3.133. #34 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

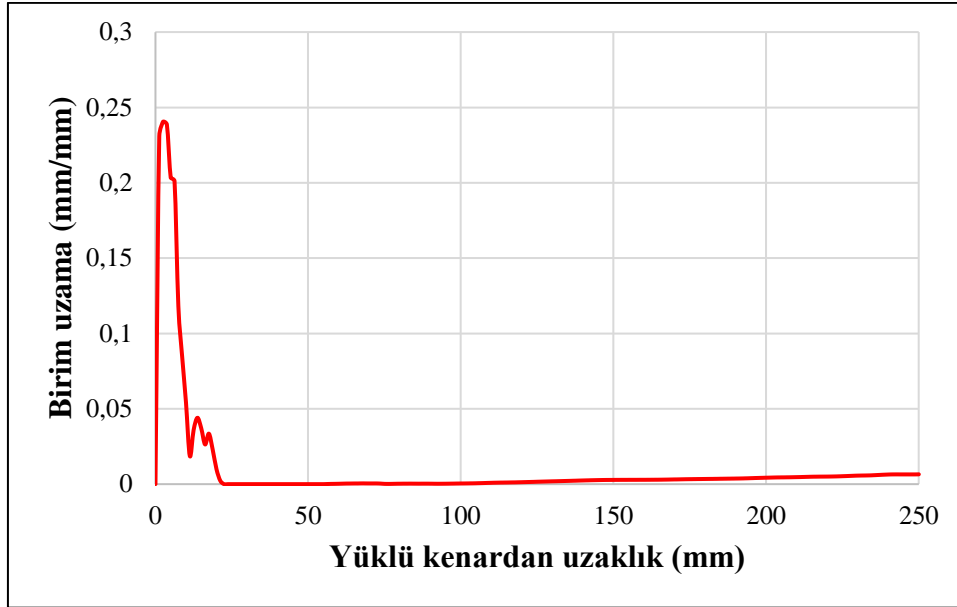
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.134'te, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 135'te verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.136'da görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.134. #34 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.135. #34 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

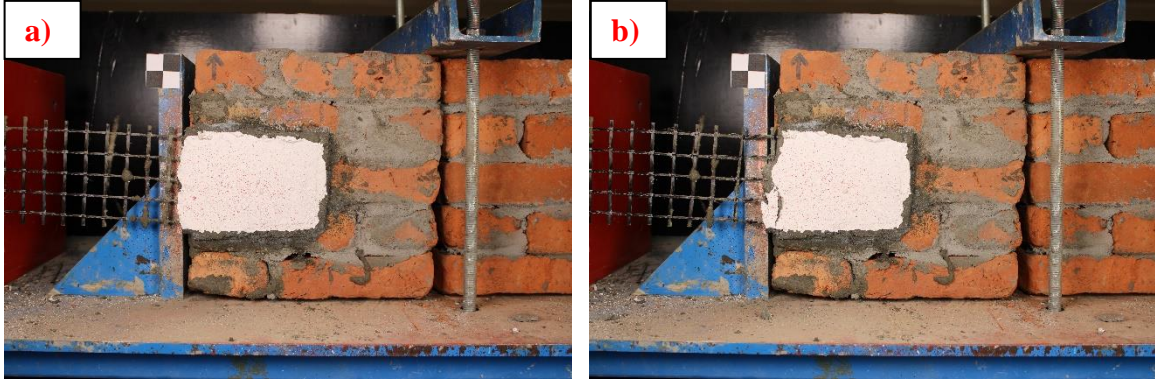


Şekil 3.136. #34 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#34 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,2406 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 1,19 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,61 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,79 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 456,41 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Sıva katmanlar karbon tekstil ağın sıva katmanlarının içinde bulunan bölgeden kopmasıyla deney elemanında göçme meydana gelmiştir (E2 tipi göçme modu).

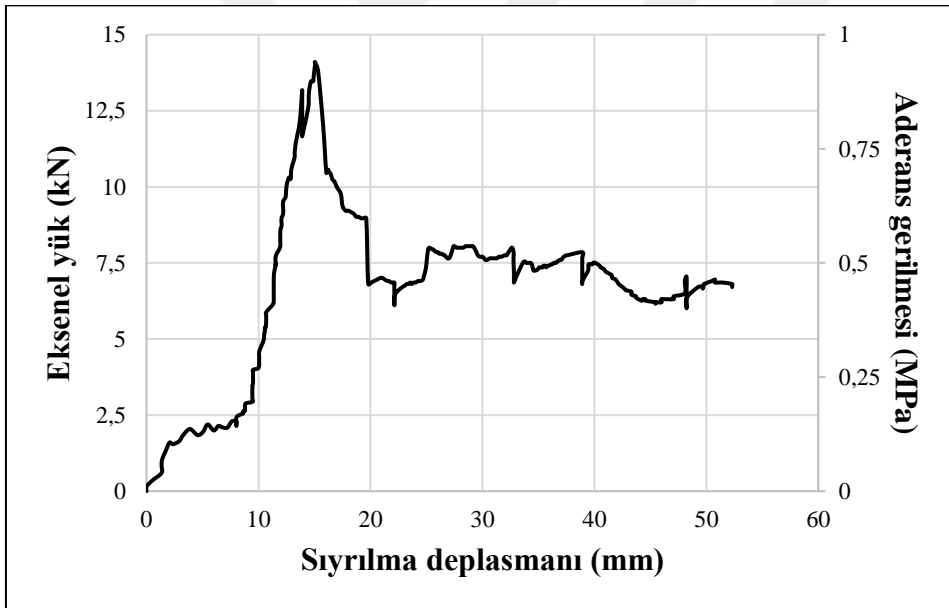
3.35. Deney Elemanı- #35

Dolu harman tuğlasından üretilen #35 numaralı deney elemanı, yüksek dayanımlı harç kullanılarak 100 mm genişlik ve 150 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede şerit ortasında 1 adet CFRP fan tipi ankraj kullanılmıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.35'te verilmiştir.



Resim 3.35. #35 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#35 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 14,10 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 15,05 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.137’de verilmiştir.



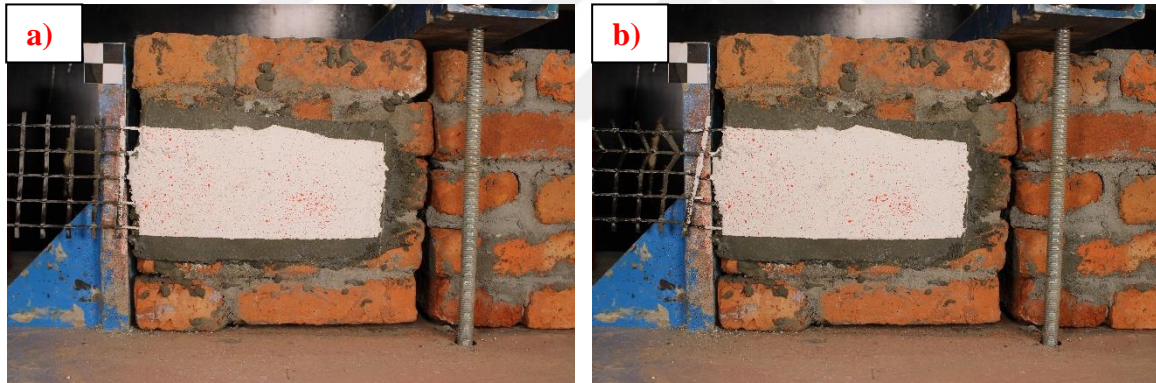
Şekil 3.137. #35 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.138’de, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.139’da verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.140’ta görüldüğü gibi olarak verilmiştir.

#35 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,1477 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,94 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,45 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,94 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 347,34 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Sıva katmanlarının dışında bırakılan karbon tekstil ağın kopmasıyla deney elemanı göçmüştür (E1 tipi göçme modü).

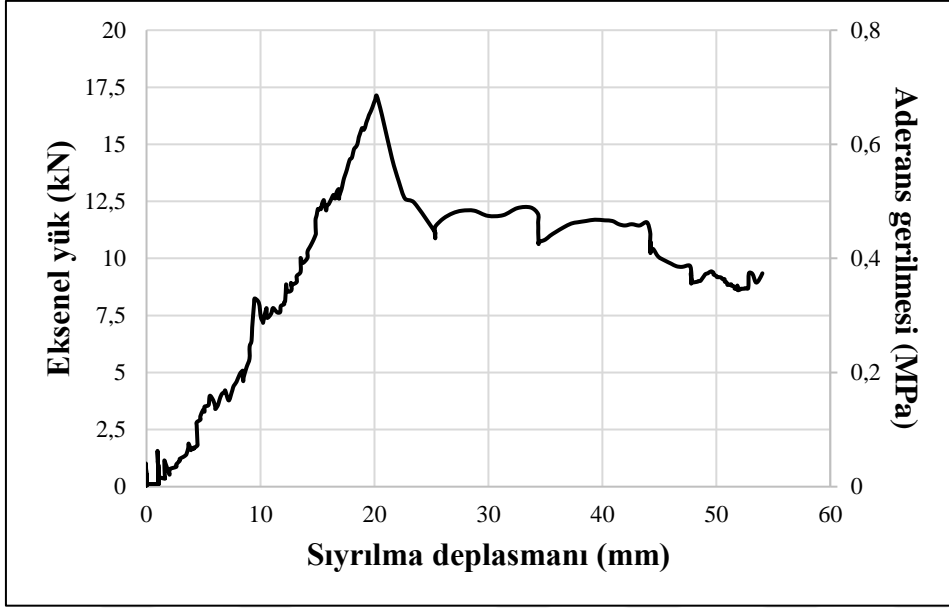
3.36. Deney Elemanı- #36

Dolu harman tuğlasından üretilen #36 numaralı deney elemanı, yüksek dayanımlı harç kullanılarak 100 mm genişlik ve 250 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede şerit ortasında 1 adet CFRP fan tipi ankraj kullanılmıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.36'da verilmiştir.



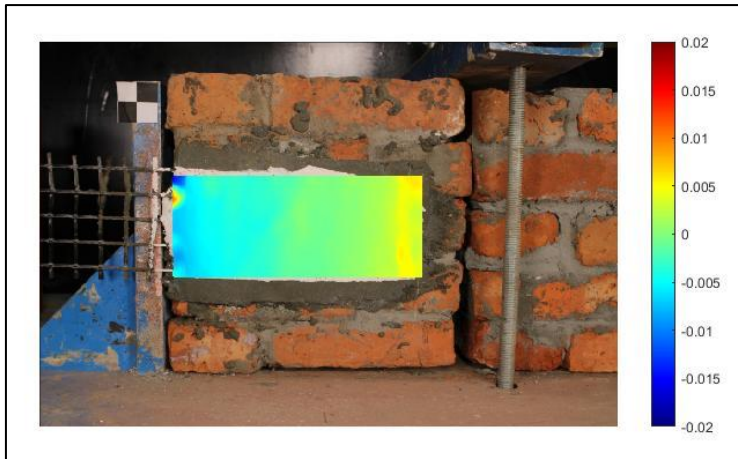
Resim 3.36. #36 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#36 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 17,13 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 20,20 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.141'de verilmiştir.

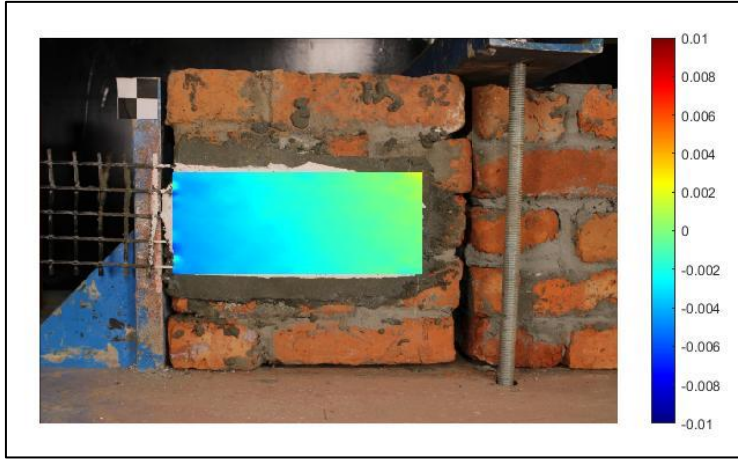


Şekil 3.141. #36 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

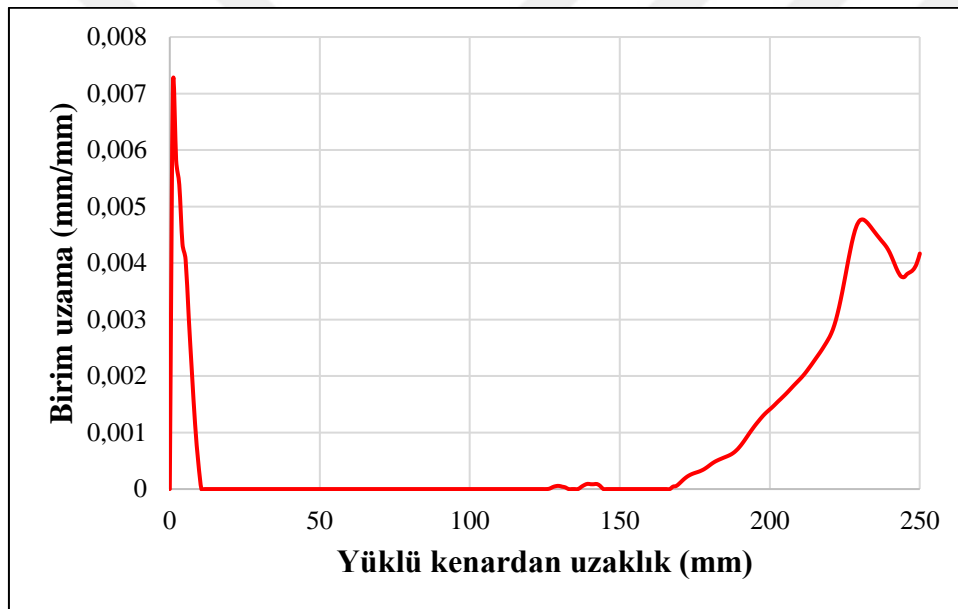
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.142'de, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 143'te verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.144'te görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.142. #36 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.143. #36 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

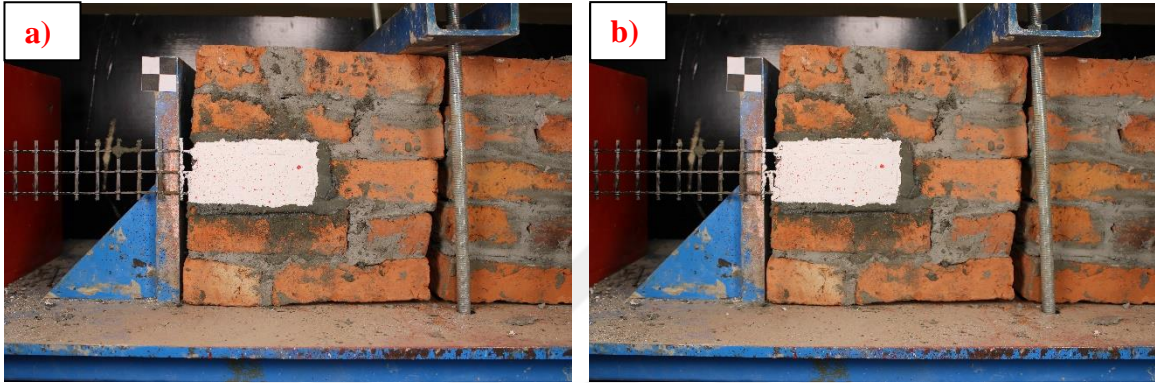


Şekil 3.144. #36 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#36 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0071 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,69 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,44 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,85 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 528,43 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Sıva katmanlarının dışında bırakılan karbon tekstil ağın kopmasıyla deney elemanı göçmüştür (E1 tipi göçme modu).

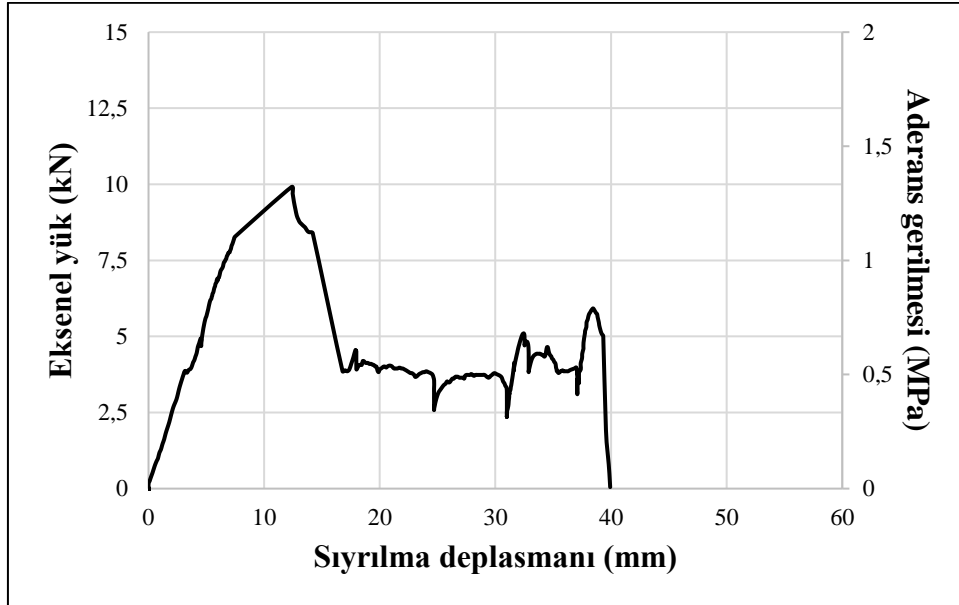
3.37. Deney Elemanı- #37

Dolu harman tuğlasından üretilen #37 numaralı deney elemanı, yüksek dayanımlı harç kullanılarak 50 mm genişlik ve 150 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede CFRP fan tipi ankraj kullanılmamıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.37’de verilmiştir.



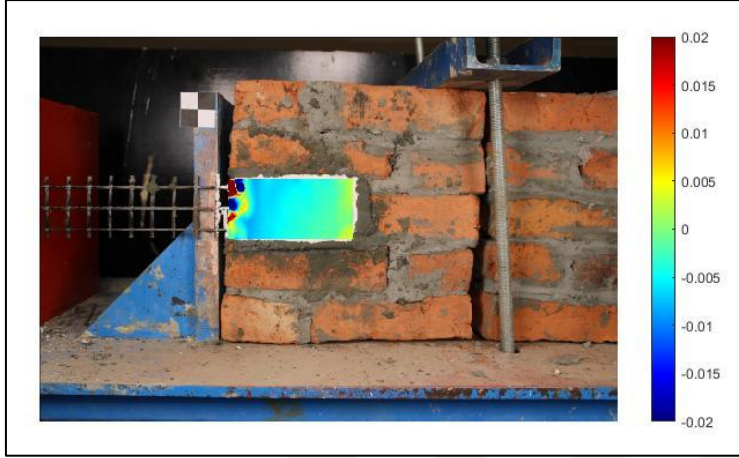
Resim 3.37. #37 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#37 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 9,91 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 12,37 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.145’te verilmiştir.

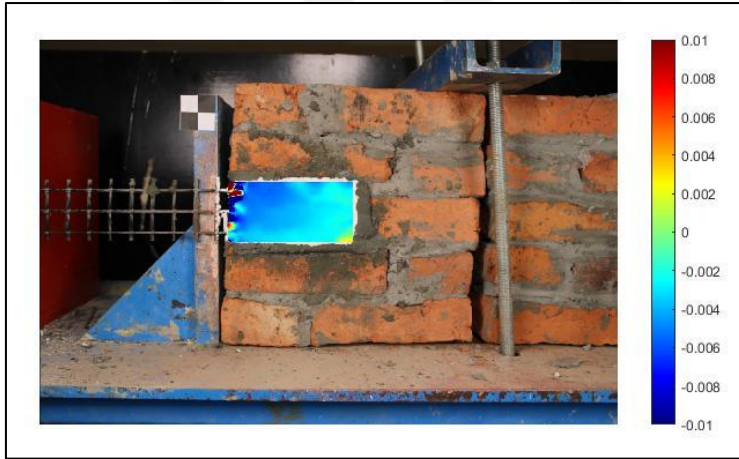


Şekil 3.145. #37 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

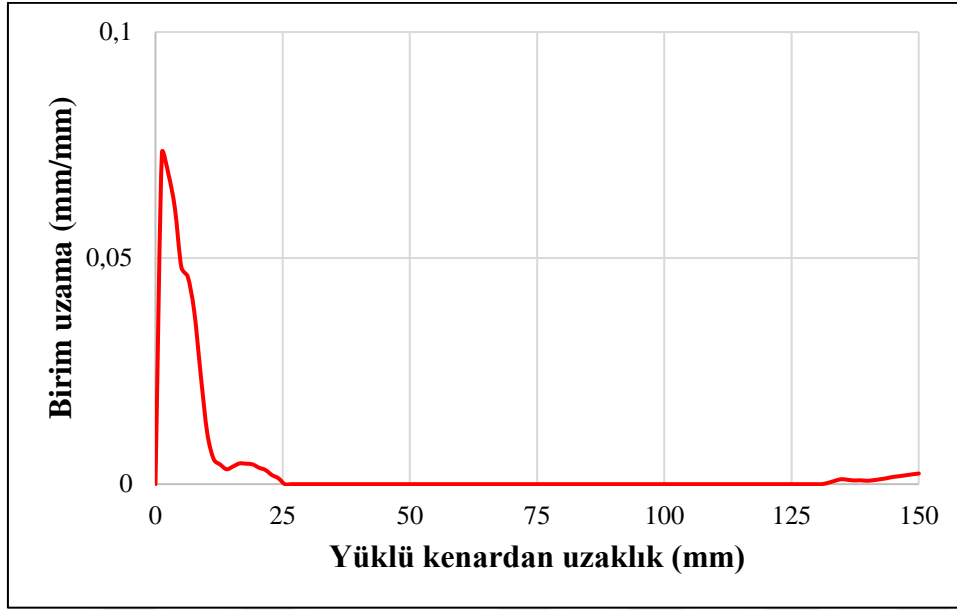
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.146'da, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.147'de verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.148'de görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.146. #37 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.147. #37 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

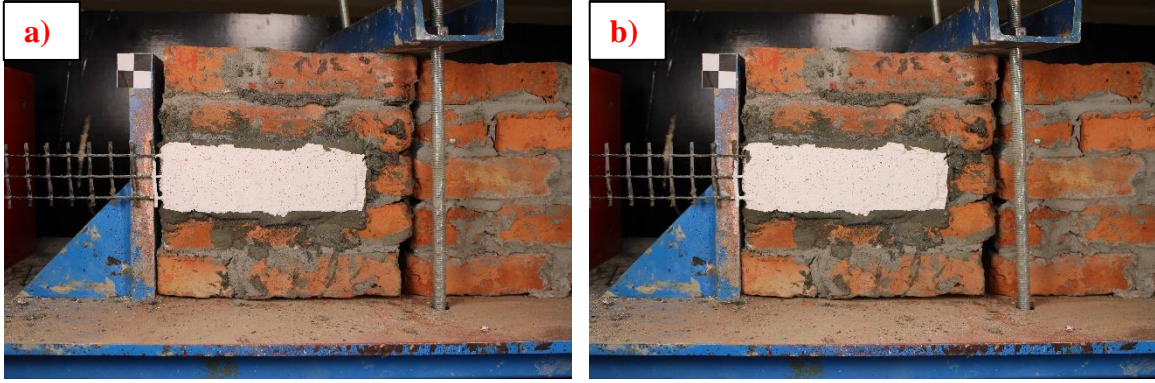


Şekil 3.148. #37 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#37 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0732 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 1,32 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,51 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,80 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 200,43 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Karbon tekstil ağın sıva katmanlarının içinde bulunan bölgeden kopmasıyla deney elemanında göçme meydana gelmiştir (E2 tipi göçme modu).

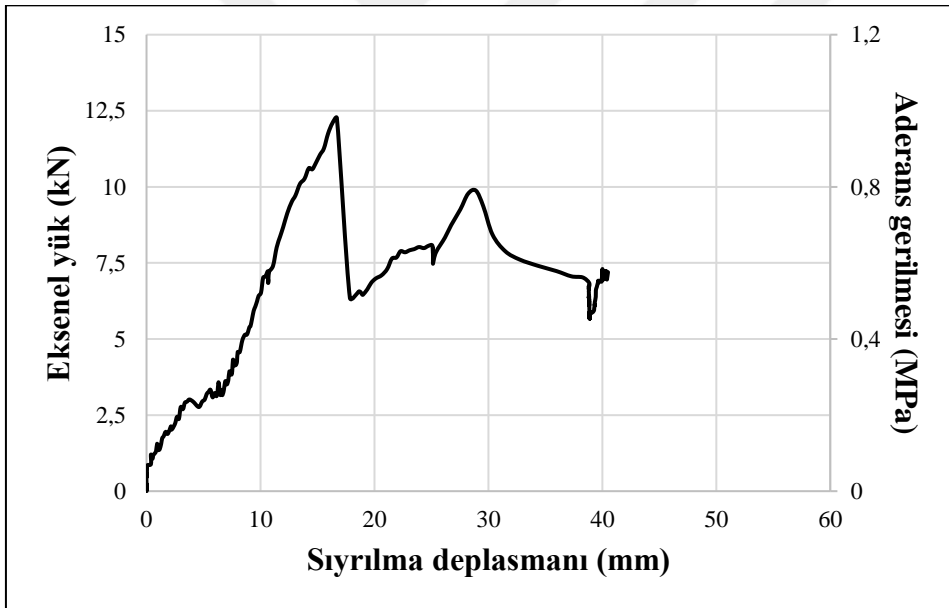
3.38. Deney Elemanı- #38

Dolu harman tuğlasından üretilen #38 numaralı deney elemanı, yüksek dayanımlı harç kullanılarak 50 mm genişlik ve 250 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede CFRP fan tipi ankraj kullanılmamıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.38'de verilmiştir.



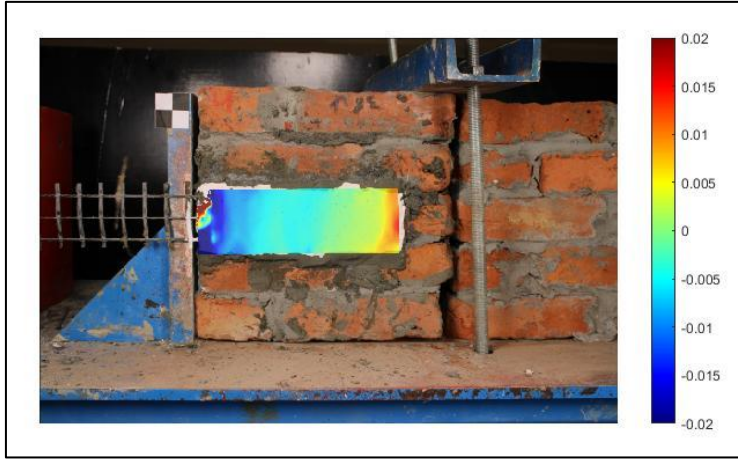
Resim 3.38. #38 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#38 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 12,26 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 16,70 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.149'da verilmiştir.

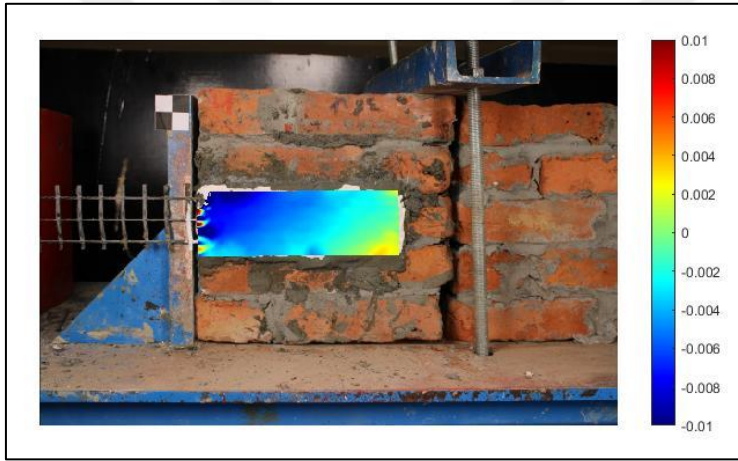


Şekil 3.149. #38 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

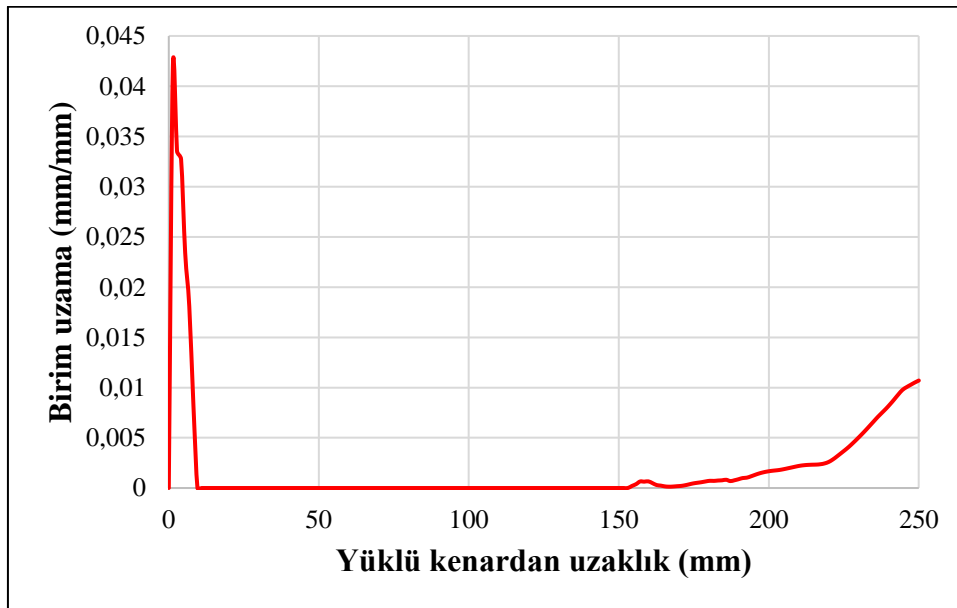
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.150'de, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 151'de verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.152'de görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.150. #38 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.151. #38 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

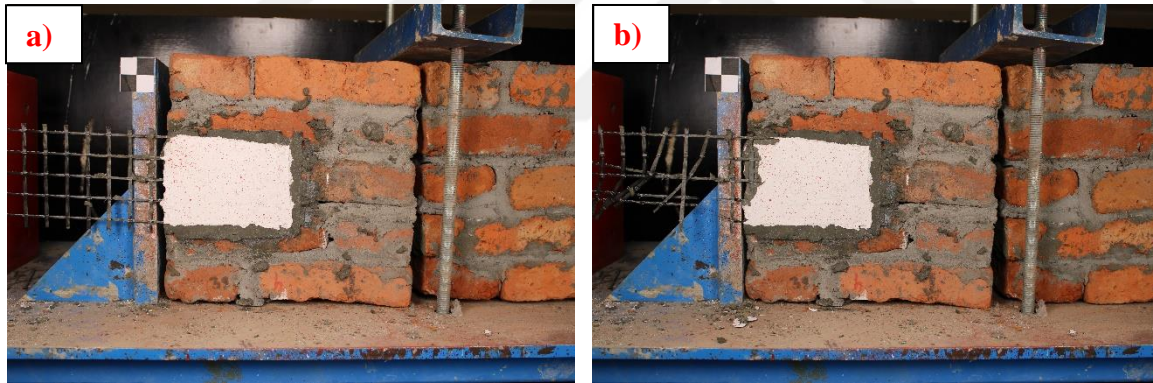


Şekil 3.152. #38 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#38 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0420 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,98 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,51 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,73 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 282,39 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Karbon tekstil ağın sıva katmanlarının içinde bulunan bölgeden kopmasıyla deney elemanında göçme meydana gelmiştir (E2 tipi göçme modu).

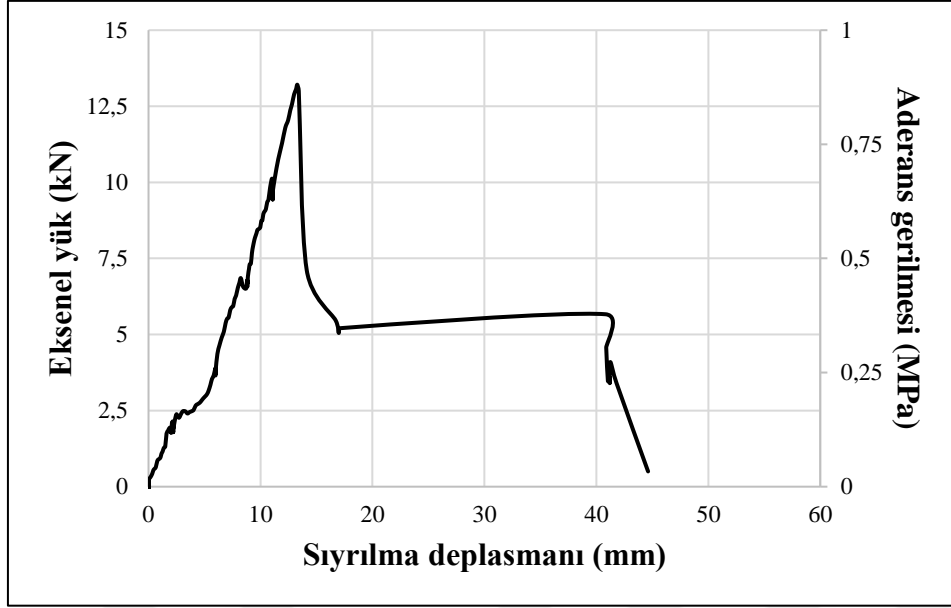
3.39. Deney Elemanı- #39

Dolu harman tuğlasından üretilen #39 numaralı deney elemanı, yüksek dayanımlı harç kullanılarak 100 mm genişlik ve 150 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede CFRP fan tipi ankraj kullanılmamıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.39'da verilmiştir.



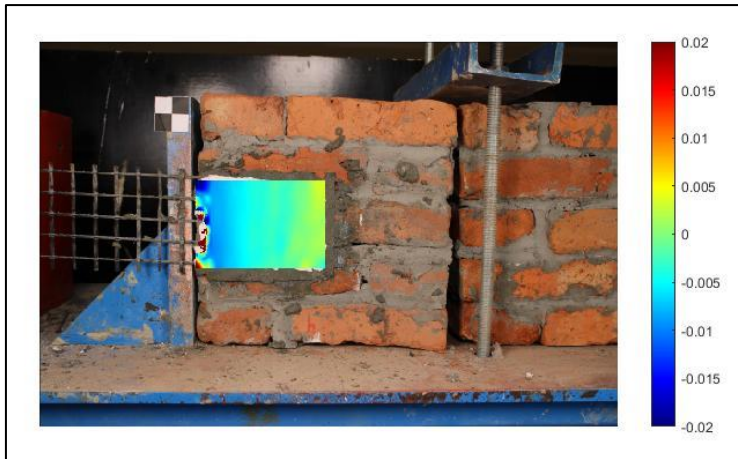
Resim 3.39. #39 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#39 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 13,21 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 13,29 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.153'te verilmiştir.

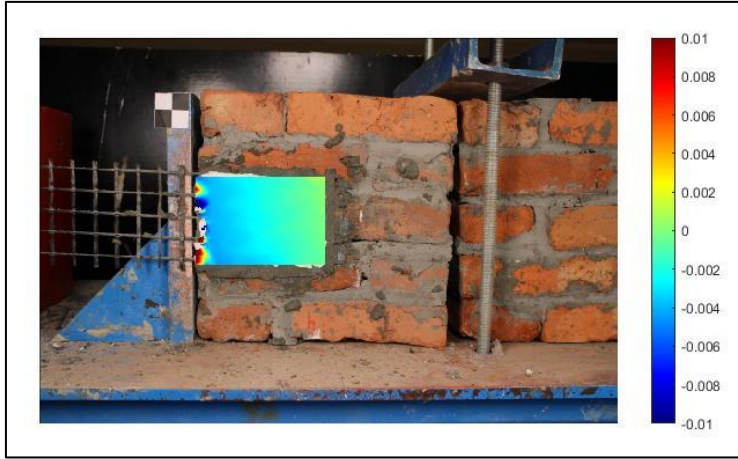


Şekil 3.153. #39 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

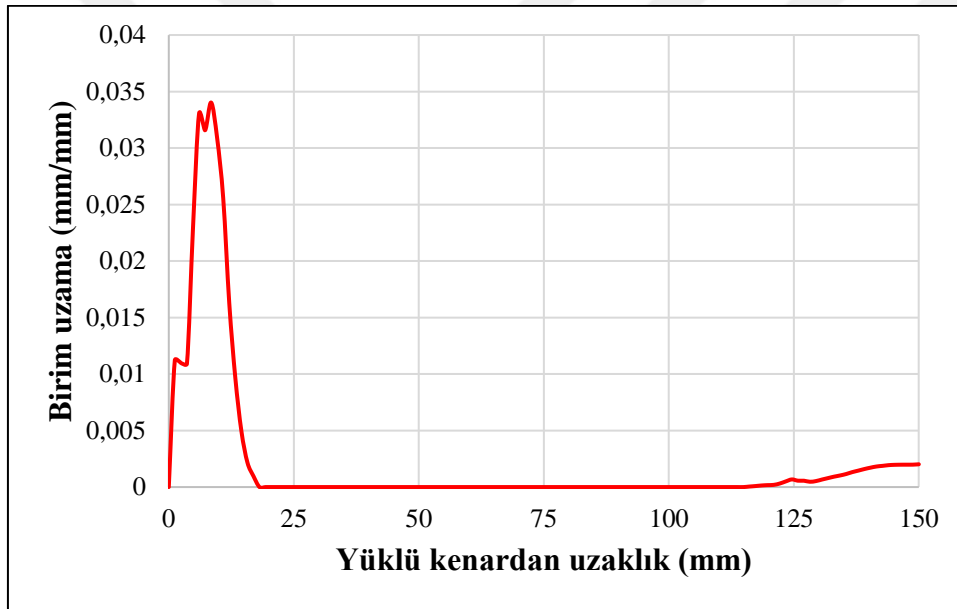
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.154'te, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.155'te verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.156'da görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.154. #39 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.155. #39 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

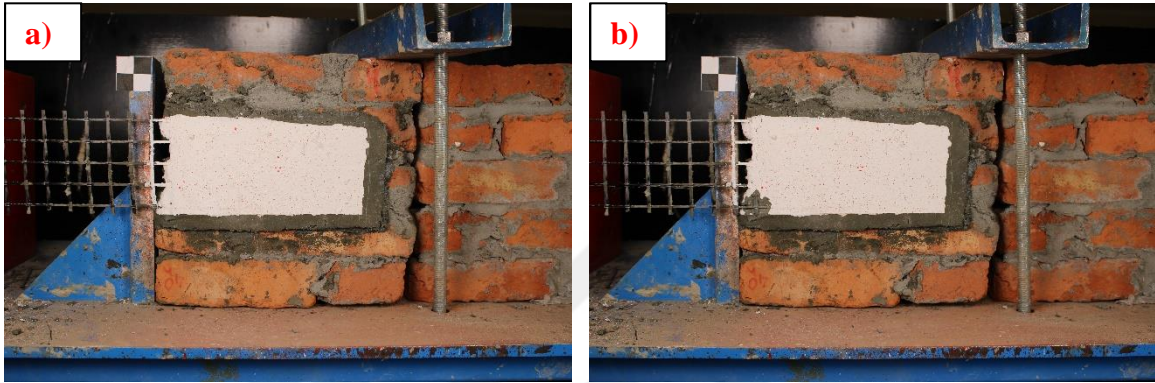


Şekil 3.156. #39 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#39 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0340 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,88 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,37 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,99 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 239,40 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Sıva katmanlarının dışında bırakılan karbon tekstil ağın kopmasıyla deney elemanı göçmüştür (E1 tipi göçme modu).

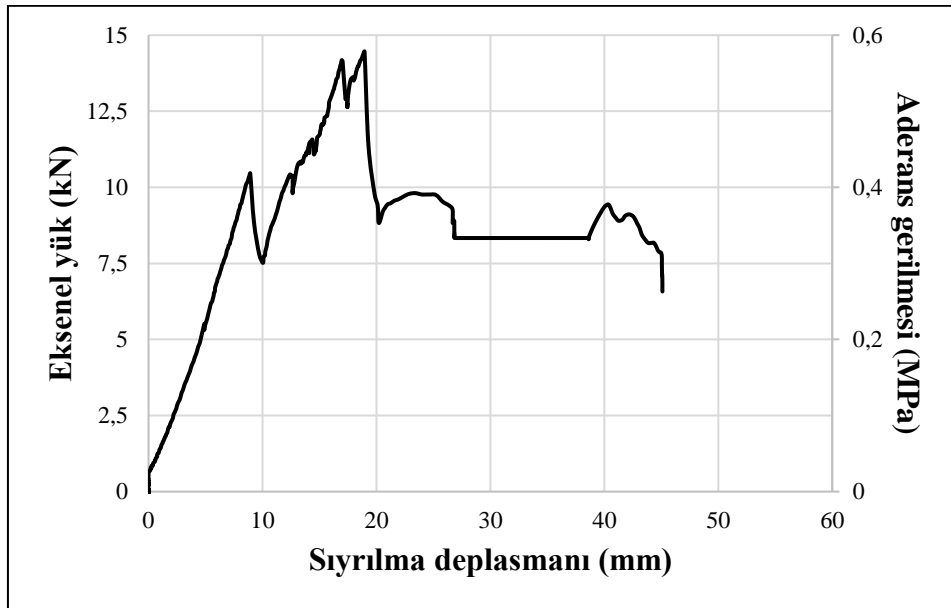
3.40. Deney Elemanı- #40

Dolu harman tuğlasından üretilen #40 numaralı deney elemanı, yüksek dayanımlı harç kullanılarak 100 mm genişlik ve 250 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede CFRP fan tipi ankraj kullanılmamıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.40'ta verilmiştir.



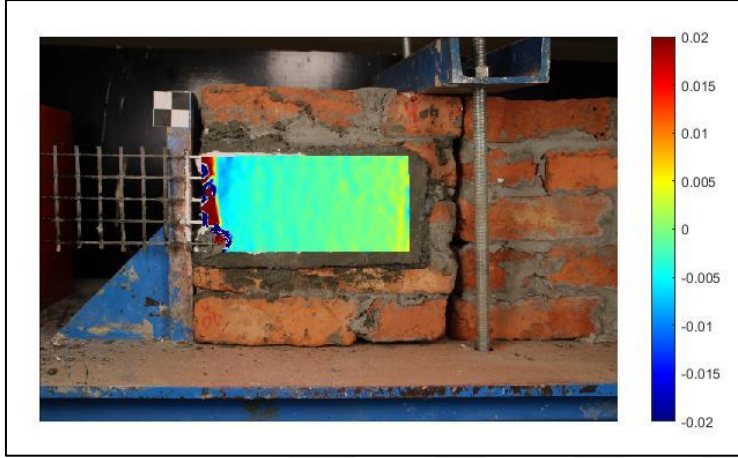
Resim 3.40. #40 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#40 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 14,46 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 18,96 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.157'de verilmiştir.

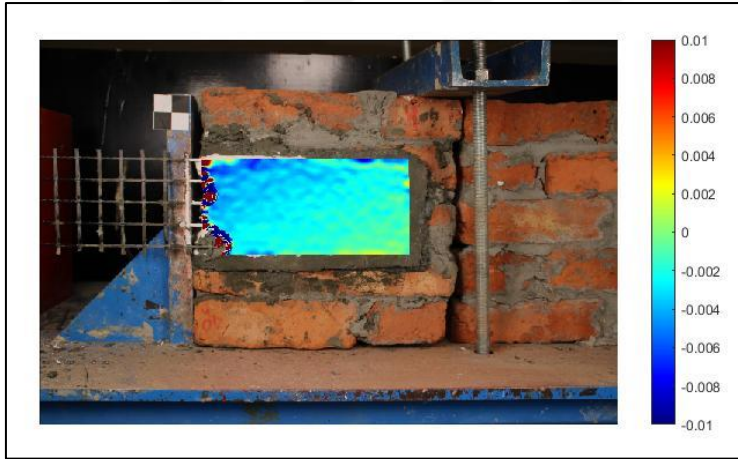


Şekil 3.157. #40 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.158'de, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 159'da verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.160'ta görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.158. #40 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.159. #40 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

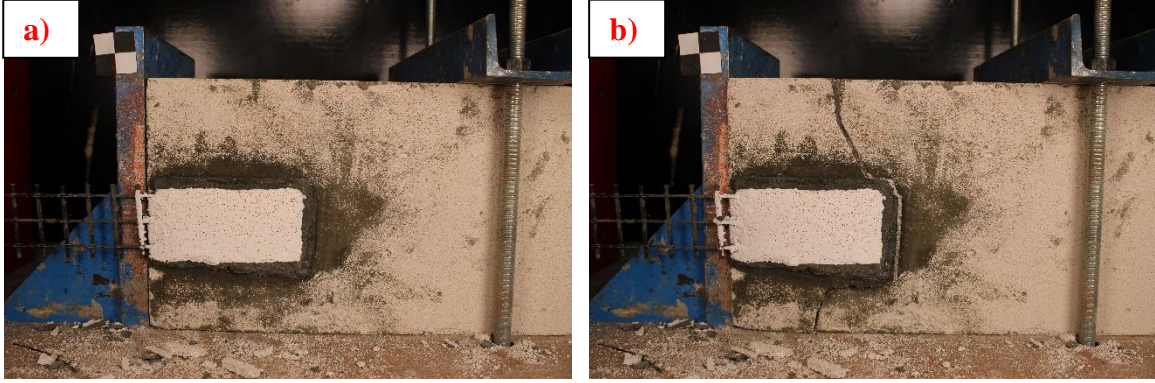


Şekil 3.160. #40 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#40 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,3156 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,58 MPa, meydana gelen artık gerilme miktarı ise 0,36 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,76 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 390,09 kN-mm olarak hesaplanmıştır. Sıva katmanlarının dışında bırakılan karbon tekstil ağın kopmasıyla deney elemanı göçmüştür (E1 tipi göçme modu).

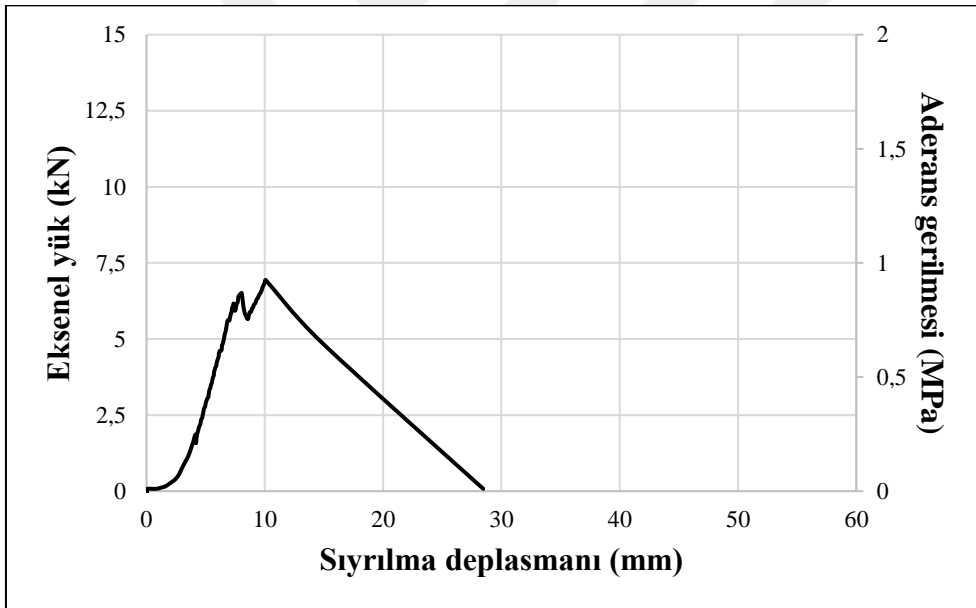
3.41. Deney Elemanı- #41

Gaz betondan üretilen #41 numaralı deney elemanı, yüksek dayanımlı harç kullanılarak 50 mm genişlik ve 150 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede şerit ortasında 1 adet CFRP fan tipi ankraj kullanılmıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.41'de verilmiştir.



Resim 3.41. #41 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#41 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 6,93 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 10,09 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.161’de verilmiştir.



Şekil 3.161. #41 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

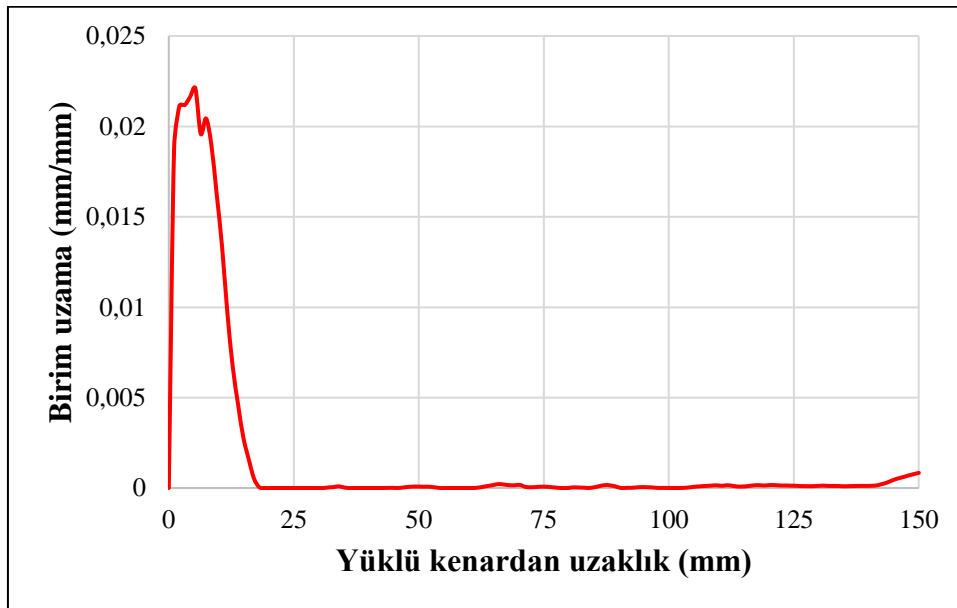
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.162’de, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.163’te verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.164’te görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.162. #41 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.163. #41 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

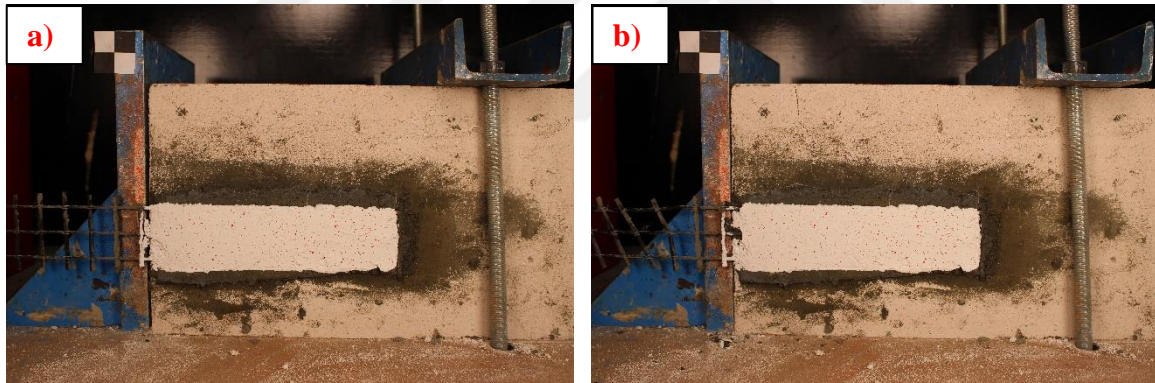


Şekil 3.164. #41 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#41 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0221 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,92 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanında artık gerilme meydana gelmemiştir. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,69 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 93,51 kN-mm olarak hesaplanmıştır. TDH şeridin deney elemanına hasar vererek yüzeyden ayrılması sonucunda deney elemanı göçmüştür (A tipi göçme modü).

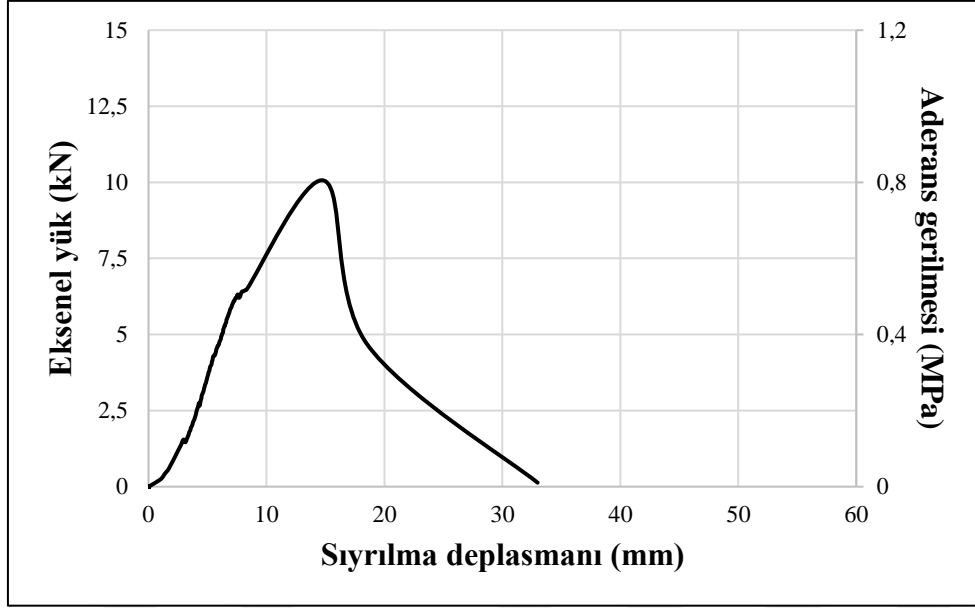
3.42. Deney Elemanı- #42

Gaz betondan üretilen #42 numaralı deney elemanı, yüksek dayanımlı harç kullanılarak 50 mm genişlik ve 250 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede şerit ortasında 1 adet CFRP fan tipi ankraj kullanılmıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.42’de verilmiştir.



Resim 3.42. #42 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#42 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 10,05 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 14,94 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.165’te verilmiştir.

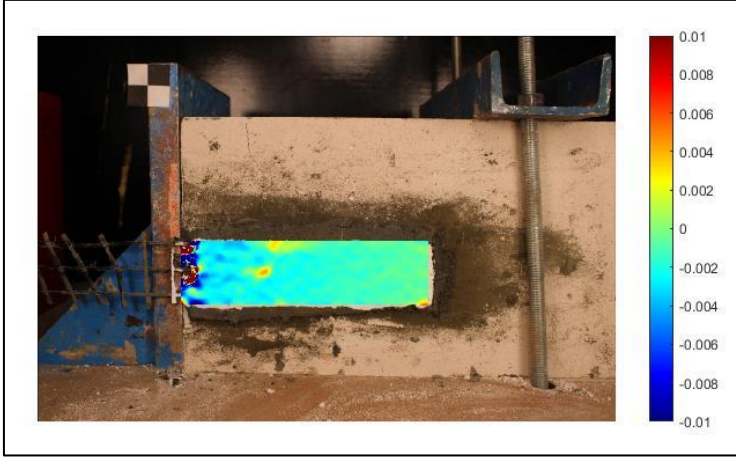


Şekil 3.165. #42 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

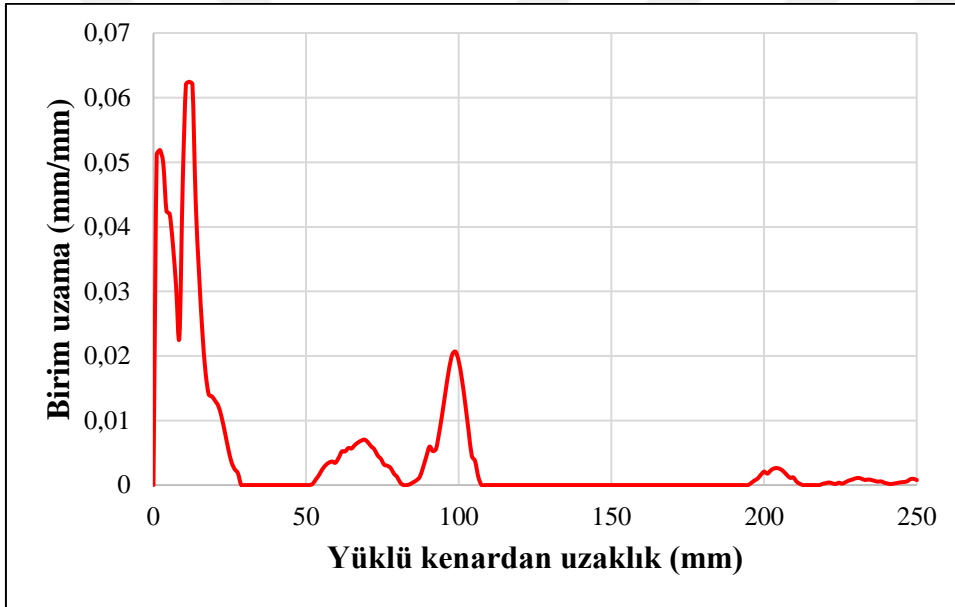
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.166'da, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.167'de verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.168'de görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.166. #42 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.167. #42 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

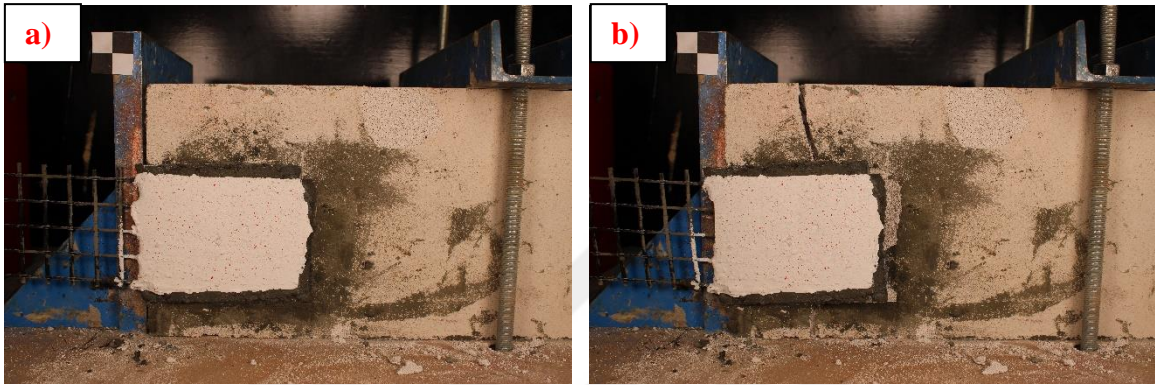


Şekil 3.168. #42 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#42 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0625 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,80 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanında artık gerilme meydana gelmemiştir. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,67 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 140,32 kN-mm olarak hesaplanmıştır. TDH şerit deney elemanına hasar vererek yüzeyden ayrılmış ve sıva katmanlarının içinde bulunmayan karbon tekstil ağ kopmuştur böylece deney elemanında göçme meydana gelmiştir (A+e1 tipi göçme modu).

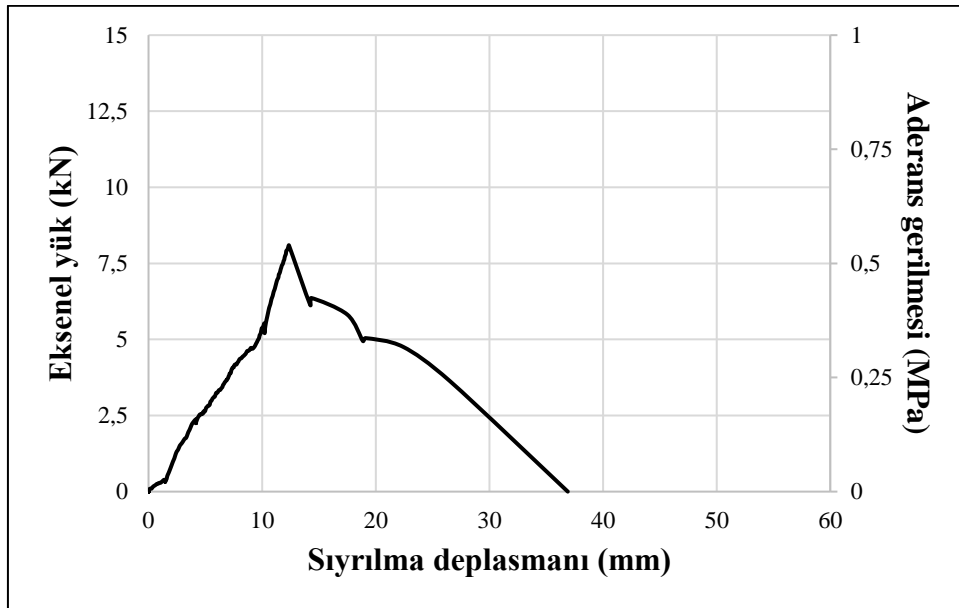
3.43. Deney Elemanı- #43

Gaz betondan üretilen #43 numaralı deney elemanı, yüksek dayanımlı harç kullanılarak 100 mm genişlik ve 150 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede şerit ortasında 1 adet CFRP fan tipi ankraj kullanılmıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.43'te verilmiştir.



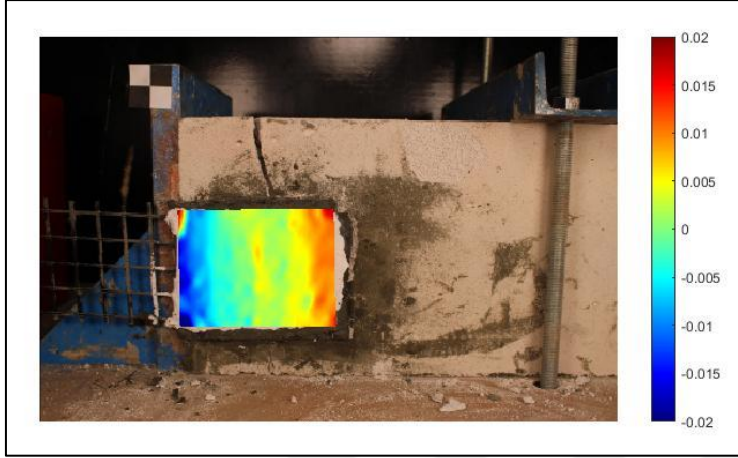
Resim 3.43. #43 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#43 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 8,10 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 12,35 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.169'da verilmiştir.

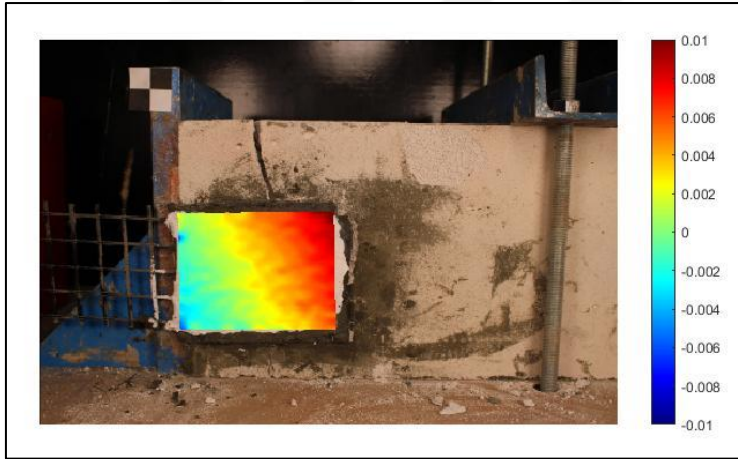


Şekil 3.169. #43 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.170'te, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.171'de verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.172'de görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.170. #43 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.171. #43 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)



Şekil 3.172. #43 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#43 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0201 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,54 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanında artık gerilme meydana gelmemiştir. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,66 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 136,27 kN-mm olarak hesaplanmıştır. TDH şeridin deney elemanına hasar vererek yüzeyden ayrılması sonucunda deney elemanı göçmüştür (A tipi göçme modu).

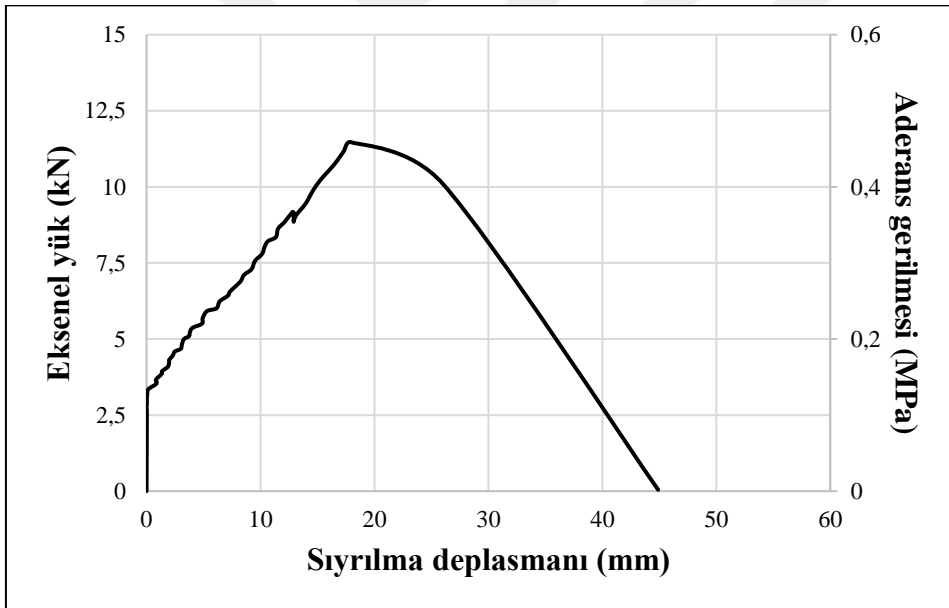
3.44. Deney Elemanı- #44

Gaz betondan üretilen #44 numaralı deney elemanı, yüksek dayanımlı harç kullanılarak 100 mm genişlik ve 250 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede şerit ortasında 1 adet CFRP fan tipi ankraj kullanılmıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.44'te erilmiştir.



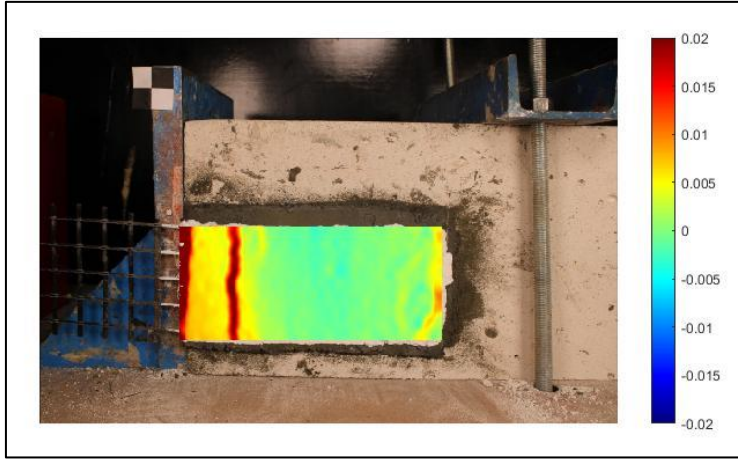
Resim 3.44. #44 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#44 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 11,46 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 17,96 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.173'te verilmiştir.

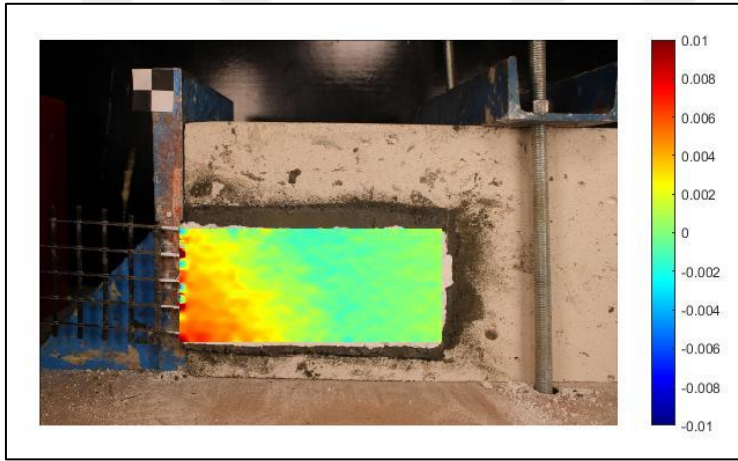


Şekil 3.173. #44 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

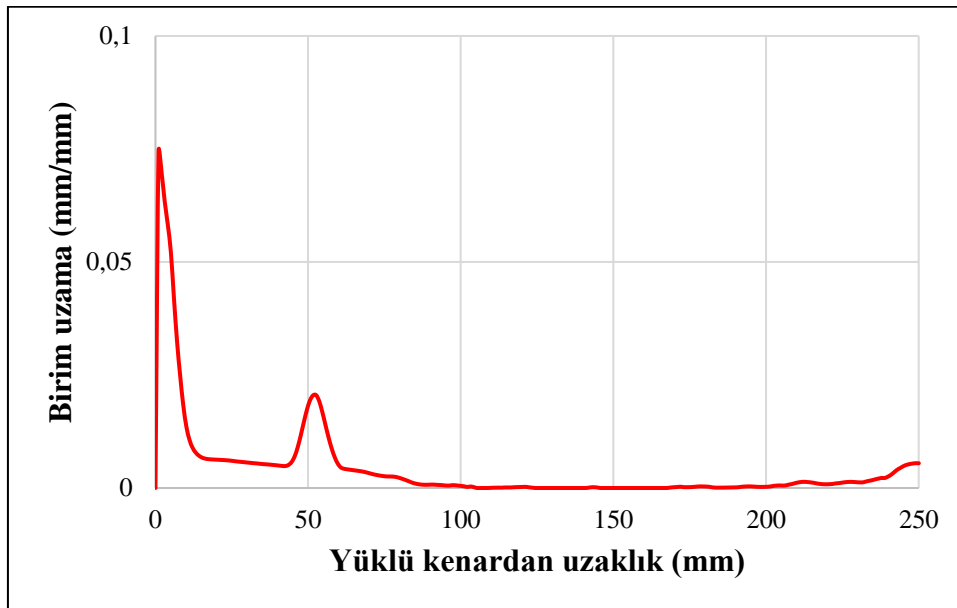
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.174'te, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.175'te verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.176'da görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.174. #44 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.175. #44 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

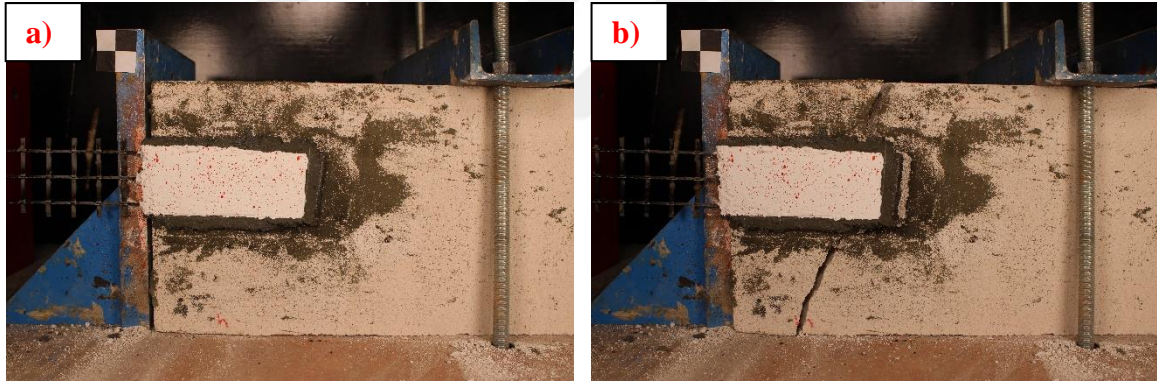


Şekil 3.176. #44 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#44 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0746 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,46 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanında artık gerilme meydana gelmemiştir. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,64 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 314,72 kN-mm olarak hesaplanmıştır. TDH şeridin deney elemanına hasar vererek yüzeyden ayrılması sonucunda deney elemanı göçmüştür (A tipi göçme modu).

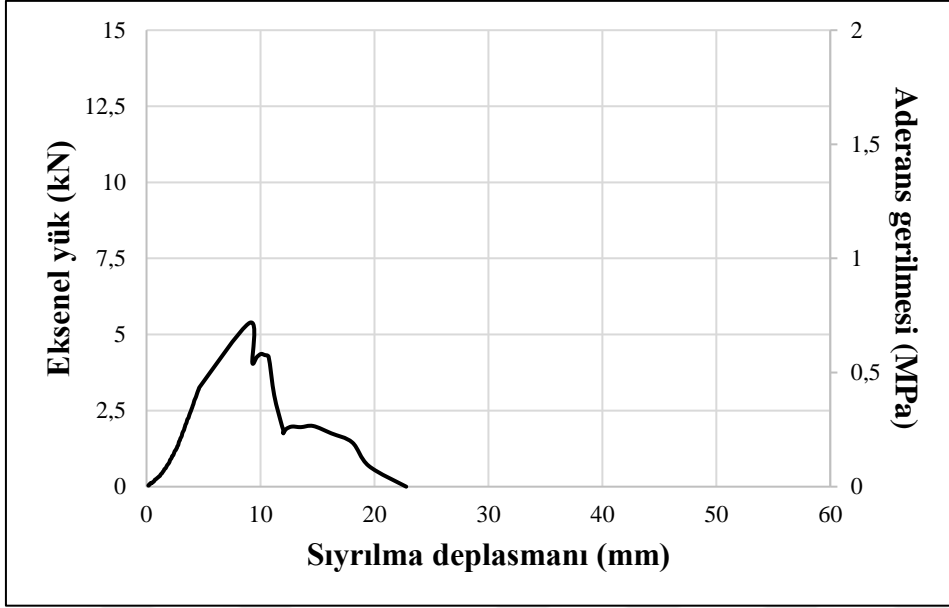
3.45. Deney Elemanı- #45

Gaz betondan üretilen #45 numaralı deney elemanı, yüksek dayanımlı harç kullanılarak 50 mm genişlik ve 150 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede CFRP fan tipi ankraj kullanılmamıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.45'te verilmiştir.



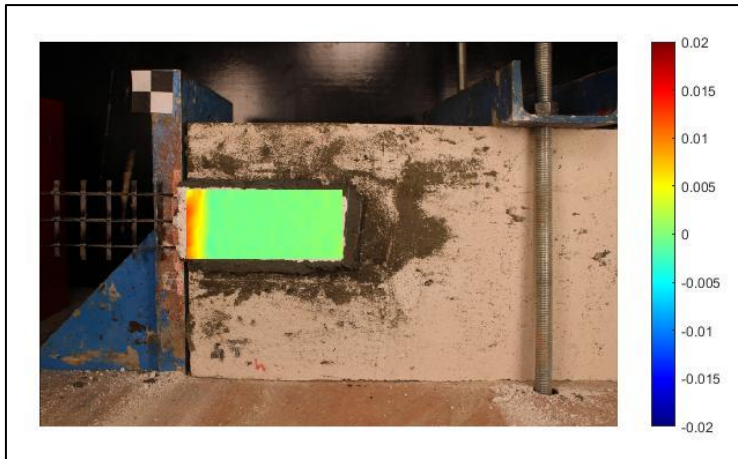
Resim 3.45. #45 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#45 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 5,39 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 9,07 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.177'de verilmiştir.

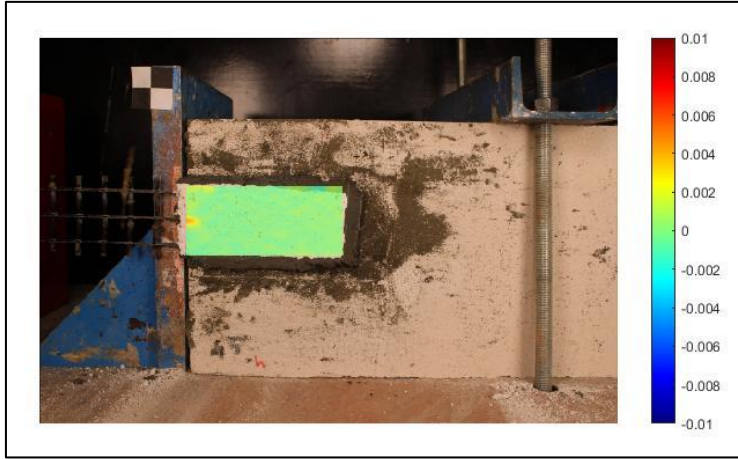


Şekil 3.177. #45 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

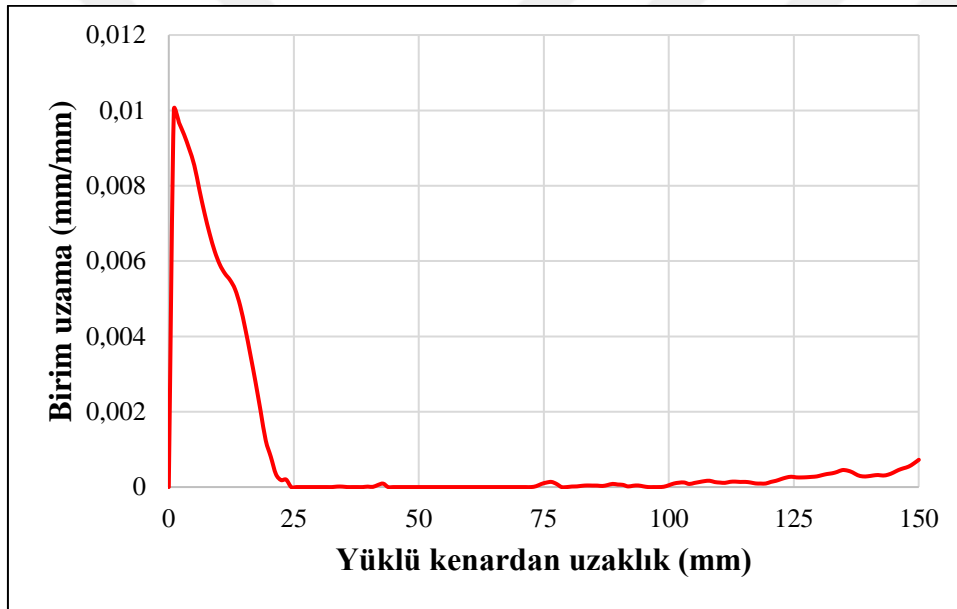
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.178'de, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.179'da verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.180'de görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.178. #45 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.179. #45 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)



Şekil 3.180. #45 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#45 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0100 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,72 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanında artık gerilme meydana gelmemiştir. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,59 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 49,53 kN-mm olarak hesaplanmıştır. TDH şeridin deney elemanına hasar vererek yüzeyden ayrılması sonucunda deney elemanı göçmüştür (A tipi göçme modü).

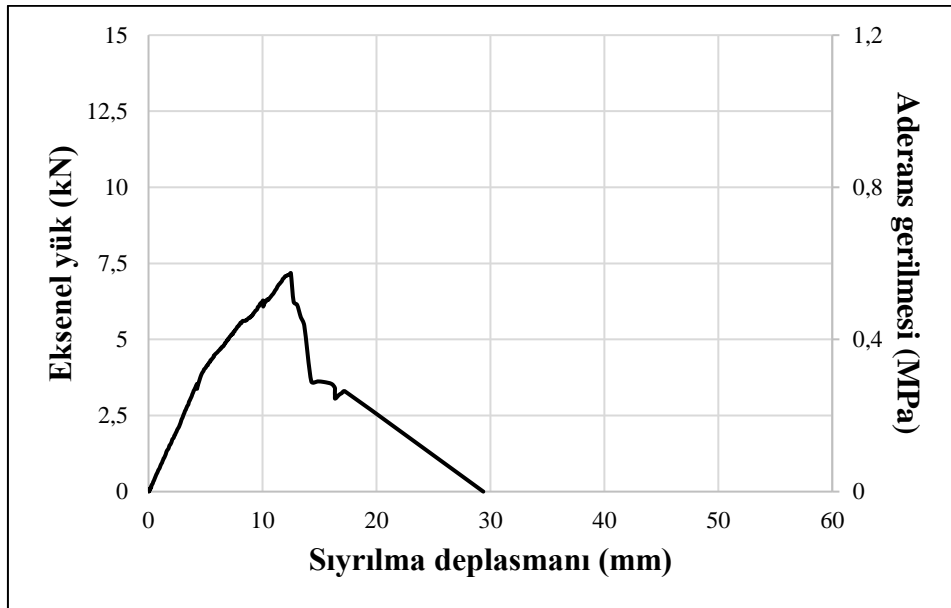
3.46. Deney Elemanı- #46

Gaz betondan üretilen #46 numaralı deney elemanı, yüksek dayanımlı harç kullanılarak 50 mm genişlik ve 250 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede CFRP fan tipi ankraj kullanılmamıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.46’da verilmiştir.



Resim 3.46. #46 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#46 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 7,18 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 12,50 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.181’de verilmiştir.



Şekil 3.181. #46 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

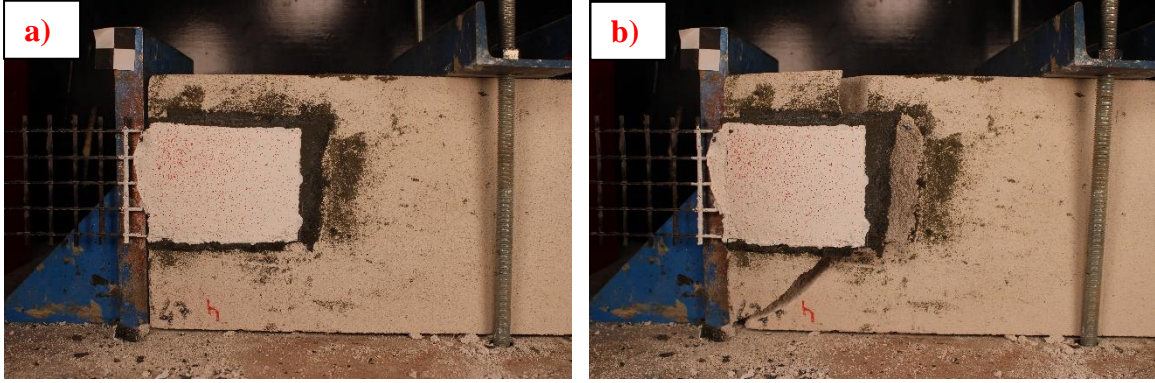


Şekil 3.184. #46 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#46 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0242 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,57 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanında artık gerilme meydana gelmemiştir. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,57 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 93,05 kN-mm olarak hesaplanmıştır. TDH şeridin deney elemanına hasar vererek yüzeyden ayrılması sonucunda deney elemanı göçmüştür (A tipi göçme modu).

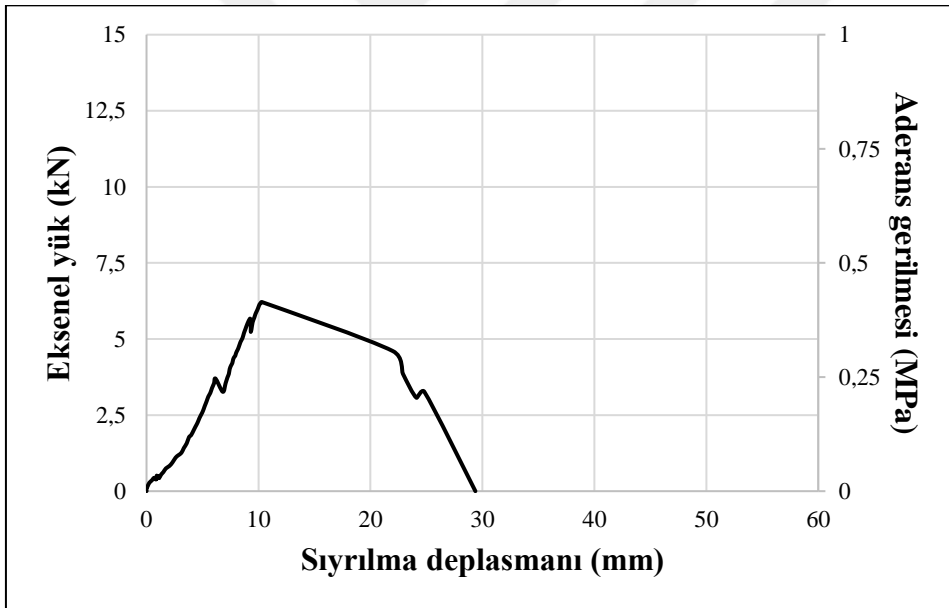
3.47. Deney Elemanı- #47

Gaz betondan üretilen #47 numaralı deney elemanı, yüksek dayanımlı harç kullanılarak 100 mm genişlik ve 150 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede CFRP fan tipi ankraj kullanılmamıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.47'de verilmiştir.



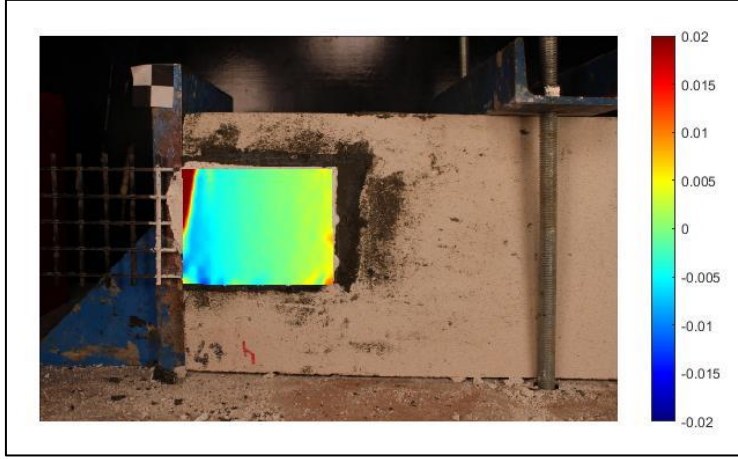
Resim 3.47. #47 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#47 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 6,22 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 10,29 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.185'te verilmiştir.

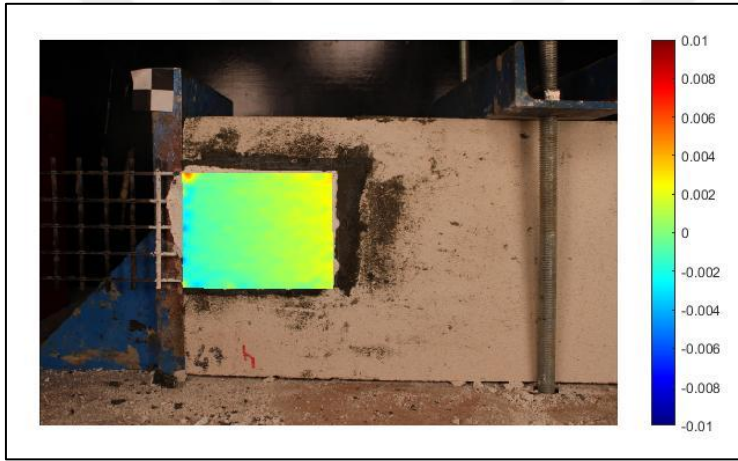


Şekil 3.185. #47 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

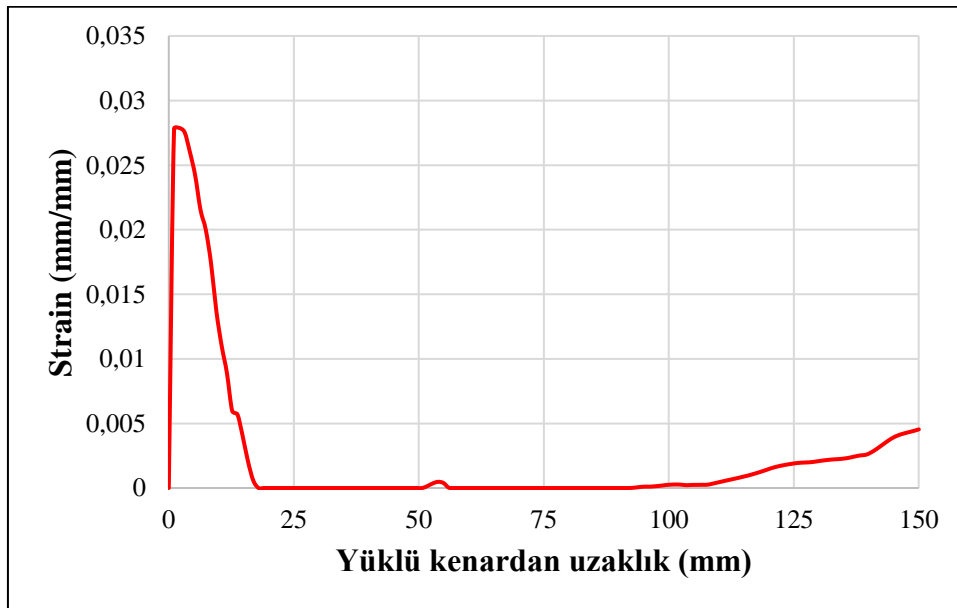
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.186'da, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.187'de verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.188'de görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.186. #47 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.187. #47 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)

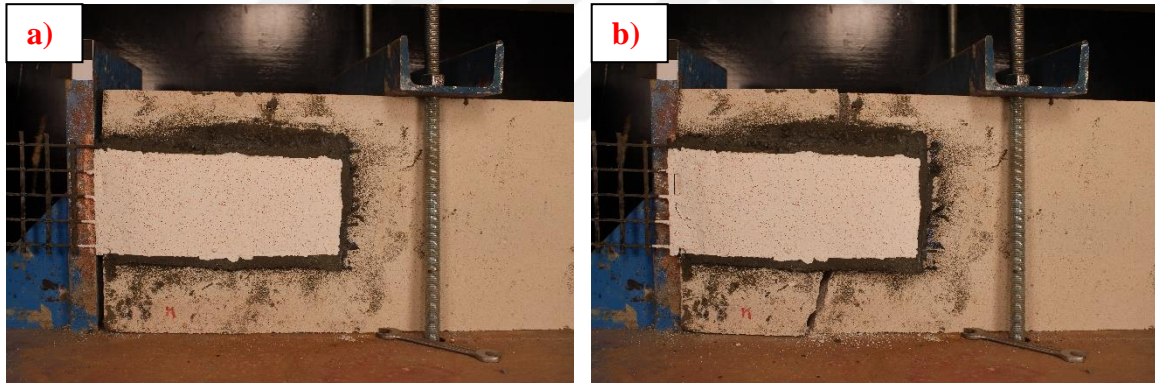


Şekil 3.188. #47 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#47 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0279 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,41 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanında artık gerilme meydana gelmemiştir. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,60 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 109,80 kN-mm olarak hesaplanmıştır. TDH şeridin deney elemanına hasar vererek yüzeyden ayrılması sonucunda deney elemanı göçmüştür (A tipi göçme modü).

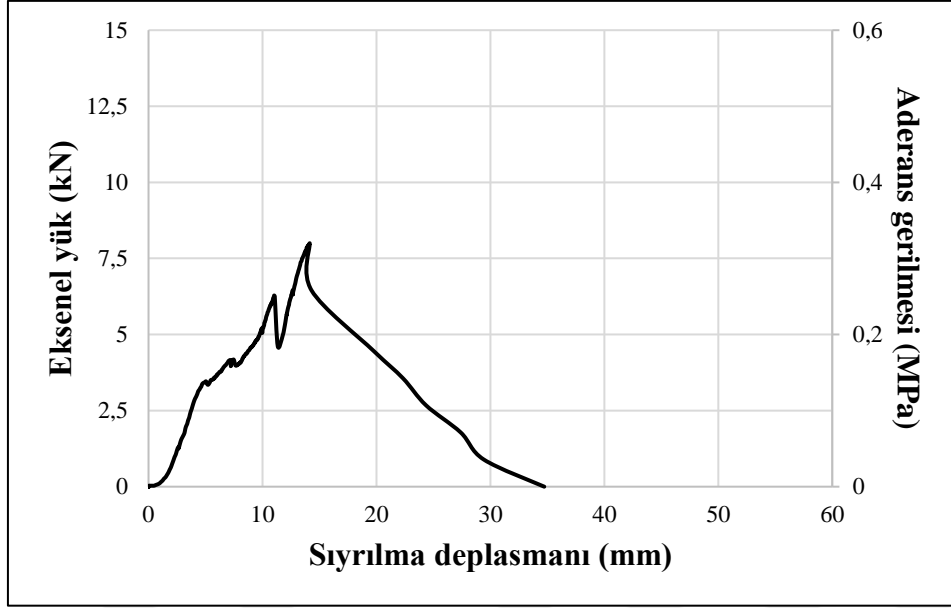
3.48. Deney Elemanı- #48

Gaz betondan üretilen #48 numaralı deney elemanı, yüksek dayanımlı harç kullanılarak 100 mm genişlik ve 250 mm yapışma boyuna sahip TDH şerit ile güçlendirilmiştir. Güçlendirmede CFRP fan tipi ankraj kullanılmamıştır. Deney elemanının göçmeden önceki ve sonraki görüntüleri Resim 3.48’de verilmiştir.



Resim 3.48. #48 deney elemanı: a) göçme öncesi, b) göçme sonrası

#48 numaralı deney elemanında TDH şeride uygulanabilen maksimum çekme kuvveti 8,00 kN ölçülmüştür. Maksimum yükteki deplasman ise 14,14 mm olarak ölçülmüştür. Deney sırasında elde edilen yük-deplasman ilişkisi Şekil 3.189’da verilmiştir.



Şekil 3.189. #48 deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi

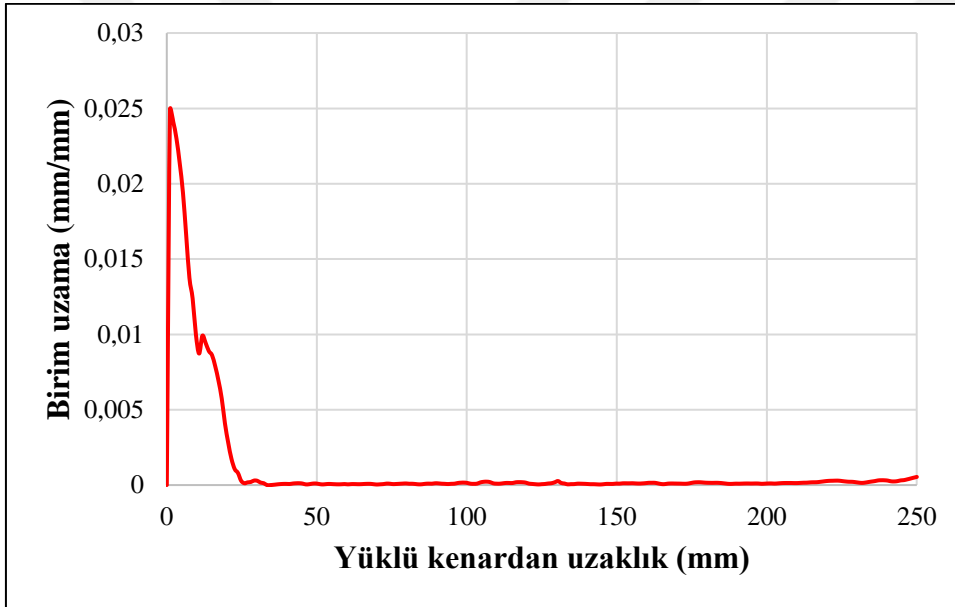
Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile göçmeden önce elde edilen birim deformasyon dağılımları görsel renk skalası ile şerit uzunluğu doğrultusu (x-x) için Şekil 3.190'da, şerit genişliği doğrultusu (y-y) için ise Şekil 3.191'de verilmiştir. Ayrıca şerit uzunluğu boyunca x-x doğrultusunda meydana gelen birim deformasyon değerleri yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak Şekil 3.192'de görüldüğü gibi olarak verilmiştir.



Şekil 3.190. #48 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (x-x doğrultusu)



Şekil 3.191. #48 deney elemanına ait birim deformasyon dağılımı (y-y doğrultusu)



Şekil 3.192. #48 deney elemanına ait şerit boyunca birim uzama dağılımı (x-x)

#48 numaralı deney elemanında TDH şeridin yapışma boyu doğrultusunda maksimum birim uzama değeri 0,0249 mm/mm olarak ölçülmüştür. TDH şeritte oluşan maksimum kayma gerilmesi 0,32 MPa olarak hesaplanmıştır. Deney elemanında artık gerilme meydana gelmemiştir. Deney elemanına ait yük-deplasman ilişkisi kullanılarak maksimum yükteki rijitlik değeri 0,57 kN/mm, enerji tüketim kapasitesi ise 112,66 kN-mm olarak hesaplanmıştır. TDH şeridin deney elemanına hasar vererek yüzeyden ayrılması sonucunda deney elemanı göçmüştür (A tipi göçme modü).



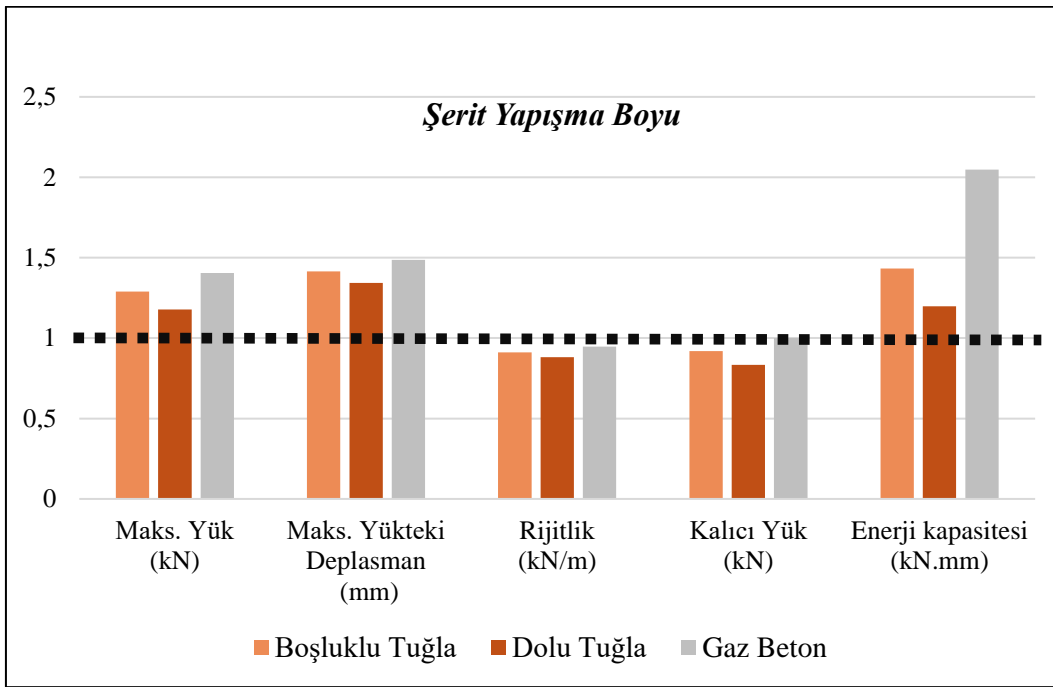
4. DENEYSEL BULGULARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Deneysel program kapsamında incelenen 4 farklı bağımsız değişken (şerit yapışma boyu, şerit genişliği, ankraj kullanımı, harç tipi) için üç farklı yığma birim türünde ortalama değerler üzerinden deneysel sonuçlar için değerlendirmeler yapılmıştır. Deneysel çalışmadan elde edilen bulgular üzerinde genel bir değerlendirme yapıldığında, TDH şeritler ile yığma duvar yüzeyi arasında en yüksek aderans dayanımına sahip olan grubunun ortalama olarak 0,89 MPa ile dolu harman tuğlasından üretilen deney elemanları olduğu görülmüştür. Boşluklu yığma yapı tuğlası ve gaz beton bloklardan üretilen deney elemanlarındaki ortalama aderans gerilmesi ise sırasıyla 0,74 MPa ve 0,50 MPa olarak hesaplanmıştır. Tüm deney elemanları bir arada değerlendirildiğinde, şerit yapışma boyunun 150 mm'den 250 mm'ye çıkarılması durumunda maksimum yük miktarı ortalama olarak %27 oranında artmıştır. Şerit genişliğinin 50 mm'den 100 mm'ye çıkarılması durumunda ise maksimum yük miktarı ortalama olarak %18 artmıştır. Ankraj kullanılan numunelerde ölçülen maksimum yük miktarı, ankraj kullanılmayan numunelere göre %27 oranında artmıştır. TDH şeritlerin yüzeylere yapıştırılmasında kullanılan normal dayanımlı harç yerine yüksek dayanımlı harç kullanılması durumunda ise maksimum yük miktarı ortalama olarak %40 oranında artmıştır. Deney sonuçlarına ait detaylı değerlendirmeler her bir değişken için ayrı başlıklar altında verilmiştir.

4.1. Şerit yapışma boyunun etkisi

TDH şerit yapışma boyunun 150 mm'den 250 mm'ye çıkması durumunda deney elemanı tiplerinin tümünde maksimum yük kapasitesi ortalama olarak artmıştır. Yük kapasitesi en çok artan yığma birim türü ortalama olarak %40 artış ile gaz beton tipi deney elemanı olmuştur. Boşluklu tuğla ve dolu tuğladan üretilen deney elemanlarının yük kapasitesindeki ortalama artışlar ise sırasıyla, %29 ve %18 olarak hesaplanmıştır. Şerit yapışma boyunun artışı tüm deney elemanlarında maksimum yükteki deplasmanların da artmasına neden olmuştur. Maksimum yükteki deplasman artışları ortalama olarak gaz beton, boşluklu tuğla ve dolu harman tuğla birimler için sırasıyla, %49, %42 ve %34 olarak hesaplanmıştır. Şerit yapışma boyu artışının rijitlik parametresi üzerine etkisi ortalama değerler üzerinden incelendiğinde tüm deney elemanı tiplerinin maksimum yükteki rijitlikleri bir miktar azalmıştır. Maksimum yükteki rijitlik değerlerinin azalmasının sebebinin şerit yapışma

boyunun maksimum yükteki deplasman değerini arttırmıştır. Yapışma uzunluğunun 150 mm'den 250 mm'ye çıkarılması durumunda deney elemanlarında meydana gelen kalıcı yük değerleri incelendiğinde, gaz betondan oluşan deney elemanlarının kalıcı yük değerlerinde olumlu bir değişiklik olmazken, dolu tuğla ve gaz beton bloklardan oluşan deney elemanlarında kalıcı yük değerleri ortalama olarak sırasıyla %8 ve %16 azalmıştır. Şerit yapışma boyunun arttırılması ile tüm deney elemanı tiplerinde enerji tüketim kapasitesi artmıştır. Şerit yapışma boyu artışının deneysel sonuçlar üzerine etkisi Şekil 4.1'de verilen grafik üzerinde incelenebilir.

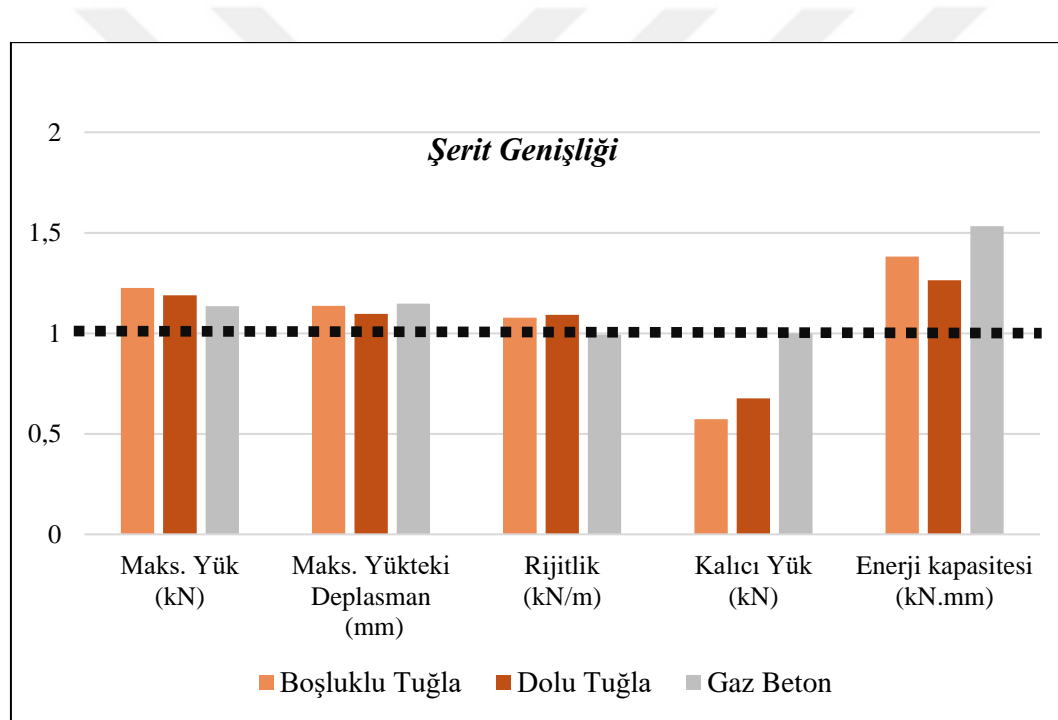


Şekil 4.1 Şerit yapışma boyundaki artışın yapısal parametreler üzerine etkisi

4.2. Şerit genişliğinin etkisi

Deneysel çalışmada bir başka değişken olan şerit genişliğinin 50 mm 'den 100 mm'ye çıkarılması durumunda yapısal parametrelerin değişimi ortalama değerler üzerinden değerlendirilmiştir. Şerit genişliğindeki artış tüm deney elemanı tipleri için maksimum yük, maksimum yükteki deplasman ve enerji tüketim kapasitesi parametrelerinde artışa neden olmuştur. Şerit genişliğinin 2 katına çıkması durumunda, boşluklu tuğladan oluşan deney elemanlarının maksimum yük kapasiteleri ortalama olarak %23, dolu tuğladan üretilen deney elemanlarının maksimum yük kapasiteleri %19 ve gaz betondan üretilen deney elemanlarının maksimum yük kapasiteleri ise %13 oranında artmıştır. Şerit genişliğindeki

artış sonucunda, maksimum yükteki deplasman en çok %15'lik artışla gaz betonda meydana gelirken, boşluklu tuğla ve dolu tuğladan üretilen deney elemanlarındaki artışlar sırasıyla, %14 ve %9 olarak hesaplanmıştır. Şerit genişliğinin arttırılması durumunda rijitlik parametresindeki ortalama değerler incelendiğinde gaz betondan üretilen deney elemanlarında önemli bir değişiklik olmazken, diğer eleman tiplerindeki rijitlik artışı ortalama %8 olarak hesaplanmıştır. Şerit genişliğinin artmasıyla birlikte gaz beton tipi deney elemanlarının kalıcı yük değerlerinde değişiklik olmamışken, diğer eleman tiplerinde şerit genişliğinin artışı kalıcı gerilme miktarını önemli ölçüde azaltmıştır. Şerit genişliğinin 50 mm'den 100'mm ye çıkarılmasının deneysel sonuçlar üzerine etkisi Şekil 4.2'de verilen grafik üzerinde incelenebilir.

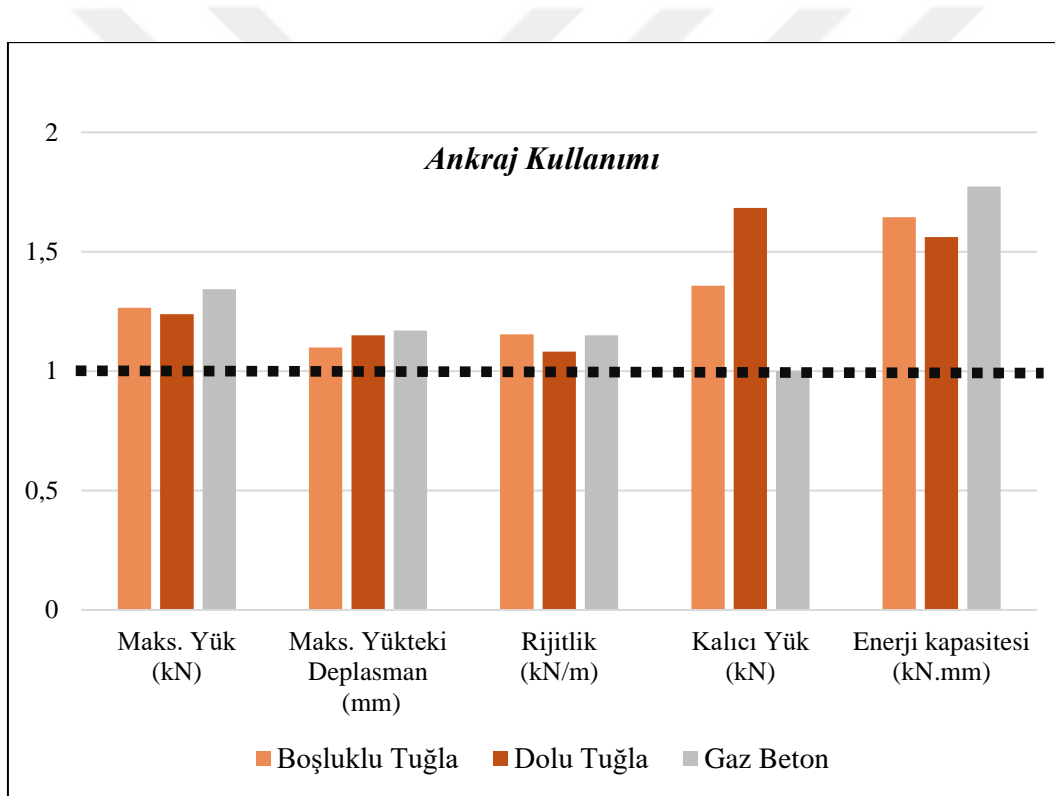


Şekil 4.2 Şerit genişliğindeki artışın yapısal parametreler üzerine etkisi

4.3. Ankraj kullanımının etkisi

CFRP fan tipi ankraj kullanımının yapısal parametreler üzerindeki etkileri genel olarak incelendiğinde CFRP fan tipi ankrajın tüm deney elemanı tiplerinde tüm parametreler için artış meydana getirdiği görülmüştür. Ankraj kullanımı, gaz betondan üretilmiş deney elemanlarının kalıcı yük davranışında herhangi bir değişikliğe neden olmamıştır. Deneysel çalışma kapsamında test edilen toplam 16 adet gaz beton deney elemanının hiçbirinde kalıcı gerilme oluşmamış ve tüm deney elemanları gevrek bir şekilde göçmüştür.

CFRP fan tipi ankraj kullanımı, gaz beton bloklardan üretilen deney elemanlarında maksimum yük kapasitesini ortalama olarak %34 oranında artışa neden olmuşken, maksimum yükteki deplasman değerinde ortalama olarak %17'lik bir artışa sebep olmuştur. Yük kapasitesindeki artışa bağlı olarak rijitlik değerleri de artmıştır. Boşluklu tuğla ve dolu tuğladan üretilen deney elemanlarında ankraj kullanımına bağlı olarak artık gerilme değeri ortalama olarak sırasıyla %36 ve %68 oranında artmıştır. Bu durum CFRP fan tipi ankrajın dolu tuğladan üretilen deney elemanlarında çok daha etkili olduğunu göstermiştir. Ankraj kullanımı tüm deney elemanlarında toplam enerji kapasitesini belirgin bir şekilde artırmıştır. CFRP fan tipi ankraj kullanımının deneysel sonuçlar üzerine etkisi Şekil 4.3'te verilen grafik üzerinde incelenebilir.



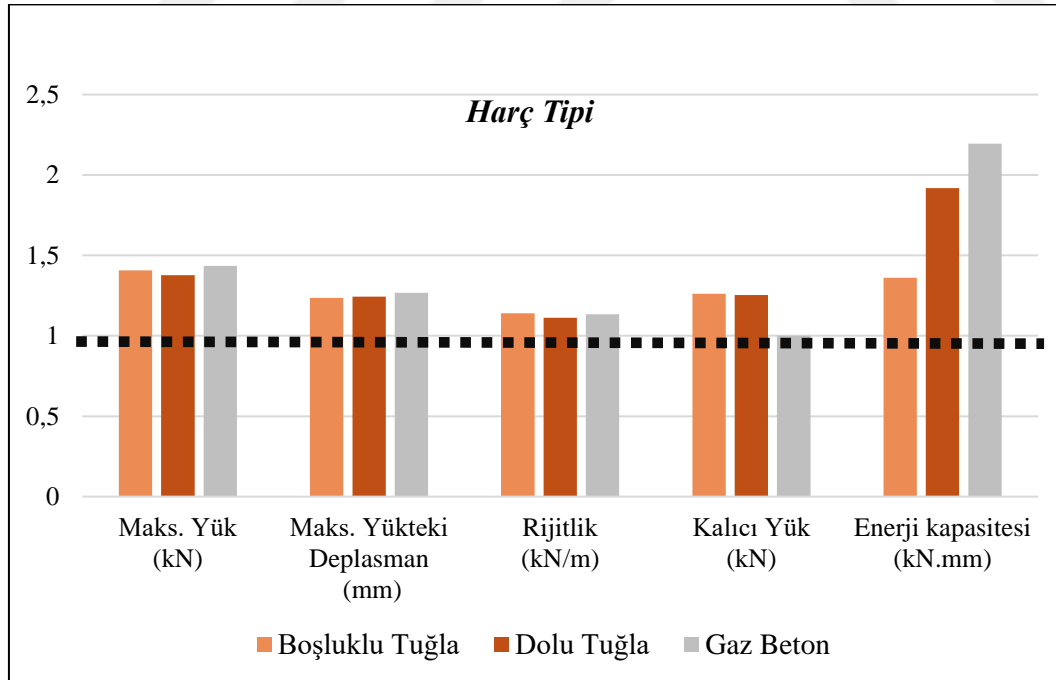
Şekil 4.3 CFRP fan tipi ankraj kullanımının yapısal parametreler üzerine etkisi

4.4. Harç tipinin etkisi

Deneysel çalışmada TDH şeritlerin yığma birim yüzeylerine yapıştırılması için iki farklı harç türü değişken olarak incelenmiştir. Normal dayanımlı harç için 15 MPa basınç dayanıma sahip hazır karışım bir harç türü kullanılmışken, yüksek dayanımlı harç sınıfı için

basınç dayanımı 50 MPa olan çimento esaslı hazır harç ürünü kullanılmıştır. Harç malzemelerine ait mekanik özellikler bölüm 2,4'te detaylı olarak verilmiştir.

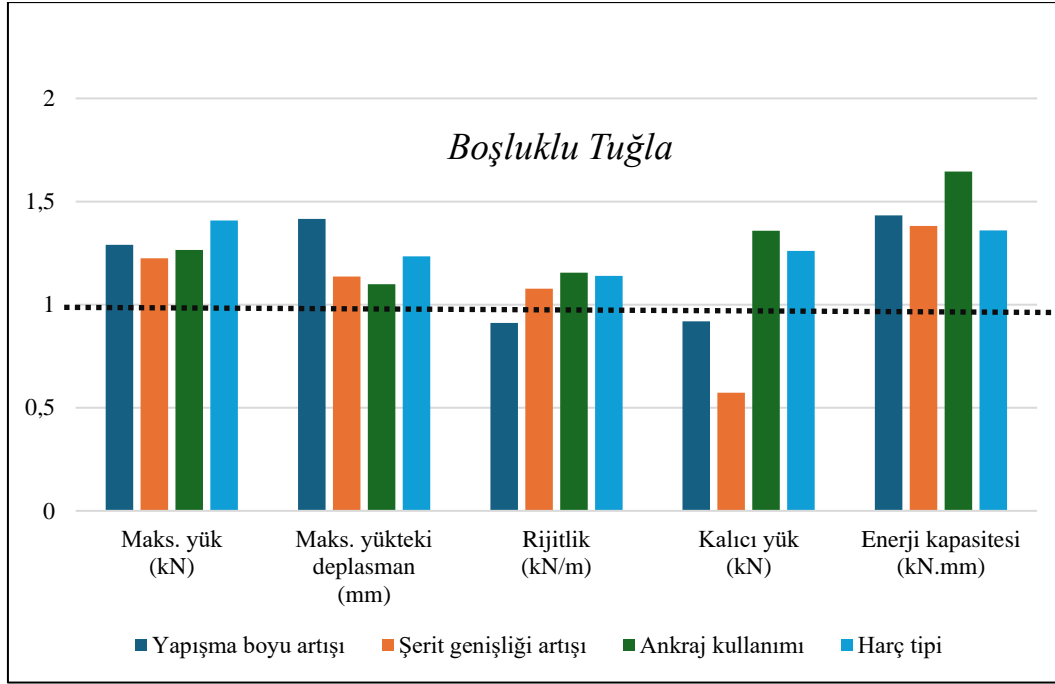
TDH şeritlerin yığma birim yüzeylerine yapıştırılmasında normal dayanımlı harç yerine yüksek dayanımlı özel harç kullanılmasının yapısal parametreler üzerindeki etkileri incelendiğinde malzemesinin basınç dayanımının artmasıyla tüm yapısal parametrelerde artış meydana geldiği görülmüştür. Harç basınç dayanımının artmasıyla maksimum yük kapasitesi, boşluklu tuğla, dolu tuğla ve gaz betondan üretilen deney elemanlarında ortalama olarak sırasıyla %40, %38 ve %44 oranlarında artmıştır. Harç basınç dayanımındaki artış sebebiyle gaz beton bloklardan üretilen deney elemanlarının enerji tüketme kapasitelerinde ortalama olarak %120'lik bir artış meydana gelirken, boşluklu tuğla ve dolu tuğladan üretilen deney elemanlarında ise artış oranı sırasıyla %36 ve %92 olarak hesaplanmıştır. Ankraj kullanımında olduğu gibi harç tipinin değiştirilmesi de gaz beton bloklardan oluşan deney elemanlarının kalıcı yük davranışında olumlu bir etki meydana getirmemiştir. Harç tipi değişikliğinin deneysel sonuçlar üzerine etkisi Şekil 4.4'te verilen grafik üzerinde incelenebilir.



Şekil 4.4 Harç basınç dayanımı artışının yapısal parametreler üzerine etkisi

4.5. Boşluklu tuğladan üretilen deney elemanlarının değerlendirilmesi

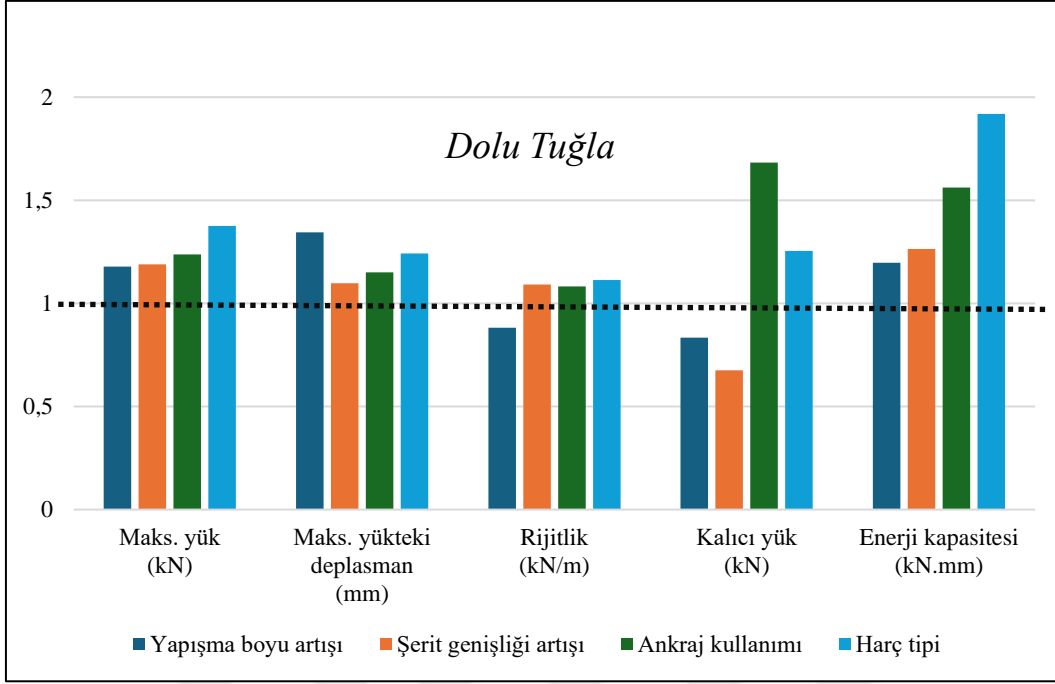
Düşey boşluklu yığma yapı tuğlası kullanılarak üretilen 16 adet deney elemanında deneysel değişkenlerin sonuçlar üzerindeki ortalama etkisi Şekil 4.5'te gösterilen grafikte özetlenmiştir.



Şekil 4.5 Boşluklu tuğla numunelerde deneysel değişkenlerin ortalama etkisi

4.6. Dolu tuğladan üretilen deney elemanlarının değerlendirilmesi

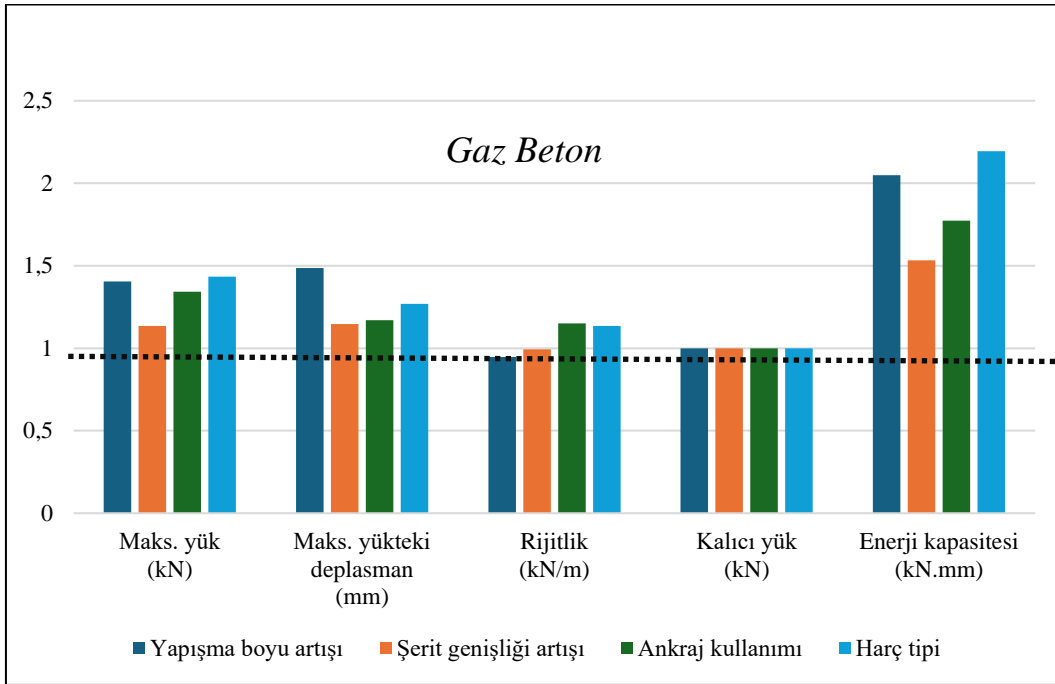
Dolu harman tuğlası kullanılarak üretilen 16 adet deney elemanında deneysel değişkenlerin sonuçlar üzerindeki ortalama etkisi Şekil 4.6'da gösterilen grafikte özetlenmiştir.



Şekil 4.6 Dolu tuğla numunelerde deneysel değişkenlerin ortalama etkisi

4.7. Gaz betondan üretilen deney elemanlarının değerlendirilmesi

Gaz beton bloklar kullanılarak üretilen 16 adet deney elemanında deneysel değişkenlerin sonuçlar üzerindeki ortalama etkisi Şekil 4.7’de gösterilen grafikte özetlenmiştir.



Şekil 4.7 Gaz beton numunelerde deneysel değişkenlerin ortalama etkisi

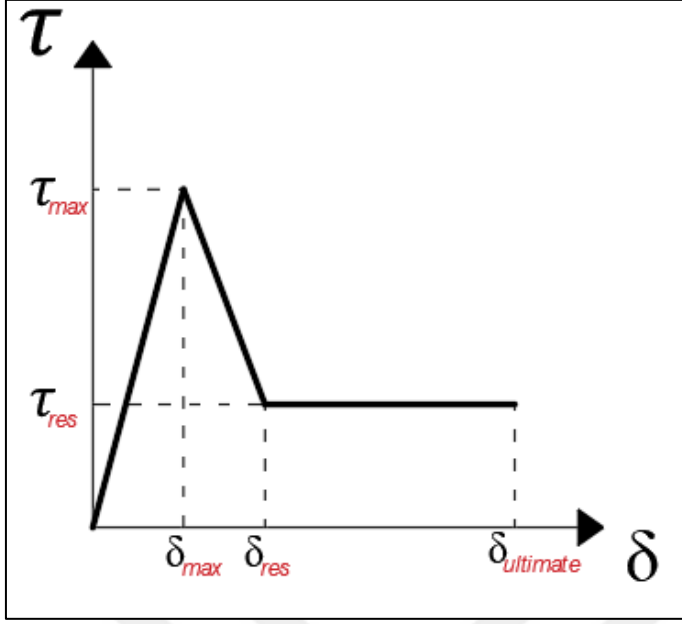


5. ANALİTİK ÇALIŞMA

Üç farklı yığma birim türü üzerinde gerçekleştirilen toplam 48 adet deney sonucunda elde edilen sayısal verilerden yararlanılarak genelleştirilmiş arayüzey kayma gerilmesi-sıyrılma deplasmanı malzeme modelleri önerilmiştir. Analitik çalışma kapsamında malzeme modellerinin belirlenmesi için Microsoft Excel programında çoklu regresyon analizleri yapılmıştır. Önerilen her bir eşitlikte deneysel çalışmada yer alan üç adet değişkenin (harç basınç dayanımı, şerit genişliği, şerit yapışma boyu) sonuç üzerindeki etkisi bağımsız olarak dikkate alınmıştır. Üç değişkenli denklem tipi belirlendikten sonra en küçük kareler yöntemi kullanılarak hata karelerinin toplamını minimize etmek için Microsoft-Excel çözücü eklentisinden yararlanılmıştır. Ankraj kullanımının yapısal davranışı önemli ölçüde etkilediği göz önüne alınarak her bir yığma birim ara yüzeyi için ankrajlı ve ankrajsız olmak üzere iki farklı malzeme modeli geliştirilmiştir. Farklı yapı tipleri için geliştirilen malzeme modelleri başlıklar halinde verilmiştir. Geliştirilen denklemlerin tahmin performansları Bölüm 5.7’de incelenmiştir.

5.1. Boşluklu tuğla yüzeyler için geliştirilen malzeme modeli-(ankrajlı)

TDH şerit ve CFRP fan tipi ankraj kullanılarak güçlendirilen boşluklu tuğladan üretilmiş yığma duvarlarda TDH şeritler ile duvar yüzeyi arasında meydana gelecek aderans gerilmesi-sıyrılma deplasmanı davranışı için geliştirilen model Şekil 5.1’de gösterilmiştir. Geliştirilen modelde maksimum aderans gerilmesi (τ_{max}) için Eş. 5.1, artık gerilme (τ_{res}) için Eş. 5.2, maksimum yükteki deplasman (δ_{max}) için Eş. 5.3, kalıcı gerilmedeki deplasman (δ_{res}) için Eş. 5.4, maksimum deplasman ($\delta_{ultimate}$) için Eş. 5.5, toplam enerji tüketim kapasitesi (E) için ise Eş. 5.6 kullanılacaktır. Geliştirilen eşitliklerde C: 28 günlük harç dayanımını (MPa), W: TDH şerit genişliğini (mm), L: TDH şerit yapışma boyunu (mm) ifade etmektedir.



Şekil 5.1 Boşluklu tuğla ile ankrajlı TDH şeritler arasındaki arayüzey davranışı

$$\tau_{max} = \frac{(10,35 \times C + 4,22 \times W + 2,96 \times L - 142,09)}{W \times L \times 100} \quad (5.1)$$

$$\tau_{res} = (0,003 \times C - 0,005 \times W - 0,001 \times L + 0,879) \quad (5.2)$$

$$\delta_{max} = (0,087 \times C + 0,033 \times W + 0,056 \times L - 1,630) \quad (5.3)$$

$$\delta_{res} = (0,121 \times C + 0,048 \times W + 0,044 \times L + 1,879) \quad (5.4)$$

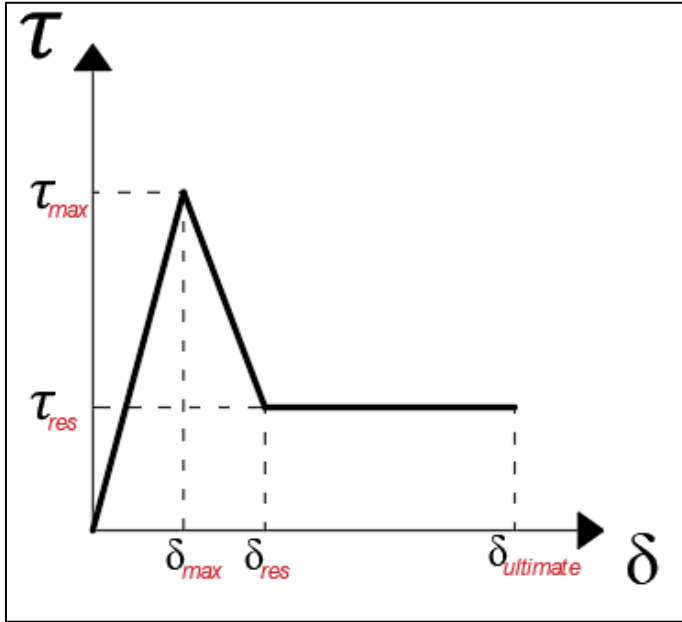
$$\delta_{ultimate} = (0,059 \times C + 0,134 \times W + 0,045 \times L + 18,533) \quad (5.5)$$

$$E = (2,437 \times C + 0,868 \times W + 0,739 \times L - 71,280) \quad (5.6)$$

5.2. Dolu tuğla yüzeyler için geliştirilen analitik model-(ankrajlı)

TDH şerit ve CFRP fan tipi ankraj kullanılarak güçlendirilen dolu tuğladan üretilmiş yığma duvarlarda TDH şeritler ile duvar yüzeyi arasında meydana gelecek aderans gerilmesi-sıyrılma deplasmanı davranışı için geliştirilen model Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Geliştirilen modelde maksimum aderans gerilmesi (τ_{max}) için Eş. 5.7, artık gerilme (τ_{res}) için Eş. 5.8, maksimum yükteki deplasman (δ_{max}) için Eş. 5.9, kalıcı gerilmedeki deplasman (δ_{res}) için Eş. 5.10, maksimum deplasman ($\delta_{ultimate}$) için Eş. 5.11, toplam enerji tüketim kapasitesi

(E) için ise Eş. 5.12 kullanılacaktır. Geliştirilen eşitliklerde C : 28 günlük harç dayanımını (MPa), W : TDH şerit genişliğini (mm), L : TDH şerit yapışma boyunu (mm) ifade etmektedir.



Şekil 5.2 Boşluklu tuğla duvar ile ankrajlı TDH şeritler arasındaki arayüzey davranışı

$$\tau_{max} = \frac{(9,90 \times C + 3,93 \times W + 2,08 \times L + 294,39)}{W \times L \times 100} \quad (5.7)$$

$$\tau_{res} = (0,002 \times C - 0,008 \times W - 0,002 \times L + 1,570) \quad (5.8)$$

$$\delta_{max} = (0,098 \times C + 0,022 \times W + 0,033 \times L + 4,509) \quad (5.9)$$

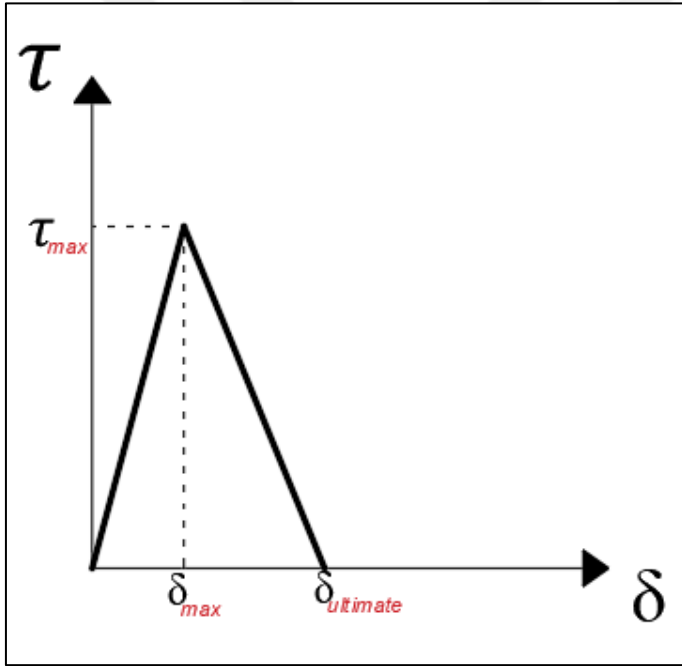
$$\delta_{res} = (0,153 \times C + 0,040 \times W + 0,037 \times L + 4,156) \quad (5.10)$$

$$\delta_{ultimate} = (0,355 \times C + 0,094 \times W + 0,003 \times L + 27,146) \quad (5.11)$$

$$E = (6,279 \times C + 0,519 \times W + 0,364 \times L + 16,223) \quad (5.12)$$

5.3. Gaz beton yüzeyler için geliştirilen analitik model-(ankrajlı)

TDH şerit ve CFRP fan tipi ankraj kullanılarak güçlendirilen gazbeton bloklardan üretilmiş yığma duvarlarda TDH şeritler ile duvar yüzeyi arasında meydana gelecek aderans gerilmesi-sıyrılma deplasmanı davranışı için geliştirilen model Şekil 5.3'te gösterilmiştir. Geliştirilen modelde maksimum aderans gerilmesi (τ_{max}) için Eş. 5.13, maksimum yükteki deplasman (δ_{max}) için Eş. 5.14, maksimum deplasman ($\delta_{ultimate}$) için Eş. 5.15, toplam enerji tüketim kapasitesi (E) için ise Eş. 5.16 kullanılacaktır. Geliştirilen eşitliklerde C: 28 günlük harç dayanımını (MPa), W: TDH şerit genişliğini (mm), L: TDH şerit yapışma boyunu (mm) ifade etmektedir.



Şekil 5.3 Gaz beton duvar ile ankrajlı TDH şeritler arasındaki arayüzey davranışı

$$\tau_{max} = \frac{(8,00 \times C + 1,95 \times W + 2,92 \times L - 216,704)}{W \times L \times 100} \quad (5.13)$$

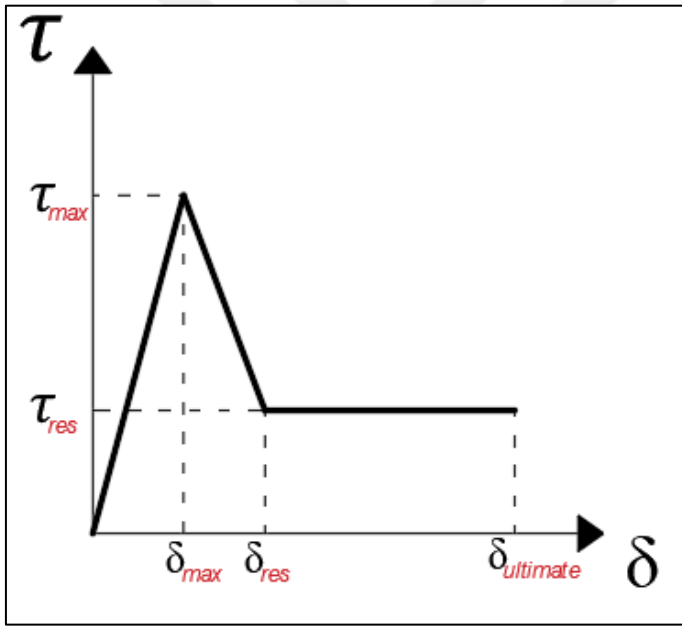
$$\delta_{max} = (0,088 \times C + 0,035 \times W + 0,050 \times L - 3,320) \quad (5.14)$$

$$\delta_{ultimate} = (0,269 \times C + 0,133 \times W + 0,058 \times L + 0,763) \quad (5.15)$$

$$E = (2,668 \times C + 1,260 \times W + 0,830 \times L - 222,707) \quad (5.16)$$

5.4. Boşluklu tuğla yüzeyler için geliştirilen malzeme modeli-(ankrajsız)

CFRP fan tipi ankraj kullanılmadan yalnızca TDH şeritle güçlendirilen boşluklu tuğladan üretilmiş yığma duvarlarda TDH şeritler ile duvar yüzeyi arasında meydana gelecek aderans gerilmesi-sıyrılma deplasmanı davranışı için geliştirilen model Şekil 5.4'te gösterilmiştir. Geliştirilen modelde maksimum aderans gerilmesi (τ_{max}) için Eş. 5.17, artık gerilme (τ_{res}) için Eş. 5.18, maksimum yükteki deplasman (δ_{max}) için Eş. 5.19, kalıcı gerilmedeki deplasman (δ_{res}) için Eş. 5.20, maksimum deplasman ($\delta_{ultimate}$) için Eş. 5.21, toplam enerji tüketim kapasitesi (E) için ise Eş. 5.22 kullanılacaktır. Geliştirilen eşitliklerde C: 28 günlük harç dayanımını (MPa), W: TDH şerit genişliğini (mm), L: TDH şerit yapışma boyunu (mm) ifade etmektedir.



Şekil 5.4 Boşluklu tuğla duvar ile ankrajsız TDH şeritler arasındaki arayüzey davranışı

$$\tau_{max} = \frac{(8,80 \times C + 3,38 \times W + 2,02 \times L - 70,46)}{W \times L \times 100} \quad (5.17)$$

$$\tau_{res} = (0,002 \times C - 0,003 \times W + 0,510) \quad (5.18)$$

$$\delta_{max} = (0,090 \times C + 0,039 \times W + 0,039 \times L - 0,180) \quad (5.19)$$

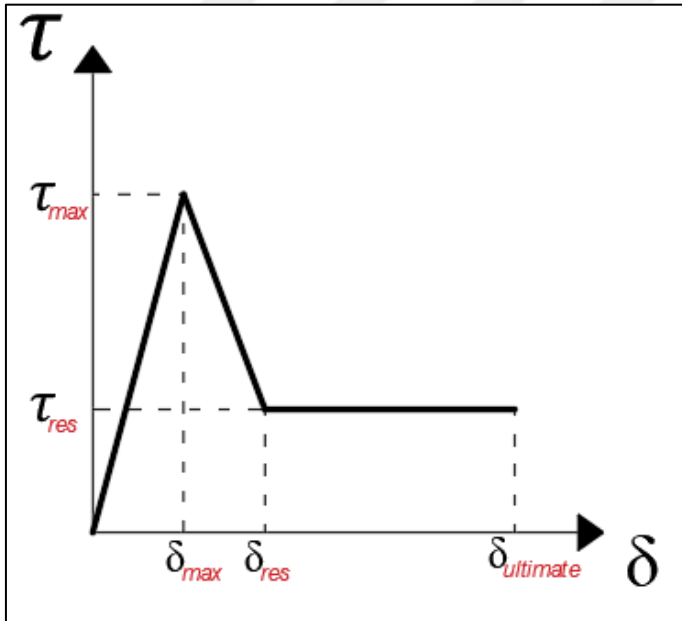
$$\delta_{res} = (0,116 \times C + 0,038 \times W + 0,030 \times L + 2,942) \quad (5.20)$$

$$\delta_{ultimate} = (0,061 \times C + 0,103 \times W + 0,032 \times L + 18,467) \quad (5.21)$$

$$E = (0,847 \times C + 1,260 \times W + 0,471 \times L - 79,131) \quad (5.22)$$

5.5. Dolu tuğla yüzeyler için geliştirilen analitik model-(ankrajsız)

CFRP fan tipi ankraj kullanılmadan yalnızca TDH şeritle güçlendirilen dolu tuğladan üretilmiş yığma duvarlarda TDH şeritler ile duvar yüzeyi arasında meydana gelecek aderans gerilmesi-sıyrılma deplasmanı davranışı için geliştirilen model Şekil 5.5'te gösterilmiştir. Geliştirilen modelde maksimum aderans gerilmesi (τ_{max}) için Eş. 5.23, artık gerilme (τ_{res}) için Eş. 5.24, maksimum yükteki deplasman (δ_{max}) için Eş. 5.25, kalıcı gerilmedeki deplasman (δ_{res}) için Eş. 5.26, maksimum deplasman ($\delta_{ultimate}$) için Eş. 5.27, toplam enerji tüketim kapasitesi (E) için ise Eş. 5.28 kullanılacaktır. Geliştirilen eşitliklerde C: 28 günlük harç dayanımını (MPa), W: TDH şerit genişliğini (mm), L: TDH şerit yapışma boyunu (mm) ifade etmektedir.



Şekil 5.5 Dolu tuğla duvar ile ankrajsız TDH şeritler arasındaki arayüzey davranışı

$$\tau_{max} = \frac{(10,954 \times C + 4,436 \times W + 1,682 \times L + 29,508)}{W \times L \times 100} \quad (5.23)$$

$$\tau_{res} = (0,004 \times C - 0,002 \times W + 0,487) \quad (5.24)$$

$$\delta_{max} = (0,081 \times C + 0,033 \times W + 0,030 \times L + 2,50) \quad (5.25)$$

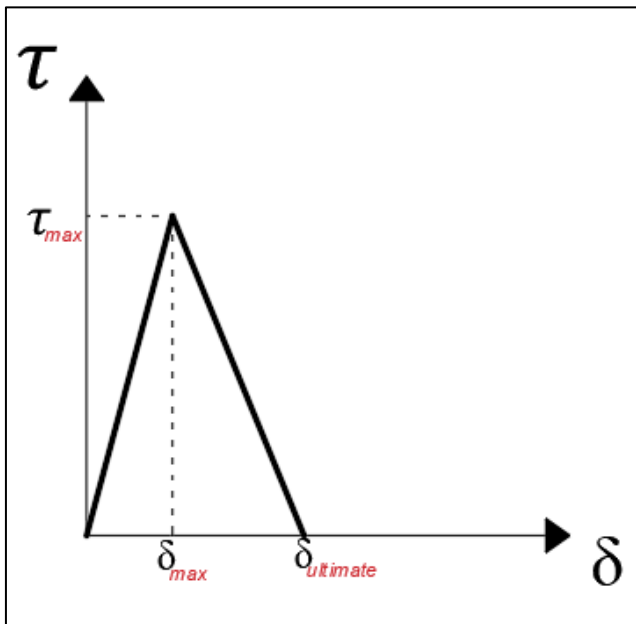
$$\delta_{res} = (0,075 \times C + 0,037 \times W + 0,006 \times L + 10,046) \quad (5.26)$$

$$\delta_{ultimate} = (0,245 \times C + 0,125 \times W - 0,033 \times L + 27,384) \quad (5.27)$$

$$E = (3,398 \times C + 1,354 \times W + 0,422 \times L - 83,412) \quad (5.28)$$

5.6. Gaz beton yüzeyler için geliştirilen analitik model-(ankrajsız)

CFRP fan tipi ankraj kullanılmadan yalnızca TDH şeritle güçlendirilen boşluklu gaz beton bloklardan üretilmiş yığma duvarlarda TDH şeritler ile duvar yüzeyi arasında meydana gelecek aderans gerilmesi-sıyrılma deplasmanı davranışı için geliştirilen model Şekil 5.6'da gösterilmiştir. Geliştirilen modelde maksimum aderans gerilmesi (τ_{max}) için Eş. 5.29, maksimum yükteki deplasman (δ_{max}) için Eş. 5.30, maksimum deplasman ($\delta_{ultimate}$) için Eş. 5.31, toplam enerji tüketim kapasitesi (E) için ise Eş. 5.32 kullanılacaktır. Geliştirilen eşitliklerde C: 28 günlük harç dayanımını (MPa), W: TDH şerit genişliğini (mm), L: TDH şerit yapışma boyunu (mm) ifade etmektedir.



Şekil 5.6 Gaz beton duvar ile ankrajsız TDH şeritler arasındaki arayüzey davranışı

$$\tau_{max} = \frac{(5,611 \times C + 1,482 \times W + 1,614 \times L - 45,146)}{W \times L \times 100} \quad (5.29)$$

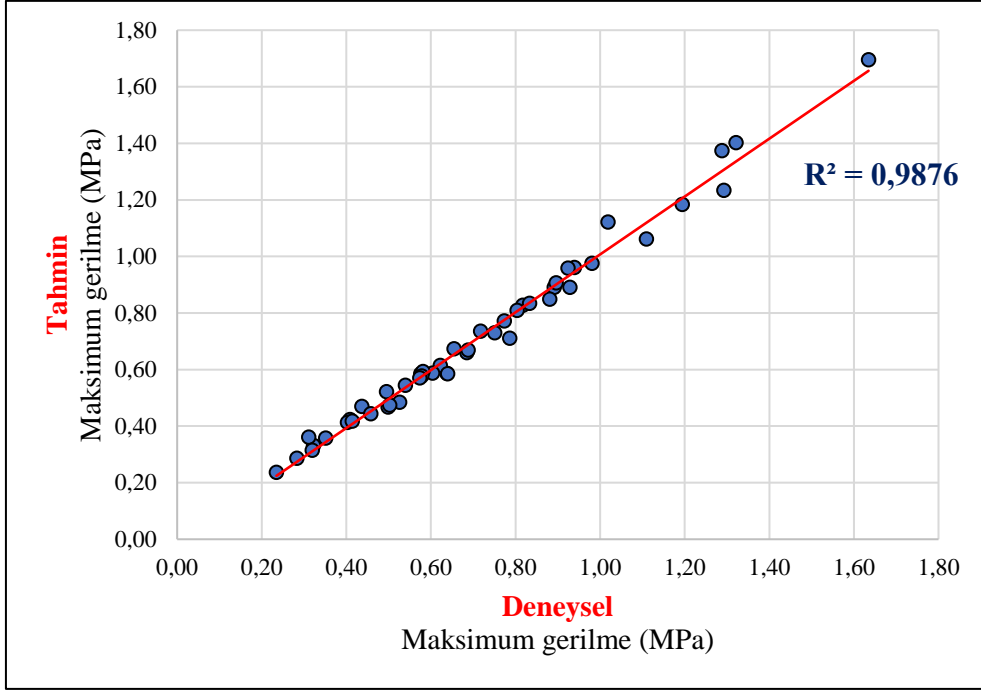
$$\delta_{max} = (0,060 \times C + 0,029 \times W + 0,038 \times L - 1,232) \quad (5.30)$$

$$\delta_{ultimate} = (0,165 \times C + 0,123 \times W + 0,068 \times L - 1,973) \quad (5.31)$$

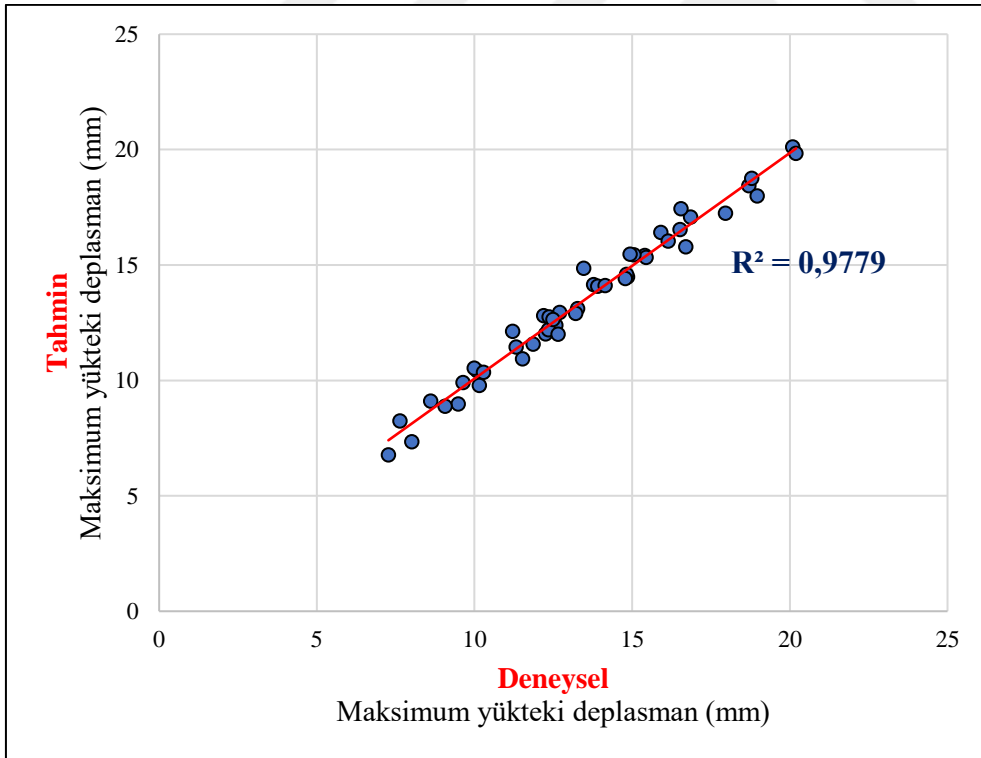
$$E = (1,163 \times C + 0,582 \times W + 0,354 \times L - 81,359) \quad (5.32)$$

5.7. Geliştirilen modellerin tahmin performansları

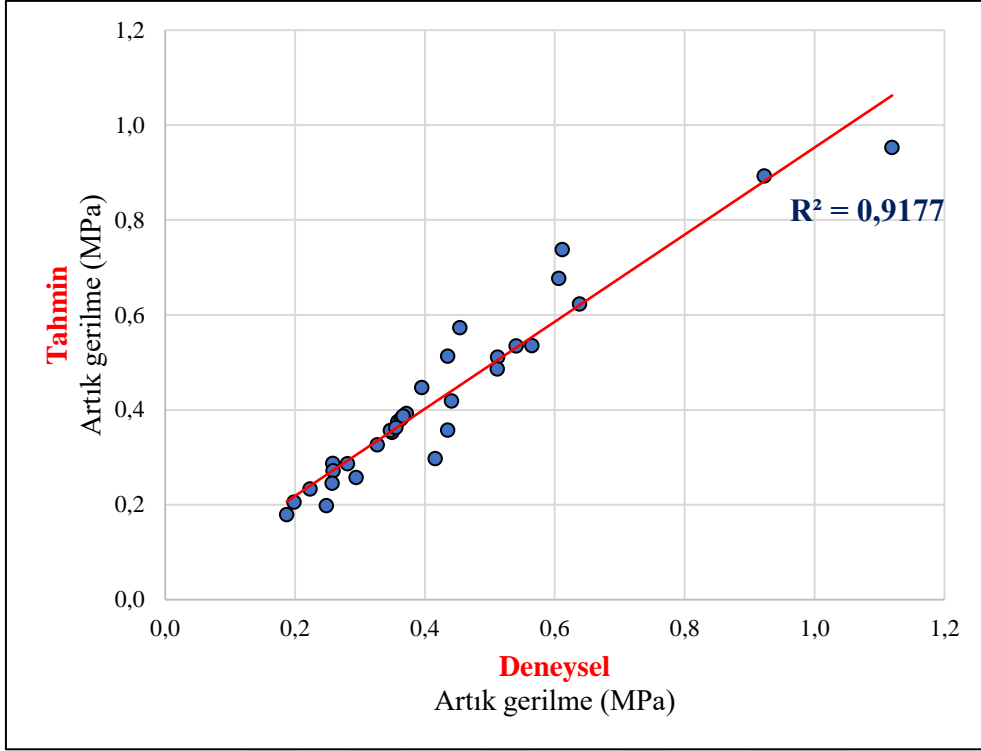
Deneysel bulgular ışığında önerilen modellerin tahmin performansları bu bölümde incelenmiştir. Çok değişkenli regresyon analizleri sonucunda maksimum aderans gerilmesi (τ_{max}), artık gerilme (τ_{res}), maksimum yükteki deplasman (δ_{max}), kalıcı gerilmedeki deplasman (δ_{res}), maksimum deplasman ($\delta_{ultimate}$) ve toplam enerji tüketim kapasitesi (E) değerleri olmak üzere toplam 6 parametre için her bir yığma birim türünde ampirik modeller önerilmiştir. Ampirik modellerin tahmin performanslarının incelenmesi amacıyla 6 farklı parametre için deneysel sonuçlar ile modellerden elde edilen analitik sonuçlar aynı grafik üzerinde çizdirilmiştir. Analitik ve deneysel sonuç verilerinin bulunduğu ilişki üzerinden eğilim çizgisi oluşturularak her bir parametre için determinasyon katsayısı (R^2) hesaplatılmıştır. 0 ile 1 arasında olan determinasyon katsayısı (R^2) ile deneysel verilerin doğrusal bir eğriye ne kadar yakın olduğu bir başka değişle önerilen ampirik modellerin tahmin performansları incelenebilir. Deneysel ve hesaplanan tahmin sonuçlarının ilişkisi, maksimum gerilme için Şekil 5.7, maksimum yükteki deplasman için Şekil 5.8, kalıcı gerilme için Şekil 5.9, kalıcı gerilmedeki deplasman için Şekil 5.10, maksimum deplasman için Şekil 5.11 ve toplam enerji tüketim kapasitesi için ise Şekil 5.12’de gösterilmiştir. Her bir parametre için determinasyon katsayıları hesaplanarak ilgili grafik üzerinde gösterilmiştir.



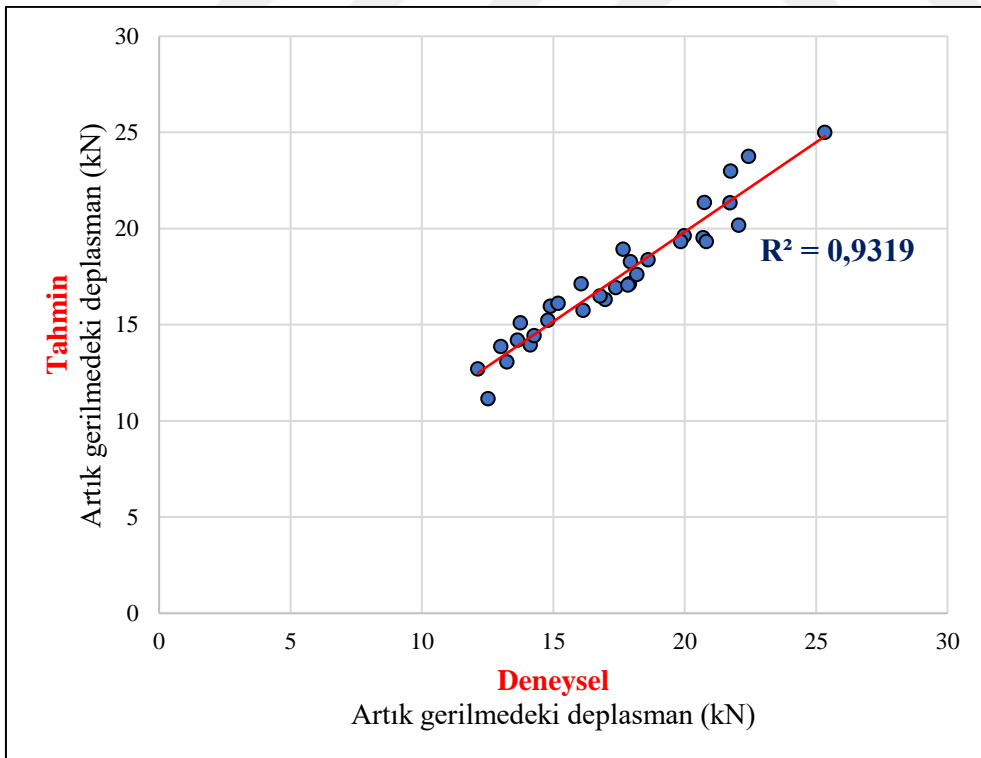
Şekil 5.7 Maksimum aderans gerilmesi denklemlerinin tahmin performansı



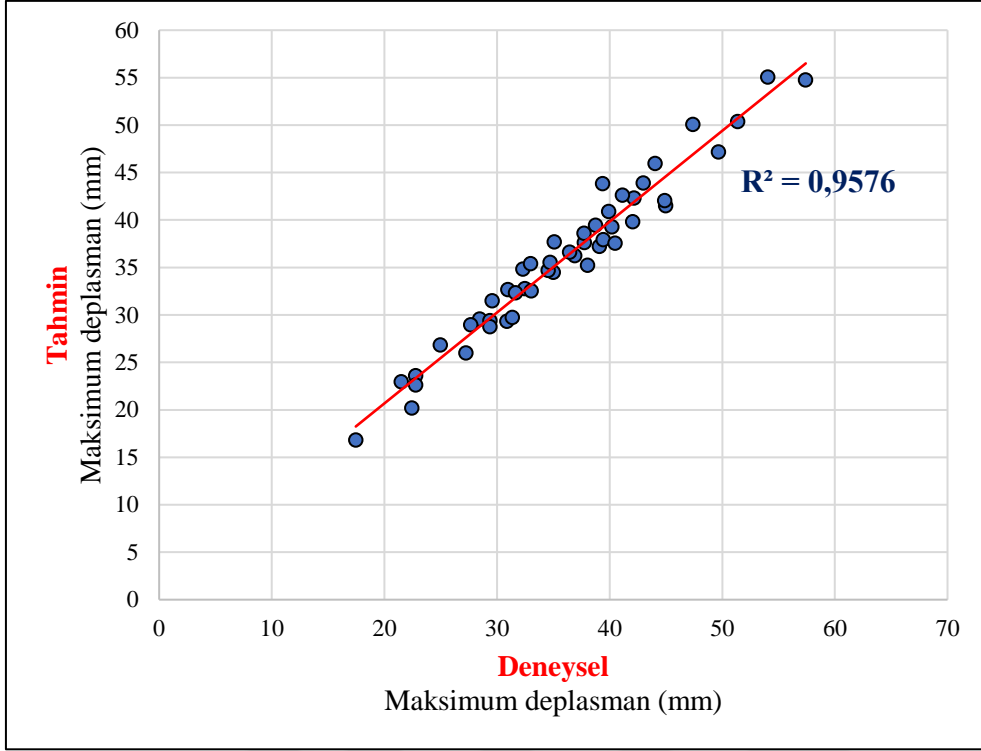
Şekil 5.8 Maksimum yükteki deplasman denklemlerinin tahmin performansı



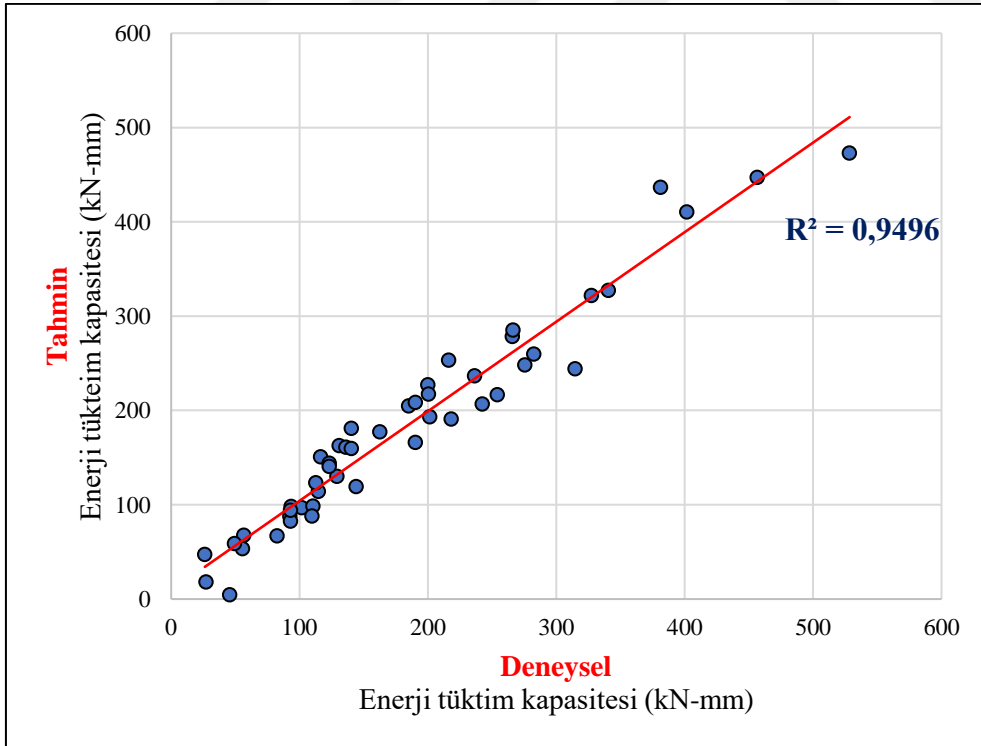
Şekil 5.9 Artık gerilme denklemlerinin tahmin performansı



Şekil 5.10 Artık gerilmedeki deplasman denklemlerinin tahmin performansı



Şekil 5.11 Maksimum deplasman denklemlerinin tahmin performansı



Şekil 5.12 Enerji tüketim kapasitesi denklemlerinin tahmin performansı



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında mevcut yığma yapıların güçlendirilmesinde son yıllarda kullanımı giderek artan Tekstil ile Takviye Edilmiş Sıva Katmanı (TDH) şeritler ile üç farklı tip yığma duvar yüzeyi arasındaki arayüzey kayma gerilmesi-sıyrılma deplasmanı davranışının incelenmesine yönelik deneysel bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Düşey boşluklu yığma yapı tuğlası, dolu harman tuğlası ve gaz beton bloklardan oluşan farklı tipteki toplam 48 adet deney elemanı üzerinde gerçekleştirilen bu çalışmada TDH şerit yapışma boyu, TDH şerit genişliği ankraj kullanımı ve harç tipi değişken olarak dikkate alınmıştır. Deneysel çalışma sonucunda elde edilen veriler ışığında üç farklı tipteki yığma duvar yüzeyi için ankrajlı ve ankrajsız olmak üzere toplam 6 adet arayüzey aderans-sıyrılma davranışı malzeme modeli önerilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen sonuç ve öneriler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

- Deneysel programda yer alan değişkenlerin (şerit yapışma boyunun artırılması, şerit genişliğinin artırılması, ankraj kullanımı ve normal dayanımlı harç yerine yüksek dayanımlı özel harç kullanılması) tüm deney elemanlarında maksimum taşıma kapasitesinin artışında doğrudan etkili olduğu görülmüştür.
- TDH şeritler ile yığma duvar yüzeyi arasında en yüksek aderans dayanımına sahip olan grubunun ortalama olarak 0,89 MPa ile dolu harman tuğlasından üretilen deney elemanları olduğu görülmüştür. Boşluklu yığma yapı tuğlası ve gaz beton bloklardan üretilen deney elemanlarındaki ortalama aderans gerilmesi ise sırasıyla 0,74 MPa ve 0,50 MPa olarak hesaplanmıştır.
- TDH şerit uygulamasında ankraj kullanımının, boşluklu tuğla ve dolu tuğladan üretilen duvar elemanlarında maksimum gerilmeden sonra meydana gelen artık kalıcı gerilme değerinde artışa neden olduğu ve bu sayede CFRP fan tipi ankrajların şeritlerin yüzeyden soyulmasını geciktirdiği görülmüştür. Gaz beton bloklardan üretilen deney elemanlarının tümünde göçme tipi TDH şeridin deney elemanına hasar vererek yüzeyden ayrılması sonucunda meydana gelmesi sebebiyle ankraj kullanımının artık gerilme davranışında olumlu bir etkisinin olmadığı görülmüştür.
- Dijital görüntü korelasyonu yöntemiyle TDH şerit yüzeylerindeki X ve Y doğrultularındaki birim deformasyon dağılımları elde edilmiştir. Şerit uzunluğu doğrultusunda ortalama birim uzamalar, yüklü kenardan uzaklığa bağlı olarak analiz

edilmiştir. Sonuçlara göre, şerit yapışma boyunun artışı birim uzamayı %71, şerit genişliği %45 ve yüksek dayanımlı harç kullanımı %82 oranında artırırken, ankraj kullanımının belirgin bir etkisi olmamıştır.

- Deneysel sonuçlara bağlı olarak üç farklı yığma birim türünde ankrajlı ve ankrajsız güçlendirme tipleri için toplam 6 adet geliştirilmiş arayüzey malzeme modelleri önerilmiştir. Önerilen ampirik denklemlere ait determinasyon katsayısı (R^2), maksimum aderans gerilmesi için 0,99, maksimum yükteki deplasman için 0,98, artık gerilme için 0,92, artık gerilmedeki deplasman için 0,93, maksimum deplasman için 0,96, enerji tüketim kapasitesi için 0,95 olarak hesaplanmıştır.
- Dijital görüntü korelasyonu yöntemi ile TDH şeritler üzerindeki birim deformasyon dağılımlarının, yük uygulanan kenardan uzaklığa bağlı olarak yüzey boyunca integrali alınarak şeritlerde meydana gelen ortalama uzamaların belirlenmesi ileri çalışmalar için önemli bir araştırma konusu olabilir. Bu doğrultuda, tez çalışması kapsamında ölçülen toplam deplasman (sıyrılma) değerlerinin tekstilde meydana gelen uzama, tekstil-harç arayüzündeki kayma ve TDH-duvar arayüzündeki kayma bileşenlerine ayrıştırılması, geliştirilen modellerin daha doğru bir şekilde revize edilmesine katkı sağlayabilir.
- Çalışma sonucunda elde edilen ampirik modellerin, sonlu eleman modellerinde TDH şeritler ile yığma duvarlar arasındaki arayüze kohezif bölge modeli (CZM) ile tanımlanarak deneysel sonuçların nümerik olarak doğrulamasının ve parametrik değerlendirmelerin yapılması önem arz etmektedir.
- TDH şeritlerle güçlendirilmiş tam ölçekli yığma duvar elemanları üzerinde deneysel ve nümerik çalışmaların yapılarak tez çalışması kapsamında geliştirilen arayüzey modellerinin tahmin performanslarının araştırılması ve gerekmesi halinde tez çalışmasında ortaya koyulan ampirik denklemler için modifikasyonların geliştirilmesi ileriki çalışmalar için önerilmektedir.

KAYNAKLAR

1. T.C Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü. (2000). *Bina Sayımı*. Ankara.
2. Çirak, İ. F. (2011). Yığma yapılarda oluşan hasarlar, nedenleri ve öneriler. *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 3(2), 55-60.
3. Rai, D. C., ve Goel, S. C. (1996). Seismic strengthening of unreinforced masonry piers with steel elements. *Earthquake Spectra*, 12(4), 845-862.
4. Farough, S. H., Ilyas, M., ve Ghaffar, A. (2006). Technique for strengthening of masonry wall panels using steel strips. *Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing)*, 7(6), 621-638.
5. Torunbalcı, N., Ediz, I., ve Sutcu, F. (2009). One side strengthening of masonry walls with self-compacting concrete. *Structural Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture XI*, 109, 441.
6. Kahn, L. F. (1984). Shotcrete strengthening of brick masonry walls. *Concrete International*, 6(7), 34-40.
7. Lin, Y. W., Wotherspoon, L., Scott, A., ve Ingham, J. M. (2014). In-plane strengthening of clay brick unreinforced masonry wallettes using ECC shotcrete. *Engineering Structures*, 66, 57-65.
8. Triantafillou, T. C. (1998). Strengthening of masonry structures using epoxy-bonded FRP laminates. *Journal of Composites for Construction*, 2(2), 96-104.
9. Parghi, A., ve Alam, M. S. (2018). A review on the application of sprayed-FRP composites for strengthening of concrete and masonry structures in the construction sector. *Composite Structures*, 187, 518-534.
10. Ascione, L., Feo, L., ve Fraternali, F. (2005). Load carrying capacity of 2D FRP-strengthened masonry structures. *Composites Part B: Engineering*, 36(8), 619-626.
11. Tumialan, J. G., Micelli, F. ve Nanni, A. (2001). Strengthening of masonry structures with FRP composites. *Structures 2001: A Structural Engineering Odyssey*, 1-8.
12. Borri, A., Corradi, M. ve Vignoli, A. (2001, Eylül). Seismic upgrading of masonry structures with FRP. *7th International Conference on Inspection Appraisal Repairs and Maintenance of Buildings and Structures*, Nottingham Trent University, Nottingham, United Kingdom, 43-54.
13. Tumialan, J. G., Micelli, F. ve Nanni, A. (2001). Strengthening of masonry structures with FRP composites. *Structures 2001: A Structural Engineering Odyssey*, 1-8.
14. Buchan, P. A. ve Chen, J. F. (2007). Blast resistance of FRP composites and polymer strengthened concrete and masonry structures—A state-of-the-art review. *Composites Part B: Engineering*, 38(5-6), 509-522.
15. Triantafillou, T. C. (1998). Strengthening of masonry structures using epoxy-bonded FRP laminates. *Journal of Composites for Construction*, 2(2), 96-104.

16. Lu, X. Z., Teng, J. G., Ye, L. P. ve Jiang, J. J. (2005). Bond–slip models for FRP sheets/plates bonded to concrete. *Engineering Structures*, 27(6), 920-937.
17. Mertoğlu, Ç., Anıl, Ö. ve Durucan, C. (2016). Bond slip behavior of anchored CFRP strips on concrete surfaces. *Construction and Building Materials*, 123, 553-564.
18. Anıl, Ö., Durucan, C. ve Din, S. W. (2016). Experimental study on the stress distribution at the interface between CFRP and three different types of masonry units. *Composites Part B: Engineering*, 92, 63-73.
19. Triantafillou, T. C., Papanicolaou, C. G., Zissimopoulos, P. ve Laourdekis, T. (2006). Concrete confinement with textile-reinforced mortar jackets. *ACI Structural Journal*, 103(1), 28–37.
20. Bournas, D. A., Lontou, P., Papanicolaou, C. G. ve Triantafillou, T. C. (2007). Textile-reinforced mortar versus fiber-reinforced polymer confinement in reinforced concrete columns. *ACI Structural Journal*, 104(6), 740–748.
21. Bournas, D. A., Triantafillou, T. C. ve Papanicolaou, C. G. (2009a). Retrofit of seismically deficient RC columns with Textile-Reinforced Mortar (TRM) jackets. *4th Colloquium on Textile Reinforced Structures (CTRS4)*, 471-490.
22. Bournas, D. A., Triantafillou, T. C., Zygouris, K. ve Stavropoulos, F. (2009b). Textile-Reinforced Mortar versus FRP Jacketing in Seismic Retrofitting of RC Columns with Continuous or Lap-Spliced Deformed Bars. *Journal of Composites for Construction*, 13(5), 360-371.
23. Dinh, N. H., Park, S. H. ve Choi, K. K. (2020). Seismic performance of reinforced concrete columns retrofitted by textile-reinforced mortar jackets. *Structure and Infrastructure Engineering*, 16(10), 1364-1381.
24. Ming, L., Shiping, Y. ve Wenjie, C. (2019). Seismic Behaviour of TRC-Strengthened RC Columns under Different Constraint Conditions. *Science and Engineering of Composite Materials*, 26(1), 360-378.
25. Li, Y., Yin, S., Dai, J. ve Liu, M. (2020). Numerical investigation on the influences of different factors on the seismic performance of TRC-strengthened RC columns. *Journal of Building Engineering*, 30, 101245.
26. Park, S. H., Dinh, N. H., Um, J. W. ve Choi, K. K. (2020). Experimental study on the seismic performance of RC columns retrofitted by lap-spliced textile-reinforced mortar jackets after high-temperature exposure. *Composite Structures*, 256, 113108.
27. Vieira, A. D. A., Triantafyllou, S. P. ve Bournas, D. A. (2020). Strengthening of RC frame subassemblies against progressive collapse using TRM and NSM reinforcement. *Engineering Structures*, 207, 110002.
28. Kouris, L. A. S. ve Triantafillou, T. C. (2018). State-of-the-art on strengthening of masonry structures with textile reinforced mortar (TRM). *Construction and Building Materials*, 188, 1221-1233.

29. Boem, I. (2022). Masonry elements strengthened with TRM: A review of experimental, design and numerical methods. *Buildings*, 12(9), 1307.
30. Wang, X., Lam, C. C. ve Iu, V. P. (2019). Comparison of different types of TRM composites for strengthening masonry panels. *Construction and Building Materials*, 219, 184-194.
31. Kariou, F. A., Triantafyllou, S. P. ve Bournas, D. A. (2019). TRM strengthening of masonry arches: An experimental investigation on the effect of strengthening layout and textile fibre material. *Composites Part B: Engineering*, 173, 106765.
32. Harajli, M., ElKhatib, H. ve San-Jose, J. T. (2010). Static and cyclic out-of-plane response of masonry walls strengthened using textile-mortar system. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 22(11), 1171-1180.
33. Boem, I. (2022). Masonry elements strengthened with TRM: A review of experimental, design and numerical methods. *Buildings*, 12(9), 1307.
34. Dalalbashi, A., Ghiassi, B., Oliveira, D. V. ve Freitas, A. (2018). Effect of test setup on the fiber-to-mortar pull-out response in TRM composites: experimental and analytical modeling. *Composites Part B: Engineering*, 143, 250-268.
35. Bertolesi, E., Fagone, M., Rotunno, T., Grande, E. ve Milani, G. (2022). Experimental characterization of the textile-to-mortar bond through distributed optical sensors. *Construction and Building Materials*, 326, 126640.
36. Oddo, M. C., Minafò, G. ve La Mendola, L. (2021). Constitutive models for the tensile behaviour of TRM materials: Literature review and experimental verification. *Materials*, 14(3), 700.
37. Aveston, J., Cooper, G. ve Kelly, A. (1971). Single and multiple fracture, the properties of fibre composites. *Proceedings of the Conference, National Physical Laboratories, Guildford, U.K., IPC Science and Technology Press Ltd, Teddington*, 15–24.
38. Minafò, G. ve La Mendola, L. (2018). Experimental investigation on the effect of mortar grade on the compressive behaviour of FRCM confined masonry columns. *Composites Part B: Engineering*, 146, 1–12.
39. Massicotte, B., Elwi, A. E. ve MacGregor, J. G. (1990). Tension-stiffening model for planar reinforced concrete members. *Journal of Structural Engineering*, 116, 3039–3058.
40. Angiolilli, M., Gregori, A. ve Cattari, S. (2021). Performance of Fiber Reinforced Mortar coating for irregular stone masonry: Experimental and analytical investigations. *Construction and Building Materials*, 294, 123508.
41. Wang, F., Kyriakides, N., Chrysostomou, C., Eleftheriou, E., Votsis, R. ve Illampas, R. (2021). Experimental research on bond behaviour of fabric reinforced cementitious matrix composites for retrofitting masonry walls. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 15(1), 1-17.

42. De Felice, G., Aiello, M. A., Caggegi, C., Ceroni, F., De Santis, S., Garbin, E. ve Viskovic, A. (2018). Recommendation of RILEM Technical Committee 250-CSM: Test method for Textile Reinforced Mortar to substrate bond characterization. *Materials and Structures*, 51, 1-9.





Gazili olmak ayrıcalıktır