

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

**YATAY ÇEVİRİMSEL YÜKLER ETKİSİNDE FARKLI SIVA  
KALINLIKLARINA SAHİP DOLGU DUVARLARIN DAVRANIŞLARININ  
DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Merve ŞENTÜRK**

**Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**  
**Tez Danışmanı : Dr. Öğretim Üyesi Elif AĞCAKOCA**  
**Ortak Danışman : Doç. Dr. Mehmet Emin ARSLAN**

**Temmuz 2018**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

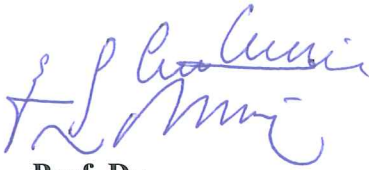
YATAY ÇEVİRİMSSEL YÜKLER ETKİSİNDE FARKLI SIVA  
KALINLIKLARINA SAHİP DOLGU DUVARLARIN DAVRANIŞLARININ  
DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ


YÜKSEK LİSANS TEZİ


Merve ŞENTÜRK

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ


Bu tez 18.07.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

  
Prof. Dr.  
Erkan ÇELEBİ  
Jüri Başkanı

  
Doç. Dr.  
Mehmet Emin ARSLAN  
Üye

  
Dr. Öğr. Üyesi  
Elif AĞCAKOCA  
Üye

  
Dr. Öğr. Üyesi  
Elif BORU  
Üye

  
Dr. Öğr. Üyesi  
Hakan ÖZTÜRK  
Üye

## **BEYAN**

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

Merve ŞENTÜRK

18.07.2018

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca bana her konuda destek olan, teknik bilgileri ile çalışmalarımı aydınlatan değerli hocam Doç. Dr. Mehmet Emin ARSLAN'a emekleri için sonsuz teşekkür ederim.

Bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren, yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Dr. Öğretim Üyesi Elif AĞCAKOCA'ya emekleri için teşekkürlerimi sunuyorum.

Hayatımın her anında desteklerini hissettiren, her zaman yanımda olan annem Meryem ŞENTÜRK'e ve babam Kemal ŞENTÜRK'e yaptıkları tüm fedakarlıklar için sonsuz teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	iv
TABLolar LİSTESİ.....	v
ÖZET.....	vi
SUMMARY.....	vii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsam.....	4
1.2. Literatür Araştırması.....	5
BÖLÜM 2.	
DOLGU DUVARLAR.....	10
2.1. Dolgu Duvarların Dayanımları.....	10
2.1.1. Dolgu duvarların basınç dayanımı.....	11
2.1.2. Dolgu duvarların kesme dayanımı.....	12
2.2. Dolgu Duvarların Yapının Davranışına Etkileri.....	12
2.2.1. Dolgu duvarların yapının davranışına olumlu etkileri.....	13
2.2.1.1. Dolgu duvarlı çerçevelerin yük taşıma kapasitesi ve dayanımı.....	14
2.2.1.2. Dolgu duvarlı çerçevelerin rijitliği.....	14
2.2.1.3. Dolgu duvarlı çerçevelerin sünekliği.....	16
2.2.1.4. Dolgu duvarlı çerçevelerin enerji yutma kapasitesi...	17
2.2.2. Dolgu duvarların yapının davranışına olumsuz etkileri.....	18

2.2.3. TDY 2007’de dolgu duvarların yapıya etkileri.....	18
2.2.3.1. Burulma düzensizliği.....	19
2.2.3.2. Komşu katlar arası dayanım düzensizliği.....	19
2.2.3.3. Kısa kolon oluşumu.....	20
2.2.3.4. Yumuşak kat etkisi.....	22
2.3. FEMA 306-356.....	23
2.3.1. Dolgu duvarların davranış ve hasar biçimleri (FEMA 306)....	23
2.3.1.1. Yatay derz kayması.....	24
2.3.1.2. Çapraz çatlama.....	24
2.3.1.3. Köşe kırılması.....	25
2.3.1.4. Düzlem dışı kırılma.....	25
BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE YÖNTEM.....	26
3.1. Dolgu Duvarların Üretimlerinde Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri.....	26
3.1.1. Çimento.....	26
3.1.2. Sıva ve harç.....	27
3.1.3. Tuğla blok (19x19x13.5).....	27
3.1.4. Bims blok (19x39x18.5).....	28
3.1.5. Gazbeton blok (19x25x60).....	29
3.2. Deneysel Çalışmalar.....	30
3.2.1. Deneylein yapılışı.....	30
3.2.2. Deneyleer sırasında kullanılan aletler ve ölçüm düzeneği.....	34
3.2.3. Deneyle numunelerinin isimlendirilmesi.....	48
BÖLÜM 4.	
ARAŞTIRMA BULGULARI.....	39
4.1. Çevrimsel Yükler Altında Deneyle Elemanlarına Ait Bulgular.....	39
4.1.1. Tuğla bloklarla üretilen ve sıva uygulaması yapılmayan dolgu duvara ait bulgular (PBW).....	39
4.1.2. Tuğla bloklarla üretilen ve 1.0 cm sıva uygulaması yapılan	

dolgu duvara ait bulgular (BW-1.0).....	43
4.1.3. Tuğla bloklarla üretilen ve 2.5 cm sıva uygulaması yapılan dolgu duvara ait bulgular (BW-2.5).....	47
4.1.4. Bims bloklarla üretilen ve sıva uygulaması yapılmayan dolgu duvara ait bulgular (PPW).....	51
4.1.5. Bims bloklarla üretilen ve 1.0 cm sıva uygulaması yapılan dolgu duvara ait bulgular (PW-1.0).....	56
4.1.6. Bims bloklarla üretilen ve 2.5 cm sıva uygulaması yapılan dolgu duvara ait bulgular (PW-2.5).....	60
4.1.7. Gazbeton bloklarla üretilen ve sıva uygulaması yapılmayan dolgu duvara ait bulgular (PAW).....	64
4.1.8. Gazbeton bloklarla üretilen ve 1.0 cm sıva uygulaması yapılan dolgu duvara ait bulgular (AW-1.0).....	68
4.1.9. Gazbeton bloklarla üretilen ve 2.5 cm sıva uygulaması yapılan dolgu duvara ait bulgular (AW-2.5).....	72
BÖLÜM 5.	
İRDELEME.....	77
5.1. Dolgu Duvarlara Ait Deney Bulgularının İrdelenmesi.....	77
5.1.1. Tuğla bloklarla üretilen dolgu duvarlara ait deney bulguları...	77
5.1.2. Bims bloklarla üretilen dolgu duvarlara ait deney bulguları...	79
5.1.3. Gazbeton bloklarla üretilen dolgu duvarlara ait deney bulguları	81
5.2. Dolgu Duvarlara Ait Deney Bulgularının Toplu Halde İrdelenmesi...	83
5.2.1. Taşıma kapasiteleri.....	83
5.2.2. Enerji tüketme kapasiteleri.....	84
5.2.3. Rijitlik azalmaları.....	85
BÖLÜM 6.	
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	87
KAYNAKLAR.....	90
ÖZGEÇMİŞ.....	93

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AW-1.0	:	1 cm sıva uygulanan gazbeton dolgu duvar
AW-2.5	:	2.5 cm sıva uygulanan gazbeton dolgu duvar
BW-1.0	:	1 cm sıva uygulanan tuğla dolgu duvar
BW-2.5	:	2.5 cm sıva uygulanan tuğla dolgu duvar
PAW	:	Sıva uygulaması yapılmayan gazbeton dolgu duvar
PBW	:	Sıva uygulaması yapılmayan tuğla dolgu duvar
PPW	:	Sıva uygulaması yapılmayan bims dolgu duvar
PW-1.0	:	1 cm sıva uygulanan bims dolgu duvar
PW-2.5	:	2.5 cm sıva uygulanan bims dolgu duvar



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Tek yönlü gerilme altında tuğla ve harçtaki deformasyonlar.....	11
Şekil 2.2. Tuğla dayanımı harç dayanımından büyük ve küçük derzlerden geçen çatlaklar.....	12
Şekil 2.3. Dolgu duvarların yatay yükler altındaki davranışa etkileri.....	14
Şekil 2.4. Rijitliğin dolgu duvara etkisinin analitik olarak modellenmesi.....	15
Şekil 2.5. Sünek ve sünek olmayan davranışa ait yük-yer değiştirme eğrisi...	16
Şekil 2.6. Yerdeğiştirme sünekliği parametrelerinin, eşdeğer elastoplastik enerji tüketme ölçütlerine göre şematik gösterimi.....	17
Şekil 2.7. İki doğrultuda dolgu duvar içeren çok katlı betonarme yapının kat planı.....	19
Şekil 2.8. Kısa kolon oluşumu.....	20
Şekil 2.9. Etriye sıkılaştırması ile kısa kolon etkileri azaltılabilir... ..	21
Şekil 2.10. Yumuşak kat oluşumu.....	22
Şekil 2.11. Yatay derz kayması.....	24
Şekil 3.1. Yatay delikli tuğla bloklar kullanılarak üretilen dolgu duvar.....	28
Şekil 3.2. Bims bloklar kullanılarak üretilen dolgu duvar.....	29
Şekil 3.3. Gazbeton bloklar kullanılarak üretilen dolgu duvar.....	30
Şekil 3.4. Dolgu duvarların örülmesi ve sıvanması.....	31
Şekil 3.5. Deneye hazırlanan dolgu duvar numuneleri.....	32
Şekil 3.6. Hazırlanan dolgu duvarların deney düzeneğine yerleştirilmesi.....	33
Şekil 3.7. Deney düzeneğine yerleştirilen dolgu duvar.....	33
Şekil 3.8. Çevrimsel yük uygulamasında kullanılan aktüatör sistemi.....	34
Şekil 3.9. Deney anında verilerin toplanmasına ilişkin görüntü.....	35
Şekil 3.10. Dolgu duvarların yüklenmesinde kullanılan çevrimsel yükleme şeması.....	36
Şekil 3.11. Deney ve ölçüm düzeneği.....	37

Şekil 4.1. PBW dolgu duvarının deney başlangıcı ve deney anı görüntüleri...	40
Şekil 4.2. PBW dolgu duvarına ait histerik yük-yerdeğiştirme eğrisi.....	40
Şekil 4.3. PBW dolgu duvarına ait dayanım zarfı eğrisi.....	41
Şekil 4.4. PBW dolgu duvarına ait yığışımli enerji tüketme kapasitesi eğrisi...	42
Şekil 4.5. PBW dolgu duvarına ait rijitlik azalım eğrisi.....	43
Şekil 4.6. PBW dolgu duvarının deney sonu görüntüsü.....	43
Şekil 4.7. BW-1.0 dolgu duvarının deneyler sırasında görüntüsü.....	44
Şekil 4.8. BW-1.0 dolgu duvarına ait histerik yük-yerdeğiştirme eğrisi.....	44
Şekil 4.9. BW-1.0 dolgu duvarına ait dayanım zarfı eğrisi.....	45
Şekil 4.10. BW-1.0 dolgu duvarına ait yığışımli enerji tüketme kapasitesi eğrisi.....	45
Şekil 4.11. BW-1.0 dolgu duvarına ait rijitlik azalım eğrisi.....	46
Şekil 4.12. BW-1.0 dolgu duvarının deney sonu görüntüsü.....	47
Şekil 4.13. BW-2.5 dolgu duvarının deney anı görüntüsü.....	48
Şekil 4.14. BW-2.5 dolgu duvarına ait histerik yük-yerdeğiştirme eğrisi.....	48
Şekil 4.15. BW-2.5 dolgu duvarına ait dayanım zarfı eğrisi.....	49
Şekil 4.16. BW-2.5 dolgu duvarına ait yığışımli enerji tüketme kapasitesi eğrisi.....	50
Şekil 4.17. BW-2.5 dolgu duvarına ait rijitlik azalım eğrisi.....	50
Şekil 4.18. BW-2.5 dolgu duvarının deney sırasında görüntüsü.....	51
Şekil 4.19. PPW dolgu duvarının deney başlangıcı görüntüsü.....	52
Şekil 4.20. PPW dolgu duvarına ait histeriktik yük-yerdeğiştirme eğrisi.....	52
Şekil 4.21. PPW dolgu duvarına ait dayanım zarfı eğrisi.....	53
Şekil 4.22. PPW dolgu duvarına ait yığışımli enerji tüketme kapasitesi eğrisi.....	53
Şekil 4.23. PPW dolgu duvarına ait rijitlik azalım eğrisi.....	54
Şekil 4.24. PPW dolgu duvarının deney anı görüntüleri.....	55
Şekil 4.25. PPW dolgu duvarının deney sonu görüntüsü.....	55
Şekil 4.26. PW-1.0 dolgu duvarının deney başlangıcı görüntüsü.....	56
Şekil 4.27. PW-1.0 dolgu duvarına ait histerik yük-yerdeğiştirme eğrisi.....	57
Şekil 4.28. PW-1.0 dolgu duvarına ait dayanım zarfı eğrisi.....	57
Şekil 4.29. PW-1.0 dolgu duvarına ait yığışımli enerji tüketme kapasitesi eğrisi	58

Şekil 4.30. PW-1.0 dolgu duvarına ait rijitlik azalım eğrisi.....	59
Şekil 4.31. PW-1.0 dolgu duvarının deneyler sırasında görüntüsü.....	59
Şekil 4.32. PW-1.0 dolgu duvarının deney sonu görüntüsü.....	60
Şekil 4.33. PW-2.5 dolgu duvarının deney başlangıcı görüntüsü.....	61
Şekil 4.34. PW-2.5 dolgu duvarına ait histerik yük-yerdeğiştirme eğrisi.....	61
Şekil 4.35. PW-2.5 dolgu duvarına ait dayanım zarfı eğrisi.....	62
Şekil 4.36. PW-2.5 dolgu duvarına ait yığışımli enerji tüketme kapasitesi eğrisi.....	63
Şekil 4.37. PW-2.5 dolgu duvarına ait rijitlik azalım eğrisi.....	63
Şekil 4.38. PW-2.5 dolgu duvarının deneyler sırasında görüntüsü.....	64
Şekil 4.39. PAW dolgu duvarının deneyler sırasında görüntüsü.....	65
Şekil 4.40. PAW dolgu duvarına ait histerik yük-yerdeğiştirme eğrisi.....	65
Şekil 4.41. PAW dolgu duvarına ait dayanım zarfı eğrisi.....	66
Şekil 4.42. PAW dolgu duvarına ait yığışımli enerji tüketme kapasitesi eğrisi.....	67
Şekil 4.43. PAW dolgu duvarına ait rijitlik azalım eğrisi.....	67
Şekil 4.44. PAW dolgu duvarının deney sırasında görüntüsü.....	68
Şekil 4.45. AW-1.0 dolgu duvarının deney başlangıcı görüntüsü.....	69
Şekil 4.46. AW-1.0 dolgu duvarına ait histerik yük-yerdeğiştirme eğrisi.....	69
Şekil 4.47. AW-1.0 dolgu duvarına ait dayanım zarfı eğrisi.....	70
Şekil 4.48. AW-1.0 dolgu duvarına ait yığışımli enerji tüketme kapasitesi eğrisi.....	71
Şekil 4.49. AW-1.0 dolgu duvarına ait rijitlik azalım eğrisi.....	71
Şekil 4.50. AW-1.0 dolgu duvarının deney sonu görüntüleri.....	72
Şekil 4.51. AW-2.5 dolgu duvarının deney başlangıcı görüntüsü.....	73
Şekil 4.52. AW-2.5 dolgu duvarına ait histerik yük-yerdeğiştirme eğrisi.....	73
Şekil 4.53. AW-1.0 dolgu duvarına ait dayanım zarfı eğrisi.....	74
Şekil 4.54. AW-2.5 dolgu duvarının deney sırasında görüntüleri.....	75
Şekil 4.55. AW-1.0 dolgu duvarına ait yığışımli enerji tüketme kapasitesi eğrisi.....	75
Şekil 4.56. AW-2.5 dolgu duvarına ait rijitlik azalım eğrisi.....	76
Şekil 4.57. AW-2.5 dolgu duvarının deney sonu görüntüleri.....	76

Şekil 5.1. Tuğla bloklar ile üretilen dolgu duvarlara ait dayanım zarfı eğrileri..	77
Şekil 5.2. Tuğla bloklar ile üretilen dolgu duvarlara ait enerji tüketme kapasitesi eğrileri.....	78
Şekil 5.3. Tuğla bloklar ile üretilen dolgu duvarlara ait rijitlik azalım eğrileri..	79
Şekil 5.4. Bims bloklar ile üretilen dolgu duvarlara ait dayanım zarfı eğrileri..	80
Şekil 5.5. Bims bloklar ile üretilen dolgu duvarlara ait enerji tüketme kapasitesi eğrileri.....	80
Şekil 5.6. Bims bloklar ile üretilen dolgu duvarlara ait rijitlik azalım eğrileri	81
Şekil 5.7. Gazbeton bloklar ile üretilen dolgu duvarlara ait dayanım zarfı eğrileri.....	81
Şekil 5.8. Gazbeton bloklar ile üretilen dolgu duvarlara ait enerji tüketme kapasitesi eğrileri.....	82
Şekil 5.9. Gazbeton bloklar ile üretilen dolgu duvarlara ait rijitlik azalım eğrileri.....	83
Şekil 5.10. Dolgu duvarlara ait dayanım zarfı eğrileri.....	83
Şekil 5.11. Dolgu duvarlara ait maksimum taşıma kapasitesi değerleri.....	84
Şekil 5.12. Dolgu duvarlara ait enerji tüketme kapasitesi eğrileri.....	85
Şekil 5.13. Dolgu duvarlara ait rijitlik azalım eğrileri.....	86

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1. Çimentoya ait mekanik özellikler.....	26
Tablo 3.2. Çimentoya ait kimyasal özellikler.....	27
Tablo 3.3. Dolgu duvarın örülmesinde ve sıvanmasında kullanılan harçların karışım oranları.....	27
Tablo 3.4. Dolgu duvarların üretiminde kullanılan tuğla bloğun özellikleri.....	27
Tablo 3.5. Dolgu duvarların üretiminde kullanılan bims bloğun özellikleri.....	28
Tablo 3.6. Dolgu duvarların üretiminde kullanılan gazbeton bloğun özellikleri...	29
Tablo 3.7. Dolgu duvar elemanlarının isimlendirilmesi.....	38

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Dolgu duvarlar, çevrimsel yükler, taşıma kapasitesi, enerji tüketme kapasitesi.

Depremlerin sebep olabileceği olumsuz durumların azaltılabilmesi için yapıların deprem hesabında yapılan kabullerin ve ihmallerin gerçeği yansıtması gerekmektedir. Betonarme yapıların çözümlerinde dikkate alınmayan dolgu duvarlar, buldukları sistemin rijitliğini ve kütlesini arttırarak yapının dinamik davranışını büyük ölçüde değiştirmektedir.

Gerçekleştirilen çalışmanın amacı, dolgu duvar malzemelerinin ve sıva kalınlığının çevrimsel yükler altındaki dolgu duvarların deprem davranışlarına etkilerini deneysel olarak incelemektir. Bu amaçla tuğla, bims ve gazbeton kullanılarak 9 adet 150cm x 150 cm boyutlarında dolgu duvar elemanı üretilmiştir. Farklı malzemelerden üretilen dolgu duvarlar; sıvasız, 1 cm sıvalı ve 2.5 cm sıvalı olarak deneye hazır hale getirilmiştir. Deney elemanlarına yatay çevrimsel yükler dört köşesinden mafsallı bir deney düzeneği yardımı ile uygulanmıştır. Dolgu duvarlara etki eden çevrimsel yükler FEMA 461’de önerilen yer değiştirme kontrollü yükleme protokolüne göre yapılmıştır. Dolgu duvarlara yapılan sıva uygulaması sonucunda, dolgu duvarların enerji tüketme kapasitelerinde, rijitliklerinde ve yatay yük taşıma kapasitelerinde ortaya çıkan farklılıklar birbirleriyle kıyaslanmaktadır. Çevrimsel yükler altındaki deneylerden elde edilen veriler yardımıyla her dolgu duvara ait yük-yer değiştirme eğrileri, dayanım zarfı eğrileri, yığışimli enerji tüketme kapasitesi eğrileri ve rijitlik azalım eğrileri oluşturularak dolgu duvarların davranışları grafiksel olarak açıklanmaktadır. Elde edilen bulgular incelendiğinde, sıva uygulamasının dolgu duvarların yük taşıma kapasitelerini, enerji tüketme kapasitelerini ve başlangıç rijitliklerini önemli derecede etkilediği görülmüştür.

# **THE EFFECTS OF DIFFERENT PLASTER THICKNESSES ON THE BEHAVIOR OF INFILL WALLS UNDER HORIZONTAL**

## **SUMMARY**

**Keywords:** Infill walls, cyclic loading, load carrying capacities, energy dissipation capacities.

In order to reduce the adverse effects caused by earthquakes, the assumptions and neglects considered in the earthquake analysis of structures must reflect reality. Infill walls, which are not taken into consideration in the solutions of reinforced concrete structures, change the dynamic behavior of the building by increasing the rigidity and mass of the system.

The purpose of the study is to investigate the effect of infill wall type and plaster thickness on the earthquake behavior of the walls under cyclic loads. For this purpose, totally 9 test walls with 150cm x 150cm sized infill walls were produced by using brick, pumice and aerated concrete blocks. Infill walls produced from different surface properties; without plaster, 1 cm plastered and 2.5 cm plastered. Lateral cyclic loads were applied to the test walls by a steel test set-up with hinged at for all corners. The cyclic loads acting on the infill walls are made according to the displacement-controlled loading protocol recommended in FEMA 461. As a result of the application of the plaster to the infill walls, the differences in the energy dissipation capacities, stiffness and horizontal load carrying capacities of the infill walls are compared with each other. With the help of the data obtained from the experiments under cyclic loads, the behaviors of the infill walls are explained graphically by creating load-displacement curves, cumulative energy dissipation capacity curves and stiffness reduction curves for each infill wall. The findings revealed that plaster applications sufficiently affected load carrying capacity, energy dissipation capacity and initial stiffness of the infill walls.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Ülkemizin büyük bir bölümünün aktif deprem kuşakları üzerinde yer alması ve geçmişte yaşanan depremlerdeki can ve mal kayıpları, depreme dayanıklı yapı tasarımı konusundaki çalışmaları önemli bir hale getirmektedir. Gerçekleşmesi muhtemel depremlerde oluşabilecek kayıpları en aza indirmek için ülkemizde ve diğer ülkelerde depreme dayanıklı yapı tasarımı ile ilgili hüküm ve öneriler içeren çeşitli deprem yönetmelikleri kullanılmaktadır.

Deprem yükleri altında bir yapının kendisinden istenen performansı sağlayabilmesi için yapısal geometri, yapı elemanlarının sürekliliği, rijitlik ve süneklik gibi kavramlar bakımından yeterli düzeyde olması gerekmektedir. Bunların yanında inşa edilmesi planlanan yapının mimari tasarımının ve taşıyıcı sistem seçiminin de uygun bir şekilde yapılması gerekmektedir.

Günümüzde yapıların tasarımı büyük ölçüde betonarme çerçeve sistem olarak yapılmaktadır. Betonarme çerçeve sistemlerde bulunan kolon, kiriş ve döşeme gibi yapı elemanları; basınç, çekme, burulma gibi çeşitli yüklere maruz kalmaktadır. Yapının rijitliğini arttırarak, deprem anında çerçeve sistemde meydana gelebilecek şekil ve yer değiştirmeleri azaltmak mümkündür. Söz konusu rijitlik artışı sayesinde taşıyıcı sistem ve ona bağlı bulunan elemanlardaki hasarlar azaltılabilmektedir. Betonarme yapılarda taşıyıcı sistem elemanı olarak kabul edilmeyen dolgu duvarlar, deprem anında hasar alıncaya kadar perde duvar gibi davranarak yapıya ek bir rijitlik kazandırmaktadır. Orta şiddette bir depremde veya şiddetli bir depremin başlangıcında katlar arasında oluşan büyük yer değiştirmeler dolgu duvarlarda oluşan çatlaklar sayesinde bir miktar sönümlenmektedir. Deprem anında perde duvar davranışı gösteren dolgu duvarların yapıda perde duvarlar gibi simetrik olarak yerleştirilmesi gerekmektedir. Dolgu duvarların yapıda simetrik olarak



yerleştirilmemesi veya bazı kısımlarda daha yoğun bulunması yapıda olumsuz etkilere sebep olmaktadır [1],[2].

Yapı elemanı olan dolgu duvarlar, genellikle yapıyı mimari bölümlere ayırmak ve yapıyı dış etkilere karşı korumak için kullanılmaktadır. Betonarme çerçeve sistemlerde yaygın olarak kullanılan dolgu duvarların yapının deprem davranışı üzerindeki etkileri çoğu zaman dikkate alınmamaktadır. Yapıların tasarımında ve çözümlenmesinde bütün yükün taşıyıcı sistem elemanları olan perdeler, kolonlar ve kirişler tarafından taşındığı kabul edilmektedir. Mevcut deprem yönetmeliklerinin çoğunda, dolgu duvarların yapıya etkisi taşıyıcı sistem elemanlarının yanında ihmal edilmektedir. Türk Deprem Yönetmeliği, dolgu duvarların yapıya etkisini düşey yük olarak ele almaktadır. Yönetmelikte dolgu duvarların sadece yerleşim biçimlerine ilişkin çeşitli kısıtlamalar bulunmaktadır.

Dolgu duvarlar, yapısal olmayan elemanlar olarak düşünülse de deprem yüklerine maruz kaldığında çerçeveyle birlikte çalışmaktadır. Depremde hasar alan yapılar incelendiğinde, dolgu duvarların deprem anında ilk hasar alan eleman olduğu görülmektedir. Bu durum deprem anında açığa çıkan enerjinin sönümlemesine büyük ölçüde katkı sağlamaktadır. Dolgu duvarlar, yapının rijitliğinin yanında kütlelerinde de büyük oranda artışa sebep olmaktadır. Yapının kütlelerinde meydana gelen artış sonucunda yapıya daha fazla deprem yükü gelmekte ve yapının dinamik davranışı öngörülenden farklı olmaktadır. Dolgu duvarlar ile ilgili yapılan deneysel ve teorik çalışmalar betonarme çerçeve sistemlerde bulunan dolgu duvarların çerçeve sistemin periyodunu, rijitliğini, sünekliğini, taban kesme kuvvetlerini ve diğer dinamik davranışlarını önemli ölçüde değiştirdiğini ortaya koymaktadır.

Dolgu duvarların davranışı, üretimlerinde kullanılan duvar blokları ve bağlayıcı malzemelerin özelliğine göre değişmektedir. Yani dolgu duvarlar, üretildikleri gazbeton, taş, tuğla ve bims gibi malzemelerin yanı sıra uygulanan sıvanın özelliğini de taşımaktadır. Sıvanın yapıyı doğa koşullarına karşı korumak, yapının dayanımını arttırmak, yapıya su ve nem geçişini önlemek ve düzgün yapılmamış imalat yüzeylerini düzeltmek gibi bilinen yararlarının yanında diğer bir önemli özelliği ise

dolgu duvarı meydana getiren elemanların birlikte çalışmasını sağlamaktır. Ayrıca duvarın yatay ve düşey kuvvetlere karşı direncini artırarak, duvara rijitlik kazandırmaktır. Bu sebeple sıva uygulamalarına son derece özen gösterilmesi ve uygulamanın standartlara uygun yapılması gerekmektedir.

Gerçekleştirilen deneysel çalışma kapsamında, farklı kalınlıklarda sıva uygulaması yapılan ve farklı malzemelerden üretilen dolgu duvarların yatay çevrimsel yükler altındaki davranışları incelenmiştir. Yatay delikli tuğla, bims ve gazbeton kullanılarak 3 farklı malzemedan üretilen 3'er adet dolgu duvar; sıvasız, 1cm sıvalı ve 2.5cm sıvalı olarak deneye hazırlanmıştır. Salt duvar katkısının belirlenmesi amacıyla dört köşesinden mafsallı bir deney düzeneğine yerleştirilen dolgu duvarlara, FEMA 461'de önerilen yerdeğiştirme kontrollü yükleme protokolüne göre çevrimsel yükler uygulanmıştır. Çevrimsel yükler altında gerçekleştirilen deneyler sonucunda, 9 adet dolgu duvara ait Yük-Yerdeğiştirme Eğrileri, Dayanım Zarfı Eğrileri, Enerji Tüketme Kapasitesi Eğrileri ve Rijitlik Azalım Eğrileri oluşturulmuştur. Elde edilen veriler yardımıyla dolgu duvarların üretiminde kullanılan malzemelerin ve dolgu duvarlara uygulanan sıvanın, dolgu duvarın deprem davranışı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Dolgu duvarlara ait yerdeğiştirme, rijitlik, enerji tüketme kapasitesi gibi parametrelerin birbirleriyle kıyaslanma olanağı sağlanmıştır.

İkinci bölümde, dolgu duvarlara ait genel özelliklerden bahsedilmektedir. Dolgu duvarların betonarme yapıların deprem davranışları üzerindeki olumlu ve olumsuz etkileri açıklanmaktadır.

Üçüncü bölümde, farklı malzemelerin ve sıva kalınlığının etkisiyle dolgu duvarların dinamik davranışlarında meydana gelen farklılıkları incelemek amacıyla yapılan deneysel çalışmalardan bahsedilmektedir. Dolgu duvarların üretiminde kullanılan malzemelerin özellikleri ve deneyler sırasında kullanılan yöntemler açıklanmaktadır. Çevrimsel yükler altındaki deneyler sonucunda elde edilen dolgu duvarlara ait Yük-Yerdeğiştirme Eğrileri, Enerji Tüketme Kapasitesi Eğrileri ve Rijitlik Azalım Eğrileri verilmektedir.

Dördüncü bölümde, deneyler sonucunda elde edilen grafikler yardımıyla dolgu duvarlara ait yerdeğiştirme, rijitlik, enerji tüketme kapasitesi değerleri birbirleriyle kıyaslanmıştır. Söz konusu parametrelerin dolgu duvarların dinamik davranışını hangi oranda ve hangi yönde değiştirdiği sayısal olarak açıklanmıştır.

### **1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsam**

Ülkemizin birinci derece deprem bölgesinde bulunması sebebiyle mevcut ve inşa edilecek yapıların depreme dayanıklı olarak tasarlanması gerekmektedir. Söz konusu koşulun sağlanabilmesi için yapının statik hesaplarında yapılan kabullerin ve ihmallerin gerçeği yansıtması gerekmektedir. Betonarme yapılarda yaygın olarak kullanılan dolgu duvarlar ile ilgili yapılan pek çok deneysel ve teorik çalışma, yönetmeliklerde taşıyıcı etkilerine yer verilmeyen dolgu duvarların yapının davranışını önemli ölçüde değiştirdiğini ortaya çıkarmaktadır. Deneysel olarak gerçekleştirilen bu tez çalışmasının amacı, deprem benzeri çevrimsel yükler altındaki dolgu duvarların dinamik davranışında, duvarın üretiminde kullanılan malzemelerin ve duvara uygulanan sıvanın etkilerini belirlemektir.

Deneyler sırasında farklı malzemeler kullanılarak üretilen dolgu duvarlara, farklı kalınlıklarda sıva uygulayarak dolgu duvarların dayanımlarını arttırmak hedeflenmiştir. Yapılan sıva uygulaması sonucunda, çevrimsel yükler altındaki dolgu duvarların enerji tüketme kapasitelerinin, rijitliklerinin, yatay yük taşıma kapasitelerinin belirlenmesi ve bu sonuçlar yardımıyla dolgu duvar elemanlarının birbirleriyle kıyaslanması planlanmıştır. Bu amaçla 9 adet dolgu duvar elemanı deneye hazırlanmıştır. Yatay delikli tuğla, bims ve gazbeton kullanarak üretilen 3'er adet dolgu duvar sırasıyla sıvasız, 1 cm sıvalı ve 2.5 cm sıvalı olarak deneye hazır hale getirilmiştir. Dört köşesinden mafsallı deney düzeneğine yerleştirilen dolgu duvarlara, aktüatör yardımıyla yatay yükler uygulanmıştır. Uygulanan yükler yük hücresi ve bu yüklere karşılık gelen yerdeğiştirmeler ise lineer potansiyometrik yerdeğiştirme ölçerler ile belirlenmiştir. Bu veriler bir veri toplama ünitesi yardımıyla bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Elde edilen veriler yardımıyla dolgu duvarların birbirleriyle kıyaslanma olanağı sağlanmıştır.

## 1.2. Literatür Araştırması

Ülkemizin aktif deprem kuşakları üzerinde yer alması sebebiyle geçmişte yaşanan depremlerde ciddi can ve mal kayıplarımız bulunmaktadır. Depremle yaşamayı öğrenmek ve aynı kayıpları tekrar yaşamamak adına, depreme dayanıklı yapı tasarımı konusu gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Depremin yapı sistemleri üzerindeki etkilerini belirleyebilmek ve olası felaketlerin önüne geçebilmek için gerçeğe en yakın modeller üzerinde analizlerin yapılması gerekmektedir. İhmal ve kabulleri en aza indirerek yapılan analizlerin sonucuna göre çözümlerin üretilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, konuyla ilgili her geçen gün yeni çalışmalar yapılmaktadır. Son yıllarda yapılan deneysel ve teorik çalışmalar, yapı sistemlerinin tasarımında dolgu duvarların taşıyıcı etkilerinin ihmal edilmesine rağmen yapının dinamik davranışını büyük ölçüde değiştirdiğini ortaya koymaktadır. Yapının statik hesaplarında göz önüne alınmayan ve ikincil yapı elemanı olarak değerlendirilen dolgu duvarların taşıyıcı sistemden bağımsız olarak düşünülmemesinin daha doğru bir yaklaşım olduğu açıktır.

Dolgu duvarların yapının deprem davranışı üzerindeki etkilerini konu alan çalışmaların bir kısmı aşağıda açıklanmaktadır.

Beklen, gerçekleştirdiği çalışmasında dolgu duvarların yapının deprem davranışı üzerindeki olumlu ve olumsuz etkilerini araştırmıştır. Bu amaçla bir binayı 5 katlı ve 10 katlı olarak modelleyerek farklı kolon boyutları için analizler yapmıştır. Söz konusu binanın dolgu duvarlarında tuğla ve gazbeton kullanmış ve dolgu duvarları eşdeğer basınç çubuğu ile modellemiştir. Dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız çerçevelerin deprem analizi sonuçlarını karşılaştırmıştır. Dolgu duvarların çerçeve sistem üzerindeki kısa kolon, yumuşak kat ve burulma gibi olumsuz etkileri araştırmıştır. Yaptığı analizlerin sonucunda, dolgu duvarların yapının davranışını, rijitliğini, periyodunu, yatay deplasmanlarını ve taban kesme kuvvetlerini değiştirdiğini ortaya çıkarmıştır [3].

Karshoğlu, gerçekleştirdiği çalışmasında, çok katlı binalardaki tuğla duvarların yapının davranışına etkilerini incelemek amacıyla 1998 Afet Yönetmeliği'nden sonra projelendirilmiş 2 bodrum katı, 1 zemin katı, 1 asma katı ve 10 normal katı bulunan mevcut bir binadan yararlanmıştır. Söz konusu binanın çerçeve sistemini üç boyutlu olarak SAP2000 programında modellemiştir. Kapı ve pencere açıklıklarını göz önüne alarak modellediği tuğla duvarları, hem kütle hem de taşıyıcı eleman olarak çerçeve sistem analizine eklemiştir. Yatay yükler altında tuğla duvarlı çerçeve sistem ile tuğla duvarsız çerçeve sistemin dinamik analiz sonuçlarını karşılaştırmıştır. Elde ettiği veriler yardımıyla dolgu duvarların yapının periyodu, yatay deplasmanları ve taban kesme kuvvetleri üzerinde etkili olduğu sonucuna ulaşmıştır [4].

Toker, çalışmasında Yalova'da bulunan ve 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminde orta derecede hasar almış 4 katlı betonarme bir binanın güçlendirme öncesi ve güçlendirme sonrası durumlarını, dolgu duvarları da modellemeye katarak incelemiştir. Analizlerinde dolgu duvarları Al-Chaar'ın geliştirdiği iki adet eşdeğer basınç çubuğu yöntemi ile modellemiştir. Dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız çerçevelerin dinamik çözümlene sonuçlarını doğru bir şekilde karşılaştırabilmek için önceki çalışmalarda düzenlenmiş yıkıcı özellikli, içerisinde darbe tipi de bulunan 7 farklı deprem kaydını aynen kullanmıştır. Ele aldığı betonarme çerçeve sistemin dolgu duvarların katkısıyla güçlendirme öncesi ve güçlendirme sonrası durumlarda kat yerdeğiştirmelerini, görelî yerdeğiştirmelerini, taban kesme kuvvetlerini ve devrilme momentlerini karşılaştırmıştır. Dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız durumları karşılaştırdığında güçlendirme öncesi taban kesme kuvvetinde %14, devrilme momentinde %29, güçlendirme sonrasında ise kesme kuvvetinde %22, devrilme momentinde %21 oranında artış olduğunu görmüştür. Elde ettiği veriler yardımıyla, dolgu duvarların yapının yatay rijitliğine yaptığı katkının, yerdeğiştirmeyi azaltırken tabanda oluşan kesme kuvvetini ve devrilme momentini arttırdığı sonucuna ulaşmıştır [5].

Dönmez, dolgu duvarların deprem etkisi altındaki betonarme çerçeve sistemin dinamik davranışını hangi yönde etkilediğini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmasında, güçlendirmesi yapılmış 6 katlı betonarme bir binayı incelemiştir. Yaptığı analizlerde SAP2000 programını kullanarak Mod Birleştirme, Eşdeğer

Deprem Yüğü ve Zaman Tanım Aralığında Hesap yöntemleri ile hesap yapmıştır. Elde ettiği analiz sonuçlarına göre, her model için maksimum yerdeğiştirme, taban kesme kuvvetleri, rijitlik ve periyodları karşılaştırmış ve dolgu duvarların sistemin deprem davranışını önemli ölçüde değiştirdiğini ortaya çıkarmıştır [6].

Tetik, çalışmasında dolgu duvarların yapının deprem davranışı ve periyodu üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Dolgu duvarların planda yerleşim şekillerinin, yapının dinamik davranışına etkisini belirlemek amacıyla örnek bir bina modellemiştir. Ayrıca dolgu duvar yerleşimleri farklı olan 12 adet mevcut bina üzerinde de inceleme yaparak sonuçları karşılaştırmıştır. Dolgu duvarları iki ucu mafsallı çapraz pandül çubuk kullanarak modellediği çalışmalar sonucunda yalın çerçeve sistem ile dolgu duvarlı çerçeve sistemin rijitlikleri ve periyodları arasında önemli farklılıklar elde etmiştir. Üzerinde çalıştığı 12 binanın analizleri sonucunda, dolgu duvarların bağlı buldukları çerçevenin periyodunu yaklaşık olarak %50-%70 oranında azalttığını görmüştür [7].

Akkuzu, dolgu duvarların yapının doğrusal olmayan davranışı üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminde orta derece hasar almış ve sonrasında güçlendirilmesi yapılmış 6 katlı betonarme bir binayı ele almıştır. Söz konusu binanın analizlerini güçlendirme öncesi ve güçlendirme sonrası durumlar için 4 farklı duvar yerleşim planına göre yapmıştır. Drain2DX programı ile iki boyutlu olarak modellediği binanın dinamik analizlerinde, 12 Kasım 1999 Düzce depremi sırasında kaydedilen 5 adet farklı deprem kaydını kullanmıştır. Yaptığı çalışmalar sonucunda, orta büyüklükte bir depremde dolgu duvarlarda oluşan ilk hasarın deprem süresinin 1/10-1/20'unda meydana geldiğini görmüştür. Dolgu duvarların yapı sisteminin rijitliğini önemli ölçüde arttırdığı, dolayısıyla periyodunu azalttığını sonucuna ulaşmıştır [8].

Gürpınar gerçekleştirdiği çalışmasında, İstanbul'da bulunan ve yapımı 1907 yılında tamamlanan Liman Han binasını incelemiştir. Araştırma konusu olan bina, Bodrum + Zemin + Asma Kat + 4 Normal Kat + Çatı katından oluşan betonarme karkas bir yapıdır. Mevcut binanın dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız durumlarındaki deprem

performansını değerlendirmek için Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'nden yararlanmıştır. Yaptığı analizler sonucunda, dolgu duvarların yapının periyodunu %78 oranında azalttığını görmüştür Ayrıca yapının dolgu duvarlı olması durumunda kirişlerin %38.4'ünün belirgin hasar bölgesinde olmasına rağmen dolgu duvarsız olması durumunda kirişlerin %50'sinden fazlasının göçtüğünü görmüştür [9].

Uysal, gerçekleştirdiği çalışmasında taşıyıcı sistemleri çerçeve ve perde-çerçeve sistemden oluşan 6 katlı ve 12 katlı iki betonarme binayı ele almıştır. Binaları dolgu duvarsız, tuğla dolgu duvarlı ve gazbeton dolgu duvarlı olarak SAP2000 programında modelleyerek analizlerini Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi'ne göre yapmıştır. Söz konusu binalarda bulunan taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırmasını yönetmeliklere göre yapmıştır. Analiz sonuçlarını karşılaştırdığında, dolgu duvarlı olarak modellediği binaların, dolgu duvarsız olarak modellediği binalara göre ağırlıklarının, taban kesme kuvvetlerinin, kat rijitliklerinin önemli oranda arttığını; periyodlarının ve maksimum yerdeğiştirmelerinin ise azaldığını gözlemlemiştir [10].

Çağlayan, çalışmasında Sonlu Elemanlar Programı ile dolgu duvarlı betonarme çerçeve sistemlerin doğrusal olmayan analizlerini yapmıştır. Analizlerinde betonarme çerçeve sistemde bulunan taşıyıcı sistem elemanlarını çubuklarla, dolgu duvarları ise eşdeğer diyagonal basınç çubuklarıyla modellemiştir. Dolgu duvar yerleşim biçimleri farklı olan betonarme çerçeve sistemlerin dayanım ve rijitlik değerlerini karşılaştırarak incelemiştir. SAP2000 programından elde ettiği analiz sonuçlarını kullanarak dolgu duvarların hesaba katılmasıyla dolgu duvarsız duruma göre kapasite kuvvetinde %5 oranında artış olduğunu gözlemlemiştir [11].

Kara, çalışmalarında betonarme çerçeve sistemlerde bulunan dolgu duvarların, yatay yükler altındaki çerçeve sistemin davranışını ve dayanımını hangi yönde değiştirdiğini araştırmıştır. Bu amaçla yapılan deneylerde, iki katlı ve tek açıklıklı çerçeve deney elemanlarından faydalanmıştır. Deneyler sırasında 9 adet deney elemanı üreterek, farklı dolgu duvar tasarımları içeren üç farklı değişkeni ele almıştır. Söz konusu değişkenler, çerçeve sistemdeki dolgu duvarların l/h oranı, aynı

l/h oranına sahip dolgu duvarların çerçeve sistem içerisindeki yerleşim biçimleri, dolgu duvarların etrafında uç eleman bulunması durumlarını kapsamaktadır. Tersinen tekrarlanan yükler altında elde ettiği analiz sonuçlarına göre, parçasal dolgu duvarların buldukları çerçevenin yük taşıma kapasitesini, rijitliğini, enerji tüketme kapasitesini önemli derecede arttırdığını görmüştür. En iyi sonuçları dolgu duvarların etrafında uç eleman bulunması durumunda gözlemlemiştir. Dolgu duvarın etrafında uç eleman olmaması durumunda başlangıç rijitliğinde %18, sünekliğinde %38 ve enerji tüketme kapasitesinde ise %28 oranında azalma elde etmiştir [12].

Yıldırım, gerçekleştirdiği çalışmasında betonarme yapılarda bulunan dolgu duvarların yapının deprem davranışı ve periyodu üzerindeki etkilerini ele almıştır. Dolgu duvarların yapının davranışı üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla farklı dolgu duvar yerleşimine ve farklı kat sayısına sahip binalar modellemiştir. Modellediği binalarda, dolgu duvar alanlarını kademeli olarak azaltarak, farklı her durum için dolgu duvar alanına bağlı olarak değişen periyod değerlerini hesaplamıştır. Analizleri sonucunda, dolgu duvarsız betonarme çerçeve sistem ve farklı dolgu duvar alanlarına sahip betonarme çerçeve sistem için ampirik bir denklem geliştirmiştir. Elde ettiği denklemin doğruluğunu, diğer bilinen denklemlerle karşılaştırarak daha önceki çalışmalarda analizi yapılmış binalar üzerinde test etmiştir. Çalışmalarında dolgu duvarların yapının periyodunu %60 oranında azaltabildiğini görmüştür [13].



## **BÖLÜM 2. DOLGU DUVARLAR**

Ülkemizde yapıların tasarımı büyük ölçüde betonarme çerçeve sistem olarak yapılmaktadır. Betonarme çerçeve sistemlerde bulunan dolgu duvarlar, genellikle mimari alanlar oluşturmak amacıyla kullanılmakta ve taşıyıcı sistem elemanı olarak kabul edilmemektedir.

Yapının deprem davranışını önemli ölçüde değiştirdiği bilinen dolgu duvarlar, mevcut deprem yönetmeliklerinde yapının taşıyıcı sistemi tasarlanırken göz önüne alınmamaktadır. Yönetmeliklerde dolgu duvarlar, yapının betonarme hesabı yapılırken sadece ağırlık olarak ele alınmaktadır. Konu ile ilgili yapılan çalışmalar, dolgu duvarların yapının kütesine yapmış olduğu katkının, rijitliğine yapmış olduğu katkıdan daha az olduğunu ortaya çıkarmaktadır [14].

Dolgu duvarlar ile ilgili yapılan deneysel ve teorik çalışmalar, deprem anında dolgu duvarsız betonarme çerçeve sistemlerin davranışı ile dolgu duvarlı betonarme çerçeve sistemlerin davranışları arasında büyük farklılıklar olduğunu ortaya koymaktadır. Dolgu duvarlar, çerçeve sistemin yük taşıma kapasitesi, rijitlik, süneklik, enerji tüketme kapasitesi gibi önemli parametreleri değiştirerek yapının davranışını olumlu ya da olumsuz yönde etkilemektedir.

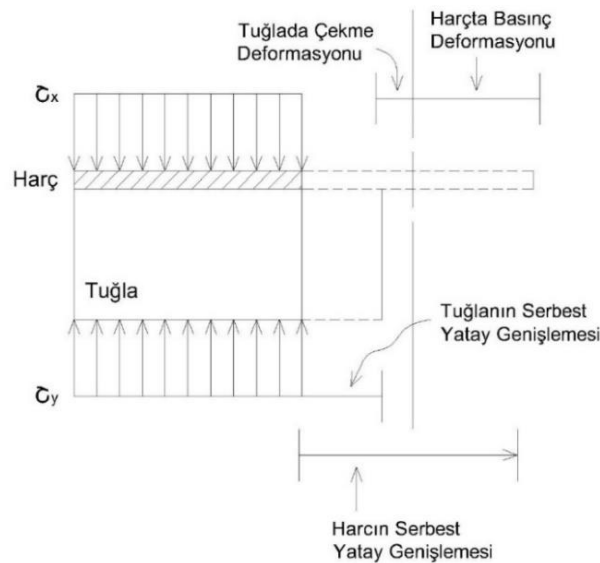
### **2.1. Dolgu Duvarların Dayanımları**

Dolgu duvarların dayanımı, üretimlerinde kullanılan malzemelerinin dayanımlarının yanında duvar örme işleminde kullanılan harcın özellikleri, harç kalınlığı, harcın duvar bloklarına yapışma oranı, işçilik gibi sayısal olarak belirlenebilen ya da belirlenemeyen birçok parametreye bağlı olarak değişmektedir.

Düzlem içerisindeki bir dolgu duvarın yatay derzlerine dik ve paralel doğrultuda etki eden yükler altındaki dayanımı, dolgu duvarın dinamik davranışını etkilemektedir. Dolgu duvarların yatay yöndeki dayanımı basınç dayanımı, düşey yöndeki dayanımı ise kesme dayanımı olarak adlandırılmaktadır. Kesme dayanımı betonarme yapıların deprem davranışı üzerinde etkili olmaktadır [15],[16].

### 2.1.1. Dolgu duvarların basınç dayanımı

Dolgu duvarı oluşturan harç ve duvar blokları arasında bir aderans olduğu ve bu aderansın sonucunda da elastik bir malzeme olduğu kabul edilmektedir. Harç, dolgu duvar bloğundan daha elastik bir malzeme olduğu için yatay yükler altında daha fazla uzamaktadır. Harç ile dolgu duvar bloğu arasındaki aderans sonucunda duvar bloğunda çekme, harçta ise basınç gerilmesi oluşmaktadır [8]. Tuğla ve harçta meydana gelen deformasyonlar Şekil 2.1.'de gösterilmektedir.

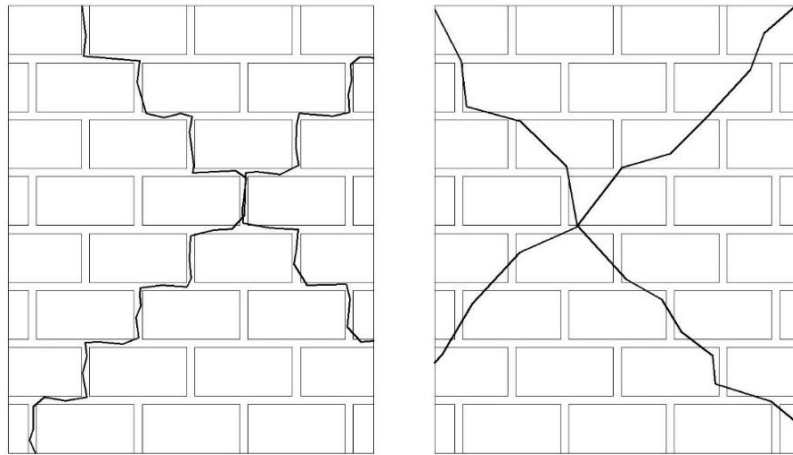


Şekil 2.1. Tek yönlü gerilme altında tuğla ve harçtaki deformasyonlar

Dolgu duvar tasarımında temel ilke yüksek dayanımlı dolgu duvar bloğu ile yüksek dayanımlı harç kullanmaktır. Yüksek dayanımlı harç ile düşük dayanımlı dolgu duvar bloğu ile oluşturulan dolgu duvarlarda, dolgu duvar dayanımı çok az miktarda artmaktadır [17].

### 2.1.2. Dolgu duvarların kesme dayanımı

Dolgu duvarların yatay derzlerine paralel doğrultuda etki eden yükler, duvarlarda kesme gerilmeleri oluşturmaktadır. Dolgu duvarın yatay yüklere karşı dayanımı, dolgu duvar malzemesi ve bu malzemeleri birleştirmede kullanılan harç arasındaki aderansa bağlı olarak değişmektedir. Yatay yükler altında, dolgu duvar blokları ile harç arasındaki sürtünme kuvveti sonucunda dolgu duvarlarda çatlaklar oluşmaya başlamaktadır. Dolgu duvarların çatlamasıyla, duvar blokları ile harç arasındaki aderans yok olmaktadır. Oluşan çatlaklar genişleyip duvar blokları birbirlerinin üzerinden kaydıkça, çatlak ara yüzeylerindeki sürtünme azalmaktadır. Bu durum sonucunda, sürtünmeye bağlı kesme dayanımı giderek azalmaktadır. Dolgu duvarlara etki eden düşey yüklerin artmasıyla, sürtünmeye bağlı kesme dayanımı da artmaktadır [16].



Şekil 2.2. Tuğla dayanımı harç dayanımından büyük ve küçük derzlerden geçen çatlaklar

### 2.2. Dolgu Duvarların Yapının Davranışına Etkileri

Betonarme çerçeve sistemlerin deprem yükleri altında davranışlarının incelenmesi amacıyla yapılan çalışmalarda, deney elemanlarına deprem yüklerini simüle etmesi için tersinir-tekrarlanır yükler etki ettirilmektedir. Yapılan çalışmalar dolgu duvarların buldukları çerçeve sistemin rijitlik, süneklik, dayanım, yük taşıma kapasitesi ve enerji sönmüleme gibi deprem davranışını etkileyen özelliklerini değiştirdiğini göstermektedir [18].

Dolgu duvarların, çerçeve sistemin dinamik davranışı üzerindeki başlıca etkileri aşağıda verilmektedir.

- Dolgu duvarlar, yatay yükler altında betonarme sistemin rijitliği arttırarak, sistemin doğal periyodunu azaltmaktadır. Bu duruma bağlı olarak, betonarme sistemin dinamik davranışı değişmektedir.

- Dolgu duvarlar, derzlerinde oluşan sürtünme kuvvetleri sayesinde betonarme çerçeve sistemin enerji yutma kapasitesini arttırmaktadır.

- Dolgu duvarlar, deprem anında ortaya çıkan kuvvetlerin bir kısmını yük taşıma kapasitelerine ulaşana kadar taşımakta ve betonarme taşıyıcı sisteme gelen yük miktarını azaltmaktadır.

- Dolgu duvarların planda düzensiz yerleştirilmesi sonucunda sistemin yük dağılımı değişmekte ve olumsuz etkiler ortaya çıkmaktadır.

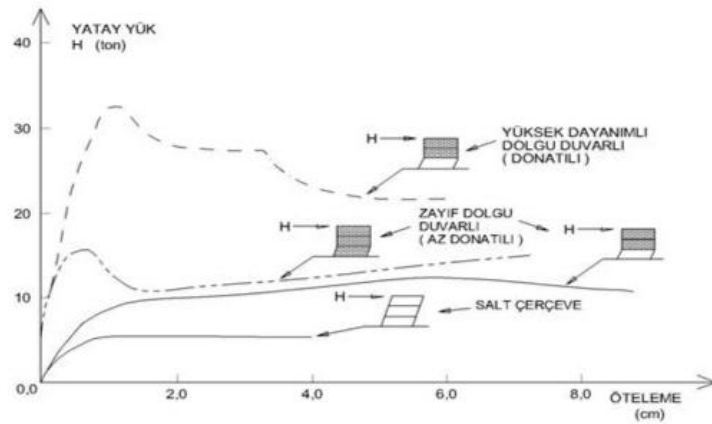
- Burulma etkisi, kısa kolon etkisi, yumuşak kat etkisi gibi durumlar sonucunda yapı kendisinden beklenen performansı sergileyememektedir. Dolayısıyla ortaya çıkabilecek olumsuz etkiler önlenememektedir [19],[20].

### **2.2.1. Dolgu duvarların yapının davranışına olumlu etkileri**

Dolgu duvarların betonarme çerçeve sistemlerin davranışına olumlu etkileri birçok araştırma sonucunda ortaya çıkmaktadır. Dolgu duvarlar, betonarme çerçeve sistemin yatay rijitliğini önemli miktarda arttırmaktadır. Betonarme sistemde oluşan rijitlik artışı sonucunda sistemin periyodu azalarak dinamik davranışı değişmektedir. Ayrıca betonarme çerçeve sistemde meydana gelen rijitlik artışı sonucunda, yapıda oluşması muhtemel yer değiştirmeler ve ikinci mertebe etkiler de azalmaktadır [21].

### 2.2.1.1. Dolgu duvarlı çerçevelerin yük taşıma kapasitesi ve dayanımı

Dolgu duvarların yapının taşıyıcı sistemine etkisinin olmadığı ve yük taşımadığı kabul edilmektedir. Yapılan çalışmalar, betonarme çerçeve sistemlerde kolonların ve kirişlerin arasını dolduran dolgu duvarların sınırlı da olsa yük taşıma kapasitesi olduğunu göstermektedir. Betonarme çerçeve sistemlerde yatay yük taşımadığı varsayılan dolgu duvarlar, deprem yükleri altında taşıma kapasitelerine ulaşıncaya kadar perde duvar gibi davranarak yük taşımaktadır [22]. Çerçeve sistemin, dolgu duvar bulunduğu ve bulunmadığı durumlarda değişen yatay yük taşıma kapasitesi Şekil 2.3.'te gösterilmektedir.

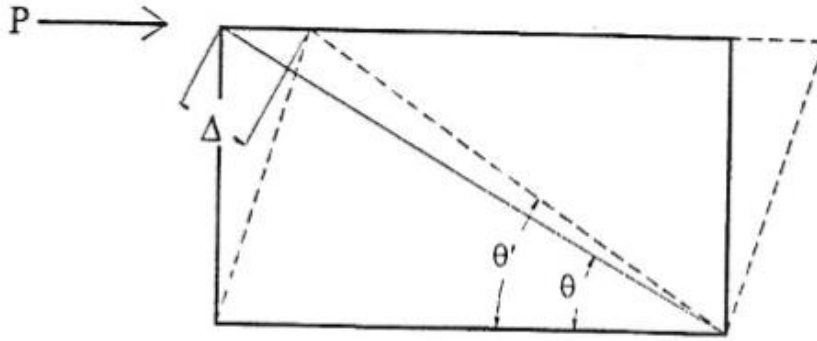


Şekil 2.3. Dolgu duvarların yatay yükler altındaki davranış etkileri [2].

### 2.2.1.2. Dolgu duvarlı çerçevelerin rijitliği

Dolgu duvarların betonarme çerçeve sistemin rijitliğine ve kütlesine önemli katkıları olduğu bilinmektedir. Dolgu duvarların taşıyıcı sistemin kütlesine yapmış olduğu katkı, dolgu duvarın birim ağırlığı, dolgu duvar kalınlığı ve betonarme yapıda bulunan dolgu duvar sayısı ile doğru orantılı olarak değişmektedir [16].

Dolgu duvarlar, yapının yanal rijitliğini ve dayanımını artırarak kat ötelemelerini büyük ölçüde azaltmaktadır. Dolgu duvarlı betonarme bir çerçevenin yatay rijitliği, çerçevenin tepe noktasının birim yer değiştirme yapması için gerekli kuvvet olarak açıklanmaktadır [8].



Şekil 2.4. Rijitliğin dolgu duvara etkisinin analitik olarak modellenmesi [8].

$\theta = \theta'$  olduğu kabul edilirse dolgu duvarın yatay rijitliğini temsil eden diyagonal çubuktaki kısalma Denklem 2.1 ile verilmektedir.

$$\Delta = \cos \theta \quad (2.1)$$

Diyagonal çubuğun; 'E' elastisite modülü, 'F' en kesit alanı, 'L<sub>d</sub>' çubuğun boyu olmak üzere, 'k' birim uzama rijitliği Denklem 2.2 ile verilmektedir.

$$k = EF / L_d \quad (2.2)$$

Betonarme çerçeve sistemin birim yer değiştirme yapması için diyagonal çubuğa uygulanması gereken aksenal kuvvet, Denklem 2.3 ile verilmektedir.

$$k \cdot \Delta = (EF / L_d) \cdot \cos \theta \quad (2.3)$$

Bu kuvvet değerinin yatay bileşeni, dolgu duvarların çerçevenin yatay rijitliğine katkısı, Denklem 2.4 ile verilmektedir [8].

$$K = (E \cdot F / L_d) \cdot \cos^2 \theta \quad (2.4)$$

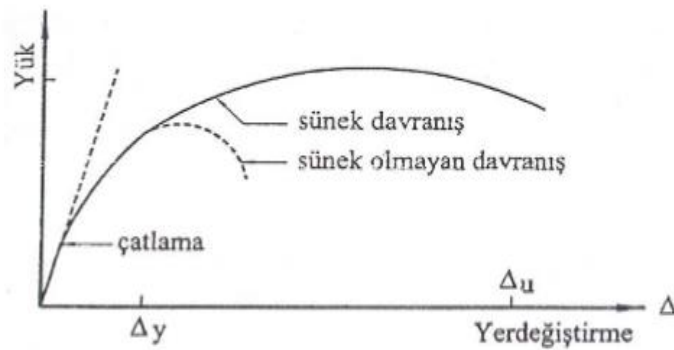
### 2.2.1.3. Dolgu duvarlı çerçevelerin sünekliği

Yük altında betonarme taşıyıcı sistemin ya da taşıyıcı sistemi oluşturan tüm elemanların, taşıma kapasitelerinde azalma olmadan yaptıkları şekil ve yerdeğiştirme kapasiteleri süneklik kavramı ile açıklanmaktadır. Süneklik kavramı tekrarlı yüklemeler altında enerji sönümleme yeteneği olarak da açıklanabilmektedir.

Matematiksel olarak süneklik ( $\mu$ ) ise, maksimum toplam yerdeğiştirmenin ( $\Delta_u$ ), elastik sınıra erişildiğindeki yerdeğiştirmeye ( $\Delta_y$ ) oranı olarak açıklanmaktadır [23].

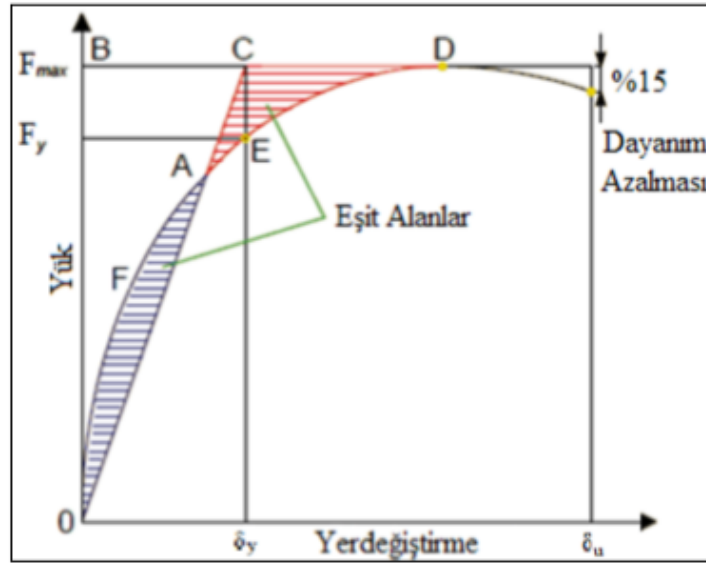
$$\mu = \Delta_u / \Delta_y \quad (2.5)$$

Sünek elemanlar, olası bir deprem anında ortaya çıkan enerjiyi taşıma kapasitelerini kaybetmeden büyük deformasyonlar yaparak tüketebilmektedir. Bu sebeple betonarme taşıyıcı sistemi oluşturan her elemanın sünek davranış göstermesi istenmektedir. Sünek davranışa ilişkin bir görsel Şekil 2.5.'te verilmektedir.



Şekil 2.5. Sünek ve sünek olmayan davranışa ait yük-yerdeğiştirme eğrisi [24].

Sünek davranış gösteren bir yapı elemanı, deprem anında ortaya çıkan enerjinin bir kısmını yaptığı doğrusal olmayan davranış ile sönümlenmektedir. Enerjinin sönümlenmesi sırasında, yapı elemanı büyük şekil değiştirmeler yaparak yükün yeniden dağılımına olanak vermektedir. Bu durum sonucunda taşıyıcı sistemde taşıma kapasitesine ulaşmayan diğer yapı elemanlarının daha fazla yük alması sağlanmaktadır [24].



Şekil 2.6. Yerdeğiştirme sünekliği parametrelerinin, eşdeğer elastoplastik enerji tüketme ölçütlerine göre şematik gösterimi [25].

Akma noktası ve nihai yerdeğiştirme değerleri belirlenirken, genellikle yük-yerdeğiştirme değerleri kullanılarak oluşturulan zarf eğrilerinden faydalanılmaktadır. Şekil 2.6.'daki eğriye göre,  $\delta_y$  maksimum yükten çizilen DB doğrusuyla OC doğrusunun kesişim noktasının apsisini ve  $\delta_u$  %15 dayanım azalmasına karşılık gelen nihai yerdeğiştirmeyi göstermek üzere  $\mu$  yerdeğiştirme sünekliği, süneklik katsayısı adı verilen Denklem 2.6 ile belirlenmektedir [26],[27],[28].

$$\mu = \delta_u / \delta_y \quad (2.6)$$

#### 2.2.1.4. Dolgu duvarlı çerçevelerin enerji yutma kapasitesi

Enerji yutma kapasitesi, betonarme sisteme etki eden yükler sonucunda oluşan yük-yerdeğiştirme diyagramında eğrinin altında kalan alanı ifade etmektedir. Betonarme taşıyıcı sistemlerin veya taşıyıcı sistemi oluşturan elemanların enerji yutma kapasiteleri, süneklik oranlarının büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir. Dolgu duvarlı betonarme çerçevelerin süneklik ve rijitliği, dolgu duvarsız betonarme çerçevelerin süneklik ve rijitliğine göre daha fazla olduğu için sönüm kapasitesi daha yüksek olmaktadır.



### **2.2.2. Dolgu duvarların yapının davranışına olumsuz etkileri**

Betonarme yapılarda yaygın olarak kullanılan dolgu duvarların yapının yatay rijitliğine katkı sağladığı ve bu sebeple yapının dinamik davranışını olumlu yönde etkilediğine ilişkin genel bir yargı bulunmaktadır. Ancak dolgu duvarlarla ilgili yapılan birçok çalışma, gelişigüzel yerleştirilen dolgu duvarların yapının rijitlik dağılımını etkilediğini ve bu etki sonucunda yapının deprem anında kendisinden beklenmeyen davranışlar göstermesine sebep olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle dolgu duvarların yapıda düzensiz dağılımlarının önlenmesi ve belli kurallara göre yerleştirilmesi gerekmektedir.

Dolgu duvarlar buldukları çerçeve sistemin deprem etkisi altındaki dinamik davranışını büyük ölçüde değiştirmektedir. Bu sebeple dolgu duvarların yapının taşıyıcı sistemine olan etkileri göz önüne alınmadan yapılan hesaplamalar gerçeği yansıtmamaktadır. Dolgu duvarlar, yapının kütlesini ve rijitliğini arttırarak deprem davranışı üzerinde son derece önemli olan periyodu azaltmaktadır.

Dolgu duvarlar, yapıya gelen deprem yüklerini arttırarak veya yüklerin dağılımını değiştirerek yapının öngörülenden fazla hasar azalmasına sebep olmaktadır.

### **2.2.3. TDY 2007’de dolgu duvarların yapıya etkileri**

TDY 2007’de, dolgu duvarların planda ya da kesitte düzensiz yerleştirilmesinin sebep olabileceği olumsuz durumları engellemek amacıyla çeşitli sınırlamalar bulunmaktadır. Söz konusu sınırlamalar, dolgu duvarların yerleşim biçimlerini ve tasarımlarını kapsamaktadır. Yönetmeliğe göre, planda ve kesitte düzensizlik meydana getiren durumlar ve bu durumlara ilişkin koşullar aşağıda verilmektedir.



Yönetmeliğe göre etkili kesme alanı hesaplanırken kolon ve perdelerin kesme alanlarının toplamına ek olarak söz konusu kattaki çerçeveler arasında bulunan duvarların kesme alanlarının da %15'inin alınması gerekmektedir. Bu düzensizlik durumunda dolgu duvarların yapının kesme kuvvetine etkisi göz önüne alınmaktadır.

$\eta_{ci}$  : Dayanım düzensizliği katsayısı,

$\Sigma Ae$  : Herhangi bir katta etkili kesme alanı,

$\Sigma Ag$  : Taşıyıcı sistem elemanlarının en kesit alanlarının toplamı,

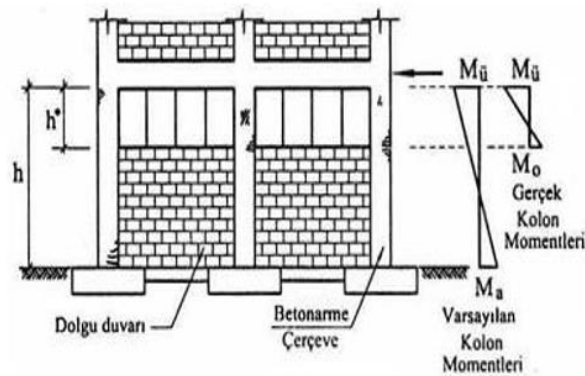
$\Sigma Ak$  : Dolgu duvarların en kesit alanlarının toplamı olmak üzere,

$$\eta_{ci} = (\Sigma Ae)_i / (\Sigma Ae)_{i+1} < 0.80 \quad (3.1)$$

$$\Sigma Ae = \Sigma Aw + \Sigma Ag + 0.15 \Sigma Ak \quad (3.2)$$

### 2.2.3.3. Kısa kolon oluşumu

Betonarme çerçeve sisteme bağlı bulunan dolgu duvarların bazı bölümlerinde mimari sebeplerden dolayı boşluklar bırakılmaktadır. Genellikle pencere oluşturmak amacıyla bırakılan boşluklar sebebiyle dolgu duvarlar kat boyunca devam etmemekte ve bu durum kısa kolon oluşumuna sebep olmaktadır. Kısa kolon oluşumu, kolon etkili boyunun kısalması sonucunda rijitliğin artması ve sonucunda da iç kuvvetlerin artması olarak açıklanmaktadır. Kısa kolon oluşumuna sebep olan bir durum Şekil 2.8.'de verilmektedir.



Şekil 2.8. Kısa kolon oluşumu





### 2.3. FEMA 306-356

Amerika Birleşik Devletleri'nde kurulan FEMA, Federal Acil Durum Yönetim Merkezi (Federal Emergency Management Agency) anlamına gelmektedir [34]. FEMA, ABD'de ortaya çıkabilecek doğal afetlere karşı önlemler alan ve bu afetler sonucu oluşan durumlara müdahale ederek, iyileştirmeler yapmak amacıyla kurulmuş bir birimdir. Bu doğrultuda, gerçekleşmesi muhtemel deprem ve olası diğer afetlere karşı mevcut yapıların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesine yönelik çeşitli standartlar ve yönetmelikler ortaya koymayı amaçlamaktadır. FEMA, çalışmalarında dolgu duvarları da ele almaktadır ve bununla ilgili olarak FEMA 273, FEMA 274 gibi dokümanlar hazırlamıştır. FEMA son olarak standart niteliğindeki FEMA 356 yayınlanmıştır.

#### 2.3.1. Dolgu duvarların davranış ve hasar biçimleri (FEMA 306)

Betonarme yapılarda bulunan dolgu duvarların tamamı, taşıma kapasitelerine ulaşıncaya kadar yük taşımaktadır. Yatay yük taşımadığı varsayılan dolgu duvarlar, taşıma kapasitelerine ulaşmadığı sürece tıpkı perde duvarlar gibi deprem yükleri taşıyarak yapının davranışını etkilemektedir [22].

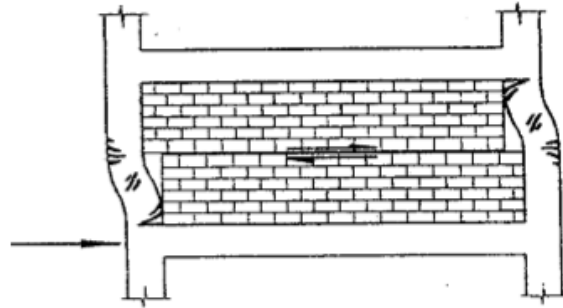
Dolgu duvarlar yapının rijitliğini artırarak dinamik davranışını olumlu yönde etkilediği gibi olumsuz yönde de etkilemektedir. Dolgu duvarlı betonarme çerçeve sistemler üzerinde yapılan deneysel çalışmalar, dolgu duvarlarda mimari amaçla bırakılan kapı, pencere gibi boşluklarının yapının rijitliğini büyük ölçüde değiştirdiğini ve betonarme yapının hasar almasına sebep olduğunu göstermektedir [33],[34].

Deprem yükleri altında dolgu duvarlı betonarme çerçeve sistemler incelendiğinde, dolgu duvarlarda bazı temel davranış biçimleri görülmektedir. Bu davranış biçimleri başlıca dört gruba ayrılmaktadır.

### 2.3.1.1. Yatay derz kayması

Dolgu duvar bloklarının örülmesinde kullanılan harcın, dolgu duvarı oluşturan bloklardan daha zayıf olması durumunda yatay yük etkisiyle yatay derz kaymaları meydana gelebilmektedir.

Derz kaymaları, dolgu duvar boyunun yarısı civarında oluşan zayıf bölgelerde meydana gelmektedir. Dolgu duvarda meydana gelen hasarlar ilerledikçe küçük ezilmelere dönüşmektedir. Dolgu duvarlar kesme kuvvetlerini karşılayamaz duruma geldiğinde yerdeğiştirmeler artmaktadır. Bu durum sonucunda kolonlarda oluşan kesme ve eğilme momentleri artmaktadır [5]. Yatay derz kaymasına ilişkin örnek bir durum Şekil 2.11.'de verilmektedir.



Şekil 2.11. Yatay derz kayması

### 2.3.1.2. Çapraz çatlama

Yatay yükler altında dolgu duvarlı çerçeve sistemlerde, dolgu duvarların köşegenleri doğrultusunda yüksek çekme ve basınç gerilmeleri oluşmaktadır. Çerçeve sistemin yapmış olduğu birim yerdeğiştirme değeri, dolgu duvarların yapmış olduğu birim yerdeğiştirme değerini aştığı zaman çapraz çatlaklar meydana gelmektedir. Söz konusu çatlaklar, dolgu duvarın merkezinde başlayarak yerdeğiştirmeler arttıkça köşegenler boyunca ilerlemektedir.

### **2.3.1.3. Köşe kırılması**

Yatay yükler altında dolgu duvarlı betonarme çerçeve sistemlerde meydana gelen gerilmelerin, dolgu duvarın köşelerinden birinde daha yüksek değere ulaşması durumunda köşe kırılmaları oluşmaktadır.

Güçlü kolon kiriş birleşim bölgelerinde kısmen küçük bir alanda oluşan köşe kırılmaları, zayıf birleşim bölgelerinde çerçeve elemanlarına kadar ulaşabilmektedir. Meydana gelen yerdeğiştirme arttıkça dolgu duvarların köşeleri tamamen ezilmekte ve çatlaklar giderek orta noktalara doğru yayılmaktadır.

### **2.3.1.4. Düzlem dışı kırılma**

Dolgu duvar düzlemine dik doğrultuda etki eden şiddetli bir yük sonucunda, yapıda ivmeler oluşmakta ve bu ivmeler sonucunda sismik kuvvetler meydana gelmektedir. Bu kuvvetler, dolgu duvarlarda kesme kuvvetleri ve momentler oluşturarak düzlem dışı sehim yapmaya zorlamaktadır. Sismik kuvvetlerin artmasıyla dolgu duvarlarda düzlem dışı kırılmalar ortaya çıkmaktadır. Yaygın olarak görülmeyen bu kırılma sonucunda, dolgu duvarda düşey ve diyagonal çatlaklar oluşmaktadır [35].



## BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, farklı malzemelerden üretilen ve farklı kalınlıklarda sıva uygulanan dolgu duvarların yatay çevrimsel yükler altında davranışlarını incelemek amacıyla yapılan deneysel çalışmalardan bahsedilmektedir. Deney elemanı olan dolgu duvarların üretiminde kullanılan malzemelerin özellikleri, duvarların üretim aşamaları, deney düzeneği, yükleme sistemi ve ölçüm düzeneği ilgili detaylar anlatılmaktadır.

### 3.1. Dolgu Duvarların Üretimlerinde Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

#### 3.1.1. Çimento

Dolgu duvarlar ile ilgili yapılan deneysel çalışmalarda kullanılan harç ve sıvanın hazırlanmasında TS – EN 197-1 uygun olarak üretilmiş CEM-IV 32,5 Portland çimento kullanılmıştır. Deney numunelerinin hazırlanmasında kullanılan çimentoya ait kimyasal ve mekanik özellikler Tablo 3.1. ve Tablo 3.2.'de verilmektedir.

Tablo 3.1. Çimentoya ait mekanik özellikler

Priz Başlangıcı	140 dk	Min. 60 dk
Priz Sonu	190 dk	-
Özgül Ağırlık	3.14 g/cm <sup>3</sup>	-
Hacim Genleşmesi	1.20 mm	Maks. 10 mm
Özgül Yüzey (Blaine)	3937 cm <sup>2</sup> /g	-
2 Günlük Dayanım	28.3 MPa	Min. 20 MPa
28 Günlük Dayanım	57.1 MPa	Min. 42.5 – Maks. 62.5 MPa

Tablo 3.2. Çimentoya ait kimyasal özellikler

SO <sub>3</sub>	2.67 %	Maks. 4 %
MgO	1.65 %	-
Kızdırma Kaybı	2.98 %	Maks. 5%
Çözünmeyen Kalıntı	0.46 %	Maks. 5%
Cl-	0.01>%	Maks. 0.1%
Toplam Alkali Na <sub>2</sub> O + 0,658*K <sub>2</sub> O	0.79%	-
Serbest Kireç	2.15%	-

### 3.1.2. Sıva ve harç

Dolgu duvarların örülmesinde ve sıvanmasında 0-5mm'lik kum, çimento ve suyun karıştırılmasıyla elde edilen harç kullanılmıştır. Deney elemanlarının üretiminde kullanılan harçların karışım oranları ve ortalama basınç dayanımları Tablo 3.3.'te verilmektedir.

Tablo 3.3. Dolgu duvarın örülmesinde ve sıvanmasında kullanılan harçların karışım oranları

	Malzeme	Hacim	Ortalama Basınç Dayanımı (MPa)
Örgü ve Sıva Harcı	Kum	3	2.56
	Çimento	1	
	Su	2	

### 3.1.3. Tuğla Blok (19x19x13.5)

Deney numunelerinin üretiminde, Yapı Malzemeleri Yönetmeliği 89/106/EEC kapsamında TS EN 771/1 Standartlarına uygun, 19x19x13.5 boyutlarında yatay delikli tuğla kullanılmıştır. Deney elemanlarının üretiminde kullanılan tuğlanın fabrikasından alınan fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 3.4.'te verilmektedir.

Tablo 3.4. Dolgu duvarların üretiminde kullanılan tuğla bloğun özellikleri

Boyut (mm)	190 x 135 x 190	Su Buharı	9.16 m
Ağırlık	3 kg	Yangına Direnç	A1
Hacim Ağırlığı	650 kg/m <sup>3</sup>	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	0.331 W/mK
Basınç Dayanımı	2 N/mm <sup>2</sup>	Bağ Dayanımı	0.15 N/mm <sup>2</sup>



Şekil 3.1. Yatay delikli tuğla bloklar kullanılarak üretilen dolgu duvar

#### 3.1.4. Bims blok (19x39x18.5)

Duvar numunelerinin hazırlanmasında kullanılan bims bloklar ISO 9001-2008 sisteminde TS-EN 771/3 ve CE standartlarına uygun olarak üretilmiştir. Dolgu duvarların üretiminde kullanılan bims blokların fabrikasından alınan fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 3.5.'te verilmektedir. Çevrimsel yükler altında gerçekleştirilen deneylerde kullanılmak üzere, bims bloklar kullanılarak üretilen örnek bir duvar numunesi Şekil 3.2.'de gösterilmektedir.

Tablo 3.5. Dolgu duvarların üretiminde kullanılan bims bloğun özellikleri

Boyut (mm)	190x390x185
Net Kuru Birim Hacim Kütlesi	750 kg/m <sup>3</sup>
Basınç Dayanımı	1.50 N/mm <sup>2</sup>
Ortalama Elastisite Modülü	70 kgk/cm <sup>2</sup>
Isı Davranış Özelliği	0.220 W/mK
Su Buharı Geçirgenliği	6.67 kg/m <sup>2</sup> spa
Yangına Direnç	A1



Şekil 3.2. Bims bloklar kullanılarak üretilen dolgu duvar

### 3.1.5. Gazbeton blok (19x25x60)

Deney elemanlarının üretiminde 19x25x60 boyutlarında, ISO 9001-2008 sisteminde TS-EN 771/4 ve CE standartlarına uygun olarak üretilen gazbeton bloklar kullanılmıştır. Dolgu duvarların üretiminde kullanılan gazbeton blokların, fabrikasından alınan fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 3.6.'da verilmektedir. Gazbeton bloklar kullanılarak üretilen örnek bir dolgu duvara ait görüntü Şekil 3.3.'te verilmektedir.

Tablo 3.6. Dolgu duvarların üretiminde kullanılan gazbeton bloğun özellikleri

Boyut	190x250x60
Basınç Dayanımı	25 kgf/cm <sup>2</sup>
Isı Davranış Özelliği	0.13 W/mK
Kuru Birim Hacim Ağırlığı	400 kg/ m <sup>3</sup>
Ortalama Elastisite Modülü	12.500 kg/cm <sup>2</sup>
Yangına Direnç	A1



Şekil 3.3. Gazbeton bloklar kullanılarak üretilen dolgu duvar

## 3.2. Deneysel Çalışmalar

### 3.2.1. Deneyin yapılışı

Dolgu duvarların çevrimsel yükler altındaki davranışlarını incelemek amacıyla yapılan deneysel çalışmalar Düzce Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı Mekaniği Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Gerçekleştirilen deneysel çalışmalar kapsamında, farklı malzemelerden üretilen dolgu duvarlara farklı kalınlıklarda sıva uygulaması yaparak dolgu duvarların davranışlarında meydana gelen değişiklikler deneysel olarak incelenmiştir. Bu amaçla yapılan deneylerde yatay delikli tuğla, bims ve gazbeton bloklar ile her farklı malzemeden üçer adet toplamda 9 adet 150cm x 150cm boyutlarında dolgu duvar elemanı üretilmiştir. Çevrimsel yükler altındaki deneylere hazırlanan dolgu duvar elemanlarından farklı malzemelerden üretilen birer tanesine salt duvar katkısının belirlenmesi amacıyla sıva uygulaması yapılmamıştır. Her farklı malzeme için geriye kalan iki adet dolgu duvar elemanına ise sırasıyla 1cm ve 2.5cm sıva uygulaması Şekil 3.4.'te gösterildiği gibi yapılmıştır.



Şekil 3.4. Dolgu duvarların örülmesi ve sıvanması

Deney elemanları olan dolgu duvarlara önceden belirlenen kalınlıklarda sıva uygulaması yapıldıktan sonra sıvanın kuruması, dolgu duvarlara tam yapışması ve dayanım kazanması için 28 gün bekletilmiştir. Çatlak oluşumunu engellemek amacıyla düzenli şekilde sulanarak bir kür uygulanmıştır. Sıva kuruyup yeterli dayanımı kazandıktan sonra dolgu duvarlar deneylere hazır hale gelmiştir. Sıva uygulamaları tamamlanan dolgu duvarlara ait bir görüntü Şekil 3.5.'te verilmektedir.

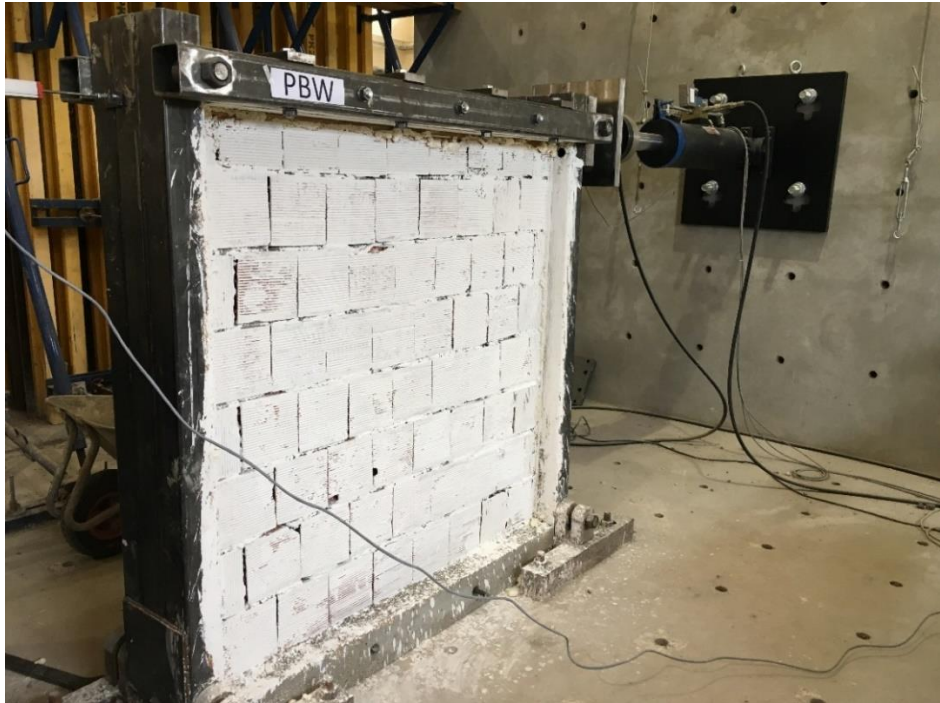


Şekil 3.5. Deneye hazırlanan dolgu duvar numuneleri

Çevrimsel yükler altındaki deneylerde kullanılmak üzere hazırlanan dolgu duvarlar sırasıyla Şekil 3.6.'daki gibi deney düzeneğine yerleştirilmiştir. Deneyler sırasında dolgu duvarların davranışlarını belirlemek amacıyla Şekil 3.7.'de gösterilen dört köşesinden mafsallı labil bir deney düzeneğinden yararlanılmıştır. Deney düzeneğine yerleştirilen dolgu duvarlara uygulanan çevrimsel yükün dolgu duvar elemanının tüm yüzeyine eşit dağılmasına dikkat edilmiştir. Bu amaçla dolgu duvarla deney düzeneği arasında boşluk kalmamasına özellikle dikkat edilmiş, boşluklar köpük yardımıyla doldurulmuştur.



Şekil 3.6. Hazırlanan dolgu duvarların deney düzeneğine yerleştirilmesi



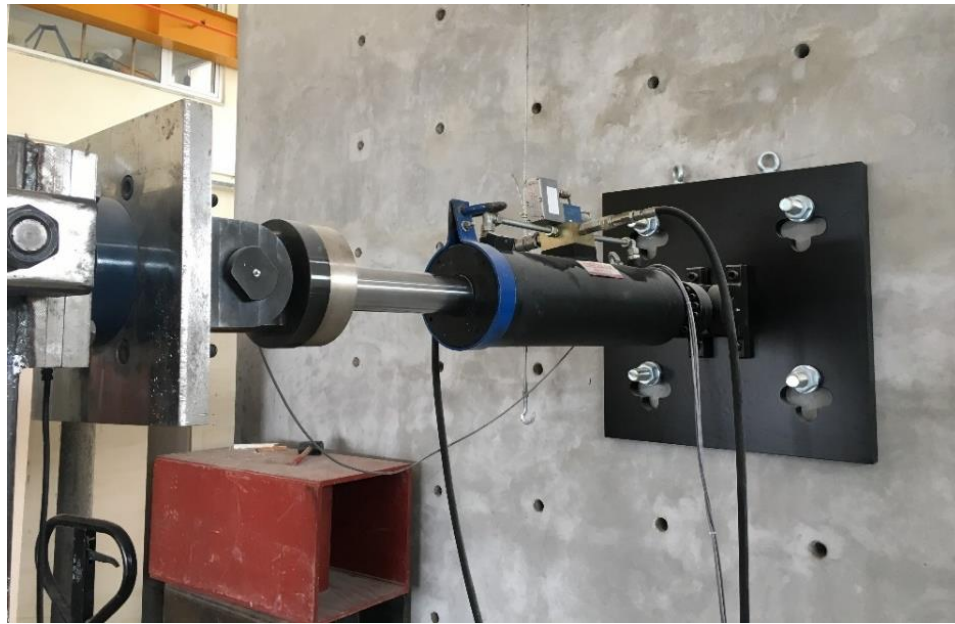
Şekil 3.7. Deney düzeneğine yerleştirilen dolgu duvar



### 3.2.2. Deneyleer sırasında kullanılan aletler ve ölçüm düzeneği

Dolgu duvarların çevrimsel yükler etkisindeki davranışlarını incelemek amacıyla kullanılan yükleme düzenekleri, ölçüm sistemleri ve bu deneyleer sırasında kullanılan aletlere ilişkin şekiller, Şekil 3.8., Şekil 3.9., Şekil 3.10. ve Şekil 3.11.'de verilmektedir.

Deneyleer sırasında dolgu duvarlara, rijit delikli duvara mesnetlenmiş halde bulunan aktüatör sistemi yardımıyla çevrimsel yükler uygulanmaktadır. Servo kontrollü 500 kN yük ve 500mm deplasman uygulama özelliğine sahip aktüatör sistemi, hidrolik güç ünitesi ve tersinir-tekrarlanır yükleme yapabilen iki ucu mafsallı bir pistondan oluşmaktadır. Aktüatör sistemine ilişkin görüntü Şekil 3.8.'de verilmektedir.



Şekil 3.8. Çevrimsel yük uygulamasında kullanılan aktüatör sistemi

Dolgu duvarlara uygulanan çevrimsel yükler, 500 kN'luk yük hücresi (loadcell) ile ölçülmektedir. Uygulanan çevrimsel yükler sonucunda, dolgu duvarların tepe noktalarında meydana gelen yerdeğiştirmeler ise lineer potansiyometrik yerdeğiştirme ölçerler (LPDT) yardımıyla belirlenmektedir.

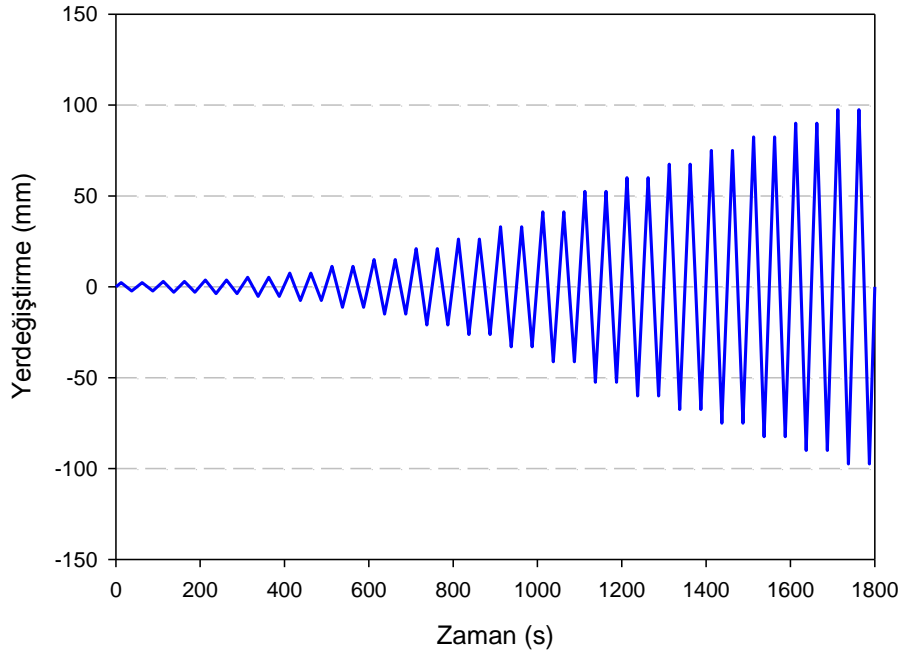
Deneyleer sırasında dolgu duvarlara uygulanan çevrimsel yükler ve bu yükler sonucunda oluşan yerdeğiştirmeler, 0.125 sn aralıklarla eř zamanlı olarak veri toplama ünitesi yardımı ile ölçölerek bilgisayar ortamında kaydedilmektedir. Çevrimsel yükler altında gerçekleştirilen deneyleer sırasında veri toplamasına ilişkin görüntü Şekil 3.9.'da verilmektedir.



Şekil 3.9. Deneylee anında verilerin toplanmasına ilişkin görüntü

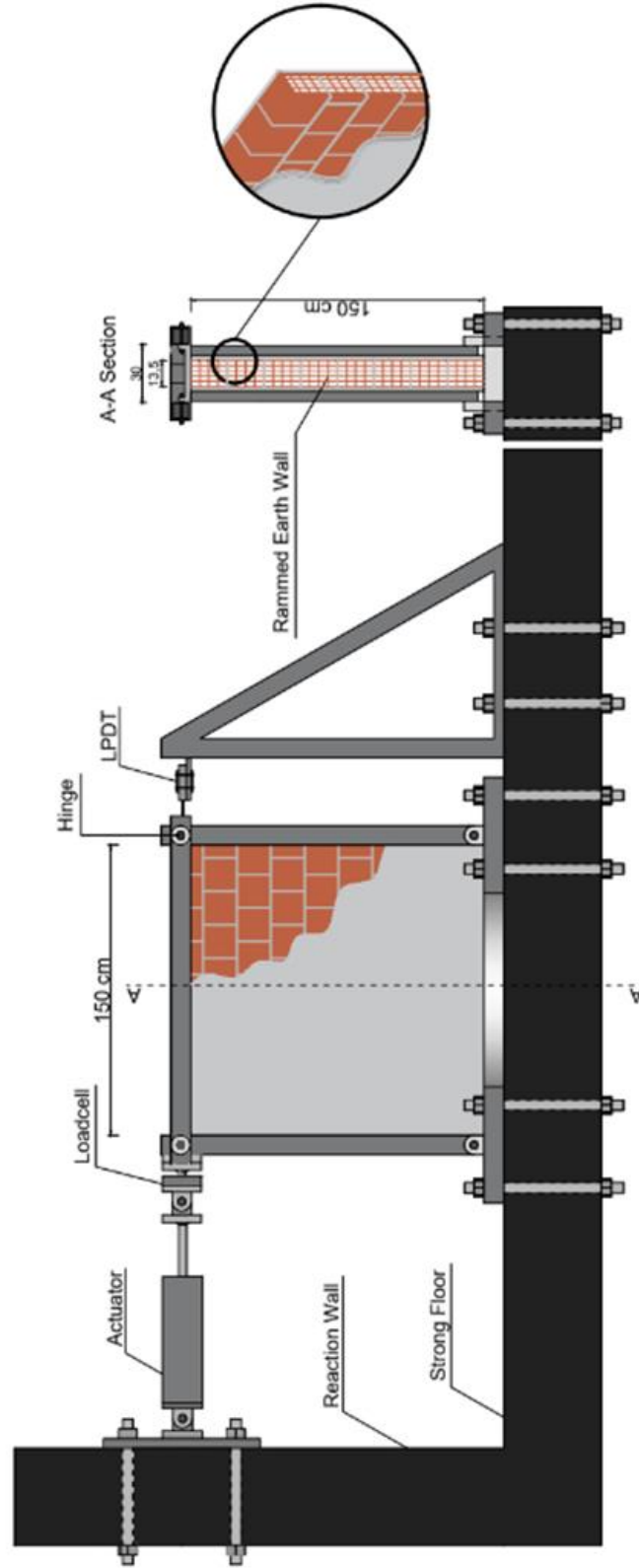
Çevrimsel yüklemeler sırasında dolgu duvarların yaptığı yerdeğiştirmeler, ötelenme oranı şeklinde belirlenmektedir. Ötelenme oranı ise dolgu duvar elemanının tepe noktasının yaptığı yerdeğiştirmenin, dolgu duvar boyuna bölünmesi ile elde edilmektedir.

Deneyleer sırasında dolgu duvarlara uygulanan çevrimsel yükler, yerdeğiştirme kontrolü ile yapılmaktadır. Çevrimsel yükleme sırasında, yani itme ve çekme anında genlikler 5mm'ye kadar 1'er mm, sonrasında ise yığışımllı olarak 5'er mm artımlarla gerçekleştirilmektedir. Çevrimsel yükler altında dolgu duvarlara uygulanan yerdeğiştirme değerlerine ilişkin kullanılan protokol Şekil 3.10.'da verilmektedir.



Şekil 3.10. Dolgu duvarların yüklenmesinde kullanılan çevrimsel yükleme şeması

Deneyler sırasında dolgu duvarlara, FEMA 461’de önerilen yükleme protokolüne göre yerdeğiştirme değerleri uygulanmaktadır [36]. FEMA 461’de belirtilen yükleme protokolüne göre deney elemanlarına uygulanan yerdeğiştirme değerleri kademeli olarak artan ve tekrarlanan yük çevrimlerinden oluşmaktadır. FEMA 461’de deney elemanlarına uygulanan çevrimsel yüklemenin en az iki kez tekrarlanması gerektiği belirtilmektedir. Söz konusu protokole göre, dolgu duvarlara uygulanan çevrimsel yükleme sırasında en az 10 çevrimde belirlenen maksimum yerdeğiştirmeye ulaşması gerekmektedir. Deneyler sırasında, dolgu duvarlara her çevrimde uygulanan yerdeğiştirme büyüklüğü giderek arttırılmaktadır. FEMA 461’de, dolgu duvarlarda hangi yerdeğiştirme adımında belirgin deformasyonların oluşması öngörülüyorsa bu yerdeğiştirme değerine altı adımda ulaşılması önerilmektedir.



Şekil 3.11. Deneysel ve ölçüm düzeniği

### 3.2.3. Deney numunelerinin isimlendirilmesi

Tuğla, bims ve gazbeton kullanılarak üretilen 150cm x 150cm boyutlarında 9 adet dolgu duvar elemanı, deprem yüklerini simule etmesi açısından tersinir-tekrarlanır yükler etkisinde deneylere tabi tutulmuştur. Üretilen dolgu duvarlara farklı kalınlıklarda sıva uygulanarak sıva kalınlığının, dolgu duvarların davranışları üzerindeki etkilerini belirlemek amaçlanmıştır. Bu amaçla yapılan deneylerde kullanılmak üzere üretilen dolgu duvar numunelerinin kısaltmaları ve özellikleri Tablo 3.7.'de verilmektedir.

Tablo 3.7. Dolgu duvar elemanlarının isimlendirilmesi

PBW	Sıva uygulanmayan, yatay delikli tuğlalar ile üretilen dolgu duvar
BW-1.0	1 cm sıva uygulanan, yatay delikli tuğlalar ile üretilen dolgu duvar
BW-2.5	2.5 cm sıva uygulanan, yatak delikli tuğlalar ile üretilen dolgu duvar
PPW	Sıva uygulanmayan, bims bloklar ile üretilen dolgu duvar
PW-1.0	1 cm sıva uygulanan, bims bloklar ile üretilen dolgu duvar
PW-2.5	2.5 cm sıva uygulanan, bims bloklar ile üretilen dolgu duvar
PAW	Sıva uygulanmayan, gazbeton bloklar ile üretilen dolgu duvar
AW-1.0	1 cm sıva uygulanan, gazbeton bloklar ile üretilen dolgu duvar
AW-2.5	2.5 cm sıva uygulanan, gazbeton bloklar ile üretilen dolgu duvar

## **BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI**

### **4.1. Çevrimsel Yükler Altında Deney Elemanlarına Ait Bulgular**

Düzce Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı Mekaniği Laboratuvarı'nda gerçekleştirilen deneysel çalışmalar kapsamında yatay delikli tuğla, bims ve gazbeton kullanılarak üretilen 150 cm x 150 cm boyutlarında 9 adet dolgu duvar numunesi sıvasız, 1cm sıvalı ve 2.5 cm sıvalı olarak çevrimsel yüklere (tersinir-tekrarlanır) maruz bırakılmıştır. Çevrimsel yükler altında, dolgu duvarların davranışlarında meydana gelen değişiklere ait deney bulguları grafiksel olarak elde edilmiştir.

Çevrimsel yükler altında gerçekleştirilen deneyler sonucunda, dolgu duvarlara ait Yük-Yerdeğiştirme Eğrileri, Dayanım Zarfı Eğrileri ve bu eğriler doğrultusunda Enerji Tüketme Kapasitesi Eğrileri ve Rijitlik Azalım Eğrileri elde edilmiştir. Bu eğriler yardımı ile dolgu duvarların davranışlarında meydana gelen farklılıklar belirlenmiş ve dolgu duvarların davranışları birbirleriyle kıyaslanmıştır.

#### **4.1.1. Tuğla bloklarla üretilen ve sıva uygulaması yapılmayan dolgu duvara ait bulgular (PBW)**

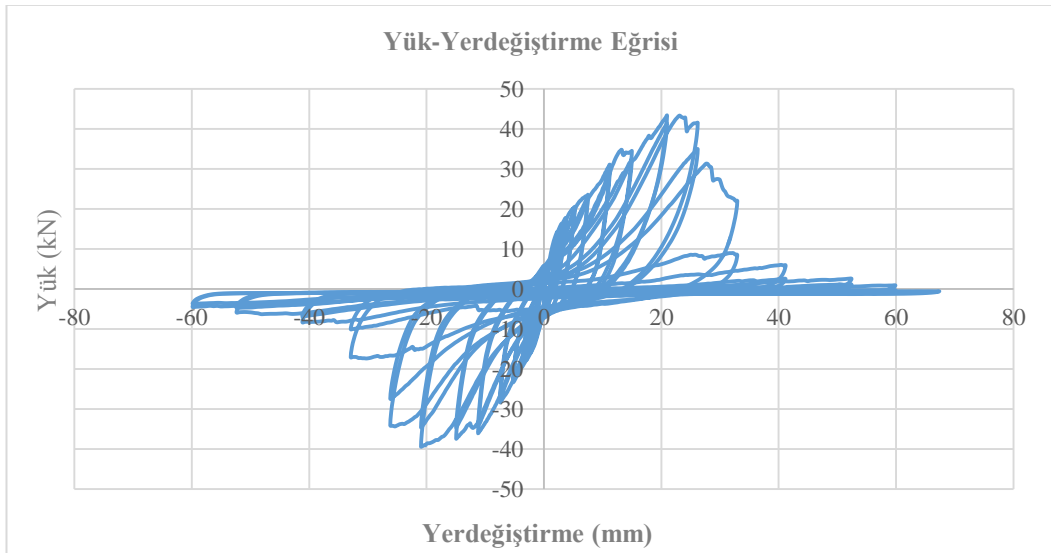
Çevrimsel yükler altında davranışları incelenen dolgu duvarlardan yatay delikli tuğla bloklar ile üretilen ve sıva uygulaması yapılmayan PBW dolgu duvarına ait deney başlangıcında ve deney sırasında elde edilen görüntüler Şekil 4.1.'de verilmektedir.

Çevrimsel yükler altında gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen PBW dolgu duvarına ait histerik Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi Şekil 4.2.'de verilmektedir.

Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi incelendiğinde, itme yönünde elde edilen maksimum yükün 43.35 kN ve bu değere karşılık gelen yerdeğiştirmenin 20.97 mm, çekme yönünde elde edilen maksimum yükün 39.40 kN ve bu değere karşılık gelen yerdeğiştirmenin ise 20.96 mm olduğu görülmektedir.



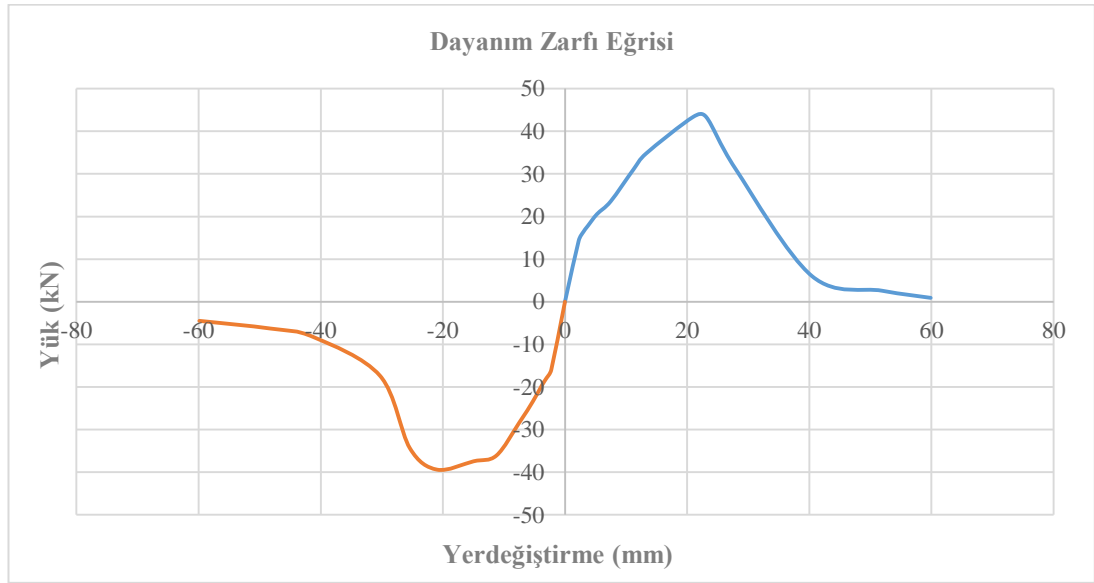
Şekil 4.1. PBW dolgu duvarının deney başlangıcı ve deney anı görüntüleri



Şekil 4.2. PBW dolgu duvarına ait histerik yük-yerdeğiştirme eğrisi

Histerik Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi'nden görüldüğü gibi PBW dolgu duvarı maksimum yük taşıma kapasitesine itme yönünde %1.40, çekme yönünde ise %1.39 bağıl ötelenmeyle ulaşmaktadır.

Çevrimsel yükler altında gerçekleştirilen deneyler sonucunda, PBW dolgu duvarlarına ait yük-yerdeğiştirme çevrimlerinin tepe noktalarının birleştirilmesiyle elde edilen Dayanım Zarfı Eğrisi Şekil 4.3.'te verilmektedir.

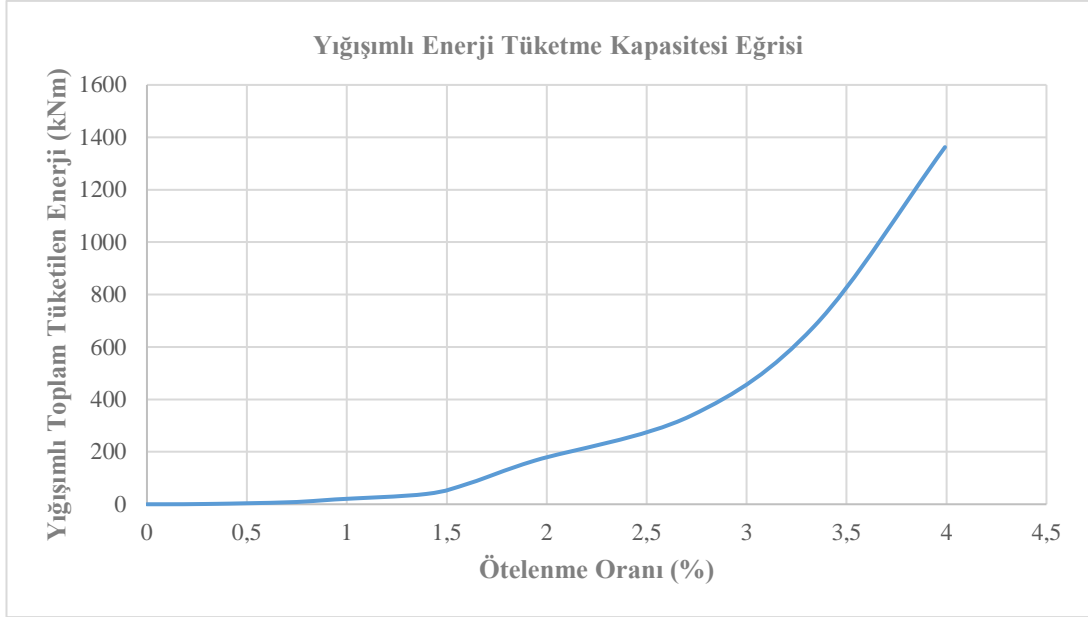


Şekil 4.3. PBW dolgu duvarına ait dayanım zarfı eğrisi

Dayanım Zarfı Eğrisi incelendiğinde, dolgu duvara ait itme ve çekme yönünde elde edilen davranışların yaklaşık olarak simetrik olduğı görülmektedir. Elastoplastik enerji tüketme ölçütlerine göre PBW dolgu duvarına ait yerdeğiştirme sünekliğı,  $\mu = \delta u / \delta y$  itme yönünde 1.73, çekme yönünde ise 2.70 olarak hesaplanmaktadır.

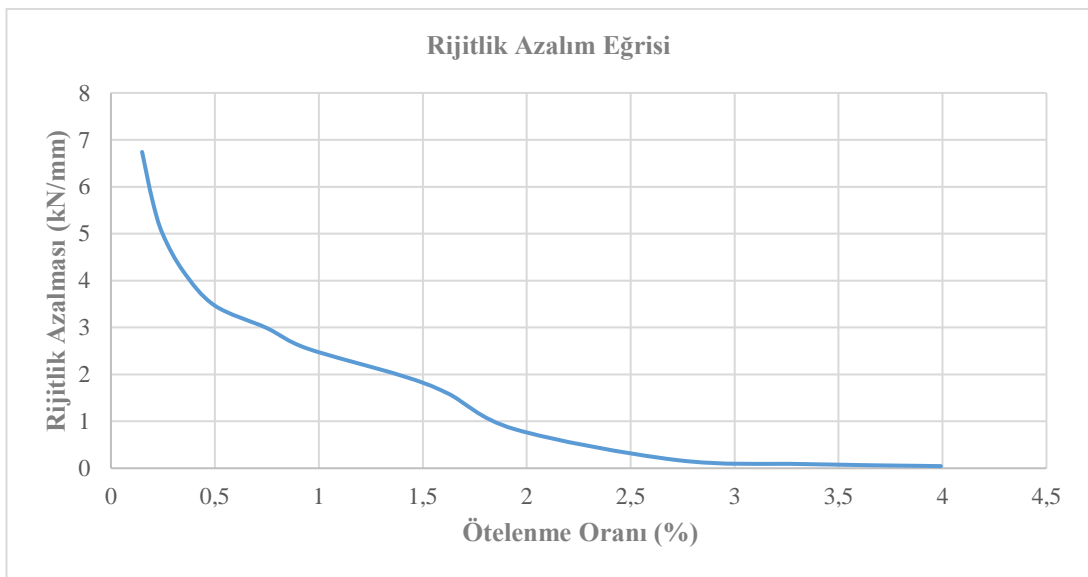
Çevrimsel yükler altındaki deneyler sırasında PBW dolgu duvarının her çevrimde tükettiğı toplam enerji, Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi'nin altında kalan alanların yığışimli olarak toplanmasıyla elde edilmektedir. Elde edilen yığışimli toplam tüketilen enerji değerleri ve bu değerlere karşılık gelen ötelenme oranları arasındaki bağıntı Şekil 4.4.'te gösterilen Yığışimli Enerji Tüketme Kapasitesi Eğrisi ile verilmektedir. PBW dolgu duvarının deney sonunda tükettiğı toplam enerji miktarı 1362 kNm olarak ortaya çıkmaktadır.





Şekil 4.4. PBW dolgu duvarına ait yığışım enerji tüketme kapasitesi eğrisi

PBW dolgu duvarına ait rijitlik azalması ve ötelenme oranı arasındaki ilişki Şekil 4.5.'te gösterilen Rijitlik Azalım Eğrisi ile verilmektedir. Yatay çevrimsel yükler altında, dolgu duvarlarda çatlaklar oluşmaya başladığı anda dolgu duvarların rijitliğinde de azalmaya oluşmaya başlamaktadır. Şekil 4.5.'te görüldüğü gibi PBW dolgu duvarının başlangıç rijitliği 6.74 kN/mm iken deney sonunda rijitliği 0.05 kN/mm değerine kadar düşmektedir. Deneyler sonunda PBW dolgu duvarı, rijitliğinin yaklaşık %99.26'sını kaybetmektedir.



Şekil 4.5. PBW dolgu duvarına ait rijitlik azalım eğrisi

PBW dolgu duvarına ait çevrimsel yükler altındaki deneyler sonunda elde edilen görüntü Şekil 4.6.'da verilmektedir. Şekilden görüldüğü gibi PBW dolgu duvarı deneyler sonunda rijitliğinin neredeyse tamamını kaybetmektedir.



Şekil 4.6. PBW dolgu duvarının deney sonu görüntüsü

#### 4.1.2. Tuğla bloklarla üretilen ve 1.0 cm sıva uygulaması yapılan dolgu duvara ait bulgular (BW-1.0)

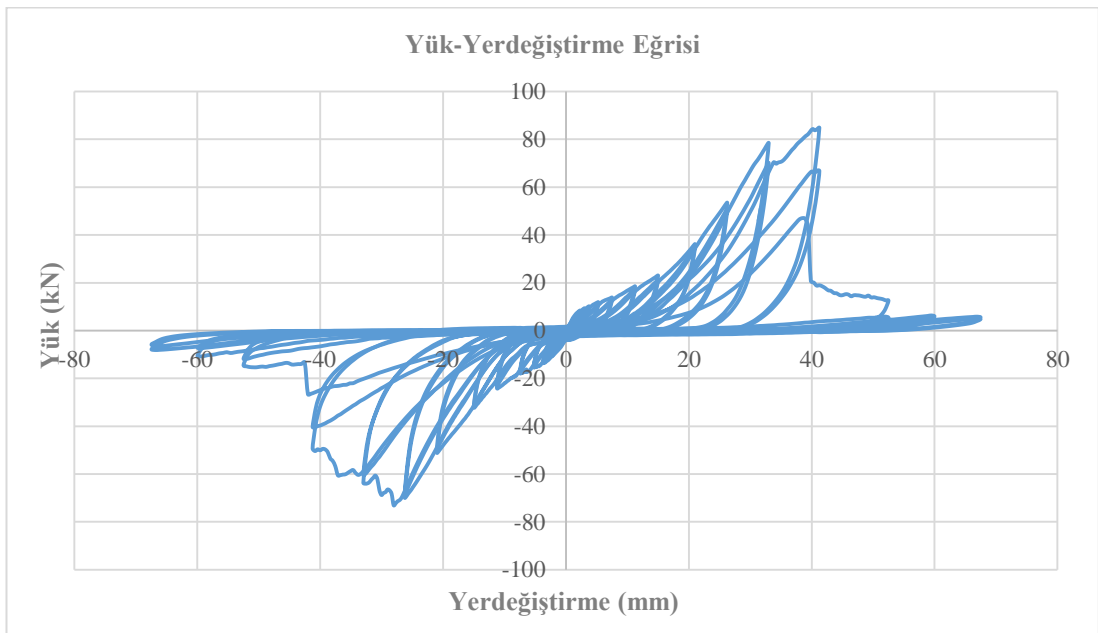
Çevrimsel yükler altında davranışları incelenen dolgu duvarlardan yatay delikli tuğla bloklar kullanılarak üretilen ve 1 cm sıva uygulaması yapılan BW-1.0 dolgu duvarına ait deneyler sırasında elde edilen görüntü Şekil 4.7.'de verilmektedir.

Çevrimsel yükler altındaki deneyler sonucunda BW-1.0 dolgu duvarına ait elde edilen histerik Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi Şekil 4.8.'de verilmektedir. Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi incelendiğinde itme yönünde elde edilen maksimum yükün 84.34 kN ve bu değere karşılık gelen yerdeğiştirmenin 40.14 mm, çekme yönünde elde edilen maksimum yükün 73.03 kN ve bu değere karşılık gelen yerdeğiştirmenin ise 28.06 mm olduğu görülmektedir.



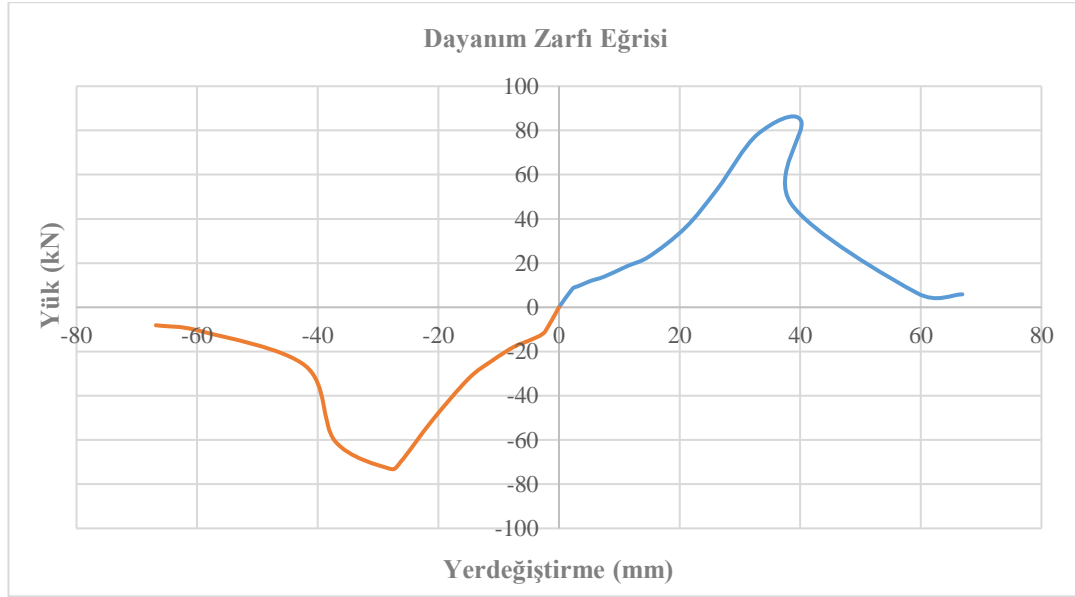
Şekil 4.7. BW-1.0 dolgu duvarının deneyler sırasında görüntüsü

Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi'nden görüldüğü gibi BW-1.0 dolgu duvarı maksimum yük taşıma kapasitesine itme yönünde %2.67, çekme yönünde ise %1.87 bağlı ötelenmeyle ulaşmaktadır.



Şekil 4.8. BW-1.0 dolgu duvarına ait histerik yük-yerdeğiştirme eğrisi

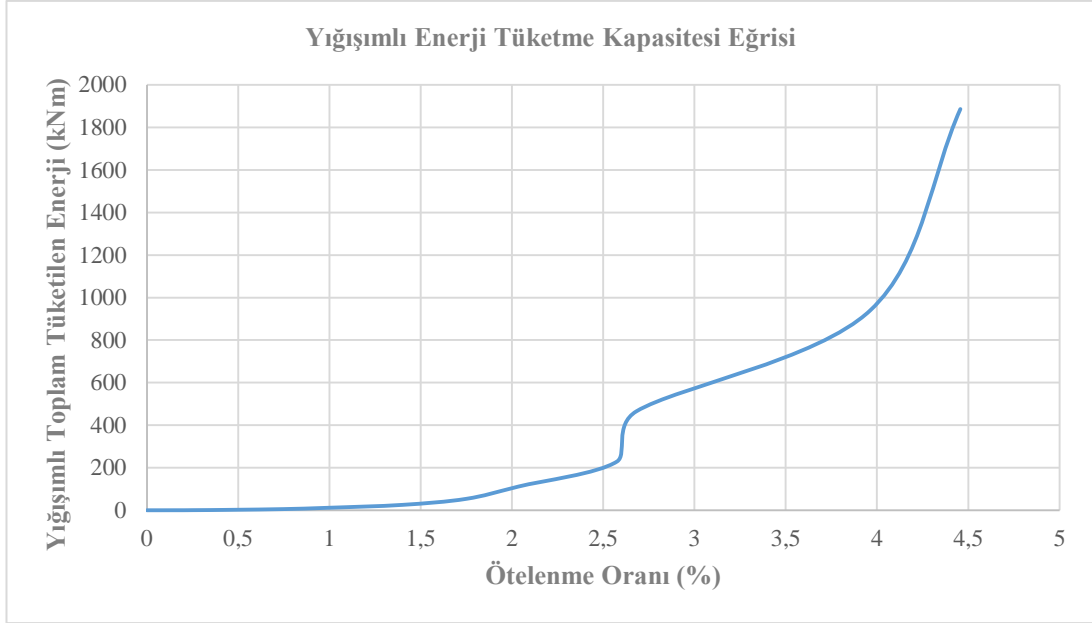
Çevrimsel yükler altında gerçekleştirilen deneyler sonucunda BW-1.0 dolgu duvarlarına ait yük-yerdeğiştirme çevrimlerinin tepe noktalarının birleştirilmesiyle elde edilen Dayanım Zarfı Eğrisi Şekil 4.9.'da verilmektedir. Dayanım Zarfı Eğrisi incelendiğinde, BW-1.0 dolgu duvarına ait itme ve çekme yönünde davranışın yaklaşık olarak simetrik olduğu görülmektedir.



Şekil 4.9. BW-1.0 dolgu duvarına ait dayanım zarfı eğrisi

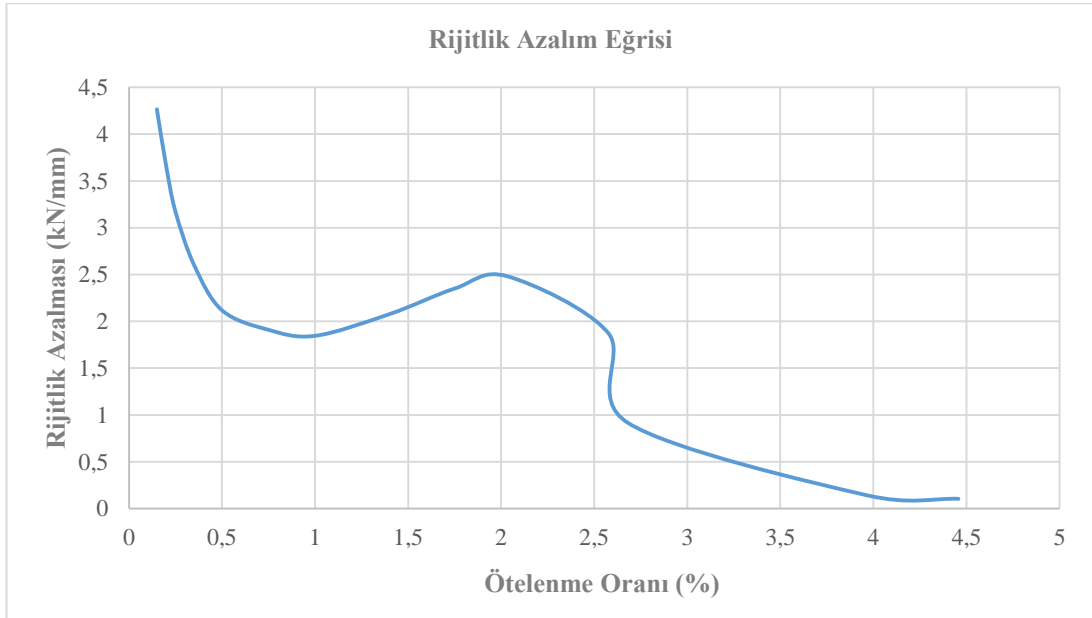
Elastoplastik enerji tüketme ölçütlerine göre, BW-1.0 dolgu duvarına ait yerdeğiştirme sünekliği,  $\mu = \delta_u / \delta_y$  itme yönünde 1.27, çekme yönünde ise 1.61 olarak hesaplanmaktadır.

Deneysel sırasında, BW-1.0 dolgu duvarının her çevrimde tükettiği toplam enerji, Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi'nin altında kalan alanların yığışımli olarak toplanmasıyla elde edilmektedir. Elde edilen yığışımli toplam tüketilen enerji ve bu değerlere karşılık gelen ötelenme oranları arasındaki bağıntı Şekil 4.10.'da verilmektedir. BW-1.0 dolgu duvarının deney sonunda tükettiği toplam enerji miktarı 1886 kNm olarak görülmektedir.



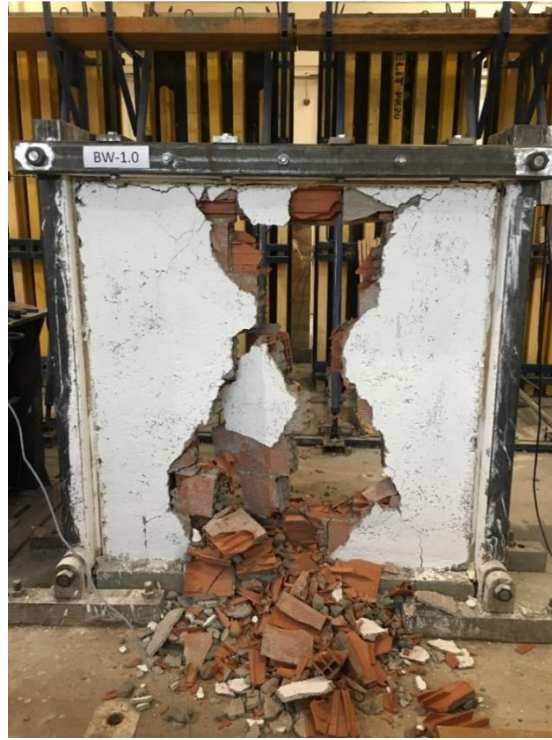
Şekil 4.10. BW-1.0 dolgu duvarına ait yığışımlı enerji tüketme kapasitesi eğrisi

BW-1.0 dolgu duvarına ait rijitlik azalması ve ötelenme oranı arasındaki ilişki Şekil 4.11.'de verilmektedir. Yatay çevrimsel yükler altında dolgu duvarlarda çatlaklar oluşmaya başladığı anda dolgu duvarın rijitliğinde de azalmaya oluşmaya başlamaktadır.



Şekil 4.11. BW-1.0 dolgu duvarına ait rijitlik azalım eğrisi

Rijitlik Azalım Eğrisi'nden görüldüğü gibi BW-1.0 dolgu duvarının başlangıç rijitliği 4.26 kN/mm iken deney sonunda rijitliği 0.10 kN/mm değerine kadar düşmektedir. Çevrimsel yükler altında BW-1.0 dolgu duvarı rijitliğinin yaklaşık %97.65'ini kaybetmektedir. Şekil 4.11.'de verilen eğri incelendiğinde, BW-1.0 dolgu duvarının deney sonunda rijitliğinin büyük bir kısmını kaybettiği görülmektedir. BW-1.0 dolgu duvarına ait deneyler sonunda elde edilen görüntü Şekil 4.12.'de verilmektedir.



Şekil 4.12. BW-1.0 dolgu duvarının deney sonu görüntüsü

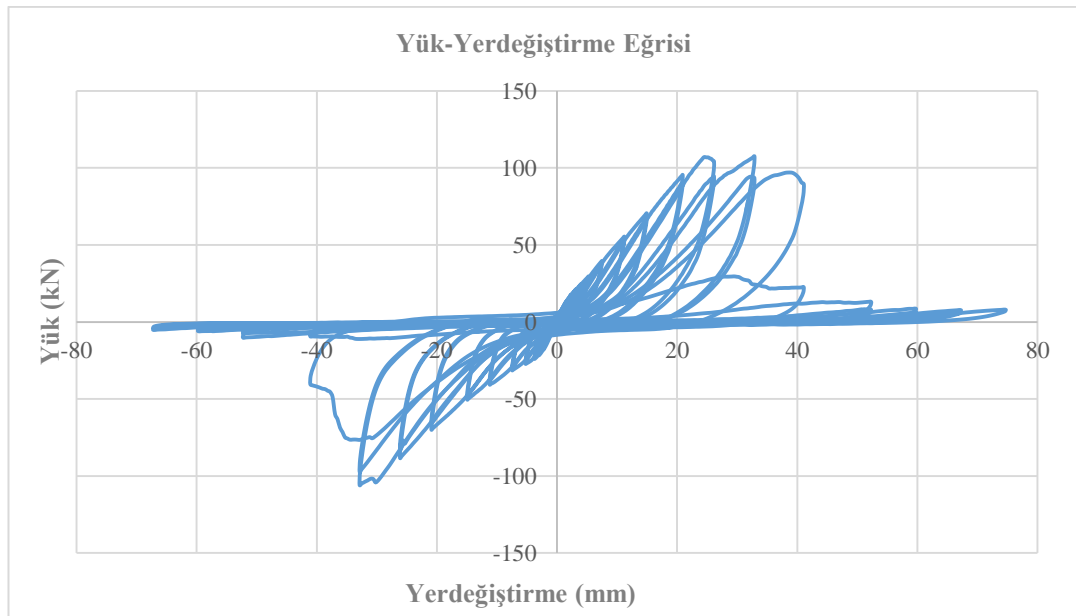
#### **4.1.3. Tuğla bloklarla üretilen ve 2.5 cm sıva uygulaması yapılan dolgu duvara ait bulgular (BW-2.5)**

Çevrimsel yükler altında davranışları incelenen dolgu duvarlardan yatay delikli tuğla bloklar kullanılarak üretilen ve 2.5 cm sıva uygulanan BW-2.5 dolgu duvarına ait deneyler sırasında elde edilen görüntü Şekil 4.13.'te verilmektedir.



Şekil 4.13. BW-2.5 dolgu duvarının deney anı görüntüsü

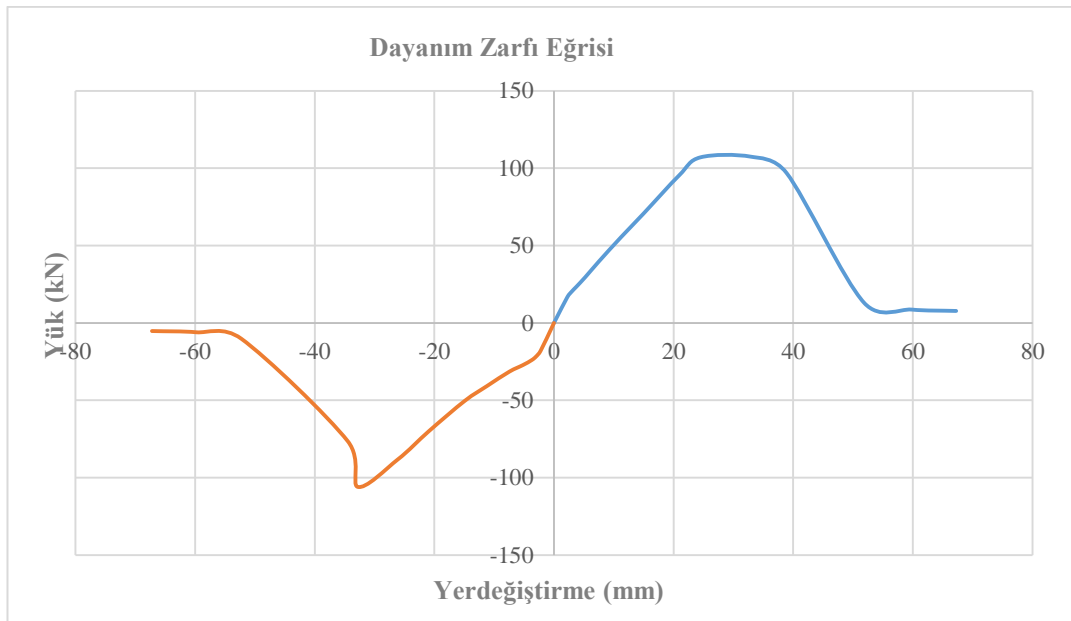
Çevrimsel yükler altında gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen BW-2.5 dolgu duvarına ait histerik Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi Şekil 4.14.'te verilmektedir. Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi incelendiğinde itme yönünde elde edilen maksimum yükün 107.48 kN ve bu değere karşılık gelen yerdeğiştirmenin 32.88 mm, çekme yönünde elde edilen maksimum yükün 105.88 kN ve bu değere karşılık gelen yerdeğiştirmenin ise 32.86 mm olduğu görülmektedir.



Şekil 4.14. BW-2.5 dolgu duvarına ait histerik yük-yerdeğiştirme eğrisi

Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi'nden görüldüğü gibi BW-2.5 dolgu duvarı maksimum yük taşıma kapasitesine itme yönünde %2.59, çekme yönünde ise %2.19 bağılı ötelenmeyle ulaşmaktadır.

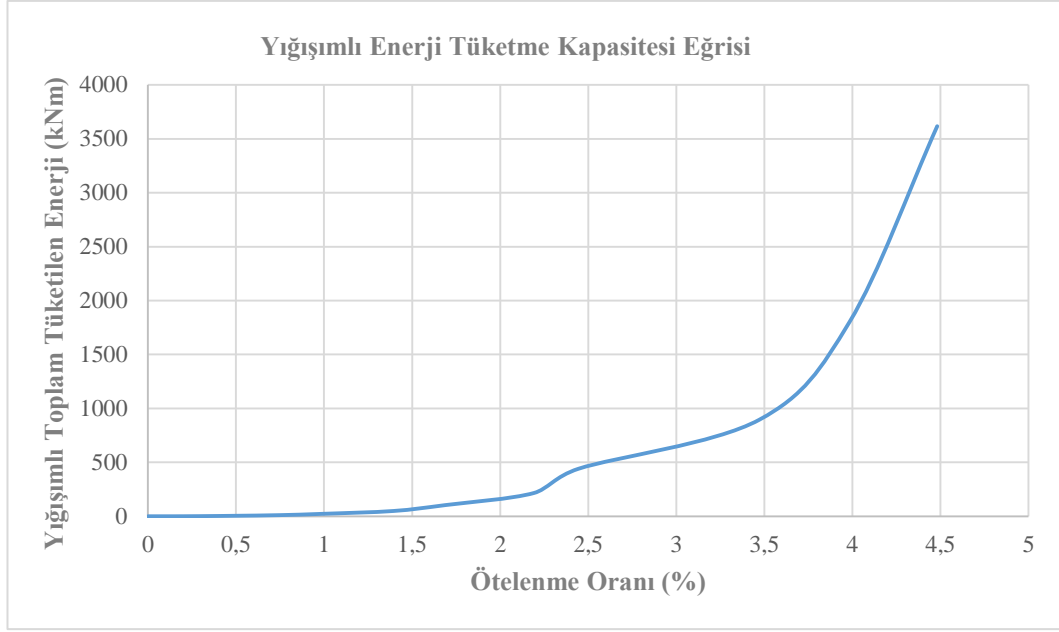
Çevrimsel yükler altında gerçekleştirilen deneyler sonucunda, BW-2.5 dolgu duvarına ait yük-yerdeğiştirme çevrimlerinin tepe noktalarının birleştirilmesiyle elde edilen Dayanım Zarfı Eğrisi Şekil 4.15.'te verilmektedir. Dayanım Zarfı Eğrisi incelendiğinde, dolgu duvara ait itme ve çekme yönünde davranışının diğeri dolgu duvarlardaki gibi yaklaşık olarak simetrik olduğı görülmektedir. Elastoplastik enerji tüketme ölçütlerine göre, BW-2.5 dolgu duvarına ait yerdeğiştirme sünekliğı,  $\mu = \delta u / \delta y$  itme yönünde 1.73, çekme yönünde ise 1.29 olarak hesaplanmaktadır.



Şekil 4.15. BW-2.5 dolgu duvarına ait dayanım zarfı eğrisi

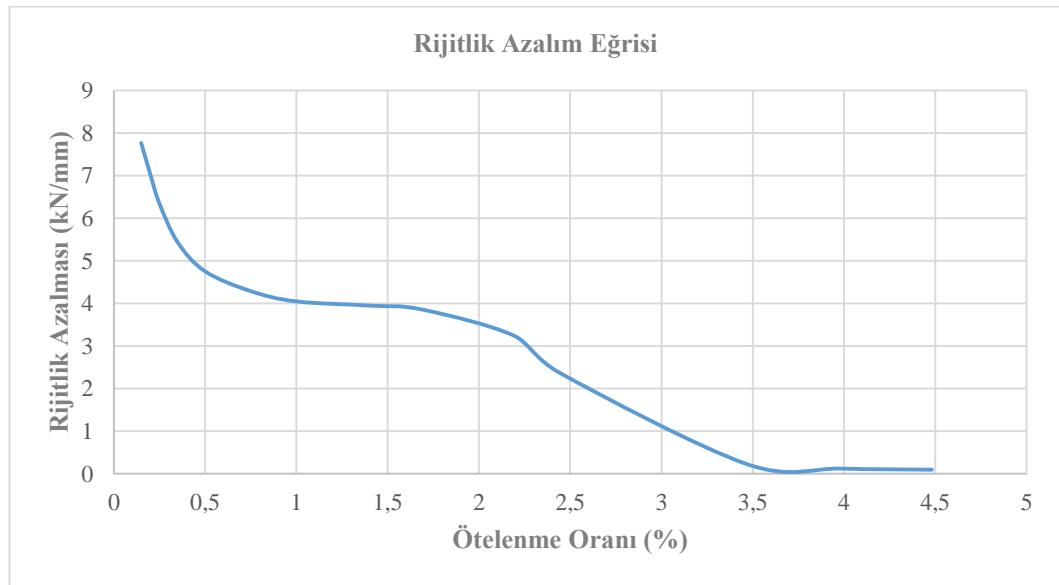
Deneyler sırasında BW-2.5 dolgu duvarının her çevrimde tükettiğı toplam enerji, Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi'nin altında kalan alanların yığışımlı olarak toplanmasıyla elde edilmektedir. Elde edilen yığışımlı toplam tüketilen enerji ve bu değerlere karşılık gelen ötelenme oranları arasındaki bağıntı Şekil 4.16.'da verilmektedir. BW-2.5 dolgu duvarının deney sonunda tükettiğı toplam enerji miktarı 3617 kNm olarak görülmektedir.





Şekil 4.16. BW-2.5 dolgu duvarına ait yığışım enerji tüketme kapasitesi eğrisi

BW-2.5 dolgu duvarına ait rijitlik azalması ve ötelenme oranı arasındaki ilişki Şekil 4.17.'de verilmektedir. Rijitlik Azalım Eğrisi'nden görüldüğü gibi BW-2.5 dolgu duvarının başlangıç rijitliği 7.77 kN/mm iken, deney sonunda rijitliği 0.10 kN/mm değerine kadar düşmektedir. Çevrimsel yükler altında BW-2.5 dolgu duvarı rijitliğinin yaklaşık %98.71'ini kaybetmektedir.



Şekil 4.17. BW-2.5 dolgu duvarına ait rijitlik azalım eğrisi

BW-2.5 dolgu duvarıyla ilgili Şekil 4.17.'de verilen grafik incelendiğinde deney sonunda önemli bir rijitlik azalması olduğu görülmektedir. BW-2.5 dolgu duvarına ait çevrimsel yükler altındaki deneyler sırasında ortaya çıkan görüntü Şekil 4.18.'de verilmektedir.



Şekil 4.18. BW-2.5 dolgu duvarının deneyler sırasında görüntüsü

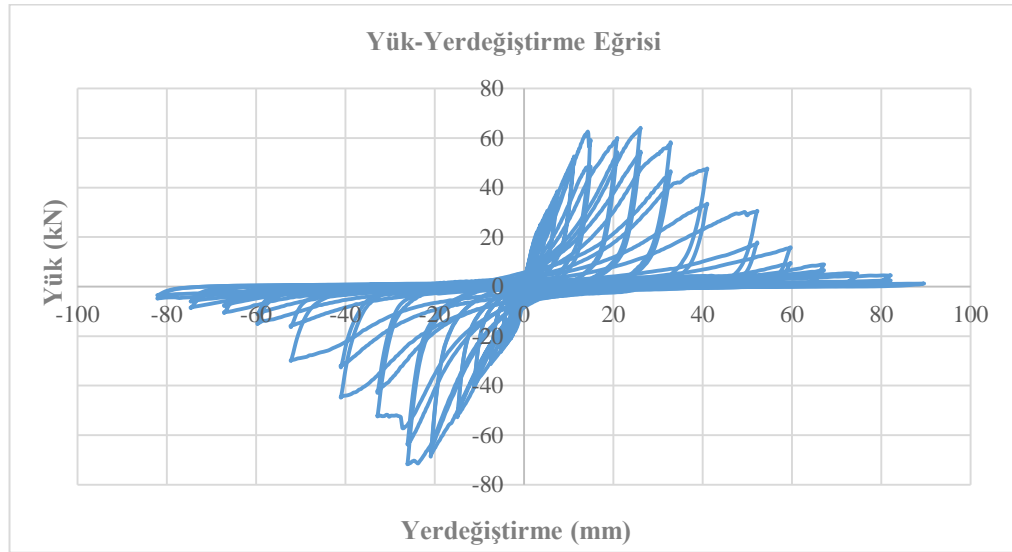
#### 4.1.4. Bims bloklarla üretilen ve sıva uygulaması yapılmayan dolgu duvara ait bulgular (PPW)

Çevrimsel yükler altında davranışları incelenen dolgu duvarlardan, bims bloklar ile üretilen ve sıva uygulaması yapılmayan PPW dolgu duvarına ait deney başlangıcında elde edilen görüntü Şekil 4.19.'da verilmektedir.

Çevrimsel yükler altındaki deneyler sonucunda elde edilen PPW dolgu duvarına ait histerik Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi Şekil 4.20.'de verilmektedir. Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi incelendiğinde itme yönünde elde edilen maksimum yükün 64.17 kN ve bu değere karşılık gelen yerdeğiştirmenin 26.15 mm, çekme yönünde elde edilen maksimum yükün 71.77 kN ve bu değere karşılık gelen yerdeğiştirmenin ise 26.14 mm olduğu görülmektedir. Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi'nden görüldüğü gibi PPW dolgu duvarı maksimum yük taşıma kapasitesine itme yönünde %1.74, çekme yönünde ise %1.74 bağıl ötelenmeyle ulaşmaktadır.

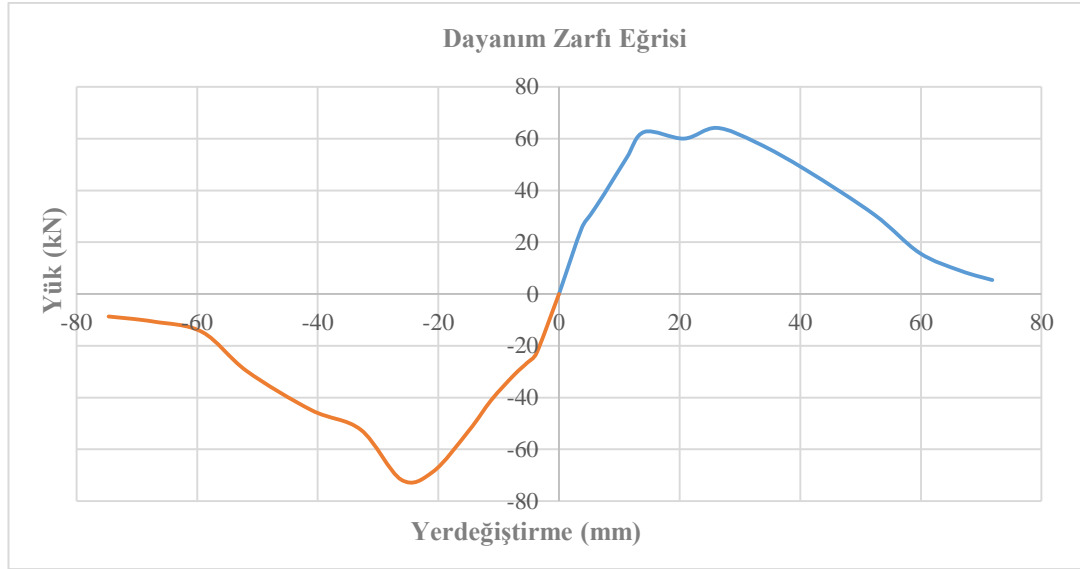


Şekil 4.19. PPW dolgu duvarının deney başlangıcı görüntüsü



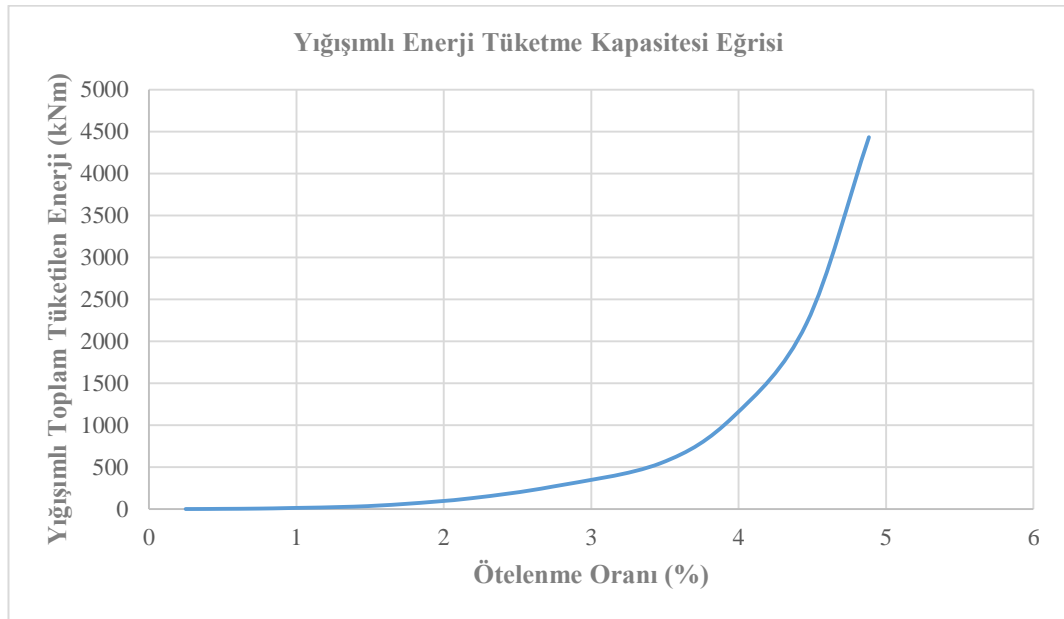
Şekil 4.20. PPW dolgu duvarına ait histeriktik yük-yerdeğiştirme eğrisi

Çevrimsel yükler altında gerçekleştirilen deneyler sonucunda PPW dolgu duvarlarına ait yük-yerdeğiştirme çevrimlerinin tepe noktalarının birleştirilmesiyle elde edilen Dayanım Zarfı Eğrisi Şekil 4.21.'de verilmektedir. Dayanım Zarfı Eğrisi incelendiğinde, diğer dolgu duvarlarda olduğu gibi itme ve çekme yönünde davranışın yaklaşık olarak simetrik olduğu görülmektedir. Elastoplastik enerji tüketme ölçütlerine göre PPW dolgu duvarına ait yerdeğiştirme sünekliği,  $\mu = \delta_u / \delta_y$  itme yönünde 2.53 çekme yönünde ise 1.53 olarak hesaplanmaktadır.



Şekil 4.21. PPW dolgu duvarına ait dayanım zarfı eğrisi

Deneyle sırasında PPW dolgu duvarının her çevrimde tükettiği toplam enerji, Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi'nin altında kalan alanların yığışimli olarak toplanmasıyla elde edilmektedir. Elde edilen yığışimli toplam tüketilen enerji ve bu değerlere karşılık gelen ötelenme oranları arasındaki ilişki Şekil 4.22.'de verilmektedir. Yığışimli Enerji Tüketme Kapasitesi Eğrisi incelendiğinde PPW dolgu duvarının deney sonunda tükettiği toplam enerji miktarı 4443 kNm olduğu görülmektedir.

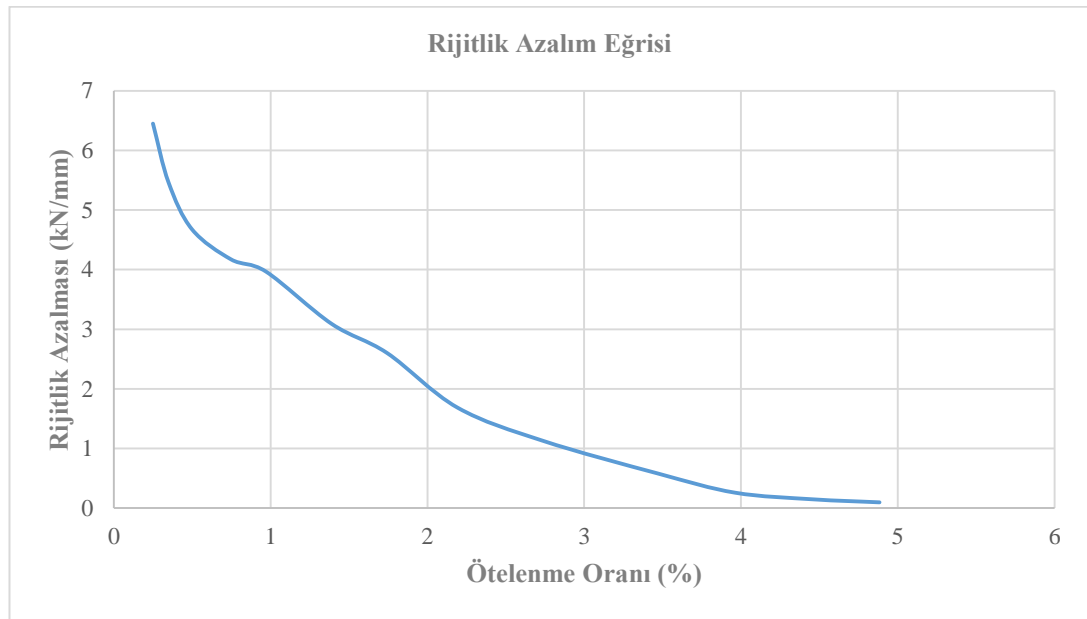


Şekil 4.22. PPW dolgu duvarına ait yığışimli enerji tüketme kapasitesi eğrisi

PPW dolgu duvarına ait Rijitlik Azalım Eğrisi Şekil 4.23.'te verilmektedir. Diğer deney elemanlarında olduğu gibi dolgu duvar çatlama başladığı anda rijitliği de azalmaya başlamaktadır.

Rijitlik Azalım Eğrisi'nden görüldüğü gibi PPW dolgu duvarının başlangıç rijitliği 6.45 kN/mm iken deney sonunda rijitliği 0.1 kN/mm değerine kadar düşmektedir. Çevrimsel yükler altında PPW dolgu duvarı rijitliğinin yaklaşık %98.45'ini kaybetmektedir.

Şekil 4.23.'te verilen Rijitlik Azalım Eğrisi incelendiğinde, çevrimsel yükler altındaki deneyler sonucunda PPW dolgu duvarının rijitliğinin neredeyse tamamını kaybettiği görülmektedir.

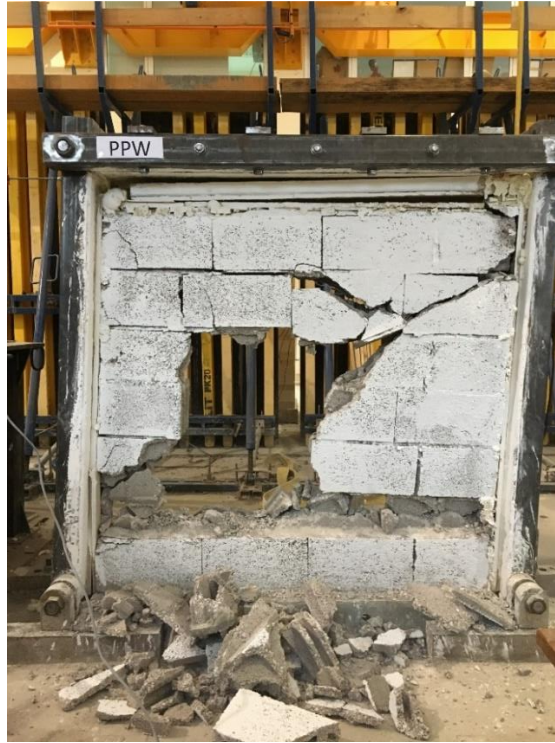


Şekil 4.23. PPW dolgu duvarına ait rijitlik azalım eğrisi

PPW dolgu duvarına ait deney başlangıcında, deney sırasında ve deney sonunda elde edilen görüntüler sırasıyla Şekil 4.24. ve Şekil 4.25.'te verilmektedir.



Şekil 4.24. PPW dolgu duvarının deney anı görüntüleri



Şekil 4.25. PPW dolgu duvarının deney sonu görüntüsü

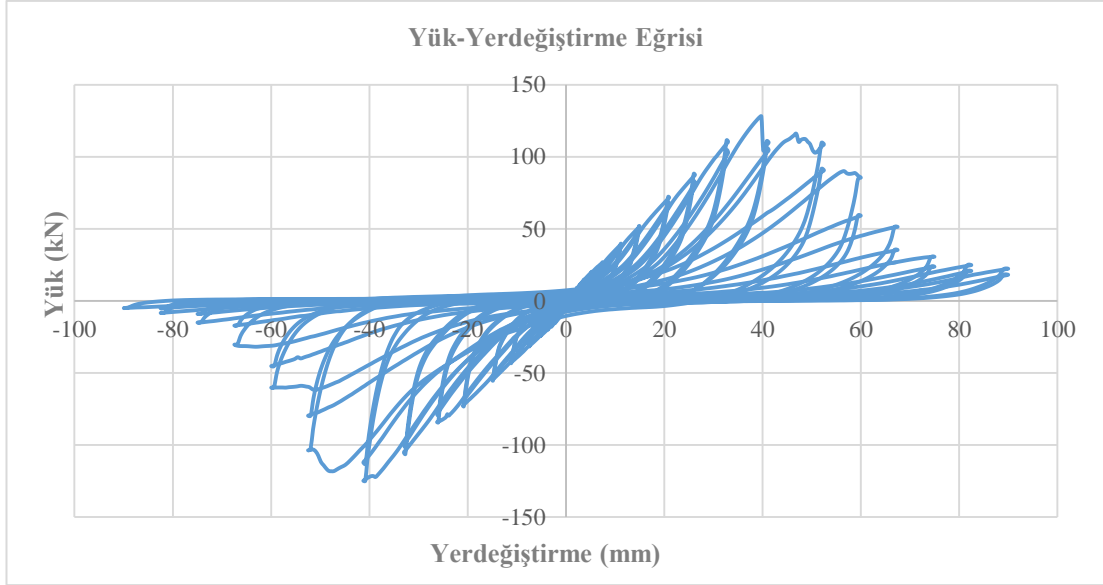
#### 4.1.5. Bims bloklarla üretilen ve 1.0 cm sıva uygulaması yapılan dolgu duvara ait bulgular (PW-1.0)

Çevrimsel yükler altında davranışı incelenen dolgu duvarlardan bims bloklar kullanılarak üretilen ve 1.0 cm sıva uygulaması yapılan PW-1.0 dolgu duvarına ait deney başlangıcında elde edilen görüntü Şekil 4.26.'da verilmektedir.



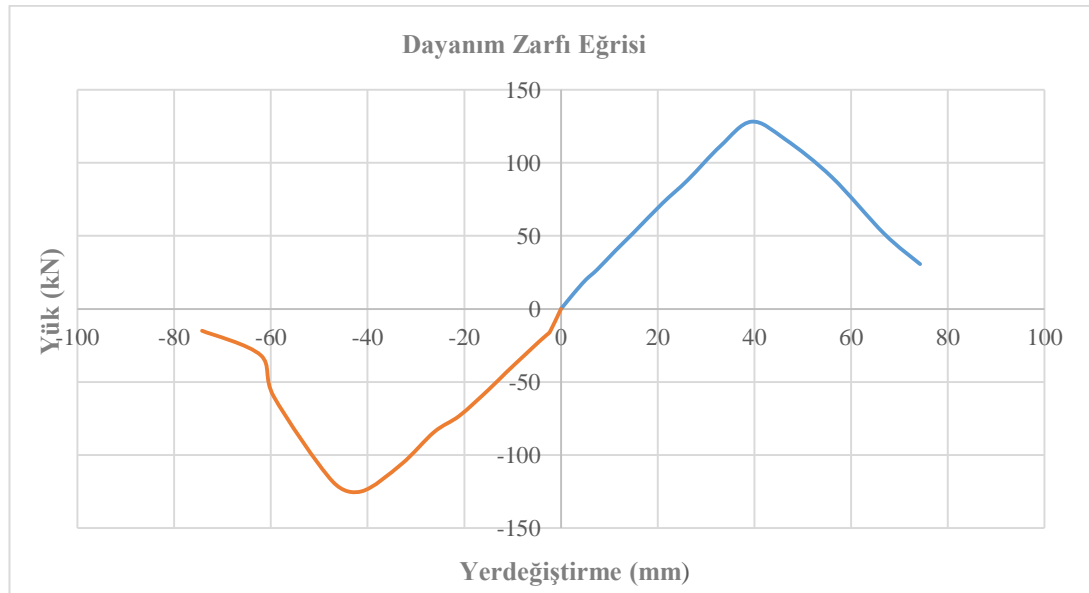
Şekil 4.26. PW-1.0 dolgu duvarının deney başlangıcı görüntüsü

Çevrimsel yükler altında gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen PW-1.0 dolgu duvarlarına ait histerik Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi Şekil 4.27.'de verilmektedir. Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi incelendiğinde itme yönünde elde edilen maksimum yükün 128.19 kN ve bu değere karşılık gelen yerdeğiştirmenin 39.39 mm, çekme yönünde elde edilen maksimum yükün 124.91 kN ve bu değere karşılık gelen yerdeğiştirmenin ise 41.24 mm olduğu görülmektedir. Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi'nden görüldüğü gibi PW-1.0 dolgu duvarı maksimum yük taşıma kapasitesine itme yönünde %2.62 çekme yönünde ise %2.75 bağlı ötelenmeyle ulaşmaktadır.



Şekil 4.27. PW-1.0 dolgu duvarına ait histerik yük-yerdeğiştirme eğrisi

Çevrimsel yükler altında gerçekleştirilen deneyler sonucunda PW-1.0 dolgu duvarına ait yük-yerdeğiştirme çevrimlerinin tepe noktalarının birleştirilmesiyle elde edilen Dayanım Zarfı Eğrisi Şekil 4.28.'de verilmektedir. PW-1.0 dolgu duvarına ait Dayanım Zarfı Eğrisi incelendiğinde itme ve çekme yönünde davranışın yaklaşık olarak simetrik olduğu görülmektedir.

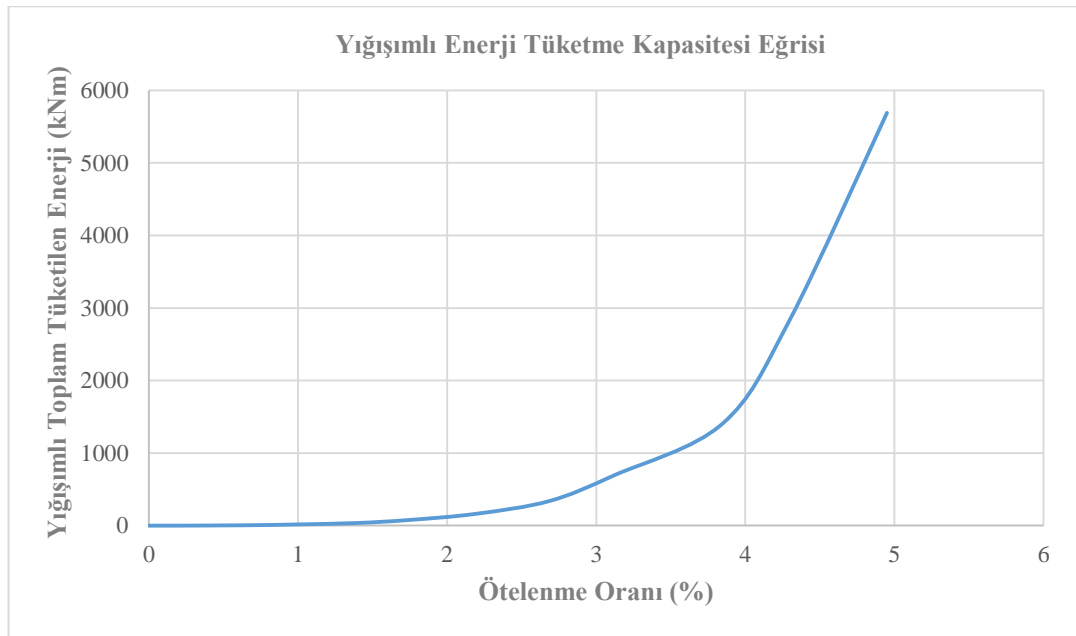


Şekil 4.28. PW-1.0 dolgu duvarına ait dayanım zarfı eğrisi



Elastoplastik enerji tüketme ölçütlerine göre PW-1.0 dolgu duvarına ait yerdeğiştirme sünekliği,  $\mu = \delta u / \delta y$  itme yönünde 1.29 çekme yönünde ise 1.42 olarak hesaplanmaktadır.

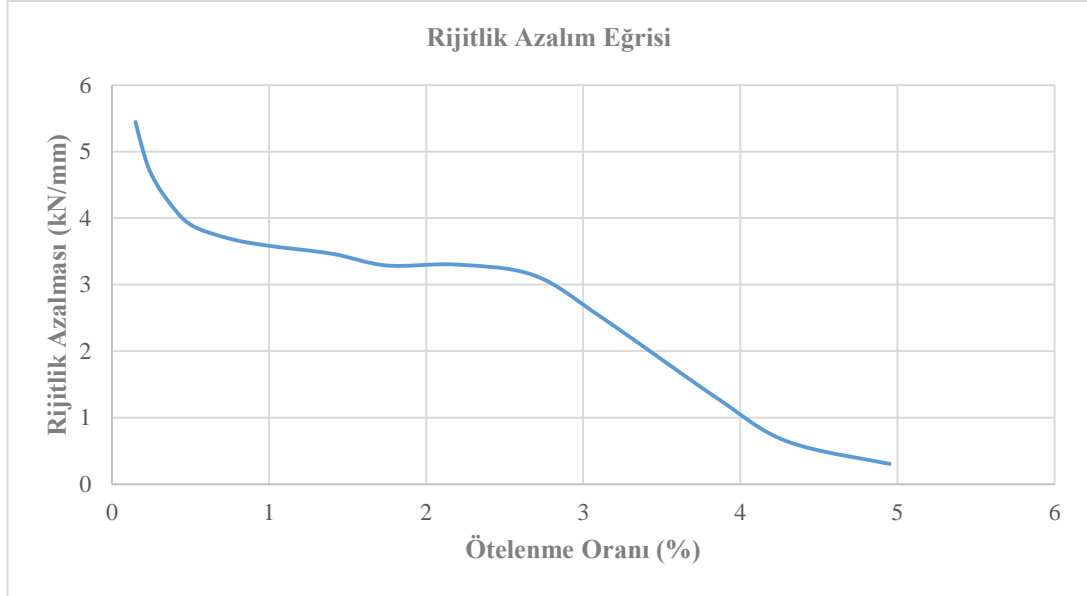
Deneysel sırasında PW-1.0 dolgu duvarının her çevrimde tükettiği toplam enerji, Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi'nin altında kalan alanların yığışimli olarak toplanmasıyla elde edilmektedir. Elde edilen yığışimli toplam tüketilen enerji ve bu değerlere karşılık gelen ötelenme oranları arasındaki ilişki Şekil 4.29.'da verilmektedir. Yığışimli Enerji Tüketme Kapasitesi Eğrisi'ne göre, PW-1.0 dolgu duvarının deney sonunda tükettiği toplam enerji 5689 kNm olarak görülmektedir.



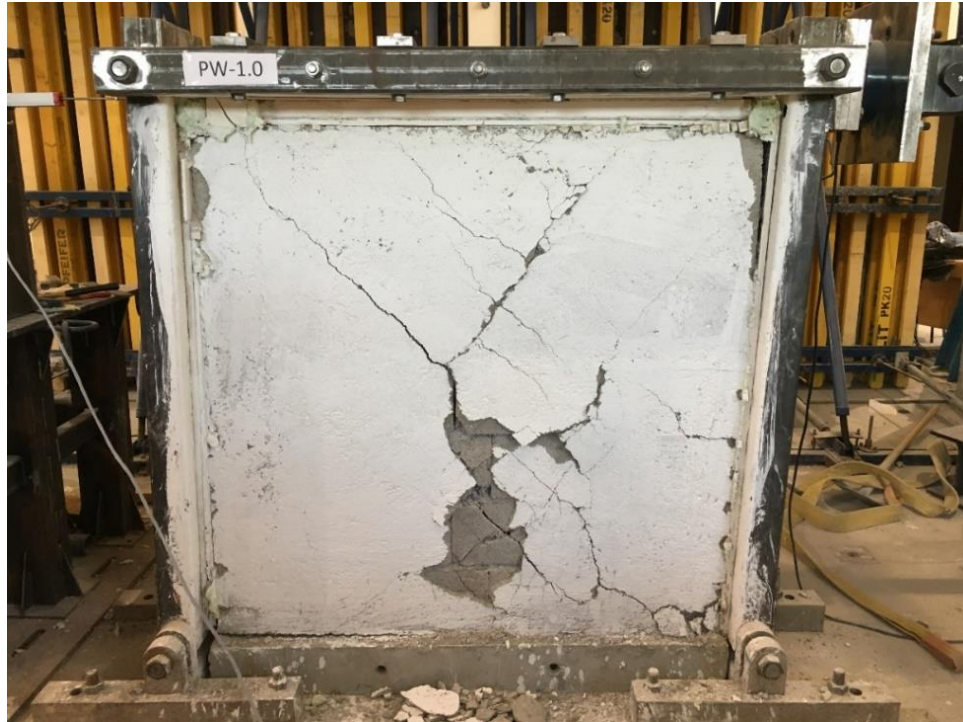
Şekil 4.29. PW-1.0 dolgu duvarına ait yığışimli enerji tüketme kapasitesi eğrisi

PW-1.0 dolgu duvarına ait rijitlik azalması ve ötelenme oranı arasındaki ilişki Şekil 4.30.'da verilmektedir. PW-1.0 dolgu duvarına ait Rijitlik Azalım Eğrisi incelendiğinde, PW-1.0 dolgu duvarının başlangıç rijitliği 5.44 kN/mm iken deney sonunda rijitliği 0.31 kN/mm değerine kadar düştüğü görülmektedir. Çevrimsel yükler altında PW-1.0 dolgu duvarı rijitliğinin yaklaşık %94.3'ünü kaybetmektedir.

Şekil 4.30.'da verilen eğri incelendiğinde, deney sonunda PW-1.0 dolgu duvarının rijitliğinin neredeyse tamamını kaybettiği görülmektedir. PW-1.0 dolgu duvarının çevrimsel yükler altındaki deneyler sırasında ve deneyler sonunda elde edilen görüntüleri sırasıyla Şekil 4.31. ve Şekil 4.32.'de verilmektedir.



Şekil 4.30. PW-1.0 dolgu duvarına ait rijitlik azalım eğrisi



Şekil 4.31. PW-1.0 dolgu duvarının deneyler sırasında görüntüsü



Şekil 4.32. PW-1.0 dolgu duvarının deney sonu görüntüsü

#### 4.1.6. Bims bloklarla üretilen ve 2.5 cm sıva uygulaması yapılan dolgu duvara ait bulgular (PW-2.5)

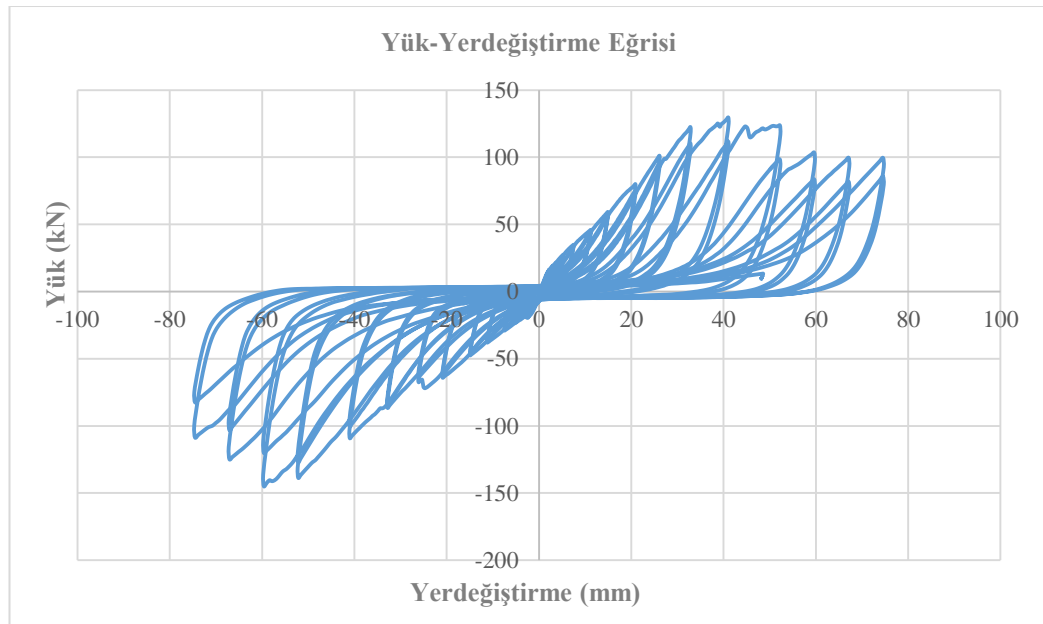
Çevrimsel yükler altında davranışları incelenen dolgu duvarlardan, bims bloklar kullanılarak üretilen ve 2.5 cm sıva uygulaması yapılan PW-2.5 dolgu duvarına ait deney başlangıcında elde edilen görüntü Şekil 4.33.'te verilmektedir.

Çevrimsel yükler altında gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen PW-2.5 dolgu duvara ait histerik Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi Şekil 4.34'te verilmektedir. Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi incelendiğinde itme yönünde elde edilen maksimum yükün 129.59 kN ve bu değere karşılık gelen yerdeğiştirmenin 41.02 mm, çekme yönünde elde edilen maksimum yükün 144.89 kN ve bu değere karşılık gelen yerdeğiştirmenin ise 59.63 mm olduğu görülmektedir.

Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi'nden görüldüğü gibi PW-2.5 dolgu duvarı maksimum yük taşıma kapasitesine itme yönünde %2.73, çekme yönünde ise %3.97 bağılı ötelenmeyle ulaşmaktadır.



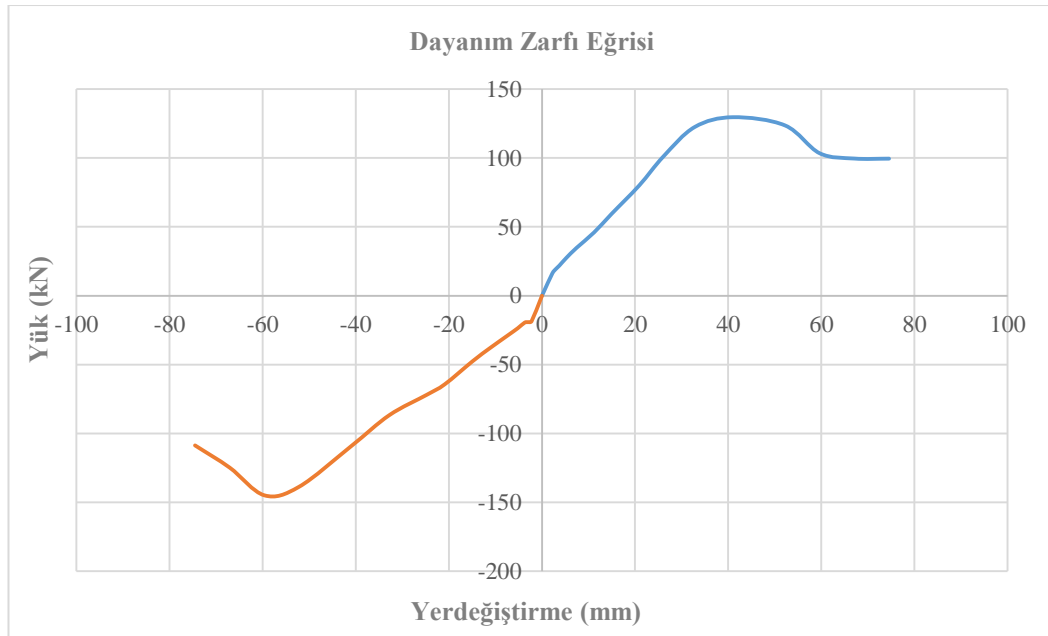
Şekil 4.33. PW-2.5 dolgu duvarının deney başlangıcı görüntüsü



Şekil 4.34. PW-2.5 dolgu duvarına ait histerik yük-yerdeğiştirme eğrisi

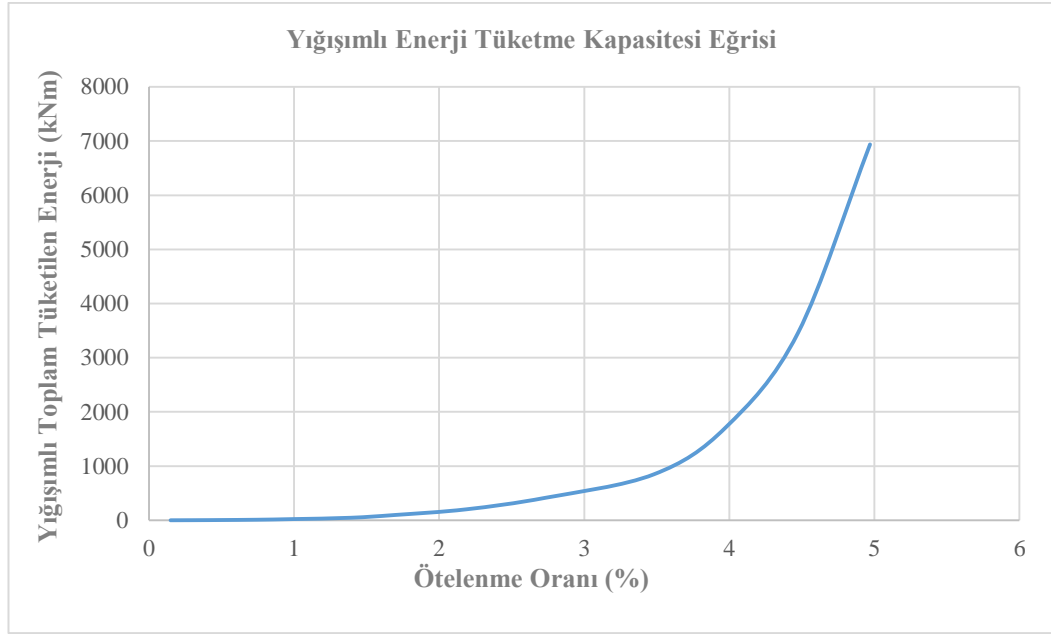
Çevrimsel yükler altındaki deneyler sonucunda, PW-2.5 dolgu duvarına ait yük-yerdeğiştirme çevrimlerinin tepe noktalarının birleştirilmesiyle elde edilen Dayanım Zarfı Eğrisi Şekil 4.35.'te verilmektedir. Dayanım Zarfı Eğrisi incelendiğinde PW-2.5 dolgu duvarına ait davranışın itme ve çekme yönünde yaklaşık olarak simetrik olduğu görülmektedir.

Elastoplastik enerji tüketme ölçütlerine göre PW-2.5 dolgu duvarına ait yerdeğiştirme sünekliği,  $\mu = \delta u / \delta y$  itme yönünde 1.73, çekme yönünde ise 1.32 olarak hesaplanmaktadır.



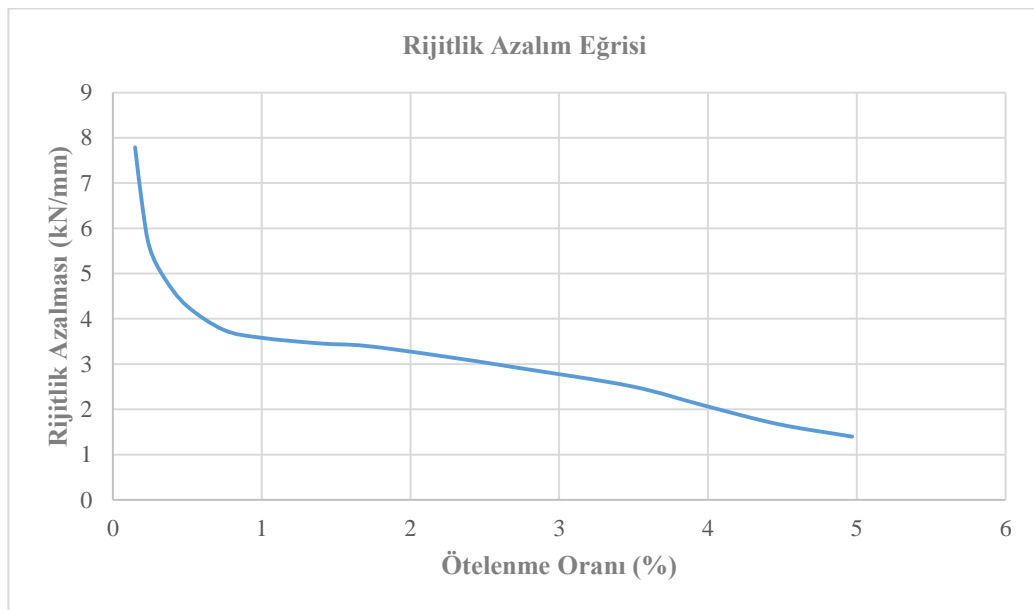
Şekil 4.35. PW-2.5 dolgu duvarına ait dayanım zarfı eğrisi

Deneyler sırasında PW-2.5 dolgu duvarının her çevrimde tükettiği toplam enerji, Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi'nin altında kalan alanların yığışımı olarak toplanmasıyla elde edilmektedir. Elde edilen yığışımlı toplam tüketilen enerji ve bu değerlere karşılık gelen ötelenme oranları arasındaki bağıntı Şekil 4.36.'da verilmektedir. PW-2.5 dolgu duvarının deney sonunda tükettiği toplam enerji 6938 kNm olarak görülmektedir.



Şekil 4.36. PW-2.5 dolgu duvarına ait yığışlımlı enerji tüketme kapasitesi eğrisi

PW-2.5 dolgu duvarına ait rijitlik azalması ve ötelenme oranı arasındaki ilişki Şekil 4.37.'de verilmektedir. Rijitlik Azalım Eğrisi incelendiğinde, PW-2.5 dolgu duvarının başlangıç rijitliği 7.79 kN/mm iken deney sonunda rijitliğinin 1.39 kN/mm değerine kadar düştüğü görülmektedir. Deneysel sonunda PW-2.5 dolgu duvarı rijitliğinin yaklaşık %82.16'sını kaybetmektedir.



Şekil 4.37. PW-2.5 dolgu duvarına ait rijitlik azalım eğrisi

PW-2.5 dolgu duvarına ait Şekil 4.37.'de verilen grafik incelendiğinde, deney sonunda önemli bir rijitlik azalması olduğu görülmektedir. PW-2.5 dolgu duvarının çevrimsel yükler altındaki deneyler sırasında görüntüsü Şekil 4.38.'de verilmektedir.

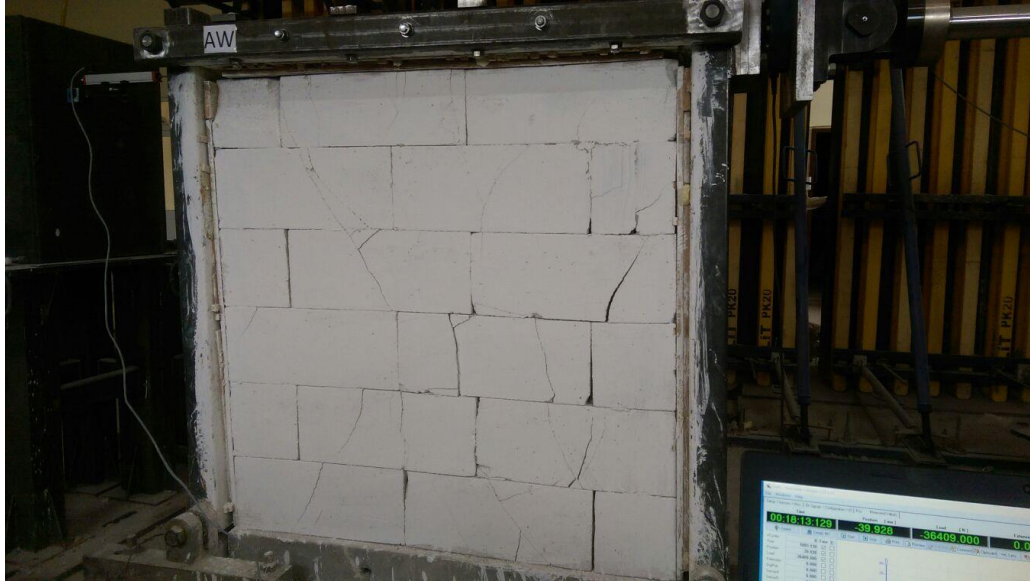


Şekil 4.38. PW-2.5 dolgu duvarının deneyler sırasında görüntüsü

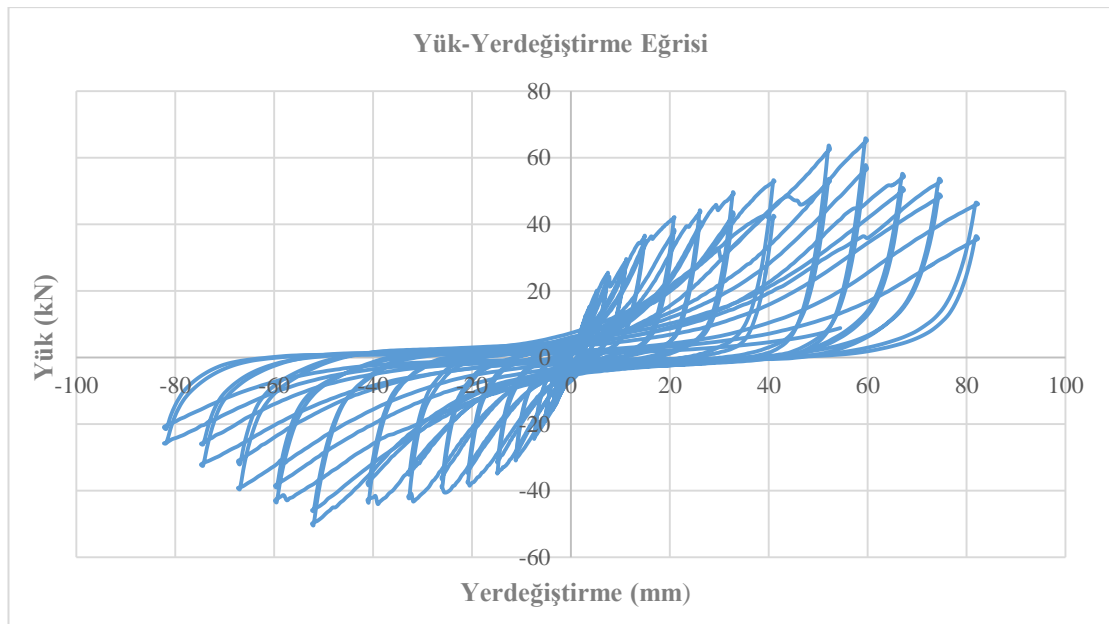
#### **4.1.7. Gazbeton bloklarla üretilen ve sıva uygulaması yapılmayan dolgu duvara ait bulgular (PAW)**

Çevrimsel yükler altında davranışları incelenen dolgu duvarlardan gazbeton bloklar kullanılarak üretilen ve sıva uygulaması yapılmayan PAW dolgu duvarına ait deneyler sırasında elde edilen görüntü Şekil 4.39.'da verilmektedir.

Çevrimsel yükler altındaki deneyler sonucunda elde edilen PAW dolgu duvarına ait histerik Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi ise Şekil 4.40.'da verilmektedir. Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi incelendiğinde itme yönünde elde edilen maksimum yükün 63.59 kN ve bu değere karşılık gelen yerdeğiştirmenin 52.39 mm, çekme yönünde elde edilen maksimum yükün 46.09 kN ve bu değere karşılık gelen yerdeğiştirmenin ise 52.39 mm olduğu görülmektedir.



Şekil 4.39. PAW dolgu duvarının deneyler sırasında görüntüsü



Şekil 4.40. PAW dolgu duvarına ait histerik yük-yerdeğiştirme eğrisi

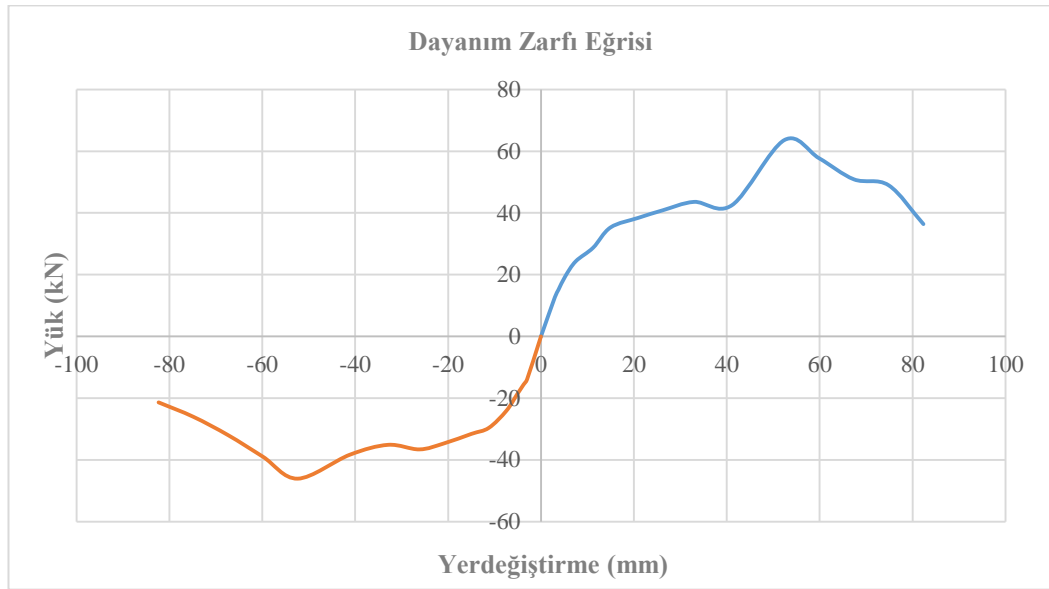
Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi'nden görüldüğü gibi PAW dolgu duvarı maksimum yük taşıma kapasitesine itme ve çekme yönünde %3.49 bağlı ötelenmeyle ulaşmaktadır.

Çevrimsel yükler altındaki deneyler sonucunda, PAW dolgu duvarlarına ait yük-yerdeğiştirme çevrimlerinin tepe noktalarının birleştirilmesiyle elde edilen Dayanım Zarfı Eğrisi Şekil 4.41.'de verilmektedir.



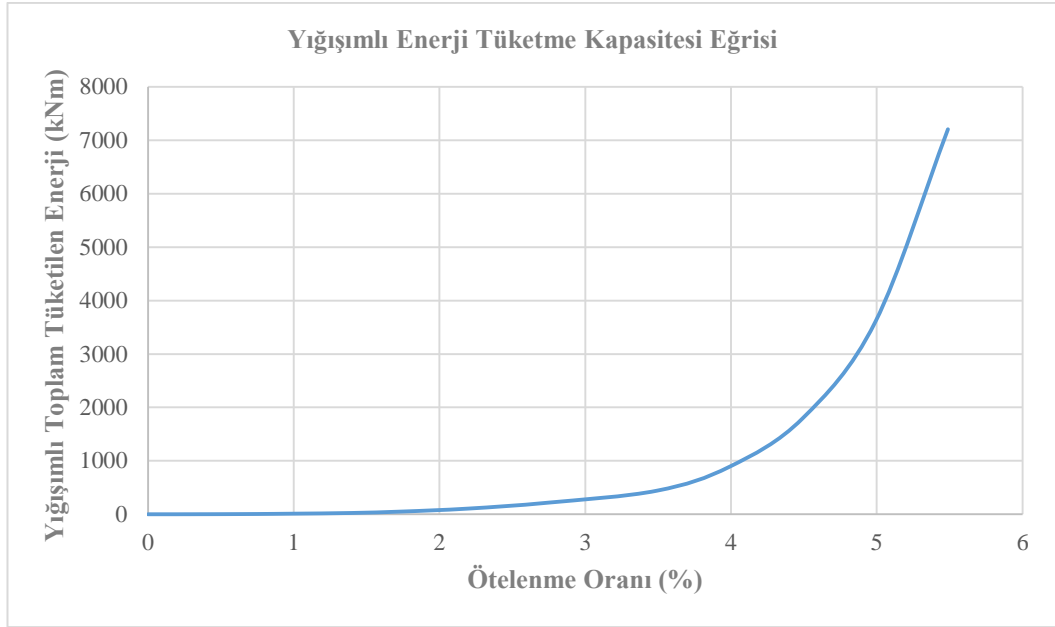
Dayanım Zarfı Eğrisi incelendiğinde dolgu duvara ait davranışın itme ve çekme yönünde yaklaşık olarak simetrik olduğu görülmektedir.

Elastoplastik enerji tüketme ölçütlerine göre PAW dolgu duvarına ait yerdeğiştirme sünekliliği,  $\mu = \delta u / \delta y$  itme yönünde 2.32 çekme yönünde ise 2.52 olarak hesaplanmaktadır.



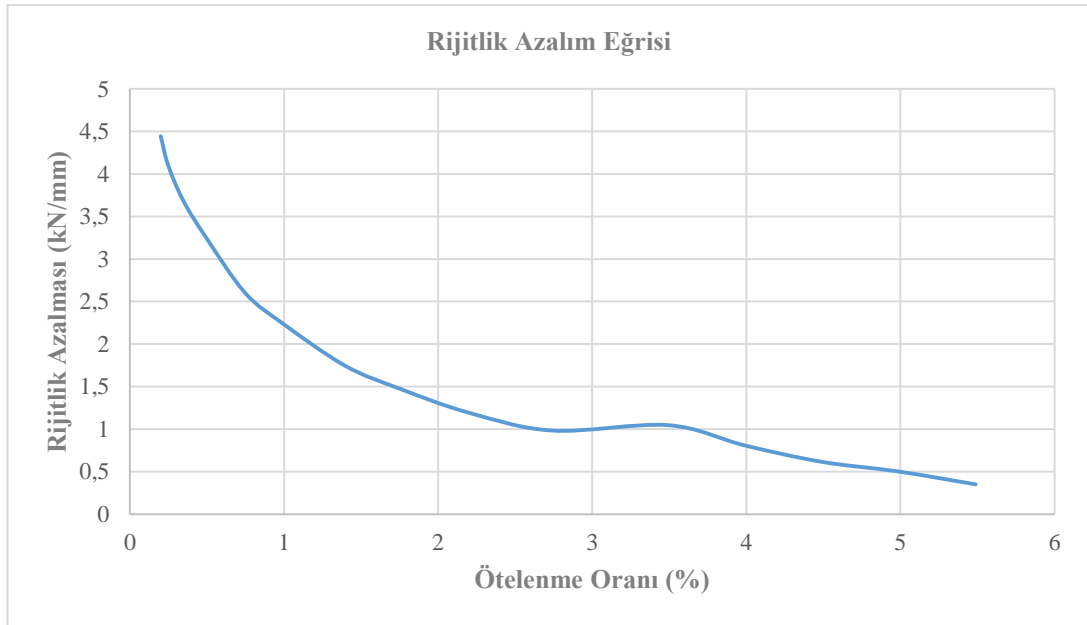
Şekil 4.41. PAW dolgu duvarına ait dayanım zarfı eğrisi

Deneyler sırasında, PAW dolgu duvarının her çevrimde tükettiği toplam enerji Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi'nin altında kalan alanların yığışımı olarak toplanmasıyla elde edilmektedir. Elde edilen yığışimli toplam tüketilen enerji ve bu değerlere karşılık gelen ötelenme oranları arasındaki bağıntı Şekil 4.42.'de verilmektedir. PAW dolgu duvarının deney sonunda tükettiği toplam enerji miktarı 7207 kNm olarak görülmektedir.



Şekil 4.42. PAW dolgu duvarına ait yığışlımlı enerji tüketme kapasitesi eğrisi

PAW dolgu duvarına ait rijitlik azalması ve ötelenme oranı arasındaki ilişki Şekil 4.43.'te verilmektedir.

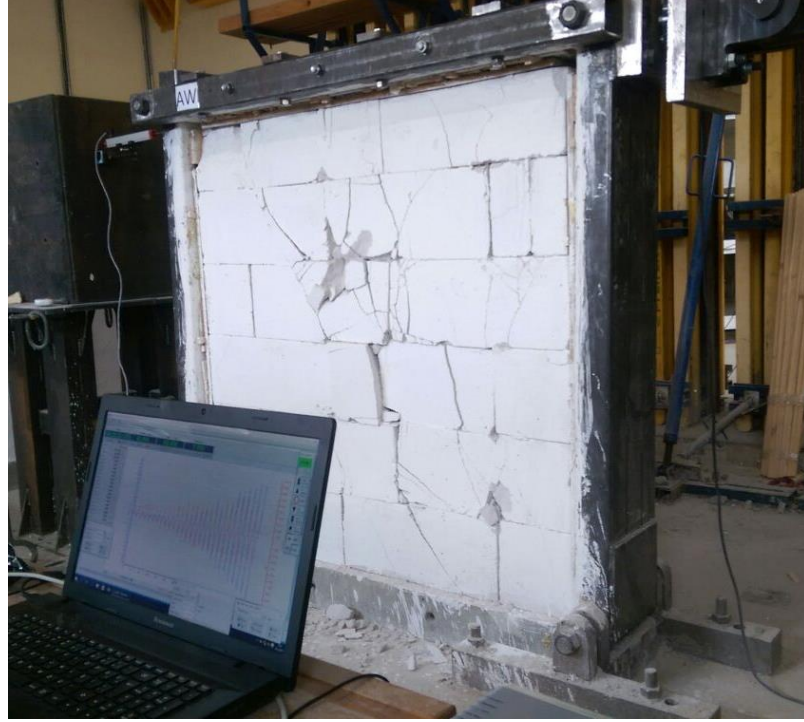


Şekil 4.43. PAW dolgu duvarına ait rijitlik azalım eğrisi

Rijitlik Azalım Eğrisi'ne göre, PAW dolgu duvarının başlangıç rijitliği 4.44 kN/mm iken deney sonunda rijitliği 0.35 kN/mm değerine kadar düşmektedir. Deneyler sonunda PAW dolgu duvarı rijitliğinin yaklaşık %92.12'sini kaybetmektedir.

PAW dolgu duvarına ait Şekil 4.43.'te verilen grafik incelendiğinde deney sonunda önemli bir rijitlik azalması olduğu görülmektedir.

PAW dolgu duvarının çevrimsel yükler altında gerçekleştirilen deneyler sırasındaki görüntüsü Şekil 4.44.'te verilmektedir.



Şekil 4.44. PAW dolgu duvarının deneyler sırasında görüntüsü

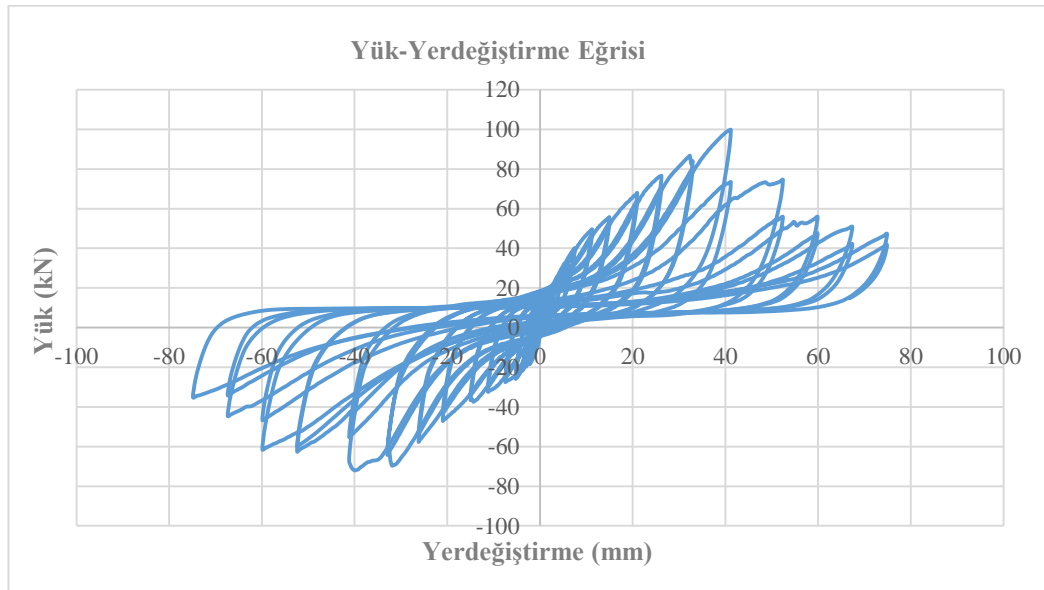
#### **4.1.8. Gazbeton bloklarla üretilen ve 1.0 cm sıva uygulaması yapılan dolgu duvara ait bulgular (AW-1.0)**

Çevrimsel yükler altında davranışları incelenen dolgu duvarlardan gazbeton bloklar kullanılarak üretilen ve 1cm sıva uygulaması yapılan AW-1.0 dolgu duvarına ait deney başlangıcında elde edilen görüntü Şekil 4.45.'te verilmektedir.



Şekil 4.45. AW-1.0 dolgu duvarının deney başlangıcı görüntüsü

Çevrimsel yükler altındaki deneyler sonucunda elde edilen, AW-1.0 dolgu duvarına ait histerik Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi Şekil 4.46.'da verilmektedir. Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi incelendiğinde itme yönünde elde edilen maksimum yükün 99.71 kN ve bu değere karşılık gelen yerdeğiştirmenin 41.19 mm, çekme yönünde elde edilen maksimum yükün 71.99 kN ve bu değere karşılık gelen yerdeğiştirmenin ise 39.94 mm olduğu görülmektedir.

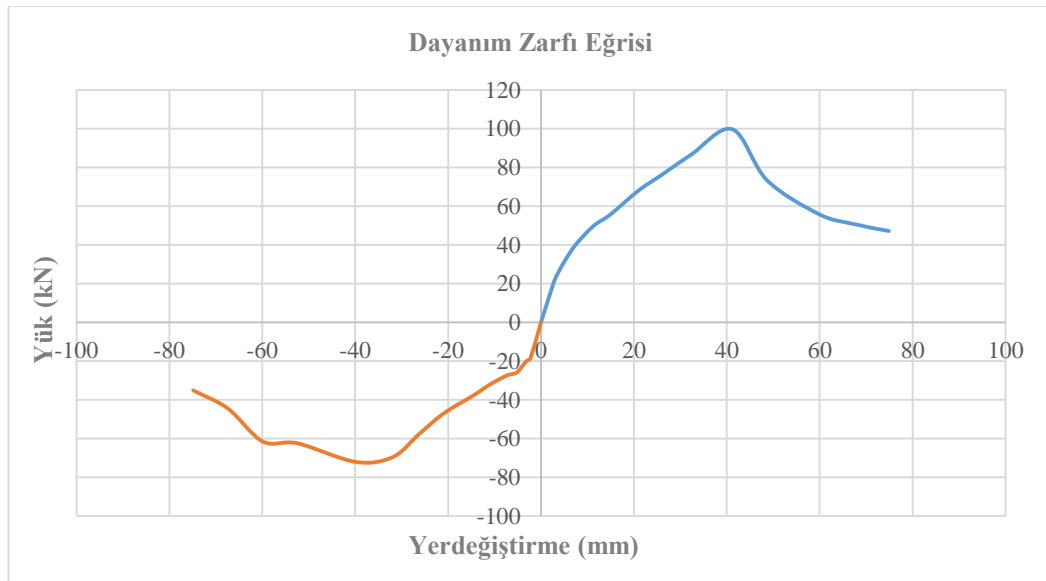


Şekil 4.46. AW-1.0 dolgu duvarına ait histerik yük-yerdeğiştirme eğrisi

Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi'nden görüldüğü gibi AW-1.0 dolgu duvarı maksimum yük taşıma kapasitesine itme yönünde %2.75, çekme yönünde ise %2.66 bağılı ötelenmeyle ulaşmaktadır.

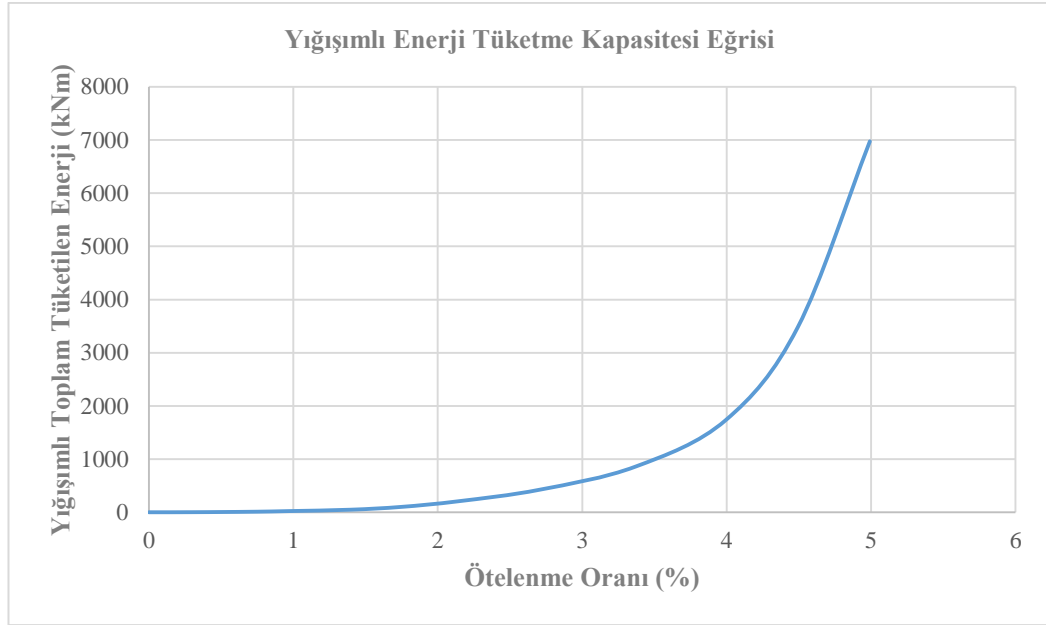
Çevrimsel yükler altındaki deneyler sonucunda, AW-1.0 dolgu duvarlarına ait yük-yerdeğiştirme çevrimlerinin tepe noktalarının birleştirilmesiyle elde edilen Dayanım Zarfı Eğrisi Şekil 4.47.'de verilmektedir. Dayanım Zarfı Eğrisi incelendiğinde, dolgu duvara ait davranışın itme ve çekme yönünde yaklaşık olarak simetrik olduğı görülmektedir.

Elastoplastik enerji tüketme ölçütlerine göre AW-1.0 dolgu duvarına ait yerdeğiştirme sünekliliği,  $\mu = \delta u / \delta y$  itme yönünde 1.48, çekme yönünde ise 1.69 olarak hesaplanmaktadır.



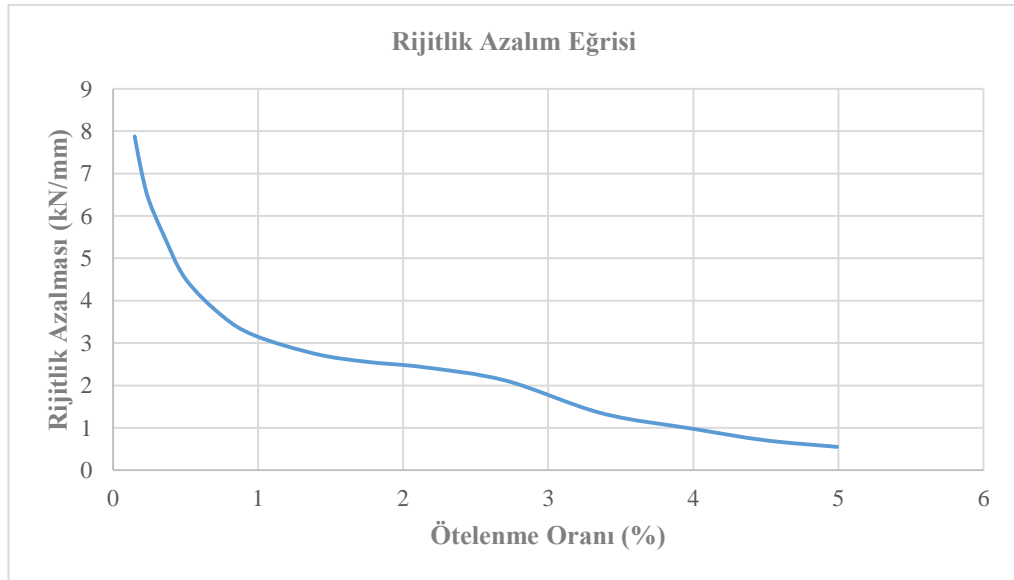
Şekil 4.47. AW-1.0 dolgu duvarına ait dayanım zarfı eğrisi

Deneyler sırasında, AW-1.0 dolgu duvarının her çevrimde tükettiğı toplam enerji, Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi'nin altında kalan alanların yığışımlı olarak toplanmasıyla elde edilmektedir. Elde edilen yığışımlı toplam tüketilen enerji ve bu değerlere karşılık gelen ötelenme oranları arasındaki bağıntı Şekil 4.48.'de verilmektedir. AW-1.0 dolgu duvarının deney sonunda tükettiğı toplam enerji miktarı 6976 kNm olarak görülmektedir.



Şekil 4.48. AW-1.0 dolgu duvarına ait yığılımlı enerji tüketme kapasitesi eğrisi

AW-1.0 dolgu duvarına ait rijitlik azalması ve ötelenme oranı arasındaki ilişki Şekil 4.49.'da verilmektedir.



Şekil 4.49. AW-1.0 dolgu duvarına ait rijitlik azalım eğrisi

Rijitlik Azalım Eğrisi'nden görüldüğü gibi AW-1.0 dolgu duvarının başlangıç rijitliği 7.87 kN/mm iken deney sonunda rijitliği 0.55 kN/mm değerine kadar düşmektedir.

Çevrimsel yükler altında AW-1.0 dolgu duvarı rijitliğinin yaklaşık %93.02'sini kaybetmektedir. AW-1.0 dolgu duvarıyla ilgili Şekil 4.49.'da verilen grafik incelendiğinde deney sonunda önemli bir rijitlik azalması olduğu görülmektedir.

AW-1.0 dolgu duvarının çevrimsel yükler altında gerçekleştirilen deneyler sırasında ve deneyler sonunda elde edilen görüntüleri Şekil 4.50.'de verilmektedir.



Şekil 4.50. AW-1.0 dolgu duvarının deney sonu görüntüleri

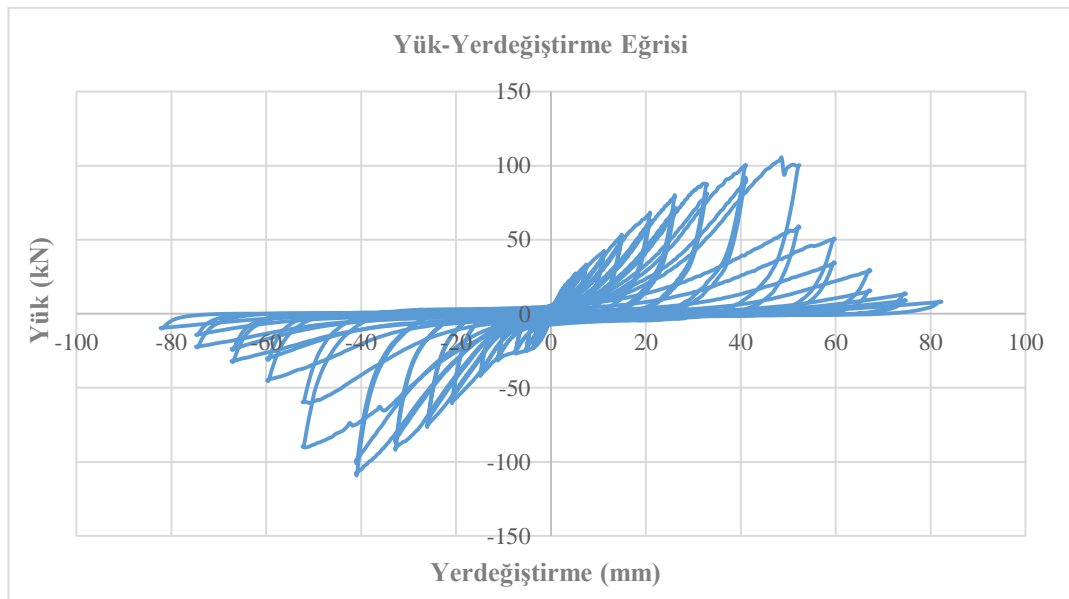
#### **4.1.9. Gazbeton bloklarla üretilen ve 2.5 cm sıva uygulaması yapılan dolgu duvara ait bulgular (AW-2.5)**

Çevrimsel yükler altında davranışları incelenen dolgu duvarlardan, gazbeton bloklar kullanılarak üretilen ve 2.5 cm sıva uygulaması yapılan AW-2.5 dolgu duvarına ait deney başlangıcında elde edilen görüntü Şekil 4.51.'de verilmektedir.



Şekil 4.51. AW-2.5 dolgu duvarının deney başlangıcı görüntüsü

Çevrimsel yükler altındaki deneyler sonucunda elde edilen AW-2.5 dolgu duvarına ait histerik Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi Şekil 4.52.'de verilmektedir. Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi incelendiğinde itme yönünde elde edilen maksimum yükün 100.41 kN ve bu değere karşılık gelen yerdeğiştirmenin 41.16 mm, çekme yönünde elde edilen maksimum yükün 109.08 kN ve bu değere karşılık gelen yerdeğiştirmenin ise 41.15 mm olduğu görülmektedir.



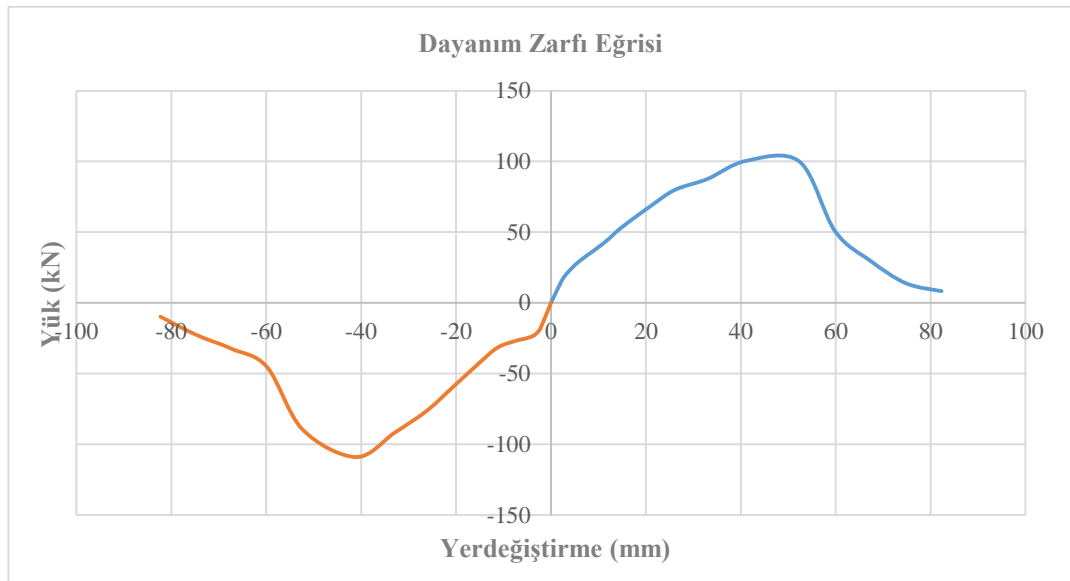
Şekil 4.52. AW-2.5 dolgu duvarına ait histerik yük-yerdeğiştirme eğrisi



Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi'nden görüldüğü gibi AW-2.5 dolgu duvarı maksimum yük taşıma kapasitesine itme ve çekme yönünde %2.74 bağıl ötelenmeyle ulaşmaktadır.

Çevrimsel yükler altındaki deneyler sonucunda, AW-2.5 dolgu duvarlarına ait yük-yerdeğiştirme çevrimlerinin tepe noktalarının birleştirilmesiyle elde edilen Dayanım Zarfı Eğrisi Şekil 4.53.'te verilmektedir. Dayanım Zarfı Eğrisi incelendiğinde dolgu duvara ait davranışın diğeri dolgu duvarlardaki gibi itme ve çekme yönünde yaklaşık olarak simetrik olduğı görülmektedir.

Elastoplastik enerji tüketme ölçütlerine göre AW-2.5 dolgu duvarına ait yerdeğiştirme sünekliğı,  $\mu = \delta u / \delta y$  itme yönünde 1.48, çekme yönünde ise 1.53 olarak hesaplanmaktadır.



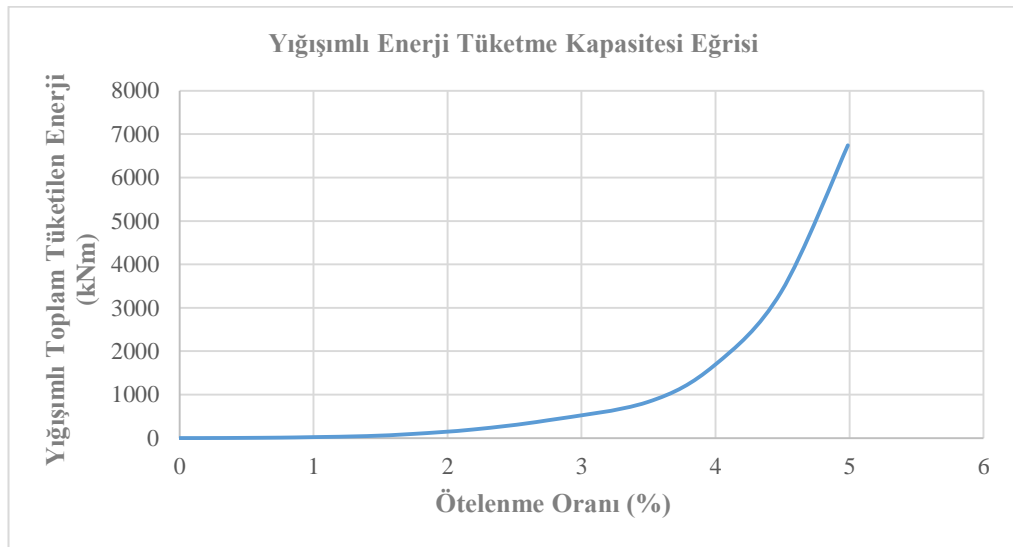
Şekil 4.53. AW-1.0 dolgu duvarına ait dayanım zarfı eğrisi

Deneyler sırasında AW-2.5 dolgu duvarında ilk çatlakların oluşmaya başladığı anda ve sonrasında ortaya çıkan görüntüler Şekil 4.54.'te sırasıyla verilmektedir.



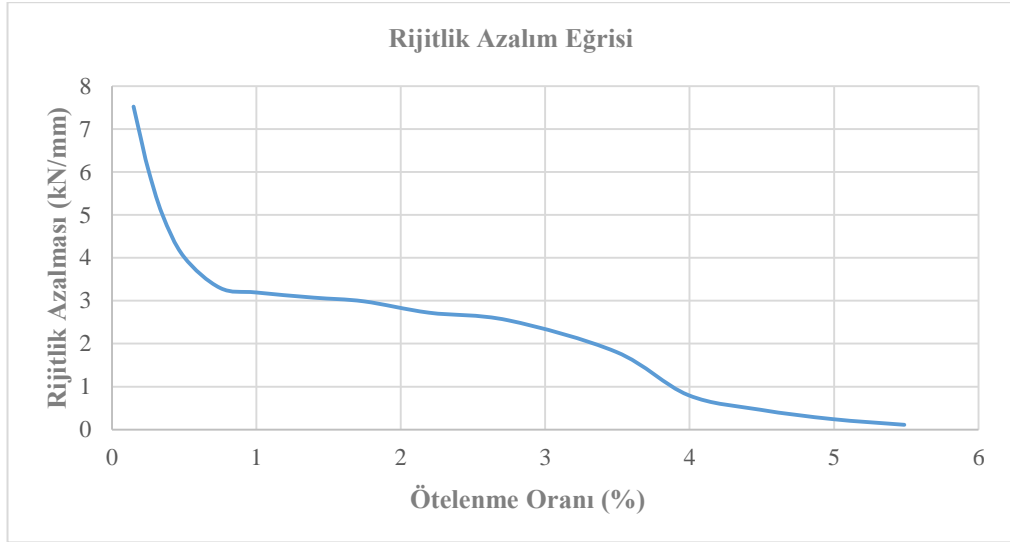
Şekil 4.54. AW-2.5 dolgu duvarının deney sırasında görüntüleri

Deneyle sırasında AW-2.5 dolgu duvarının her çevrimde tükettiği toplam enerji, Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi'nin altında kalan alanların yığışımı olarak toplanmasıyla elde edilmektedir. Elde edilen yığışımı toplam tüketilen enerji ve bu değerlere karşılık gelen ötelenme oranları arasındaki bağıntı Şekil 4.55.'te verilmektedir. AW-2.5 dolgu duvarının deney sonunda tükettiği toplam enerji miktarı 6742 kNm olarak görülmektedir.



Şekil 4.55. AW-1.0 dolgu duvarına ait yığışımı enerji tüketme kapasitesi eğrisi

AW-2.5 dolgu duvarına ait rijitlik azalması ve ötelenme oranı arasındaki ilişki Şekil 4.56.'da verilmektedir. Rijitlik Azalım Eğrisi'nden görüldüğü gibi AW-2.5 dolgu duvarının başlangıç rijitliği 7.52 kN/mm iken deney sonunda rijitliği 0.11 kN/mm değerine kadar düşmektedir. AW-2.5 dolgu duvarının deneyler sırasında elde edilen görüntüleri sırasıyla Şekil 4.57.'de verilmektedir.



Şekil 4.56. AW-2.5 dolgu duvarına ait rijitlik azalım eğrisi



Şekil 4.57. AW-2.5 dolgu duvarının deney sonu görüntüleri

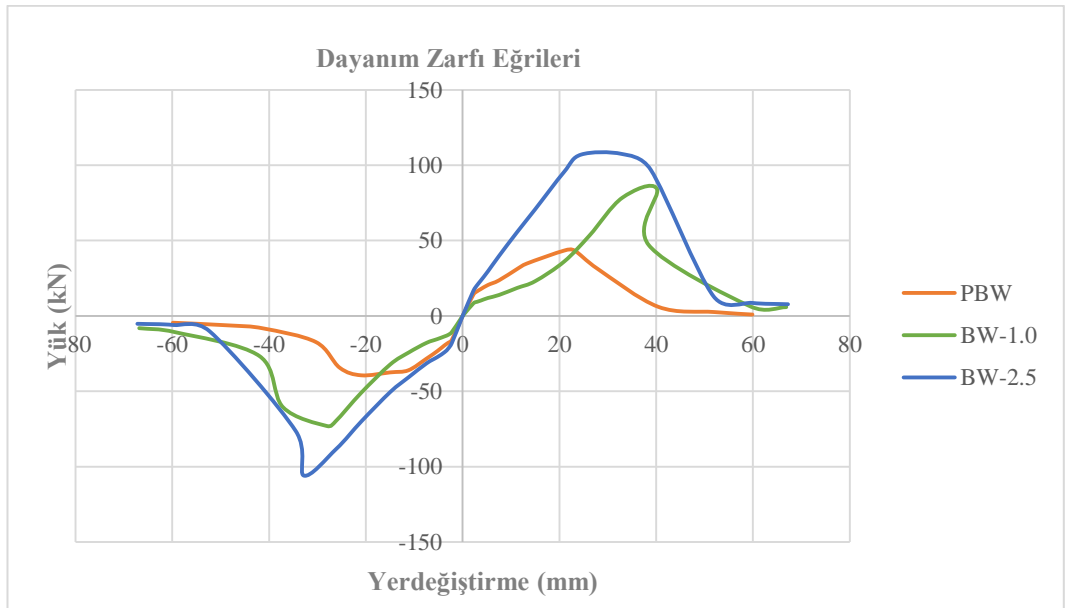
## BÖLÜM 5. İRDELEME

### 5.1. Dolgu Duvarlara Ait Deney Bulgularının İrdelenmesi

Farklı malzemelerden üretilen ve farklı kalınlıklarda sıva uygulaması yapılan dolgu duvarlara ait çevrimsel yükler altında gerçekleştirilen deneylerin bulguları aşağıdaki başlıklar altında irdelenmektedir.

#### 5.1.1. Tuğla bloklarla üretilen dolgu duvarlara ait deney bulguları

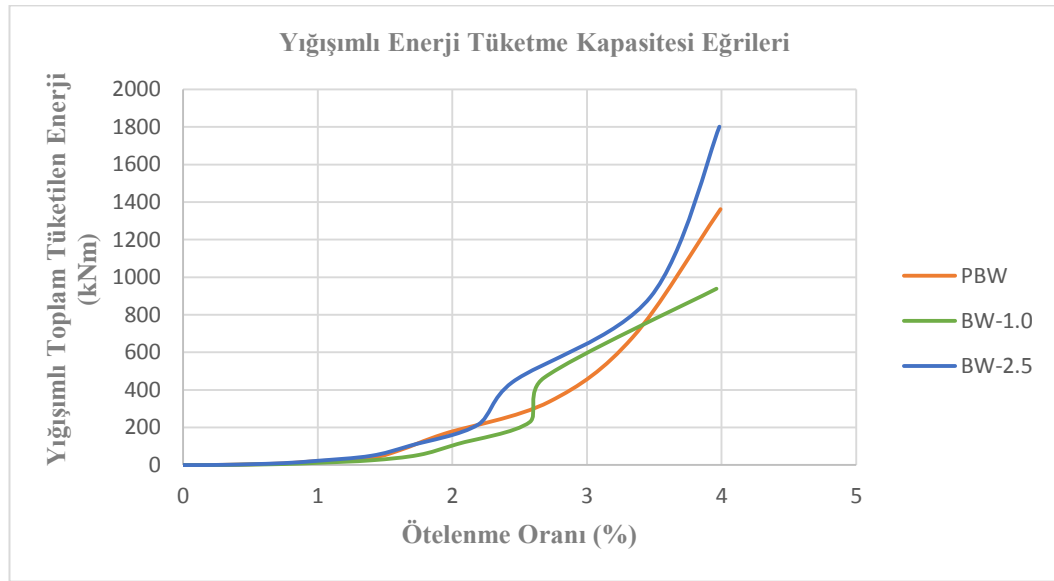
Tuğla bloklar kullanılarak üretilen dolgu duvarlara ait Dayanım Zarfı Eğrileri, Şekil 5.1.'de toplu halde verilmektedir. Dayanım Zarfı Eğrileri incelendiğinde, sıva uygulamasının kalınlığına bağlı olarak tuğla bloklar ile üretilen dolgu duvarların tamamının taşıma kapasitesinin arttığı görülmektedir.



Şekil 5.1. Tuğla bloklar ile üretilen dolgu duvarlara ait dayanım zarfı eğrileri

- Yatay delikli tuğla bloklar kullanılarak üretilen ve sıva uygulaması yapılmayan PBW dolgu duvarı referans alındığında, 1.0 cm sıva uygulaması sonucunda BW-1.0 dolgu duvarının taşıma kapasitesinin itme yönünde %94.56, çekme yönünde ise %85.36 oranında arttığı görülmektedir.
- Aynı şekilde PBW dolgu duvarı referans alındığında, 2.5 cm sıva uygulaması yapılan BW-2.5 dolgu duvarının taşıma kapasitesinin itme yönünde %147.94, çekme yönünde ise %168.73 oranında arttığı görülmektedir.

Deneyler sırasında tuğla bloklarla üretilen dolgu duvarların tükettiği toplam enerji ile ötelenme oranı arasındaki ilişki Şekil 5.2.'de Yığılımlı Enerji Tüketme Kapasitesi Eğrileri ile verilmektedir.

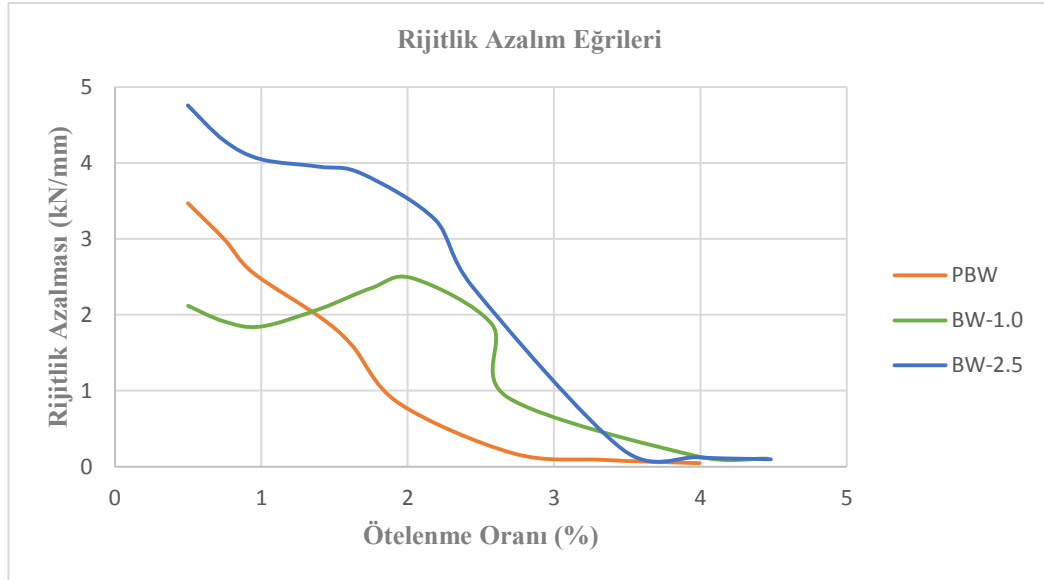


Şekil 5.2. Tuğla bloklar ile üretilen dolgu duvarlara ait enerji tüketme kapasitesi eğrileri

Şekil 5.2'de verilen eğriler incelendiğinde, uygulanan sıvanın kalınlığına bağlı olarak dolgu duvarların tükettiği toplam enerjini miktarının arttığı görülmektedir.

Deneyler sırasında tuğla bloklar ile üretilen dolgu duvarların ötelenme oranlarına bağlı olarak değişen rijitlik değerleri Şekil 5.3.'te Rijitlik Azalım Eğrileri ile verilmektedir. Eğriler incelendiğinde, başlangıç rijitlikleri bakımından anlamlı bir sıralama elde edilemediği görülmektedir.

Bunun sebebinin deney başlangıcında, deney düzeneği ile numuneler arasındaki etkileşimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Deneyin ilerleyen aşamalarında tuğla bloklarla üretilen dolgu duvarların rijitliklerinin sıva uygulamasının kalınlığına bağlı olarak sıralandığı görülmektedir.

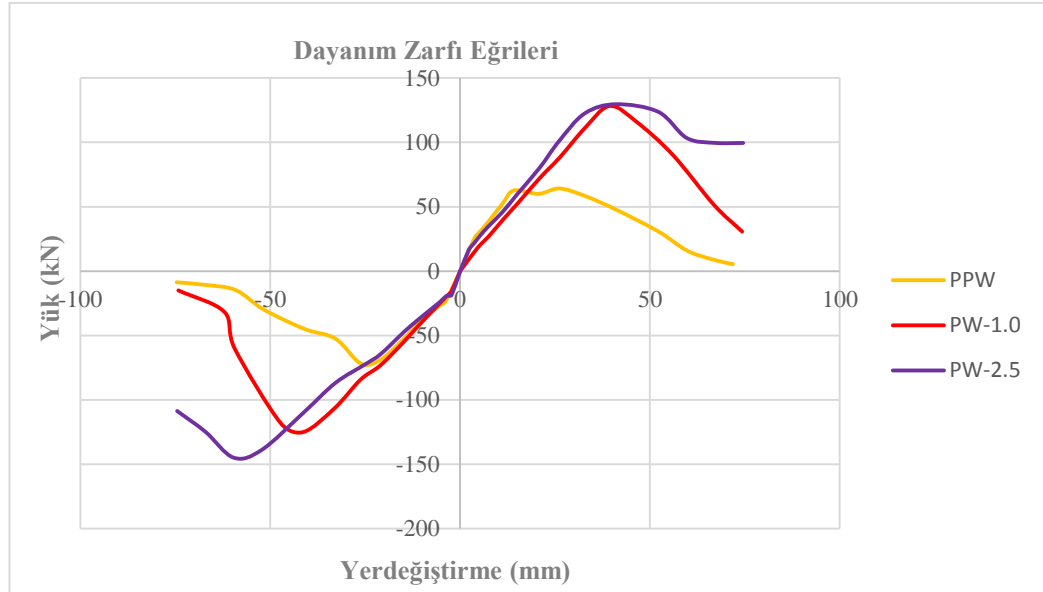


Şekil 5.3. Tuğla bloklar ile üretilen dolgu duvarlara ait rijitlik azalım eğrileri

### 5.1.2. Bims bloklarla üretilen dolgu duvarlara ait deney bulguları

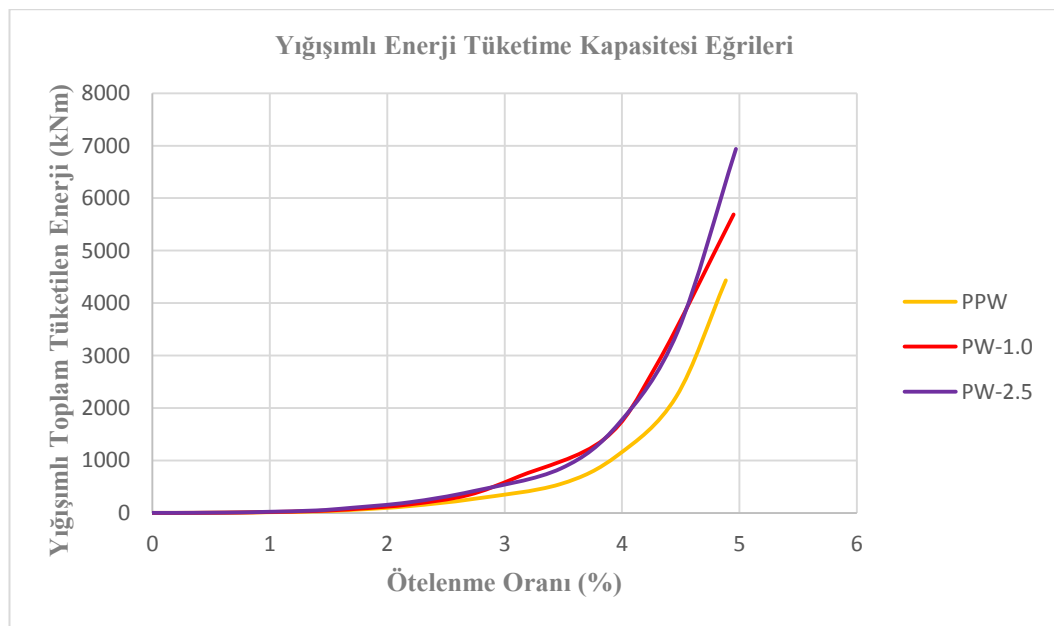
Bims bloklar kullanılarak üretilen dolgu duvarlara ait Dayanım Zarfı Eğrileri, Şekil 5.4.'te toplu halde verilmektedir. Dayanım Zarfı Eğrileri incelendiğinde, sıva uygulamasının kalınlığına bağlı olarak bims bloklar ile üretilen dolgu duvarların tamamının taşıma kapasitesinin arttığı görülmektedir.

- Bims bloklar kullanılarak üretilen ve sıva uygulaması yapılmayan PPW dolgu duvarı referans alındığında, 1.0 cm sıva uygulaması sonucunda PW-1.0 dolgu duvarının taşıma kapasitesinin itme yönünde %99.77, çekme yönünde ise %74.04 oranında arttığı görülmektedir.
- Aynı şekilde PPW dolgu duvarı referans alındığında, 2.5 cm sıva uygulaması sonucunda PW-2.5 dolgu duvarının taşıma kapasitesinin itme yönünde %101.95, çekme yönünde ise %101.88 oranında arttığı görülmektedir.



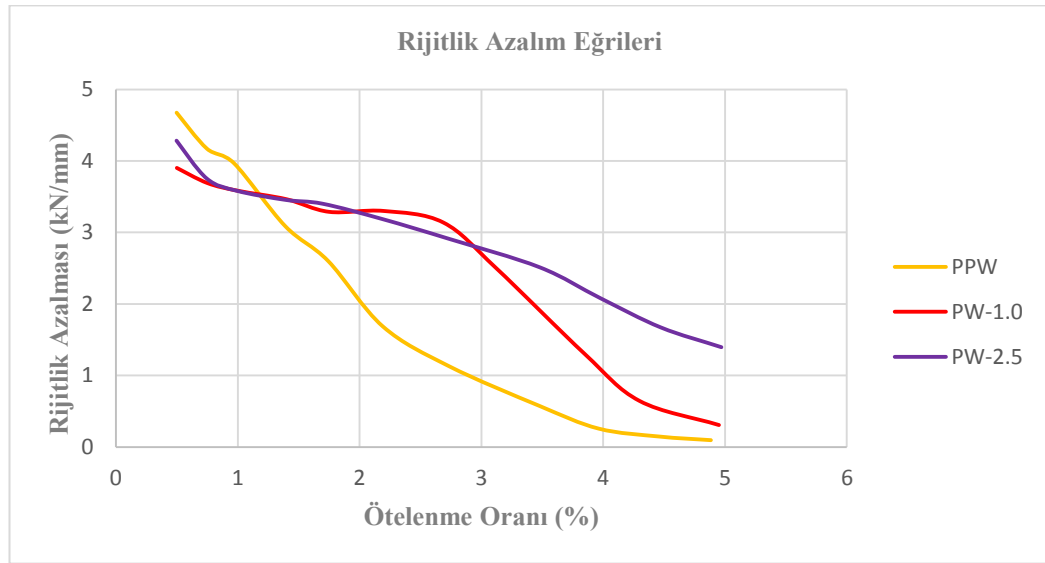
Şekil 5.4. Bims bloklar ile üretilen dolgu duvarlara ait dayanım zarfı eğrileri

Deneyler sırasında bims bloklar ile üretilen dolgu duvarların tükettiği toplam enerji ile ötelenme oranları arasındaki ilişki Şekil 5.5.'te Yığışımlı Enerji Tüketme Kapasitesi Eğrileri ile verilmektedir. Eğriler incelendiğinde, uygulanan sıvanın kalınlığına bağlı olarak dolgu duvarların tükettikleri toplam enerji miktarının arttığı görülmektedir.



Şekil 5.5. Bims bloklar ile üretilen dolgu duvarlara ait enerji tüketme kapasitesi eğrileri

Deneysel sırasında bims bloklar ile üretilen dolgu duvarların ötelenme oranlarına bağlı olarak değişen rijitlik değerleri Şekil 5.6.'da Rijitlik Azalım Eğrileri ile verilmektedir. Eğriler incelendiğinde, diğer dolgu duvarlarda olduğu gibi başlangıç rijitlikleri bakımından anlamlı bir sıralama elde edilemediği görülmektedir. Deneysel ilerleyen aşamalarında, bims bloklarla üretilen dolgu duvarların rijitlik değerlerinin uygulanan sıvanın kalınlığına bağlı olarak sıralandığı görülmektedir.

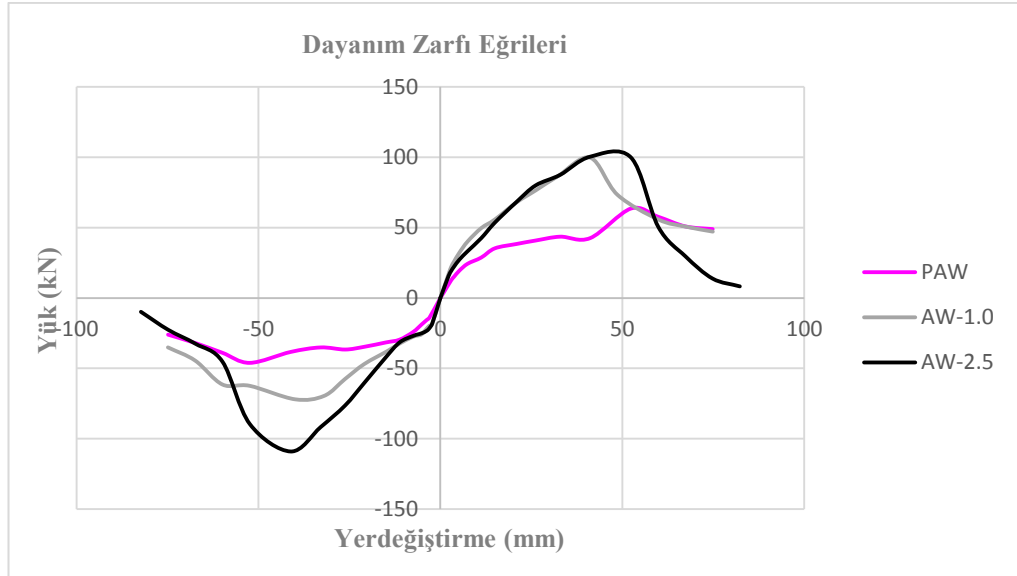


Şekil 5.6. Bims bloklar ile üretilen dolgu duvarlara ait rijitlik azalım eğrileri

### 5.1.3. Gazbeton bloklarla üretilen dolgu duvarlara ait deney bulguları

Gazbeton bloklar kullanılarak üretilen dolgu duvarlara ait Dayanım Zarfı Eğrileri, Şekil 5.7.'de toplu halde verilmektedir. Dayanım Zarfı Eğrileri incelendiğinde, diğer dolgu duvarlarda olduğu gibi gazbeton ile üretilen dolgu duvarlarda da sıva uygulamasının kalınlığına bağlı olarak taşıma kapasitelerinde önemli bir artış olduğu görülmektedir.

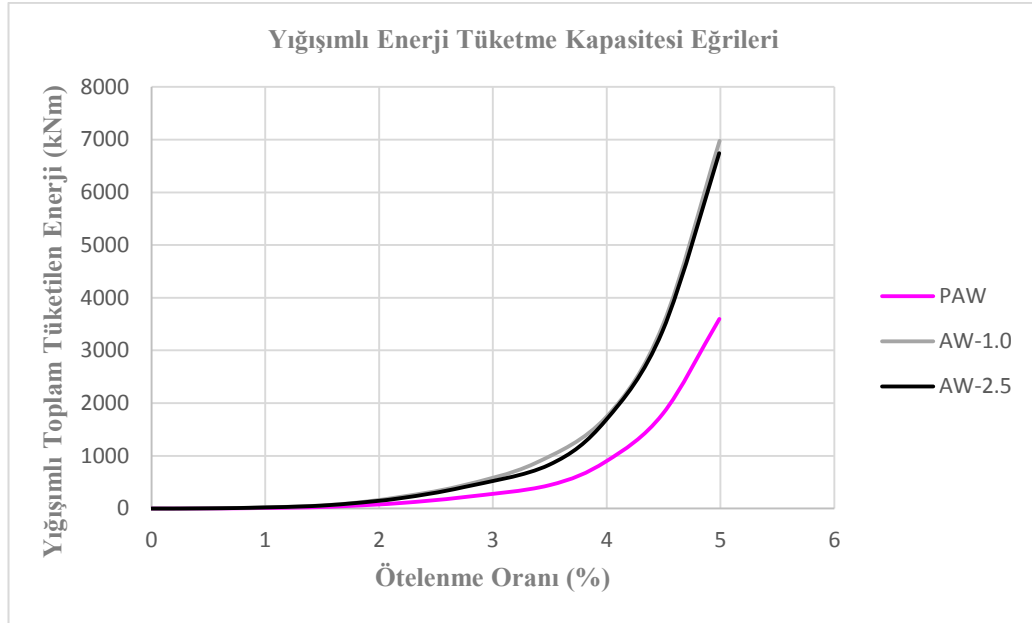




Şekil 5.7. Gazbeton bloklar ile üretilen dolgu duvarlara ait dayanım zarfı eğrileri

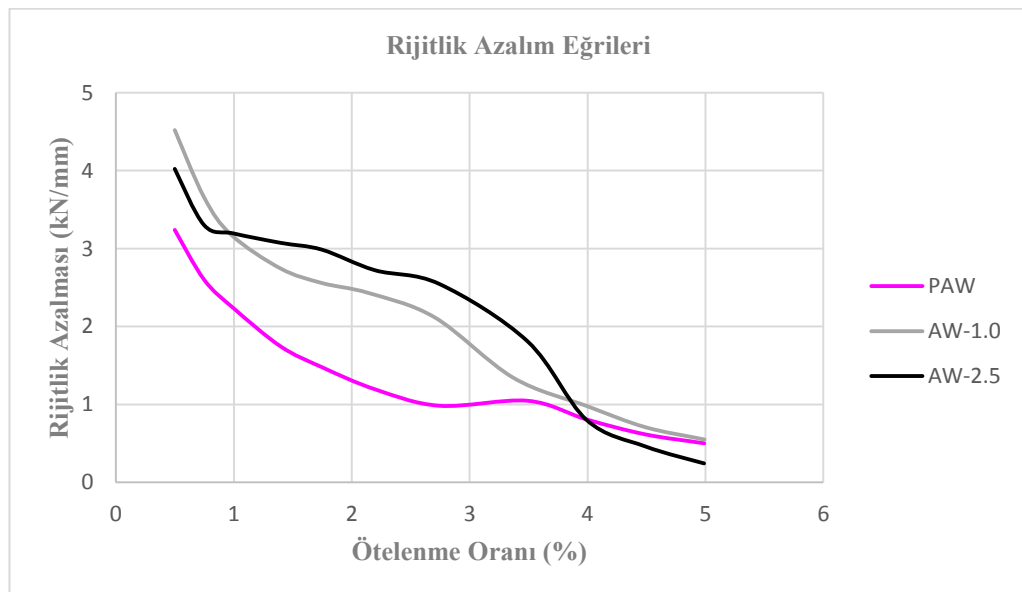
- Gazbeton bloklar kullanılarak üretilen ve sıva uygulaması yapılmayan PAW dolgu duvarı referans alındığında, 1.0 cm sıva uygulaması sonucunda AW-1.0 dolgu duvarının taşıma kapasitesinin itme yönünde %56.80, çekme yönünde ise %37.41 oranında arttığı görülmektedir.
- Aynı şekilde PAW dolgu duvarı referans alındığında, 2.5 cm sıva uygulaması sonucunda AW-2.5 dolgu duvarının taşıma kapasitesinin itme yönünde %57.90, çekme yönünde ise %108.20 oranında arttığı görülmektedir.

Deneysel sırasinda gazbeton bloklar ile üretilen dolgu duvarların tükettiği toplam enerji ile ötelenme oranları arasındaki ilişki Şekil 5.8.'de Yığışimli Enerji Tüketme Kapasitesi Eğrileri ile verilmektedir. Eğriler incelendiğinde, sıva uygulamasının kalınlığına bağılı olarak deney elemanlarının tükettikleri toplam enerji miktarının arttığı görülmektedir.



5.8. Gazbeton bloklar ile üretilen dolgu duvarlara ait enerji tüketme kapasitesi eğrileri

Deneysel sırasında gazbeton bloklar ile üretilen dolgu duvarların ötelenme oranlarına bağlı olarak değişen rijitlik değerleri Şekil 5.9.'da Rijitlik Azalım Eğrileri ile verilmektedir. Eğriler incelendiğinde, diğer dolgu duvarlarda olduğu gibi başlangıç rijitlikleri bakımından anlamlı bir sıralama elde edilemediği görülmektedir. Deneysel ilerleyen aşamalarında sıva uygulamasının kalınlığına bağlı olarak dolgu duvarların rijitliklerinin sıralandığı görülmektedir.



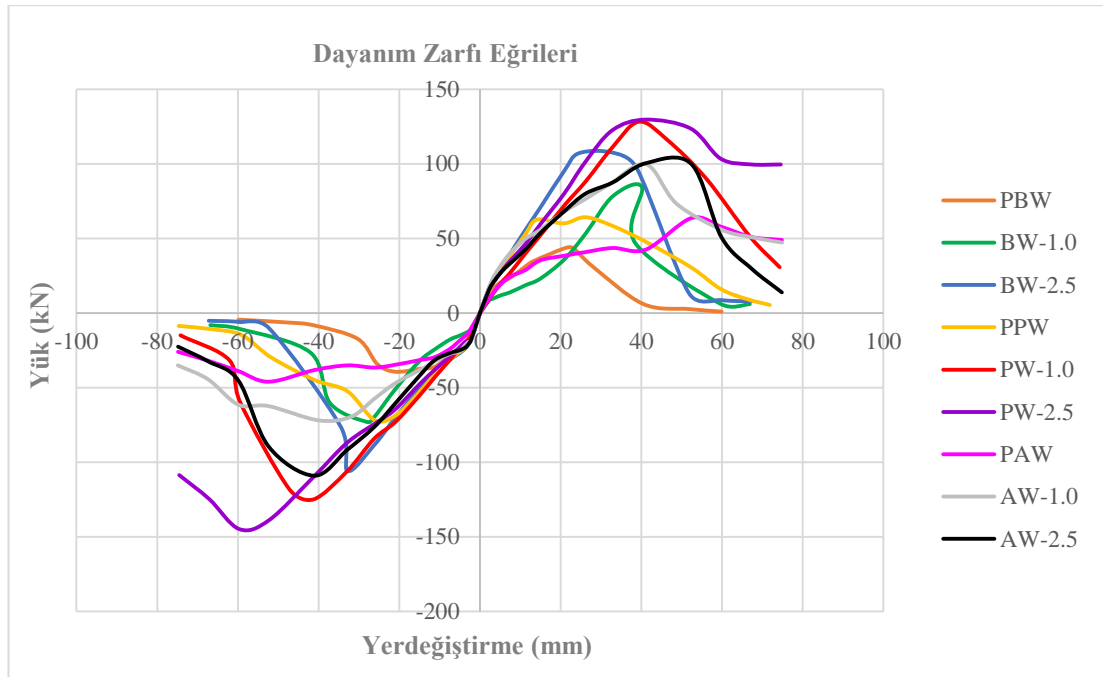
5.9. Gazbeton bloklar ile üretilen dolgu duvarlara ait rijitlik azalım eğrileri

## 5.2. Dolgu Duvarlara Ait Deneysel Bulgularının Toplu Halde İrdelenmesi

### 5.2.1. Taşıma kapasiteleri

Yatay çevrimsel yükler altında gerçekleştirilen deney sonucunda elde edilen dolgu duvarlara ait Dayanım Zarfı Eğrileri toplu halde Şekil 5.10.'da verilmektedir. Dayanım Zarfı Eğrileri incelendiğinde, dolgu duvar malzemelerinden bağımsız olarak deney elemanı olan bütün dolgu duvarlarda taşıma kapasitesi bakımından benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir.

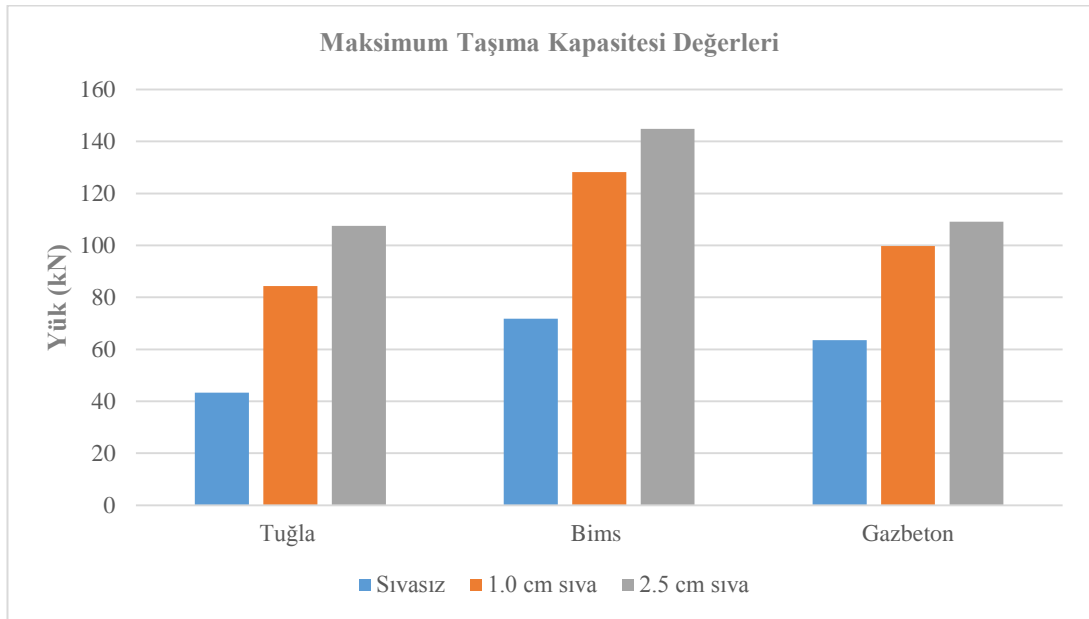
Dolgu duvarlara uygulanan sıvanın kalınlığına bağlı olarak deney elemanı olan tüm dolgu duvarların taşıma kapasitesi değerlerinde önemli bir artış meydana gelmektedir.



Şekil 5.10. Dolgu duvarlara ait dayanım zarfı eğrileri

- Tuğla, bims ve gazbeton bloklar kullanılarak üretilen dolgu duvarların taşıma kapasitesi değerleri karşılaştırıldığında, en yüksek değerlere bims bloklarla üretilen dolgu duvarların sahip olduğu görülmektedir.
- İtme ve çekme yönünde dolgu duvarlarda farklı yük değerlerinin elde edilmesi, dolgu duvarların üretiminde kullanılan duvar elemanlarının ve ara yüzeye uygulanan harç malzemesinin heterojen olmasından kaynaklanmaktadır.

Dolgu duvarlara ait çevrimsel yükler altındaki deneyler sonucunda elde edilen maksimum taşıma kapasitesi değerleri toplu halde Şekil 5.11.'de verilmektedir.



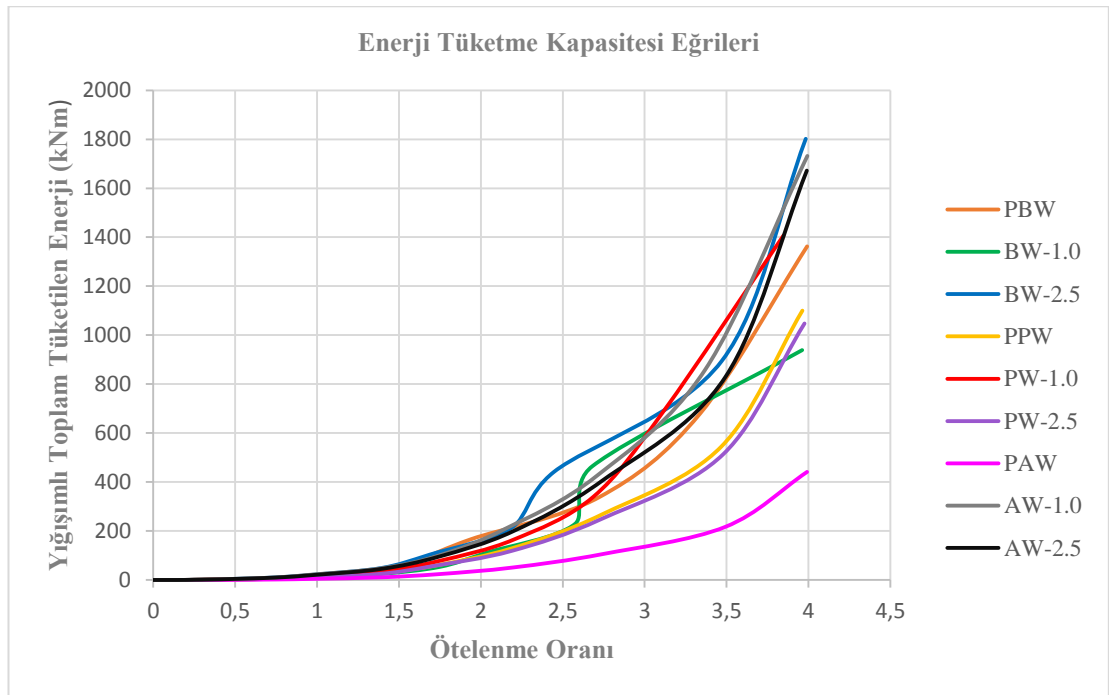
Şekil 5.11. Dolgu duvarlara ait maksimum taşıma kapasitesi değerleri

### 5.2.2. Enerji tüketme kapasiteleri

Dolgu duvarlara ait Enerji Tüketme Kapasitesi Eğrileri, her yük çevriminde Yük-Yerdeğiştirme Eğrileri'nin altında kalan alanların yığışlımlı olarak toplanmasıyla elde edilmektedir.

Dolgu duvarların deneyler sırasında tükettikleri toplam enerji ile ötelenme oranı arasındaki ilişkiyi içeren Enerji Tüketme Kapasitesi Eğrileri Şekil 5.12.'de verilmektedir.

Şekil incelendiğinde, % 4 bağıl ötelenme değeri için en yüksek enerji tüketme kapasitesi değerine sahip olan dolgu duvarın, tuğla bloklarla üretilen ve 2.5 cm sıva uygulaması yapılan BW-2.5 dolgu duvarı olduğu görülmektedir. Bu değerleri sırasıyla AW-1.0, AW-2.5 dolgu duvarları takip etmektedir. Enerji Tüketme Kapasitesi Eğrileri incelendiğinde, dolgu duvarlara uygulanan sıvanın genel olarak enerji tüketme kapasitelerinde artışa neden olduğu görülmektedir.



Şekil 5.12. Dolgu duvarlara ait enerji tüketme kapasitesi eğrileri

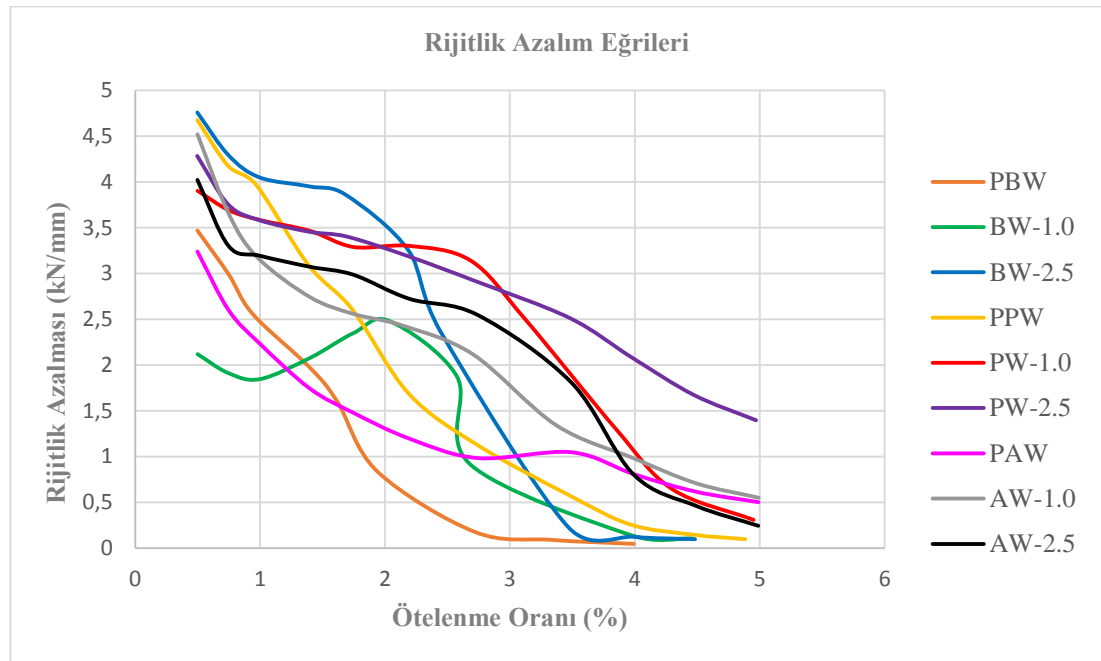
### 5.2.3. Rijitlik azalmaları

Dolgu duvarlara ait deneyler sırasında elde edilen ötelenme oranlarına bağlı Rijitlik Azalım Eğrileri toplu olarak Şekil 5.13.'te verilmektedir. Şekil incelendiğinde başlangıç rijitliği en yüksek olan dolgu duvarın, tuğla bloklardan üretilen ve 2.5 cm sıva uygulaması yapılan BW-2.5 olduğu görülmektedir. Bu değeri sırasıyla PPW ve AW-1.0 dolgu duvarları takip etmektedir.

Başlangıç rijitlik değerleri incelendiğinde, anlamlı ve sıralı bir veri elde edilememiştir. Bunun nedeninin, deney düzeneği ve deney elemanları arasındaki etkileşimin deneyin başlangıcında farklılıklar göstermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Deneyin ilerleyen aşamalarında bu fark ortadan kalmaktadır. Deneyin ortalarına gelindiğinde en yüksek rijitlik değerine sahip olan dolgu duvarın PW-2.5 dolgu duvarı olduğu görülmektedir. Bu değeri sırasıyla PW-1.0 ve AW-2.5 dolgu duvarı takip etmektedir. Deney boyunca, genel olarak en düşük rijitlik değerine sahip dolgu duvarının PBW olduğu görülmektedir.

Rijitlik Azalım Eğrileri incelendiğinde, sıva uygulamasına bağlı olarak dolgu duvarların rijitliklerinin arttığı görülmektedir. Söz konusu rijitlik artışı, dolgu duvarların üretildikleri malzemeden bağımsız olarak bütün dolgu duvar elemanlarında gerçekleşmiştir.



Şekil 5.13. Dolgu duvarlara ait rijitlik azalım eğrileri

## **BÖLÜM 6. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Gerçekleştirilen çalışmanın temel amacı dolgu duvarların deprem benzeri çevrimsel yükler altındaki davranışlarına, dolgu duvar üretiminde kullanılan malzemenin ve dolgu duvara uygulanan sıvanın etkilerini deneysel olarak incelemektir.

Bu amaçla 3 farklı malzemedan üretilmiş 9 adet dolgu duvar numunesine farklı kalınlıklarda sıva uygulamaları yapılmıştır. Hazırlanan deney numuneleri yatay yönde çevrimsel yüklere maruz bırakılarak deney sonucunda dolgu duvar numunelerinin davranışlarını gösteren eğriler elde edilmiştir. Dolgu duvarlara ait Yük-Yerdeğiştirme Eğrileri, Enerji Tüketme Kapasitesi Eğrileri, Rijitlik Azalım Eğrileri birbirleriyle kıyaslanarak, dolgu duvarların üretiminde kullanılan malzemeye ve yapılan sıva uygulamasına göre dolgu duvarların davranışlarındaki değişimler belirlenmiştir.

Çevrimsel yükler altında gerçekleştirilen deneylerden çıkarılan genel sonuçlar aşağıda verilmektedir.

- Sıva uygulaması yapılmayan dolgu duvarlar taşıma kapasitesi bakımından karşılaştırıldığında, en iyi davranışı gösteren dolgu duvarın bims bloklar ile üretilen PPW olduğu görülmektedir.
- Sıva uygulaması yapılmayan dolgu duvarlar enerji tüketme kapasitesi bakımından karşılaştırıldığında, en iyi davranışı gösteren dolgu duvarın tuğla bloklar kullanılarak üretilen PBW olduğu görülmektedir.

- Sıva uygulaması yapılmayan üç farklı dolgu duvar başlangıç rijitliği bakımından karşılaştırıldığında, başlangıçta en rijit olan dolgu duvarın bims bloklarla üretilen PPW olduğu görülmektedir.
- Çevrimsel yükler altında gerçekleştirilen deneylerin sonuçlarına göre, dolgu duvarların tamamında uygulanan sıvanın kalınlığına bağlı olarak taşıma kapasitelerinde artış olduğu gözlemlenmektedir. Söz konusu artış sıvasız duruma göre, dolgu duvarın üretildiği malzemeye bakmaksızın 1 cm kalınlığında sıva uygulanması durumunda maksimum %99.77, minimum %37.41 oranında olmaktadır. Aynı şekilde uygulanan sıva 2.5 cm kalınlığına çıkarıldığında taşıma kapasitelerindeki artış maksimum %147.94, minimum ise %57.90 oranında olmaktadır.
- Deneyler sırasında, duvar blokları ile harç arasındaki aderans bakımından en iyi davranışı gösteren dolgu duvarların, tuğla bloklarla üretilen dolgu duvarlar olduğu gözlemlenmiştir. Aderans bakımından en zayıf davranışı gösteren dolgu duvarların ise gazbeton bloklardan oluşan dolgu duvarlar olduğu gözlemlenmiştir.
- Gazbeton bloklar ile harç arasında yeterli aderans sağlanamaması sebebiyle çevrimsel yükler altında yapılan deneylerde gazbeton bloklar ile üretilen dolgu duvarların üzerindeki sıvanın bloklara iyi yapışmadığı ve deney anında bloklardan hemen ayrıldığı gözlemlenmektedir.
- Çevrimsel yükler altında gerçekleştirilen deneylerden elde edilen genel sonuç, uygulanan sıva işlemi sonucunda dolgu duvarın üretildiği malzemenin bağımsız olarak dayanımı artmakta ve dinamik davranışı değişmektedir. Dolgu duvarlara uygulanan sıvanın kalınlığı, dolgu duvarların dayanımını bir noktaya kadar arttırmaktadır. Sıvada belli bir kalınlığa ulaşıldıktan sonra kalınlığın artması dolgu duvarın davranışını daha az etkilemektedir.



Burada asıl önemli kısım hesaplarda taşıyıcı etkisini ihmal ettiğimiz dolgu duvarların, sıva uygulaması ile dayanımlarını daha fazla arttırmak isteyip istemediğimizdir. Gerçekçi çözümler üretmek için yapıların hesabında dolgu duvarlar taşıyıcı sistem elemanları ile beraber düşünölmelidir. Bu hesaplar yapılırken dolgu duvarların üretimlerinde kullanılan malzemelerin özellikleri ve dolgu duvarlara uygulanan sıva işlemleri de dikkate alınmalıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] Celep, Z., & Kumbasar, N. (2000). Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı. İhlas Matbaacılık.
- [2] Bayülke, N. (2001). Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı.
- [3] Beklen, C. (2009). Binalarda Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [4] Karşlıoğlu, Ö. (2005). Çok Katlı Binalarda Bulunan Tuğla Dolgu Duvarların Yapı Davranışına Etkileri. KS Ü. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- [5] Toker, A. (2007). Betonarme Bir Yapıda Dolgu Duvar Etkisinin Doğrusal Olmayan Dinamik Hesap Yöntemiyle İncelenmesi (Doctoral Dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [6] Dönmez, S. (2006). Deprem Etkisinde Betonarme Binalarda Hasarın Oluşmasında Dolgu Duvarların Modellenmesi ve Taşıyıcı Sisteme Katkısı (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [7] Tetik, D. (2007). Dolgu Duvarların Betonarme Yapıların Serbest Titreşimine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [8] Akkuzu, A. V. (2007). Betonarme Çerçevesiz Dolgu Duvarların Deprem Etkisi Altındaki Dinamik Davranışının İncelenmesi (Doctoral Dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [9] Gürpınar, Z. (2011). Rijit Ötelenme Hareketine Maruz Mevcut Dolgu Duvarlı Bir Yapının Deprem Performansının Artımsal Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi ile Belirlenmesi (Doctoral Dissertation).
- [10] Uysal, K. E. (2013). Betonarme Binalarda Dolgu Duvarların Deprem Etkisi Altındaki Davranışının İncelenmesi (Doctoral Dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [11] Çağlayan, E. (2006). Betonarme Çerçevelerin Yatay Yüklere Göre Analizinde Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.

- [12] Kara, M. E. (2006). Sünek Olmayan Betonarme Çerçevelerin Betonarme Parçasal Dolgu Duvarlarıyla Güçlendirilmesi. Doktora tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [13] Yıldırım, M. K. (2009). Betonarme Çerçevesiz Yapılarda Dolgu Duvar Oranına Göre Yapı Periyodunun Değişiminin Saptanması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [14] Altin, S., Ersoy, U., & Tamkut, T. (1992). Hysteretic Response of Reinforced-Concrete Infilled Frames. *Journal of Structural Engineering*, 118(8), 2133-2150.
- [15] Bayülke, N. (2011). Yığma Yapıların Deprem Davranışı ve Güvenliği, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11-14.
- [16] BAYÜLKE, N. Betonarme Yapının Dolgu Duvarı.
- [17] Bayülke, N. (1992). Yığma Yapılar (Genişletilmiş 2nci Baskı). Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara, 26-28.
- [18] Sivri, M., Demir, F., ve Kuyucular, A. (2006). Dolgu Duvarların Çerçeve Yapının Deprem Davranışına ve Göçme Mekanizmasına Etkisi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 109115.
- [19] Dowrick, D. J. (1987). *Earthquake Resistant Design: For Engineers and Architects*. John Wiley & Sons Ltd.
- [20] Tassios, T. P. (1984, June). Masonry Infill and R/C Walls Under Cyclic Actions. In *CIB Symposium on Wall Structure, Invited State of the Art Report*, Warsaw.
- [21] Mehrabi, A. B., Benson Shing, P., Schuller, M. P., & Noland, J. L. (1996). Experimental Evaluation of Masonry Infilled RC Frames. *Journal of Structural Engineering*, 122(3), 228-237.
- [22] FEMA-178 (1989) "A Handbook for Seismic Evaluation of Existing Buildings (Preliminary)" *Earthquake Hazards Reduction Series 47*.
- [23] Celep, Z., ve Kumbasar, N. (1996). *Betonarme Yapılar*, Sema Matbaacılık, İstanbul.
- [24] Kızıloğlu, M. Y. (2006). Deprem Etkisi Altında Dolgu Duvarların Betonarme Çerçeve Yapılar Üzerindeki Etkisi (Doctoral Dissertation).
- [25] <http://www.betonvecimento.com/beton-2/beton-gevrek-malzeme> Erişim Tarihi: 20.05.2018

- [26] Xue, W., & Yang, X. (2010). Seismic Tests of Precast Concrete, Moment-Resisting Frames and Connections. *PCI Journal*, 55(3).
- [27] Park, R. (1989). Evaluation of Ductility of Structures and Structural Assemblages from Laboratory Testing. *Bulletin of the New Zealand National Society for Earthquake Engineering*, 22, 3, 55–166.
- [28] Arslan, M. E. (2013). Deprem Kumaşıyla Güçlendirilen Çevrimsel Yük Etkisindeki Dolgu Duvarlı Betonarme Çerçevelerin Davranışlarının Deneysel ve Teorik Olarak İncelenmesi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon (In Turkish).
- [29] Korkmaz, A., ve Uçar, T. (2006). Yumuşak Kat Düzensizliğinin Betonarme Binaların Deprem Davranışındaki Etkisi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi Sayı: 2*, 65-76.
- [30] Yönetmelik, D. B. Y. B. H. DBYBHY,(2007). Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Ankara.
- [31] Yüksel, İ. (2008). Betonarme Binaların Deprem Sonrası Acil Hasar Değerlendirmeleri, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 260.
- [32] FEMA-356, (2000), “Prestandard and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Buidings”, Federal Emergency Management Agency, Washington.
- [33] Zarnic, R., “(1995), “Modelling of Masonry Infilled Frames”, 10th European Conference on Earthquake Engineering, Duma.
- [34] Koçak, A. (1998), “Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Ders Notları”, YTÜ, Basılmadı.
- [35] Kaniç, R. (2007). Düzlem Dışı Yüklere Maruz Yığma Duvarların Deprem Davranışlarının Analitik ve Deneysel Değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(2).

## **ÖZGEÇMİŞ**

Merve Şentürk, 20.06.1992'de Düzce'de doğdu. İlköğretim, ortaöğretim ve lise eğitimini Düzce'de tamamladı.2010 yılında Anadolu Öğretmen Lisesi'nden mezun oldu. 2010 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2014 yılında mezun oldu. 2014 yılında Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. 3 yıldır İnşaat Mühendisi olarak görev yapmaktadır.