

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOLGU DUVARLI ÇERÇEVELERİN HASIR ÇELİK  
DONATILI SIVA İLE GÜÇLENDİRİLMESİ**

**DOKTORA TEZİ  
Hidayet ÖZDEMİR**

**Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği**

**Programı : Yapı Mühendisliği**

**KASIM 2008**

## ÖNSÖZ

Doktora tezimde her konuda çok kıymetli zamanlarını ayırıp, çalışmalarımın her aşamasında güvenini, desteğini, emeğini, bilgi ve tecrübesini hiçbir zaman esirgemeyen, her konuda destek olan, hocam Prof.Dr. İlhan EREN'e katkılarından dolayı en içten şükranlarımı sunarım. Çalışmamı en başından beri destekleyen, yeni yaklaşımlar geliştirmem konusunda beni aydınlatan, gerektiğinde her zaman yararlanabildiğim ve örnek aldığım hocam Prof..Dr. Zekai CELEP ve Doç. Dr. Alper İLKİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Bana her konuda destek olan, yardım ve dostluğunu esirgemeyen, hocam Dr. Mustafa GENÇOĞLU'na en içten şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarım boyunca sürekli olarak yardımlarını, desteklerini ve en önemlisi dostluklarını hiçbir zaman esirgemeyen çok kıymetli arkadaşlarım Erciyes Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Bölümü'nden Yrd.Doç.Dr. H. Mustafa PALANCIOĞLU ve Çevre Mühendisliği Bölümünden Öğr.Gör. Dr. Oktay ÖZKAN'a çok teşekkür ederim. Yine Erciyes Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü öğretim elemanlarına ayrıca Yrd.Doç.Dr Kamil Aydın, İnş.Müh. Cihat Gökalp, İnş. Müh. Furkan Birdal'a destek ve anlayışlarından dolayı teşekkür ederim.

Hayatım boyunca ve özellikle de çalışmam sırasında her zaman bana büyük fedakarlık örneğini gösterip destek veren, beni her konuda yalnız bırakmayan bu çalışmamın da her aşamasında bana desteklerini esirgemeyen sevgili eşime, en büyük moral kaynağım canım yavrularım, Salih, M.Emin, Meryem Melda ve Ahmet Efe ile aileme sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

**Mayıs, 2008**

**Hidayet ÖZDEMİR**



## İÇİNDEKİLER

<b>KISALTMALAR</b>	<b>ix</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b>	<b>xi</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b>	<b>xvii</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b>	<b>xxi</b>
<b>ÖZET</b>	<b>xxiii</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>xxv</b>
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
1.1 Çalışmanın Anlam ve Önemi	1
1.2 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	3
<b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI</b>	<b>7</b>
<b>3. DENEYSEL ÇALIŞMA</b>	<b>21</b>
3.1 Malzeme Özellikleri	23
3.1.1 Beton	23
3.1.2 Donatı	24
3.1.3 Güçlendirme sıvaları	24
3.1.4 Tuğla, harç, normal sıva	25
3.2 Numunelerin İmalatı	26
3.2.1 Boyutlar ve donatı detayları	35
3.2.2 Çerçevelerin güçlendirilmesi	36
3.3 Deney ve Ölçüm Düzeneği	44
3.3.1 Deneylein yapılması	47
<b>4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ</b>	<b>53</b>
4.1 Bölme Duvarının ve Bölme Duvar Güçlendirilmesinin Çerçeve Davranışına Etkisi	53
4.1.1 Taşınan maksimum yük	53
4.1.2 Rijitlik kıyaslaması	55
4.1.3 Çevrimler arası rijitlik azalması	58
4.1.4 Kalan dayanım	59
4.1.5 Çevrimler arası dayanım azalması	61
4.1.6 Enerji yutma kapasitesi	62
4.1.7 Plastik deformasyon	65
4.2 Çerçeveye Yapılan Ankraj Aralığının, Bölme Duvarlı Çerçeve	

Güçlendirmesine Etkisi	67
4.2.1 Taşınan maksimum yük	68
4.2.2 Rijitlik kıyaslaması	69
4.2.3 Çevrimler arası rijitlik azalması	70
4.2.4 Kalan dayanım	71
4.2.5 Çevrimler arası dayanım azalması	72
4.2.6 Enerji yutma kapasitesi	72
4.2.7 Plastik deformasyon	73
4.3 Duvar Düzlemine Dik Ankaraj Sayısının, Bölme Duvarlı Çerçeve	
Güçlendirmesine etkisi	74
4.3.1 Taşınan maksimum yük	75
4.3.2 Rijitlik kıyaslaması	76
4.3.3 Çevrimler arası rijitlik azalması	77
4.3.4 Kalan dayanım	78
4.3.5 Çevrimler arası dayanım azalması	79
4.3.6 Enerji yutma kapasitesi	79
4.3.7 Plastik deformasyon	81
4.4 Güçlendirme Sıvasının Dayanım ve Kalınlığının, Bölme Duvarlı Çerçeve	
Güçlendirmesine Etkisi	82
4.4.1 Taşınan maksimum yük	83
4.4.2 Rijitlik kıyaslaması	84
4.4.3 Çevrimler arası rijitlik azalması	85
4.4.4 Kalan dayanım	86
4.4.5 Çevrimler arası dayanım azalması	87
4.4.6 Enerji yutma kapasitesi	88
4.4.7 Plastik deformasyon	89
<b>5. ANALİTİK ÇALIŞMALAR</b>	<b>91</b>
5.1 Çıplak Çerçevenin Artan Yatay Yükler Etkisi Altında Doğrusal Olmayan Davranışı	93
5.2 Bölme Duvarlı Çerçevenin Artan Yatay Yükler Etkisi Altında Doğrusal Olmayan Davranışı	94
5.3 Güçlendirilmiş Bölme Duvarlı Çerçevenin Artan Yatay Yükler Etkisi Altında Doğrusal Olmayan Davranışı	98
<b>6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b>	<b>103</b>
KAYNAKLAR	107
EKLER	113





## KISALTMALAR

<b>CFRP</b>	: Carbon Fiber Reinforced Polymer
<b>ACI</b>	: American Concrete Institute
<b>LP</b>	: Lifli polimer
<b>Mpa</b>	: Megapascal
<b>LVDT</b>	: Linear Variable Displacement Transducer
<b>FRP</b>	: Fiber Reinforced Polymer
<b>MR</b>	: Mağnetik Rezonans
<b>EMPA</b>	: Uluslararası Malzeme Test ve Araştırma Merkezi





## ÇİZELGE LİSTESİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
<b>Çizelge 3.1</b> : Deney numunelerinin fiziksel ve geometrik özellikleri	22
<b>Çizelge 3.2</b> : Beton Karışım Oranları	23
<b>Çizelge 3.3</b> : Beton Numune Özellikleri	24
<b>Çizelge 3.4</b> : Donatı Özellikleri	24
<b>Çizelge 3.5</b> : Deprem Yönetmeliğinde Verilen Karışım Oranına Göre Hazırlanmış Sıva	25
<b>Çizelge 3.6</b> : Özel Hazırlanmış Güçlü Sıva	25
<b>Çizelge 3.7</b> : Tuğla Yüzeyine Uygulanan Sıva	25
<b>Çizelge 3.8</b> : Duvar Yapımında Kullanılan Harç	26
<b>Çizelge 3.9</b> : Tuğla Basınç Dayanımı	26
<b>Çizelge A.1</b> : Boş Çerçevenin (B), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi	113
<b>Çizelge A.2</b> : Dolgu Duvarlı Çerçevenin (I), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi	114
<b>Çizelge A.3</b> : Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA8-P1), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi	114
<b>Çizelge A.4</b> : Boş Çerçevenin (B) Rijitlik Değişimi Çizelgesi	115
<b>Çizelge A.5</b> : Dolgu Duvarlı Çerçevenin (I), Rijitlik Değişimi Çizelgesi	115
<b>Çizelge A.6</b> : Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA8-P1) Rijitlik Değişimi Çizelgesi	116
<b>Çizelge A.7</b> : Boş Çerçevenin (B), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması % si Çizelgesi	116
<b>Çizelge A.8</b> : Dolgu Duvarlı Çerçevenin (I), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması % si Çizelgesi	117
<b>Çizelge A.9</b> : Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA8-P1) Çevrimler Arası Rijitlik Azalması % si Çizelgesi	117
<b>Çizelge A.10</b> : Boş Çerçevenin (B), Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi	118
<b>Çizelge A.11</b> : Dolgu Duvarlı Çerçevenin (I), Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi	118
<b>Çizelge A.12</b> : Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA8-P1) Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi	119
<b>Çizelge A.13</b> : Boş Çerçevenin (B) Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi	119
<b>Çizelge A.14</b> : Dolgu Duvarlı Çerçevenin (I), Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi	120
<b>Çizelge A.15</b> : Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA8-P1), Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi	120
<b>Çizelge A.16</b> : Boş Çerçevenin (B), Enerji Yutma Kapasitesi	121
<b>Çizelge A.17</b> : Dolgu Duvarlı Çerçevenin (I), Enerji Yutma Kapasitesi	122
<b>Çizelge A.18</b> : Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA8-P1), Enerji Yutma Kapasitesi	123
<b>Çizelge A.19</b> : Boş Çerçevenin(B), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi	124

<b>Çizelge A.20</b>	: Dolgu Duvarlı Çerçevenin (I), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi	124
<b>Çizelge A.21</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi	125
<b>Çizelge B.1</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi	125
<b>Çizelge B.2</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA45-WA12-P1), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi	126
<b>Çizelge B.3</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA60-WA12-P1), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi	126
<b>Çizelge B.4</b>	: Farklı Ankraj Aralıklı, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), Rijitlik Değişimi Çizelgesi	127
<b>Çizelge B.5</b>	: Farklı Ankraj Aralıklı, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA45-WA12-P1), Rijitlik Değişimi Çizelgesi	127
<b>Çizelge B.6</b>	: Farklı Ankraj Aralıklı, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA60-WA12-P1), Rijitlik Değişimi Çizelgesi	128
<b>Çizelge B.7</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA12-P1), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması % si Çizelgesi	128
<b>Çizelge B.8</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA45-WA12-P1), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması % si Çizelgesi	129
<b>Çizelge B.9</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA60-WA12-P1), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması % si Çizelgesi	129
<b>Çizelge B.10</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA12-P1), Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi	130
<b>Çizelge B.11</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA45-WA12-P1), Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi	130
<b>Çizelge B.12</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA60-WA12-P1), Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi	131
<b>Çizelge B.13</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA12-P1), Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi	131
<b>Çizelge B.14</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA45-WA12-P1), Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi	131
<b>Çizelge B.15</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA60-WA12-P1), Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi	132
<b>Çizelge B.16</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA12-P1), Enerji Yutma Kapasitesi Çizelgesi	133
<b>Çizelge B.17</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA45-WA12-P1), Enerji Yutma Kapasitesi Çizelgesi	134
<b>Çizelge B.18</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA60-WA12-P1), Enerji Yutma Kapasitesi Çizelgesi	135
<b>Çizelge B.19</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA12-P1), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi	136
<b>Çizelge B.20</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA45-WA12-P1), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi	136
<b>Çizelge B.21</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA60-WA12-P1), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi	137
<b>Çizelge C.1</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı	137

	Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA12-P1), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi	
<b>Çizelge C.2</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi	138
<b>Çizelge C.3</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA5-P1), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi	138
<b>Çizelge C.4</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA3-P1), Rijitlik Değişimi Çizelgesi	139
<b>Çizelge C.5</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1), Rijitlik Değişimi Çizelgesi	139
<b>Çizelge C.6</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA5-P1), Rijitlik Değişimi Çizelgesi	140
<b>Çizelge C.7</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA3-P1), Rijitlik Değişimi Çizelgesi	140
<b>Çizelge C.8</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA3-P1), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi	141
<b>Çizelge C.9</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA12-P1), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması % si Çizelgesi	141
<b>Çizelge C.10</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA8-P1), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması % si Çizelgesi	142
<b>Çizelge C.11</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA5-P1), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması % si Çizelgesi	142
<b>Çizelge C.12</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA3-P1), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması % si Çizelgesi	143
<b>Çizelge C.13</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA12-P1), Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi	143
<b>Çizelge C.14</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA8-P1), Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi	144
<b>Çizelge C.15</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA5-P1), Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi	144
<b>Çizelge C.16</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA3-P1), Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi	145
<b>Çizelge C.17</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA12-P1), Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi	145

<b>Çizelge C.18</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA8-P1), Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi	146
<b>Çizelge C.19</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA5-P1), Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi	146
<b>Çizelge C.20</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA3-P1), Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi	147
<b>Çizelge C.21</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA12-P1), Enerji Yutma Kapasitesi Çizelgesi	148
<b>Çizelge C.22</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA8-P1), Enerji Yutma Kapasitesi Çizelgesi	149
<b>Çizelge C.23</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA5-P1), Enerji Yutma Kapasitesi Çizelgesi	150
<b>Çizelge C.24</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA5-P1), Enerji Yutma Kapasitesi Çizelgesi	151
<b>Çizelge C.25</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi	152
<b>Çizelge C.26</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA8-P1), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi	152
<b>Çizelge C.27</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA5-P1), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi	153
<b>Çizelge C.28</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA3-P1), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi	153
<b>Çizelge D.1</b>	: Güçlendirme Sıvasının Dayanım ve Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi	154
<b>Çizelge D.2</b>	: Güçlendirme Sıvası dayanımının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P2), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi	154
<b>Çizelge D.3</b>	: Güçlendirme Sıvası Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P3), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi	155
<b>Çizelge D.4</b>	: Güçlendirme Sıvasının Dayanım ve Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1), Rijitlik Değişimi Çizelgesi	155
<b>Çizelge D.5</b>	: Güçlendirme Sıvası Dayanımının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P2), Rijitlik Değişimi Çizelgesi	156
<b>Çizelge D.6</b>	: Güçlendirme Sıvası Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P3), Rijitlik Değişimi Çizelgesi	156

<b>Çizelge D.7</b>	: Güçlendirme Sıvasının Dayanım ve Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması % si Çizelgesi	157
<b>Çizelge D.8</b>	: Güçlendirme Sıvası Dayanımının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P2), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması % si Çizelgesi	157
<b>Çizelge D.9</b>	: Güçlendirme Sıvası Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P3), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması % si Çizelgesi	158
<b>Çizelge D.10</b>	: Güçlendirme Sıvasının Dayanım ve Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1), Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi	158
<b>Çizelge D.11</b>	: Güçlendirme Sıvası Dayanımının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P2), Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi	159
<b>Çizelge D.12</b>	: Güçlendirme Sıvası Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P3), Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi	159
<b>Çizelge D.13</b>	: Güçlendirme Sıvasının Dayanım ve Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1), Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi	160
<b>Çizelge D.14</b>	: Güçlendirme Sıvası Dayanımının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P2), Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi	160
<b>Çizelge D.15</b>	: Güçlendirme Sıvası Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P3), Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi	161
<b>Çizelge D.16</b>	: Güçlendirme Sıvasının Dayanım ve Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1), Enerji Yutma Kapasitesi Çizelgesi	162
<b>Çizelge D.17</b>	: Güçlendirme Sıvası Dayanımının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P2), Enerji Yutma Kapasitesi Çizelgesi	163
<b>Çizelge D.18</b>	: Güçlendirme Sıvası Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P3), Enerji Yutma Kapasitesi Çizelgesi	164
<b>Çizelge D.19</b>	: Güçlendirme Sıvasının Dayanım ve Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi	165
<b>Çizelge D.20</b>	: Güçlendirme Sıvası Dayanımının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P2), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi	165
<b>Çizelge D.21</b>	: Güçlendirme Sıvası Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P3), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi	166



## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1 : Temel Betonu	27
Şekil 3.2 : Kalıpları sökülmüş temel	27
Şekil 3.3 : Çerçeve kalıplarının ve donatıların yapımı	28
Şekil 3.4 : Donatıları tamamlanmış çerçeve	28
Şekil 3.5 : Hazırlanan çerçeve kalıpları	29
Şekil 3.6 : Çerçeve betonlarının dökümü	29
Şekil 3.7 : Beton dökümü tamamlanmış çerçeve	30
Şekil 3.8 : Beton dökümü tamamlanmış çerçeveler	30
Şekil 3.9 : Çerçeve betonlarının dökümü yapılırken	31
Şekil 3.10 : Beton numunelerinin alınması	31
Şekil 3.11 : Beton numunesi alınmış şekli	32
Şekil 3.12 : Çerçevelerin kalıplarının sökülmüş şekli	32
Şekil 3.13 : Çerçevelerin kalıplarının sökülmüş şekli	33
Şekil 3.14 : Çerçevelerin kalıplarının sökülmüş şekli ve laboratuvar	33
Şekil 3.15 : Dolgu duvarlarının örülmesi dış yüz	34
Şekil 3.16 : Dolgu duvarlarının örülmesi iç yüz	34
Şekil 3.17 : Güçlendirme için çerçevede bırakılan dış	35
Şekil 3.18 : Deney elemanları ve donatı detayları	36
Şekil 3.19 : Boş Çerçeve (Bare frame )	36
Şekil 3.20 : Dolgu Duvarlı, Sıvalı ( Güçlendirilmemiş )	37
Şekil 3.21 : I-FA30-WA12-P1 (Çerçeve Ankraj aralığı 30 cm, duvar düzlemine dik ankraj sayısı 12 adet, 3 cm yönetmelikteki sıva)	37
Şekil 3.22 : I-FA45-WA12-P1 (Çerçeve Ankraj aralığı 45 cm, duvar düzlemine dik ankraj sayısı 12 adet, 3 cm yönetmelikteki sıva)	37
Şekil 3.23 : I-FA60-WA12-P1 (Çerçeve Ankraj aralığı 60 cm, duvar düzlemine dik ankraj sayısı 12 adet, 3 cm yönetmelikteki sıva)	38
Şekil 3.24 : I-FA30-WA8-P1(Çerçeve Ankraj aralığı 30 cm, duvar düzlemine dik ankraj sayısı 8 adet, 3 cm yönetmelikteki sıva) (Deprem Yönetmeliğine uygun)	38
Şekil 3.25 : I-FA30-WA5-P1 (Çerçeve Ankraj aralığı 30 cm, duvar düzlemine dik ankraj sayısı 5 adet, 3 cm yönetmelikteki sıva) (WA Deprem Yönetmeliğinden az)	38
Şekil 3.26 : I-FA30-WA3-P1 (Çerçeve Ankraj aralığı 30 cm, duvar düzlemine dik ankraj sayısı 3adet, 3 cm yönetmelikteki sıva) (WA Deprem Yönetmeliğinden çok az)	39
Şekil 3.27 : I-FA30-WA8-P2 (Çerçeve Ankraj aralığı 30 cm, duvar düzlemine dik ankraj sayısı 8 adet, 3 cm güçlü sıva)	39
Şekil 3.28 : I-FA30-WA8-P3 (Çerçeve Ankraj aralığı 30 cm, duvar düzlemine dik ankraj sayısı 8 adet, 5 cm yönetmelikteki sıva)	39
Şekil 3.29 : Duvar düzlemine dik ankraj	40
Şekil 3.30 : 3 no'lu numune ankraj detayları	41



<b>Şekil 3.31</b>	: 4 no'lu numune ankraj detayları	42
<b>Şekil 3.32</b>	: 5 no'lu numune ankraj detayları	42
<b>Şekil 3.33</b>	: 6 no'lu numune ankraj detayları	43
<b>Şekil 3.34</b>	: Düzlem dışı hareketi engellemek için yapılan kayıcı mesnetler	45
<b>Şekil 3.35</b>	: Yükleme düzeneği, kriko ve load cell	45
<b>Şekil 3.36</b>	: Yükleme duvarı ve deney düzeneği	46
<b>Şekil 3.37</b>	: Deney düzeneği	46
<b>Şekil 3.38</b>	: Deney veri toplama düzeneği	47
<b>Şekil 3.39</b>	: Boş çerçeve numunesine yatay yükleme yapılması	48
<b>Şekil 3.40</b>	: LVDT lerle numuneden veri toplanması	49
<b>Şekil 3.41</b>	: Boş Çerçeveye Ait Yük-Deplasman (Histerisis) Eğrisi	49
<b>Şekil 3.42</b>	: Dolgu Duvarlı (I) Çerçeveye Ait Yük-Deplasman (Histerisis) Eğrisi	49
<b>Şekil 3.43</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş (I-FA30-WA12-P1) Çerçeveye Ait Yük-Deplasman (Histerisis) Eğrisi	50
<b>Şekil 3.44</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş (I-FA45-WA12-P1) Çerçeveye Ait Yük-Deplasman (Histerisis) Eğrisi	50
<b>Şekil 3.45</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş (I-FA60-WA12-P1) Çerçeveye Ait Yük-Deplasman (Histerisis) Eğrisi	50
<b>Şekil 3.46</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş (I-FA30-WA8-P1) Çerçeveye Ait Yük-Deplasman (Histerisis) Eğrisi	51
<b>Şekil 3.47</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş (I-FA30-WA5-P1) Çerçeveye Ait Yük-Deplasman (Histerisis) Eğrisi	51
<b>Şekil 3.48</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş (I-FA30-WA3-P1) Çerçeveye Ait Yük-Deplasman (Histerisis) Eğrisi	51
<b>Şekil 3.49</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş (I-FA30-WA8-P2) Çerçeveye Ait Yük-Deplasman (Histerisis) Eğrisi	52
<b>Şekil 3.50</b>	: Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş (I-FA30-WA8-P3) Çerçeveye Ait Yük-Deplasman (Histerisis) Eğrisi	52
<b>Şekil 4.1</b>	: Boş Çerçeve(B), Dolgu Duvarlı Çerçeve (I), Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1) Zarf Eğrisi	54
<b>Şekil 4.2</b>	: Boş Çerçeve(B), Zarf Eğrisi	54
<b>Şekil 4.3</b>	: Dolgu Duvarlı Çerçeve (I), Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1) Zarf Eğrisi	55
<b>Şekil 4.4</b>	: Boş Çerçeve(B), Dolgu Duvarlı Çerçeve (I), Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1) Rijitlik Değişimi Grafiği	56
<b>Şekil 4.5</b>	: Boş Çerçevenin (B) Rijitlik Değişimi Grafiği	57
<b>Şekil 4.6</b>	: Dolgu Duvarlı Çerçeve (I), Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1) Rijitlik Değişimi Grafiği	57
<b>Şekil 4.7</b>	: Boş Çerçeve(B), Dolgu Duvarlı Çerçeve (I), Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1) Çevrimler Arası Rijitlik Azalması % si	58
<b>Şekil 4.8</b>	: Dolgu Duvarlı Çerçeve (I), Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1) Çevrimler Arası Rijitlik Azalması % si	59
<b>Şekil 4.9</b>	: Boş Çerçeve(B), Dolgu Duvarlı Çerçeve (I), Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1) Kalan Dayanım Oranı	60
<b>Şekil 4.10</b>	: Dolgu Duvarlı Çerçeve (I), Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1) Kalan Dayanım Oranı	61
<b>Şekil 4.11</b>	: Boş Çerçeve(B), Dolgu Duvarlı Çerçeve (I), Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1), Çevrimler Arası	62

	Dayanım Azalması	
<b>Şekil 4.12</b>	: Dolgu Duvarlı Çerçeve (I), Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1) Çevrimler Arası Dayanım Azalması	62
<b>Şekil 4.13</b>	: Yutulan Enerji Miktarının Hesabı	63
<b>Şekil 4.14</b>	: Boş Çerçeve(B), Dolgu Duvarlı Çerçeve (I), Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1), Enerji Yutma Kapasitesi	64
<b>Şekil 4.15</b>	: Dolgu Duvarlı Çerçeve (I), Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1), Enerji Yutma Kapasiteleri	64
<b>Şekil 4.16</b>	: Yük-deplasman eğrisinden Kalıcı Yer Değiştirme Oranının bulunması	65
<b>Şekil 4.17</b>	: Boş Çerçeve(B), Dolgu Duvarlı Çerçeve (I), Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı	67
<b>Şekil 4.18</b>	: Dolgu Duvarlı Çerçeve (I), Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı	67
<b>Şekil 4.19</b>	: Farklı Ankraj Aralıklı, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA45-WA12-P1), (I-FA60-WA12-P1) Zarf Eğrisi	69
<b>Şekil 4.20</b>	: Farklı Ankraj Aralıklı, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA45-WA12-P1), (I-FA60-WA12-P1) Rijitlik Değişimi Grafiği	70
<b>Şekil 4.21</b>	: Farklı Ankraj Aralıklı, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA45-WA12-P1), (I-FA60-WA12-P1) Çevrimler Arası Rijitlik Azalması % si	70
<b>Şekil 4.22</b>	: Farklı Ankraj Aralıklı, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA45-WA12-P1), (I-FA60-WA12-P1) Kalan Dayanım Oranları	71
<b>Şekil 4.23</b>	: Farklı Ankraj Aralıklı, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA45-WA12-P1), (I-FA60-WA12-P1) Çevrimler Arası Dayanım Azalması % si	72
<b>Şekil 4.24</b>	: Farklı Ankraj Aralıklı, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA45-WA12-P1), (I-FA60-WA12-P1), Enerji Yutma Kapasitesi	73
<b>Şekil 4.25</b>	: Farklı Ankraj Aralıklı, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA45-WA12-P1), (I-FA60-WA12-P1), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı	74
<b>Şekil 4.26</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA5-P1), (I-FA30-WA3-P1), Zarf Eğrileri	76
<b>Şekil 4.27</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA5-P1), (I-FA30-WA3-P1), Rijitlik Değişimi Grafiği	77
<b>Şekil 4.28</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA5-P1), (I-FA30-WA3-P1), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması % si	77
<b>Şekil 4.29</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA30-WA8-	78

	P1), (I-FA30-WA5-P1), (I-FA30-WA3-P1), Kalan Dayanım Oranları	
<b>Şekil 4.30</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA5-P1), (I-FA30-WA3-P1), Çevrimler Arası Dayanım Azalması % si	79
<b>Şekil 4.31</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA5-P1), (I-FA30-WA3-P1), Enerji Yutma Kapasiteleri	80
<b>Şekil 4.32</b>	: Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA5-P1), (I-FA30-WA3-P1), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı	82
<b>Şekil 4.33</b>	: Güçlendirme Sıvasının Dayanım ve Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA8-P2), (I-FA30-WA8-P3), Zarf Eğrileri	84
<b>Şekil 4.34</b>	: Güçlendirme Sıvasının Dayanım ve Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA8-P2), (I-FA30-WA8-P3), Rijitlik Değişimi Grafiği	85
<b>Şekil 4.35</b>	: Güçlendirme Sıvasının Dayanım ve Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA8-P2), (I-FA30-WA8-P3), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması % si	86
<b>Şekil 4.36</b>	: Güçlendirme Sıvasının Dayanım ve Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA8-P2), (I-FA30-WA8-P3), Kalan Dayanım Oranları	87
<b>Şekil 4.37</b>	: Güçlendirme Sıvasının Dayanım ve Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA8-P2), (I-FA30-WA8-P3), Çevrimler Arası Dayanım Azalması % si	88
<b>Şekil 4.38</b>	: Güçlendirme Sıvasının Dayanım ve Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA8-P2), (I-FA30-WA8-P3), Enerji Yutma Kapasiteleri	89
<b>Şekil 4.39</b>	: Güçlendirme Sıvasının Dayanım ve Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA8-P2), (I-FA30-WA8-P3), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı	90
<b>Şekil 5.1</b>	: Betonun gerilme-şekil değiştirme eğrisi	92
<b>Şekil 5.2</b>	: Donatının gerilme-şekil değiştirme eğrisi	92
<b>Şekil 5.3</b>	: Kolon kesitine ait moment-eğrilik ilişkisi	93
<b>Şekil 5.4</b>	: Kolon kesitine ait moment-dönme ilişkisi	93
<b>Şekil 5.5</b>	: Boş çerçevenin statik modeli	94
<b>Şekil 5.6</b>	: Boş çerçevenin deney ve pushover yük-deplasman eğrisi	94
<b>Şekil 5.7</b>	: Dolgu duvarın statik ve basınç çubuğu modeli	95
<b>Şekil 5.8</b>	: Dolgu duvarlı çerçevenin deney ve pushover yük-deplasman eğrisi	97
<b>Şekil 5.9</b>	: Güçlendirilmiş dolgu duvarın statik ve basınç çubuğu modeli (donatısız)	98
<b>Şekil 5.10</b>	: Güçlendirilmiş dolgu duvarın statik ve basınç çubuğu modeli donatılı)	98
<b>Şekil 5.11</b>	: Güçlendirilmiş dolgu duvarlı çerçevenin deney ve pushover yük-deplasman eğrisi	100

## SEMBOL LİSTESİ

$A_c$	: Kolon veya perdenin brüt kesit alanı
$A_d$	: Dolgu duvar yatay kesit alanı
$a_d$	: Eşdeğer basınç çubuğunun genişliği
$b$	: Yatay plakaların genişliği
$E_c$	: Çerçeve betonunun elastisite modülü
$E_d$	: Dolgu duvarın elastisite modülü
$EI_o$	: Çatlamamış kesit eğilme rijitliği
$f_d$	: Dolgu duvarın basınç dayanımı
$f_{yd}$	: Hasır donatı çeliğinin tasarım akma dayanımı
$f_{yw}$	: Manto çeliğinin akma dayanımı
$h_{duvar}$	: Dolgu duvarın yüksekliği
$l_{duvar}$	: Dolgu duvarın uzunluğu
$l_{min}$	: Minimum ankraj çubuğu derinliği
$l_w$	: Perdenin veya bağ kirişli perde parçasının plandaki uzunluğu
$N_D$	: Düşey yükler altına kolonda oluşan aksel kuvvet
$R_a$	: Deprem yükü azaltma katsayısı
$r$	: Etki/kapasite oranı
$r_d$	: Dolgu duvar köşegen uzunluğu
$s$	: Yatay plakaların aralığı
$s_{max}$	: Maksimum ankraj çubuğu aralığı



## DOLGU DUVARLI ÇERÇEVELERİN HASIR ÇELİK DONATILI SIVA İLE GÜÇLENDİRİLMESİ

### ÖZET

Ülkemizde betonarme çerçeve taşıyıcı sisteme sahip binaların bir çoğunun, büyük hatta orta şiddetteki depremlere dayanabilecek nitelikte olmadığı bilinmektedir. Bu tip binaların deprem öncesi güçlendirilmeleri veya depremi az veya orta hasarlı atlattıktan sonra onarılması ve güçlendirilmesi pratikte oldukça yaygındır. Bu tür yapıların depreme karşı güçlendirilmesi amacıyla belli sayıda betonarme çerçevenin betonarme dolgu duvarlar ile doldurulması ekonomik bir çözüm olabilmektedir. Dolgulu çerçeve iyi analiz edilip, gerektiği gibi projelendirilir ve imal edilirse, perde duvar gibi davranarak yapının yanal rijitliğini ve dayanımı artırabilir ve böylece diğer taşıyıcı elemanların güçlendirilmesine ihtiyaç duyulmayabilir.

Yapılan bu çalışmada kusurlu olarak üretildikleri varsayılan yapılara ait tuğla dolgu duvarlı betonarme çerçevelerin, duvar yüzeyine uygulanan hasır donatı ve siva ile güçlendirilmelerine yönelik deneysel araştırmayı içermektedir. Bu çalışmada on adet tek katlı tek açıklıklı ½ ölçekli betonarme çerçeve üretilmiştir. Dolgu duvar üzerine farklı uygulama detayları güçlendirilen numuneler deneye tabi tutulmuştur. Bu amaçla hazırlanan on adet çerçeve elemanı, tersinir tekrarlanır yatay yük altında test edilmiştir. Bu numunelerde kullanılan kesit ve donatı detayları, uygulamada kusurlu olarak üretildikleri varsayılan yapıları temsil etmektedir. Bu imalatlarda tam ankastreliği sağlamak için rijit bir temel üzerine tek katlı, tek açıklıklı, beton basınç dayanımı düşük, güçlü giriş ve zayıf kolondan oluşan çerçeveler imal edilmiştir. Bu deneysel çalışmada bölme duvarının, çerçeveye yapılan ankraj aralığının, duvar düzlemine dik ankraj sayısının, siva kalınlığının ve siva kalitesinin güçlendirilmiş bölme duvarlı çerçeve davranışına etkisi araştırılmıştır. Değişen bu parametrelere bağlı olarak test edilen elemanların yatay yükler etkisinde davranışlarındaki değişim incelenmiştir.

Aynı zamanda bu çalışma kapsamı içinde çıplak çerçevenin, dolgu duvarlı çerçevenin ve güçlendirilmiş dolgu duvarlı çerçevenin statik modelleri oluşturulmuş ve bu modeller kullanılarak, yatay yük kapasitelerinin tayini için doğrusal olmayan statik itme analizleri (pushover analiz) SAP2000 programı kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışmalar, deney modellerinin öngörülen yatay yükler etkisi altında davranışının analitik olarak incelenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Analitik çalışma neticesinde çıplak çerçevenin, bölme duvarlı çerçevenin ve güçlendirilmiş bölme duvarlı çerçevenin deney sonucunda elde edilen yük-deplasman eğrisi ile itme analizi sonucunda elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve deneysel sonuçlar ile analitik sonuçların birbiri ile uyumlu olduğu görülmüştür.



## **STRENGTHENING OF MASONRY INFILL WALLS IN REINFORCED CONCRETE FRAMES WITH WIRE MESH REINFORCEMENT**

### **SUMMARY**

It is known that in our country most of those buildings with reinforced-concrete (RC) frames are not of sufficient quality to resist high intensity even medium intensity earthquakes. Yet it is a common practice to strengthen such buildings either prior to the occurrence of any effective earthquakes or to strengthen and retrofit them after they have suffered minor or major damages due to an actual earthquake. Modifying the partition walls of conventional RC frames so as to convert them to RC walls may present an economical solution for the purpose of strengthening them against seismic loads. The originally partition walls of such RC frames will perform as if they were a RC shear wall and hence will improve the lateral stiffness and strength of the overall RC frame when they are converted to RC walls by some modification, which will make unnecessary such classical practices as jacketing of so many individual columns provided the modified frame is designed and the in-fill RC walls are built properly.

This study comprises a series of experiments with the aim of strengthening RC frames having partition walls assumed to have been constructed defectively by applying additional exterior wall plaster of sufficient thickness in which a steel wire mesh is embedded. Ten number of single-story, two-dimensional RC frames of  $\frac{1}{2}$  scale are produced for this purpose. RC frames with different configurations of plaster covering wire-mesh applied on exteriors of masonry partition walls are tested under reciprocating, quasi-dynamic, lateral loads. The original RC frames are designed and produced deliberately as structurally weak. The RC frames are constructed on very rigid and massive RC footings in order to correctly simulate fixed-end supports. An off-standard concrete of too low a compressive strength is used, and the RC frames are designed and built purposely as having too slender columns with too rigid a beam on top. The effects of the spacing of anchorages of wire mesh reinforcement, of the thickness of the wall plaster covering the wire-mesh, and of the quality of the plaster mortar on the structural performance of the RC frame in conjunction with the strengthened partition wall have been investigated. The structural behaviors of such strengthened RC frames modified by various configurations against quasi-dynamic lateral loads have been investigated by carefully performed tests whose numerical data have been taken and recorded at high precision.

Based on a non-linear pushover approach, the structural analysis models against lateral loads of the RC frames with no infill wall, with infill wall, and with infill wall which is strengthened as summarized above have also been developed in this study, and these models have been applied using the SAP2000 package program. This



theoretical part of the study has been developed to analytically depict the behavior of the designed RC frames against lateral loads. The results of the analytical model for the RC frames with no infill wall, with infill wall, and with strengthened infill wall have all turned out to conform well with the force-displacement curves observed during the experiments performed on ten different-configuration RC frames.

## 1. GİRİŞ

### 1.1 Çalışmanın Anlam ve Önemi

Yapılardaki taşıyıcı sistemler ömürleri boyunca yatay ve düşey yüklere maruz kalmaktadır. Bu etkiler neticesinde yapıda bazı kusurlar oluşmaktadır. Bu kusurların artması sonucunda hasarlı yapılar ortaya çıkmaktadır. Bu hasarlı yapıların bir şekilde maruz kalacağı yükler etkisi altında güvenli tarafta kalmasını sağlayacak tedbirler alma zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

Ülkemizde halen karşılaşılan önemli sorunlardan biri, hasar görmemiş ve kullanılmakta olan çok sayıda binanın öngörülen depremlere karşı yeterli güvenliğinin olmaması ve taşıyıcı sisteminin orta şiddetteki bir deprem karşısında bile, büyük oranda hasara uğrayacak, hatta göçebilecek durumda bulunması gerçeğidir.

Deprem bölgesinde incelenen bir çok binada, binaların yatay deprem etkilerine karşı yetersiz olduğu görülmüştür. Bilindiği gibi perdeler, rijitlikleri nedeni ile yatay etkilerin önemli bir kısmını karşıladıkları gibi, çerçeve taşıyıcı sistemin yatay yer değiştirmelerini sınırlayarak deprem etkisinde taşıyıcı olan ve olmayan elemanlarda hasarın sınırlı kalmasını sağlarlar.

Mevcut yapının yanal yük dayanımı yapıya yeni yapı elemanlarının eklenmesi ile arttırılabilir. Bu elemanlar uygun projelendirildiğinde deprem etkisinin büyük bir kısmına karşı koyarak, mevcut sistemin yükünü önemli ölçüde azaltırlar. Güçlendirme için yeni elemanlarla sistemin rijitliği artırılacağı için, genellikle deprem kuvvetleri de artar ve etkiler sistemde değişik bir dağılımda ortaya çıkarabilir. Yeni elemanların yapı içinde düzgün dağıtılmasıyla, etkilerin belirli bölgede yığılması ve istenmeyen burulma etkilerinin meydana gelmesi önlenmiş olur.

Günümüzde betonarme yapıların, yapı kullanım amacının değişmesi nedeniyle yapının daha büyük yüklemeler etkisinde kalması, gerek tasarım aşamasında gerekse yapım aşamasında meydana gelen kusurlar, yeni şartnamelerin getirdiği koşullara uyma zorunluluğu vb. nedenlerden dolayı güçlendirilmesi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bunlardan başka yapılarda onarım ve güçlendirmeyi gerektiren en önemli olay depremlerin yapılardaki etkileridir.

Bir başka onarım ve güçlendirme gereği ise bugünün depreme dayanıklı yapım kurallarından ve yönetmeliklerden önce yapılmış eski yapıların kullanılmasının süregelmesinden kaynaklanmaktadır. Bu yapılarda bugünün bilgi seviyesinin gerektirdiği düzeyde deprem güvenliği yoktur. Deprem güvenliklerinin bugün yeni yapılan yapılarda olması istenen düzeylere çıkarılması önemli bir konu olup yapıların güçlendirilmesi gereksinimini ortaya çıkarmıştır. Bu, ekonomileri en güçlü olan ülkelerin bile üstesinden gelmekte zorlandığı büyük boyutta bir olaydır. Bütün bunlara ek olarak büyük depremler sonrasında ortaya çıkan çok sayıda ve acil onarım ve güçlendirme gereği ve ihtiyacı bulunmaktadır.

Yönetmeliklerin değişmesi sonucu daha önceden yapılmış yapıların yatay ve düşey yükler etkisi altında incelenmesi sonucunda kesit ve donatı olarak yetersiz elemanlara rastlanmaktadır. Bu gibi durumlarda sistemin elverdiği ölçüde bazı elemanlarda güçlendirme yapılması, işçilik ve yapı fonksiyonu gereği çok zor olmaktadır. Bu gibi durumlarda yapının hasar görmüş taşıyıcı elemanlarının daha az maliyet ve işçilikle güçlendirilmesi için çeşitli yöntemler araştırılmaktadır.

Güçlendirme işlemi hasar görmemiş bir yapı elemanının dayanım ve davranışının çeşitli yöntemler kullanılarak öngörülen düzeylere getirmek olarak tanımlanır. Güçlendirme alanında betonarme çerçevelerin çeşitli yöntemlerle güçlendirmesiyle alakalı çeşitli çalışmalar yapılmış ve yapılmaya da devam edilmektedir.

Uygulamada pratiklik sağlayan, kolay uygulanabilir, ucuz ve binanın kullanımına ara vermeden basit yöntemlerle nasıl güçlendirileceği konusunda yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bu amaçla yapılan çalışmalardan biri olan dolgu duvarlı çerçevelerin hasır çelik donatılı sıva ile güçlendirilmesi de bu yöntemlerden biridir. Bu çalışma, dolgu duvarlı çerçevelerin güçlendirilmesinde çerçeveye yapılan ankraj aralıkları, dolgu duvarlara yapılan

ankraj miktarları, güçlendirmede kullanılacak sıva kalınlığı ve kalitesinin hem ekonomik, hem uygulamada kolaylık, hem de yatay yükler etkisi altındaki davranışı açısından uygun olan miktarların belirlenmesi açısından önem arz etmektedir. Aynı zamanda yapılan bu çalışmada ‘Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik’ te verilen dolgu duvarların hasır çelik donatılı sıva ile güçlendirilmesi ile analitik olarak elde edilen kesme dayanım artışı, yönetmeliğe göre güçlendirilmiş numunenin deney sonucunda elde edilen kesme dayanım artışı ile karşılaştırılmıştır.

## 1.2 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Ülkemizdeki betonarme yapılar genellikle yeterli yanal dayanım ve rijitliğe sahip olmayan, donatı detayları deprem davranışı açısından yetersiz, beton dayanımları düşük çerçevelerden oluşmaktadır. Bunun yanında bu yapılarda yumuşak kat, kısa kolon, kuvvetli kiriş zayıf kolon gibi sistem yetersizliklerinin de bulunması, deprem güvenlikleri yeterli olmayan büyük bir yapı stokunu gündeme getirmektedir. Bu zayıflıklara sahip yapıların kuvvetli bir depremde sağlıklı bir davranış sergilemesini beklemek mümkün değildir. Bu nedenle, bir öncelik sırası belirlenerek, mevcut yapı stokunun deprem güvenliğinin artırılması gerekmektedir.

Güçlendirilmesi gereken bina sayısı göz önüne alındığında, bu binaların hepsinin deprem sonrası kullanılabilirliğini koruyacak şekilde güçlendirilmelerinin ekonomik olarak mümkün olmadığı görülmektedir. Diğer taraftan, can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi için bu binaların büyük bir depremde göçmelerinin engellenmesi de gerekmektedir.

Kullanımda olan konut ve endüstri binalarının güçlendirilmesini mümkün kılmak üzere, onarılacak binanın boşaltılmasını gerektirmeyen, hızlı ve binanın kullanımını aksatmadan uygulanabilen, ekonomik yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Yanal ötelenmeler belirli düzeyi geçmediği sürece, boşluklu tuğla duvarların betonarme çerçevelerin hem yanal rijitliğini hem de dayanımını önemli oranda artırdığı bilinmektedir. Ne var ki, yanal ötelenmeler belirli bir düzeyi aştığında söz konusu duvarlar ezilerek ya da devrilerek devre dışı kalmakta ve betonarme çerçevenin davranışına tüm deprem süresince katkıda bulunamamaktadır. Bölme duvarlardan

depremde daha fazla faydalanmak, rijitliğini ve dayanımın sağladığı katkıyı depremde daha fazla koruyabilmek için, bölme duvarların güçlendirilmesi çalışmaları yapılmaktadır.

Ülkemizde betonarme çerçeve taşıyıcı sistemine sahip binaların bir çoğunun büyük hatta orta şiddetteki depremlerle dayanabilecek kalitede olmadığı bilinmektedir. Bu tip binaların deprem öncesi güçlendirilmeleri veya depremi az veya orta hasarlı atlattıktan sonra onarılması ve güçlendirilmesi pratikte oldukça yaygındır. Bu tür yapıların depreme karşı rehabilite edilmesi amacıyla belli sayıda betonarme çerçevenin betonarme dolgu duvarlar ile doldurulması ekonomik bir çözüm olabilmektedir. Dolgulu çerçeve iyi analiz edilip, gerektiği gibi projelendirilir ve imal edilirse, perde duvar gibi davranarak yapının yanal rijitliğini ve dayanımı artırabilir ve böylece diğer taşıyıcı elemanların takviye edilmesi gereği ortadan kalkabilir.

Yapılan bu çalışma kusurlu olarak üretildikleri varsayılan yapılara ait tuğla dolgu duvarlı betonarme çerçevelerin, duvar yüzeyine uygulanan hasır donatı ve sıva ile güçlendirilmelerine yönelik deneysel araştırmayı içermektedir. Bu çalışmada on adet tek katlı tek açıklıklı  $\frac{1}{2}$  ölçekli betonarme çerçeve üretilmiştir. Dolgu duvar üzerine çelik hasır uygulaması ile farklı parametrelerde güçlendirme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla hazırlanan on adet çerçeve elemanı, tersinir tekrarlanır yatay yük altında test edilmiştir. Bu numunelerde kullanılan kesit ve donatı detayları, uygulamada kusurlu olarak üretildikleri varsayılan yapılar temsil edilmektedir. Bu imalatlarda tam ankastreliği sağlamak için rijit temel üzerine tek katlı, tek açıklıklı, beton basınç dayanımı düşük, güçlü kiriş ve zayıf kolondan oluşan çerçeveler imal edilmiştir. Bu deneysel çalışmada bölme duvarının, çerçeveye yapılan ankraj aralığının, duvar düzlemine dik ankraj sayısının, sıva kalınlığının ve sıva kalitesinin güçlendirilmiş bölme duvarlı çerçeve davranışına etkisi araştırılmıştır.

Bu numuneler den 1 nolu boş çerçeve, 2 nolu bölme duvarlı çerçeve ve deprem yönetmeliğine uygun güçlendirilmiş 6 no lu numune kıyaslanmış, bölme duvarının ve bölme duvar güçlendirilmesinin çerçeve davranışına etkisi araştırılmıştır.

Çerçeve ankraj aralıkları değiştirilen 3, 4 ve 5 no'lu numuneler de kendi aralarında kıyaslanmış, çerçeveye yapılan ankraj aralığının bölme duvarlı çerçeve güçlendirilmesine etkisi araştırılmıştır.

Duvar düzlemine dik ankraj sayısının değiştirilmesiyle oluşturulan 3, 6, 7 ve 8 no'lu numuneler de kendi aralarında kıyaslanmış ve duvar düzlemine dik ankraj sayısının bölme duvarlı çerçeve güçlendirilmesine etkisi araştırılmıştır.

Son olarak da diğer parametreleri deprem yönetmeliğine uygun olarak üretilen 6, 9 ve 10 no'lu numuneler de güçlendirme sıvasının dayanım ve kalınlığı değiştirilerek, bölme duvarlı çerçeve güçlendirilmesine etkisi araştırılmıştır.



## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Dolgulu çerçeveler konusundaki ilk çalışmalardan olan Whitney, Anderson ve Cohen'in [1], 1949'da Amerikan Ordusu için başladıkları deneysel çalışmanın sonuçlarını 1955'de yayınladıkları makalelerinde ortaya koydular (Whitney vd 1955). Yapıların patlama yükleri altındaki dayanımlarının araştırıldığı çalışmada, dolgulu çerçevelerin çerçevenin dayanımını ve rijitliğini kayda değer ölçüde artırdığı bulunmuştur. Araştırmacılar, çerçevenin betonarme dolgu duvarla güçlendirilmesi durumunda ise bu artışın çıplak çerçeveli durumun 10~20 katına kadar çıkabileceğini belirlemişlerdir. Çalışmanın analitik kısmında yatay yük etkisindeki betonarme dolgulu çerçevede eğilme etkilerinin dolgu ve çerçeve elemanlar tarafından kesme etkisinin ise sadece betonarme dolgu tarafından taşınacağı varsayılarak tek katlı dolgulu çerçevelerin yatay yerdeğiştirmelerini tahmin etmek için kiriş teorisine dayanan ampirik bir formülasyon önermişlerdir [1].

Benjamin ve Williams (1958) [2], tek katlı boşluklu dolgulu çerçevelerin davranışını araştırmışlardır. Çalışmada, boşluklu dolgulu çerçevelerin davranış ve deformasyon şekilleri incelenmiş, boşluk etrafındaki donatı detayının, boşluk büyüklük ve yerinin ve dolgu çerçeve arasındaki donatı detayının davranışa etkisi araştırılmıştır. Araştırmacılar, boşluklu dolgulu çerçevelerin davranışının tahmin edilebileceğini öne sürmüşlerdir. Mukavemet prensipleri ile elastik bölgede tasarım için yeterli hassasiyette sonuçların elde edilebilmesi için eğilme, kayma ve eksenel deformasyon etkilerinin dikkate alınması gerektiği sonucuna ulaşmışlardır. Yazarlar, toplam dayanımın her parçanın ayrı perdeler olarak düşünülmesi durumundaki dayanımlarının toplamına eşit olacağını öne sürmüşlerdir.

Smith (1968) [3], yayınladığı çalışmasında düşey yük etkisindeki dolgulu çelik çerçevelerin yatay yük altındaki davranışını incelemiştir. Çerçevenin düşey yük dayanımının yarısına kadar düşey yükün düzgün yayılı uygulanması durumunda çerçeve dayanımının ve rijitliğinin arttığı, aynı zamanda göçme şeklinin salt yatay yük uygulandığı durumdaki göçme şekline benzediği görülmüştür. Düşey



yükün, düşey yük kapasitesinin yarısını geçtiğinde yatay yük kapasitesi azalmış, düşey yük kapasitesi kadar düşey yük uygulandığında da sifıra düşmüştür. Aynı zamanda düşey yük için bulunan bu optimum sınırın aşılması durumunda göçme şeklinin salt düşey yük altındaki göçme şekline benzediği de görülmüştür.

Ersoy ve Uzsoy (1971) [4], çalışmalarında, 9 adet tek katlı tek açıklıklı betonarme dolgulu çerçeve deneyi yapmışlardır. Çerçeveler, iki katlı olarak inşa edilerek orta noktasından tekil yükleme ile denenen numunelerle tek katlı yapı davranışı elde edilmiştir. Deneylerde monoton artan yatay yükleme yapılmıştır. Çalışma sonucunda dolgulu çerçevelerde yatay yük kapasitesinin 7 katına çıktığı ve nihai durumdaki yerdeğiştirme kapasitesinin azaldığı gözlenmiştir. Ayrıca, çerçeve rijitliğinin dolgu yapılması durumunda yaklaşık 5 katına çıktığı görülmüştür. Yazarlar davranışa ilişkin elde ettikleri bu sonuçlara ilave olarak, dolgulu çerçevelerin modellenmesi ve analizi için de öneriler sunmuşlardır. Yazarlar, betonarme dolgunun iki ucu mafsallı basınç çubuğu ile modellenmesini önermiş ve bu çubuğa ait geometrik özellikleri belirlemişlerdir.

Klingner ve Bertero (1978) [5], 11 katlı bir yapının alt 3 katının 1/3 ölçekli modellerini oluşturmuşlardır. Model önce çıplak çerçeve olarak denenmiş, daha sonra dolgu duvarlı deneyler de yapılmıştır. Yapılan deneylerde, dolgulu çerçevelerin rijitliğinin çıplak çerçevenin 5 katı olduğu, yatay yük taşıma kapasitesinin de 6 katına çıktığı görülmüştür.

Liauw (1979) [6], betonarme dolgulu çelik çerçevelerin dinamik yatay yükler altındaki davranışını incelemiştir. Dört katlı çelik çerçevelerde yapılan deneylerde dolgu içerisine açılan boşlukların ve kesme bağlantılarının rijitlik ve dayanıma etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda kesme bağlantılarının çerçeve rijitliği ve dayanımı üzerinde ciddi etkileri bulunduğu, bunun yanında dolgudaki boşlukların dayanımı ciddi miktarda düşürdükleri görülmüştür. Tam dolgulu çerçevelerin kesme bağlantıları olmadığı durumda diyagonal basınç kırılması ile kesme bağlantıları bulunduğu ise çerçeve-dolgu arasındaki kesme dayanımının kaybı ile taşıma gücüne ulaştıkları görülmüştür. Boşluklu dolgu durumunda ise taşıma gücüne kesme bağlantıları yoksa boşluk üstündeki kirişteki eğilme hasarı ile kesme bağlantısı varsa kirişteki kesme hasarı ile ulaşılmıştır.

Yüzügüllü (1979) [7], yayınladığı raporda tek katlı tek açıklıklı yapının betonarme prefabrik panellerle güçlendirilmesine yönelik yapılan 10 adet deneyin sonuçlarını vermiştir. Deneylerde çerçeve giriş seviyesinden itilmiş ve yapıya herhangi bir düşey yük uygulanmamıştır. Çalışmada, bu tarz güçlendirmenin etkinliği araştırılırken deneyler hem hasarlı hem de hasarsız çerçevelerde tekrarlanmıştır. Deneylerde, kolon ve girişlere bağlantı şekli ve panel sayısı da değişken tutulmuştur. Deneyler sonucunda rijitliğin çıplak çerçeve rijitliğine göre 1.3 ila 2.9 kat arttığı, yatay yük dayanımının ise çıplak çerçeve dayanımının 7 ~ 9 katına kadar ulaştığı görülmüştür. Panel-kolon bağlantısının bulunmasının ve panel sayısının rijitliğe ciddi bir etkisi olmadığı ve göçme şeklini etkilemediği ancak, panel sayısındaki artışla sönmölen enerji miktarının da arttığı gözlenmiştir. Rijitlik artışının hasarlı iken güçlendirilen çerçevelerde, hasarsızken güçlendirilenlere göre %50-60 daha düşük olduğu deneyler sonucunda belirlenmiştir.

Higashi vd (1982) [8], yayınladıkları bildirimde 1979 ve 1981 yıllarında gerçekleştirilen iki deney serisinin sonuçlarını vermişlerdir. Her iki seri de 3 katlı betonarme çerçeveler üzerine yapılan dörder deneyden oluşmaktadır. 1979 deneyleri tek açıklıklı, 1981 deneyleri iki açıklıklı çerçevelerde gerçekleştirilmiştir. 1981 deneylerinde güçlendirme uygulaması sadece bir açıklıkta yapılmıştır. Deneylerde bir numune çıplak çerçeve, bir numune sonradan ilave edilmiş betonarme dolgulu çerçeve, bir numune kolonlara bitişik kısmi perdeler ilave edilmiş çerçeve, son numune ise bir döküm betonarme perdeli sistem olarak tasarlanmıştır. Deneyler sonucunda, çıplak çerçeve ile perde ilave edilerek güçlendirilmiş çerçeveler arasında bir açıklıklı numunelerde 66 kN, iki açıklıklı numunelerde 94 kN fark bulunmuştur. Tek açıklıklı çerçeve durumunda, bir dökümlü ve sonradan dökülen perde duvarların davranışının benzeştiği, iki açıklıklı deneylerde ise davranışta farklılıklar olduğu gözlenmiştir. Kolonlara bitişik kısmi perdelerle güçlendirilen sistemden sünek davranış beklenebileceği yazarlar tarafından öne sürülmüştür. Araştırmacılar, çalışma kapsamında yapılan elastik olmayan analizlerle deney sonuçlarının uyumlu olduğunu belirtmişlerdir.

Sugano (1982) [9], yayınladığı çalışmasında, o zamana dek Japon araştırmacılar tarafından yapılan 100'den fazla güçlendirilmiş çerçeve deneyinin sonuçlarını özetlemiştir. Yazar, betonarme dolgularla güçlendirilen çerçevelerin bağlantı detaylarının uygun olması durumunda bir döküm perdeler gibi etkili olduklarını deney

çalışmalarından çıkarmıştır. Prefabrik dolgu panellerinin ise iyi süneklik göstermelerine rağmen göreceli olarak düşük dayanım değerlerine ulaşabildiğini öne sürmüştür. O tarihe kadar yapılmış az sayıdaki çelik (X, K ve  $\diamond$ ) çaprazlı çerçeve deneylerinden ise çelik çaprazla güçlendirme ile dayanımda ortalama olarak artış görüldüğü, buna ilaveten süneklik ve enerji sönüm özellikleri bakımından daha iyi bir performans yakalandığı sonucu yazar tarafından belirtilmiştir. Kolonlara komşu olarak sonradan yapılan kısmi perdelerin bir dökümlü olanlar kadar etkili sonuçlar verdiği ortaya koyulmuştur. Çalışma sonunda Japonya'da güçlendirme yapılmış binalardan örnekler de sunulmuştur.

Govindan vd (1986) [10], yaptıkları deneysel çalışmada 7 katlı çerçeveli yapıda dolgu duvarların davranışa etkisini araştırmışlardır. Çalışmada, dayanım, süneklik ve enerji tüketim kapasitesi bakımından dolgu duvarlı çerçeve davranışı tekrarlı tersinir yükler altında ele alınmaktadır. Deneyler sonucunda dolgulu çerçeve dayanımının çıplak çerçevenin iki katı olduğu, çerçeve rijitliğinin kullanım yükleri altında 2.7 katına, ilk rijitliğin de 5 katına çıktığı ortaya koyulmuştur. Dolgulu çerçevedeki enerji sönümü ise çıplak çerçevenin 1.5 katı olarak gerçekleşmiştir.

Altın (1990) vd [11], dolgulu çerçeveler üzerine tekrarlı-tersinir yükler altında 14 deney yapmıştır. Deneylerde, tek açıklıklı ve iki katlı 1/3 ölçekli olarak hazırlanmış modeller kullanılmıştır. Deneylerde, yürürlükte olan 1975 Deprem Yönetmeliğine göre tasarlanmış betonarme perdeler, hasarsız çerçevelere dolgu olarak kullanılmıştır. Çalışmada, dolgu donatısı, dolgu-çerçeve bağlantısı, eksenel yük düzeyi ve çerçeve elemanların dayanımı değişken tutulmuştur. Çalışma sonucunda, çerçeve-dolgu bağlantısı iyi yapılmış modellerde dayanım ve rijitliğin oldukça arttığı görülmüş, ve eksenel yük seviyesi ve kolon elemanlarındaki dayanım artışının davranışa olumlu yansıdığı ve sistem dayanımını artırdığı görülmüştür.

Bush vd (1991) [12], kolonlarında kesme kırılması beklenen süneklik düzeyi düşük deney çerçevesini iki farklı güçlendirme yöntemi ile güçlendirilmiştir. Deney çerçevesinin kolonları oldukça narin ve kiriş yükseklikleri de fazladır. İlk yöntemde tüm yükseklik boyunca kısmi perdeler kolonlara her iki yönden bağlanarak yapı güçlendirilmiştir. Bu şekilde güçlendirilen sistemde göçme modu kolon hasarından kiriş hasarına kaymıştır. Kısmi perdelerle güçlendirilen kolon bir döküm gibi çalışmıştır. Çerçevenin dayanım ve rijitliğinde de büyük artışlar gözlenmiştir.

Araştırmacılar, ikinci aşamada çerçeveye dışarıdan eklenen X aprazlarla güçlendirilmiş çerçeveyi denemişlerdir. Bu sistemde yatay yük kapasitesinin çapraz elemanların akma ve burkulması ile belirlendiği görülmüştür. Bu sistemde de çerçeve dayanımı ve rijitliği ciddi oranda artmıştır. Araştırmacılar, her iki sistemin de başarısının ankrajlara bağlı olduğu belirtmişler, kısmi perde ilavesinin daha kolay ancak daha çok işçilik gerektirdiğini, X aprazların ise bağlantı aparatlarının yerleşimi ve şantiyede kaynak gerektirmesi sebebiyle daha zor olduğunu öne sürmüşlerdir.

Gündoğmuş (1995) [13], çalışmasında hasar görmüş betonarme çerçevelerin elik dolgu çerçeve ve öngerme bukları ile güçlendirilmesi konusunda iki deney yapmıştır. İlk deneyde betonarme çerçevenin içerisine elik çerçeve teşkil edilerek bu çerçevenin köşelerinde (K şeklinde) apraz elemanlar oluşturulmuştur. Çapraz öngerme bukları da bu çapraz elemanlara bağlanarak gerilmiştir. İkinci deneyde ise, elik öngerme halatları K çaprazlar yerine elik çerçeveye bağlanan kk kşebentlere bağlanarak gerilmiştir. İlk deneyde elik sistemin rijitliğinin fazla olması dolayısıyla hasar oluşumu sağlanamadığından, ikinci deneyde, betonarme çerçeve içerisine yerleştirilen elik çerçeve elemanlarının rijitliği azaltılmıştır. Deneylerde kullanılan çerçeve (Altın, 1990) tarafından kullanılan çerçeve ile aynıdır. Çıplak çerçeve dayanımı 30.5 kN olarak belirlenen çerçevenin betonarme dolgu durumunda dayanımının 260 kN olacağı (Altın, 1990) tarafından ortaya koyulmuştur. Yapılan deneysel çalışmada önerilen yöntemle bu dayanım 200 kN'a yükseltilebilmiştir.

Phan vd (1995) [14], az donatılı betonarme çerçevelerin dolgu duvarlarla güçlendirilmesi konusunda tasarım aşamasında dikkat edilecek noktaları rapor halinde yayınlamışlardır. Yazarlarca yürütülen parametrik çalışma ve daha önce yapılmış çok sayıdaki deneysel çalışmanın sonuçları bir araya getirilerek tasarımcı mühendisler için yol gösterici bir metin ortaya koyulmuştur. Yazarlar parametrik çalışmada, çerçeve donatı oranını %0.5 olarak kullanmış, yerinde dökme betonarme perde duvar ile güçlendirme ve prefabrik panellerle güçlendirme araştırmada kullanılan iki farklı yöntemdir. Çalışmada dolgu kalınlığı (sadece yerinde dökme için), dolgunun düşey donatı oranı ve ankraj alanı değişken tutulmuştur. Dinamik analizler sonucunda, zemin türünün güçlendirilmiş bina davranışına herhangi bir etkisi görülmediğini belirtmişlerdir. Yazarlar, dolgu duvar kalınlığının bağlandığı kolonun genişliğinin

2/5'inden az olmaması ve üst kirişin genişliğinden de fazla olmaması gerektiğini öne sürmüşlerdir. Ayrıca, dolgu-çerçeve bağlantısının yeterli düzeyde olabilmesi için ankraj alanının ez az dolgu alanının %0.8'i kadar olması gerektiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar, dolgudaki donatı oranının hem düşey hem de yatayda %0.75'den az olmamasını önermişlerdir. Tüm bu öneriler geçmiş deneysel çalışmalara ve yazarlar tarafından yapılan parametrik çalışmaya göre ortaya koyulmuştur. Bunun yanında sadece deneysel çalışmalara dayanan önerilere de yer verilmiştir. Buna göre, dolgu betonu normal dayanımlı (14-50 MPa) beton olmalı, beton sınıfı mevcut çerçeve ile uyumlu olmalıdır. Yerinde dökme dolgular için mekanik veya epoksi ankraj kullanılabilceği fakat prefabrik panel dolgusu durumunda kesinlikle epoksi ankraj yapılması gerektiği belirtilmiştir. Yazarlara göre, ankraj aralığı ankraj çapının 7 katından az ve 30 cm'den fazla olmamalıdır. Çalışmada ankraj derinliğinin ankraj çapının 5 katından ve beton kabuk kalınlığından az olmaması gerektiği yazarlar tarafından belirtilmiştir.

Mehrabi vd (1996) [15], tek katlı tek açıklıklı çerçevelerde dolgu duvar etkisini araştırmışlardır. Deneysel çalışmada iki farklı duvar ve dolgu tipi kullanılmıştır. Çerçeveler, sadece rüzgâr yüküne göre tasarlanan zayıf çerçeve ve deprem etkilerinin dikkate alındığı kuvvetli çerçeve olarak tasarlanmıştır. Dolgu malzemeleri ise, dolu tuğla ve boşluklu tuğladır. Çalışma 1/2 ölçekli 12 adet tek katlı tek açıklıklı çerçeve üzerinde yapılan deneylerle gerçekleştirilmiştir. Kuvvetli dolgu - kuvvetli çerçevelerin kullanılmasının zayıf çerçeve - zayıf dolgu durumuna göre her zaman daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Zayıf çerçeve içerisine kuvvetli dolgu yapıldığı durumda kolonlarda kesme hasarı gözlenmiştir. Ancak %1 görelî ötelenme seviyesinden sonra gerçekleşen bu hasara rağmen sistemin davranışının zayıf çerçeve-zayıf duvar kombinasyonundan daha iyi olduğu yazarlarca ifade edilmiştir. En gevrek davranan çerçevenin bile %2 görelî ötelenme seviyesine kadar yerdeğiştirme yapabildiği deneylerde gözlenmiştir.

Frosch vd (1996) [16], tarafından betonarme panel dolgu duvar yöntemi ile ilgili deneysel programın sonuçları yayınlanmıştır. Önerilen yöntemde prefabrik paneller düşük süneklik düzeyine sahip çerçeve sistemde çerçeve dolgusu olarak kullanılmaktadır. Paneller arasına kayma gerilmelerini iletme üzere kesme dişleri açılmıştır. Uygulama, panellerle oluşturulan perde duvarın ard-germe tekniği ile gerilmesi ile noktalanmaktadır. Çalışmanın sonunda, tasarımcı mühendislere yönelik

öneriler de sunulmuştur. Araştırmacılar, oluşturulan sistemin en alt katta dolgu panelde eğilme mafsalı oluşumu ile hasar görmesinin olumlu bir davranış sağlayacağını, böyle bir eğilme davranışına yönelik tasarım durumunda perdeli sistemler için Amerikan yönetmeliklerinde verilen taşıyıcı sistem davranış katsayılarının kullanılabilceğini belirtmişlerdir. Tasarım felsefesini bu şekilde ortaya koyan yazarlar, bu durumun özellikle az katlı yapılarda sağlanmasının zor olduğunu, kesme kırılmasının eğilme davranışına baskın olacağı bu durumlarda taşıyıcı sistem davranış katsayısının 1 alınarak elastik tasarım yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Tasarıma ilişkin öneriler kısmında kapasite tasarımına atıfta bulunularak, panellerde ve bağlantılarda yeterli kesme kuvveti dayanımının sağlanması gerektiği belirtilmiştir.

Masri ve Goel (1996) [17], kirişsiz döşeme sistemine sahip betonarme binaların çelik çaprazlarla güçlendirilmesi konusunda deneysel bir çalışma yayınlamışlardır. Çalışmada, çelik ters V şeklinde elemanlarla güçlendirilen çerçevenin davranışında iyileşmeler gözlenmiştir. Yatay yük kapasitesi 4.5 katına çıkmıştır. Araştırmacılara göre bu artışın yaklaşık 4/7'si çelik elemanlardan, 3/7'si çelik çaprazlardan kaynaklanmıştır. Beton ile doldurulan çapraz elemanların sünek davranış gösterdikleri belirlenmiştir. Araştırmacılar tasarım için kullandıkları yöntemin ve tasarlanan sistemin etkili bir şekilde çalıştığını ortaya koymuşlardır.

Gilmore vd (1996) [18], sünekliği düşük dolgu çerçevelerin ard germe uygulanmış çelik çaprazlarla güçlendirilmesi konusundaki çalışmalarını yayınlamışlardır. Çalışmada kullanılan modelde ard germeli çaprazların sistem dayanımını 3 katına rijitliğini ise 2 ila 3 katına çıkarabildiği, yapının planda ve düşeydeki yetersizliklerini giderdiği görülmüştür. Araştırmacılar, sistemin az katlı ve orta katlı bodur binalara uygun olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, önerilen sisteme dair çalışmaların yetersizliği de ortaya koyulmuştur. Önerilen sistemin uzun vadedeki performansı ve sıcaklık değişimi, beton ve yığma dolgudaki sünme ve gerilmiş çaprazlardaki gerilme gevşemesi ile oluşabilecek öngerme kayıpları hakkında detaylı çalışmalara ihtiyaç bulunduğunu yazarlarca belirtilmiştir.

Humay ve Durrani (2001) [19], kirişsiz döşeme sistemli yapıların pomza taşından yapılmış beton dolgu hafif panellerle güçlendirilmesi konusunda deneysel

çalışmalar yapmıştır. Deney serisi bütün bir çerçeveden çıkarılmış tek katlı tek açıklıklı çerçeve üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada birisi çıplak çerçeve olmak üzere 6 deney yapılmıştır. İkinci deneyde panellerle sadece dolgu oluşturulmuş, dolgu ile çerçeve arasında bağlantı yapılmamıştır. 3-6. deneylerde ise dolgu ile döşeme ankrajlarla bağlanmış, kolon-dolgu bağlantısı yapılmamıştır. Bu dört deneyde paneller üzerinde büyüklükleri, yerleri ve şekilleri değişken düzgün dağılmış delikler bırakılmıştır. Delik etrafındaki donatı da deneylerde değişken tutulmuştur. Deneyler sonucunda maksimum yatay yük seviyesinin 4.8 ila 9.5 kat arttığı ilk rijitliğin ise yapılan güçlendirme ile 8.9 ila 16.4 katına çıktığı görülmüştür. Yazarlar, dikdörtgen delikli panellerin diğerlerine kıyasla daha iyi davranış gösterdiğini öne sürmüş ve boşluklar arasında diyagonal donatıların bulunmasının akma dayanımını artırdığı ve akma sonrasında betonun dağılmasını geciktirdiğini gözlemişlerdir.

Celep ve Gencoğlu (2003) [20], yaptıkları çalışmada, betonarme çerçeve sistem içinde bulunan bölme duvarlarının yatay yük taşıma kapasitesine olan etkisi ele alınmıştır. Bu amaçla değişik bölme duvarı düzeni bulunan beş katlı betonarme çerçeveli bir binada, deprem etkisi mod birleştirme yöntemi kullanılarak yatay kuvvetin çerçeve ve duvar elemanları tarafından paylaşılması incelenmiştir. Bu paylaşımın bağlı olduğu parametreler ve bunların sonuca olan etkileri araştırılmıştır. Bu çerçevede, binada bölme duvarlarının plandaki düzeninin, taşıyıcı sistemin periyoduna, genel davranışına ve yatay yük karşılaşmasına olan katkısı incelenmiş ve sayısal sonuçlara ulaşılmıştır. Yapılan sayısal çözümlerden yurdumuzda yaygın olarak bulunan zayıf betonarme binalar ile düşey ve yatay hatlılı yığma yapı olarak kabul edilebilecek binaların bölme duvarlarının katkısını da içeren yatay yük kapasitelerinin belirlenmesine yönelik sonuçların elde edilmesi amaçlanmıştır. Bunun gibi, bölme duvarlarının kuvvetlendirilmesi veya yapıya bölme duvarı eklenmesi ile yapılacak güçlendirmeye yönelik olmak üzere, duvarlar ile kolonlar arasındaki yük paylaşımına bölme duvarlarına ait özelliklerin etkisi araştırılmıştır. Yük paylaşımına kolonlar yanında bölme duvarlarının özelliklerinin etkisi ve katkısı araştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda yazarların vardığı sonuçlardan biri, az katlı, örneğin beş kata kadar olan, binaların güçlendirilmesinde bölme duvarlarının hasır çelik ve beton tabaka eklenmesi ile sünek duruma getirilmesi uygulanabilir bir çözüm olduğu, özellikle kolay yapılabilmesi, maliyetinin düşük olması

müdahalenin sınırlı olması bakımından bu tür güçlendirme önemine değinmişlerdir. Ancak, burada da duvarların çerçeve gözünü doldurması, katlar arasında güçlendirme bölme duvarının üst üste bulunmasının önemi vurgulanmaktadır. Bu suretle taşıyıcı sistemde ortaya çıkabilecek düzensizlikler de önlenmiş olacaktır.

Canbay vd (2003) [21], çalışmalarında 1/3 ölçekli, iki katlı üç açıklı çerçeve üzerinde deneyler yapmışlardır. İlk olarak çerçeve çıplak olarak test edilerek, davranış araştırılmıştır. Daha sonra %1.6 görelî ötelenme seviyesine kadar itilen referans çerçeve hasarlı halde iken orta açıklığına betonarme dolgu perde yapılarak güçlendirilmiştir. Hasarlı çerçevede hasar gören bölgelerde herhangi bir onarım ve güçlendirme yapılmamıştır. Çalışma sonunda çerçeve rijitliğinin güçlendirme sonrasında 15 katına, maksimum yatay yük taşıma kapasitesinin yaklaşık olarak 4 katına çıktığı görülmüştür.

Kaltakçı ve Köken (2003) [22], bu çalışmalarında, değişik dolgu özelliğine sahip, dört adet çelik çerçeve sisteminin yatay tersinir-tekrarlanır yükleme altındaki davranışı deneysel olarak incelemiştir. Çelik çerçeve sistemleri tek gözlü olup, çerçeve açıklığı/yüksekliği oranı ( $l/h=1$ ) bir olarak seçilmiştir. Dolgu olarak ise boş, tuğla duvar dolgulu, tuğla duvar+sıva dolgulu ve gaz beton dolgulu duvar kullanılmıştır. Deney numunelerine deprem yükünü benzeştiren yatay yönde tersinir-tekrarlanır yük uygulanmış ve numuneler üzerinde meydana gelen yer değiştirmeler ölçülmüştür. Dolgulu çerçevelerin göçme şekilleri, dayanım zarfı, rijitlik azalımı ve enerji tüketme özellikleri elde edilmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Özcebe vd (2003) [23], yılında yayınladıkları raporda, betonarme tuğla dolgulu çerçevelerin lifli polimer kompozitlerle (CFRP) ile güçlendirilmesi konusunda yaptıkları deneylere ve analitik çalışmalara yer vermişlerdir. Deneylerde, 7 adet çift katlı tek açıklıklı 1/3 ölçekli çerçeve deneyi yapılmıştır. Deneyler sonucunda, CFRP ile tuğla dolgu duvarlı çerçevelerin güçlendirilmesinde dayanımda artış olmasına rağmen çerçeve rijitliğinde kayda değer bir artış gözlenmemiştir. Yapılan 7 deney sonucunda, en büyük rijitlik artışı %34 olarak ölçülmüştür. Araştırmacılar, güçlendirilmiş sistemin istenen performansı gösterebilmesi için CFRP elemanların dolguya ve çerçeve elemanlara iyi ankrajlanması gerektiği, aksi takdirde uygulamanın faydalı olmayacağı sonucuna ulaşmışlardır. Kenetlenme



yetersizliklerinin güçlendirilmiş sistemin davranışına olumsuz etkileri gözlenmiş ve kenetlenme bölgelerinde CFRP sargılamanın davranışa olumlu katkı yaptığı gözlenmiştir. Çalışma sonucunda, CFRP ile güçlendirmenin betonarme perde dolgusu kadar etkili olmadığı ve CFRP ile güçlendirilmiş sistemlerde göçmenin betonarme perde dolgulu çerçevelere göre daha gevrek olarak gerçekleştiği yazarlar tarafından ifade edilmiştir.

Türk vd (2003) [24], tek açıklıklı 2 katlı ve 1/3 ölçekli olarak üretilen numuneler üzerinde betonarme dolguların davranışa etkilerini araştırmışlardır. Çalışmalar hem hasarlı hem de hasarsız yapıların güçlendirilmesi için yapılmıştır. Çerçevelerdeki hasar düzeyinin yapının onarım/güçlendirilmesi sonrasındaki performansına etkileri de araştırılmıştır. Ağır hasar görmüş boş çerçevelere dolgu eklenmesi ile dayanımda 9 ila 14 kat artışlar sağlanmıştır. Dolgu duvarlı çerçevelerin boş çerçevelere göre 13 ila 24 kat daha rijit davranış gösterdikleri gözlenmiştir. Kolon boyuna donatı miktarının sistem dayanımını önemli oranda etkilediği, çerçeve beton dayanımının ise dayanıma etkisinin olmadığı görülmüştür. Dayanımı etkilemeyen beton kalitesinin ankraj performansına önemli etkileri olduğu deneylerde gözlenmiştir. Yazarlar, ankraj işçiliği ve ankraj malzemesi kalitesinin ankraj performansını ciddi miktarda etkilediği yorumunda bulunmuşlardır.

Perera vd (2004) [25], yığma dolgulu betonarme çerçevelerde, dolgunun kaldırılarak çelik K çaprazlarla yapının güçlendirilmesini deneysel olarak araştırmışlardır. K çaprazlarla yapılan güçlendirmede çaprazlar kirişe düşey kesme linki ile bağlanmıştır. Enerji sönüm kapasitesi yüksek olan çelik kesme linkinin kullanımı ile yapının enerji sönüm kapasitesi oldukça artırılmıştır. Ayrıca, önerilen sistemin modellenmesine ilişkin nümerik bir model de geliştirilmiştir. Geliştiren modelin deneyler ile uyumlu sonuçlar verdiği yazarlar tarafından ileri sürülmüştür.

Sonuvar vd (2004) [26], çalışmalarında orta hasarlı betonarme binaların iyileştirilmesinde betonarme dolgu kullanımını araştırmışlardır. Bunun için, 5 adet tek açıklıklı 2 katlı 1/3 ölçekli çerçeve deneyi yapılmıştır. Çerçeveler tekrarlı tersinir yükler altında orta hasar seviyesine kadar denendikten sonra betonarme dolgu duvarlarla güçlendirilerek yine tekrarlı tersinir yükler altında deneyler yapılmıştır. Deneylerde, en önemli sorunun zayıf çerçeve elemanlarındaki kenetlenme boyu yetersizliği olduğu gözlenerek bu bölgelere yönelik lokal önlemler alınmıştır.

Deneyler sonucunda çerçeve dayanımlarının dolgu uygulanması durumunda 10 ila 24 katına çıktığı görülmüştür. Ayrıca, kenetlenme boyu yetersizliğine karşı yapılan eleman iyileştirmesinin yük-yerdeğiştirme davranışını olumlu etkilediği görülmüştür. Deneylerde, çerçeveye yapılan ankraj sayısının artmasının da davranışı iyileştirdiğine dair gözlemler yapılmıştır.

Karaduman (2005) [27], yaptığı çalışmada, değişik boyutlarda 7 adet çelik çerçeve sistemi denenmiştir. Çelik çerçeve sistemi tek gözlü, tek açıklıklı olup duvar numuneleri gazbeton yapı taşlarıyla oluşturulmuştur. Çelik çerçevelerin açıklık / yükseklik oranı ( $L/H = 0.9, 1.2, 1.4$ ) muhtelif oranlarda seçilmiştir. Çelik çerçeveler dolgunsuz, gazbeton duvar dolgulu ve gaz beton duvar + sıva dolgulu duvar olarak test edilmiştir. Deney numunelerine yatay yönde yük uygulanarak numuneler üzerinde meydana gelen yatay yer değiştirmeler, çatlama, göçme biçimleri ve süneklik araştırmışlardır.

Baran (2005) [28], yaptığı tez çalışmasında prefabrik panellerle çerçeveli yapıların güçlendirilmesini araştırmıştır. Bu konudaki önceki çalışmalardan farklı olarak 14 adet boşluklu tuğla duvar dolgulu çerçeveden ikisi referans olmak üzere 12 tanesi güçlendirilerek denenmiştir. Çalışmada, değişken geometrili prefabrik paneller mevcut dolgu duvara epoksi harcı ile yapıştırılmaktadır. Çerçeve ile paneller arasındaki bağlantı ise çerçeveye yapılan epoksi ankrajlarla sağlanmaktadır. Paneller arasındaki boşluklara ise epoksi doldurulmaktadır. Deneyler sonucunda önerilen yöntem ile numunelerin yatay yük kapasitesinin ortalama olarak 2.5 kat artırılabilirdiği, rijitliğin ise referans çerçeve rijitliğine göre 1.72 ila 3.07 kat arttığı görülmüştür. Çalışmanın analitik bölümünde ise panel güçlendirme sisteminin modellenmesi araştırılmış ve modellemede dolgu panelin eşdeğer çapraz çubuk elemanlarla modellenmesinin eşdeğer kolon olarak modellenmesine göre daha başarılı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Kesner ve Billington (2005) [29], çelik çerçevelerin çimento esaslı kompozit malzemelerden yapılan panellerle güçlendirilmesi konusunda deneyler yapmışlardır. Paneller birbirlerine ve çerçeveye civatalı olarak bağlanmışlardır. Panel üretiminde sabit oranda hasır donatı kullanılmış, paneller dikdörtgen ve yamuk geometrili olarak üretilmişlerdir. Geometri haricinde bir başka değişken de kompozit malzeme içeriğidir. Hasır donatı içeriği sabit olmasına rağmen, panel üretiminde çevre

donatı değişken olarak kullanılmıştır. Deneyler sonucunda, panellere konulan çevre donatısının panel dayanımı %33, enerji sönümünü %25 artırdığı, %0.5 ötelenme seviyesinde rijitliği %43 artırdığı belirlenmiştir. Yapılan sistem deneylerinde ise, kompozit malzemeli ve çevre donatılı panellerin daha yüksek enerji sönümü sağladığı görülmüştür. En düşük enerji sönümü ise, betondan yapılan panellerde ve çevre donatısı olmayan kompozit panellerde gerçekleşmiştir. Yamuk panellerin dikdörtgen panellerle kıyaslanabilir enerji tüketimi, dayanım ve rijitlik özellikleri gösterdikleri görülmüştür.

Ohmura vd (2006) [30], yayınladıkları bildiride betonarme çerçevelerin çelik çaprazlarla, çerçeveye ankraj yapılmadan güçlendirilmesi konusunu araştırmışlardır. Yazarlar, ankraj uygulamasının gürültü ve toz yayan etkisinden bahsederek, titreşime de sebep olan delik delme işlemini güçlendirme uygulamasında kullanmamışlardır. Çalışmada, tek katlı tek açıklıklı betonarme çerçevenin içerisine çapraz elemanlarla ötelenmesi engellenmiş çelik çerçeve yerleştirilerek güçlendirme yapılmıştır. Araştırmacılar, yapılan deney sonucunda uygulamanın başarılı olduğunu belirtmişlerdir.

Kaltakçı ve Yavuz (2006) [31], deprem davranışı zayıf, yetersiz sismik donatı detaylarına sahip 3 adet 2 katlı ve 2 açıklıklı, 1/3 ölçekli betonarme çerçeveye orta kolonun iki yanına yapılan kısmi betonarme perde duvarlarla güçlendirme uygulanmış ve tersinir tekrarlı yükler altında denemişlerdir. Numunelerden birisi referans numunedir. Diğer iki numuneye ise 60 ve 90 cm uzunluğunda kısmi perdeler uygulanmıştır. Deney serisi sonunda yatay yük kapasitesi 60 cm perde uygulanan numunede %178, 90 cm perde uygulanan numunede ise %316 artmıştır. Güçlendirilmiş numunelerin yerdeğiştirme kapasitelerinin referans numunenin yarısına düştüğü görülmüştür.

Albanesi vd (2006) [32], tek katlı tek açıklıklı üç boyutlu tam ölçekli betonarme çerçeveli modellerde boşluklu ve boşluksuz dolgu duvarlarla sarsma tablasında deneyler yapmıştır. Deneylerde 0.45g ve 0.55g seviyelerinde ivmelere ulaşılmıştır. Çalışma sonunda yazarlar boşluksuz dolgulu çerçevelerin davranışının diğerlerine kıyasla oldukça başarılı olduğunu belirtmişlerdir.

Kara ve Altın (2006) [33], 7 adet 2 katlı 3 açıklıklı çerçeve deneyi gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada kısmi betonarme dolgu perdelerle güçlendirme yapılan çerçevelerin kapasiteleri tersinir tekrarlı yükleme ile ortaya koyulmuştur. Deneylerde dolgu yüksekliğinin genişliğine oranı ve dolgu yerleşimi değişken parametrelerdir. Tam dolgulu çerçevenin dayanımı referans çerçevenin dayanımının 7.4-7.8 katına çıkmıştır. Boşluk miktarındaki artışla dayanım artışı da azalmıştır. Benzer şekilde rijitliğin tam dolgulu çerçeve deneyinde 30 katına çıktığı, diğer deneylerde daha düşük artışlar kaydedildiği görülmüştür.

Anıl ve Altın (2007) [34], betonarme çerçevelerin kısmi betonarme perdelerle güçlendirilmesi konusunda yayınladıkları çalışmalarında biri çıplak çerçeve, ikisi tam dolgulu çerçeve, beşi kısmi dolgulu çerçeve ve biri de pencere boşluklu dolgulu çerçeve olmak üzere dokuz numune üzerinde deneyler yapmışlardır. Tek katlı tek açıklıklı olarak üretilen numuneler tersinir-tekrarlı yükler altında deneye tabi tutulmuştur. Deneyler sonucunda kısmi perde duvarlı çerçevelerin de rijitliği önemli oranda artırdıkları görülmüştür. Üretilen numuneler için en küçük rijitlik artışı % 373'dür. Ancak, tam dolgulu çerçevelerde rijitlik artışı kısmi dolgulu çerçevelere göre 1.5 ila 2.6 kat daha fazladır. Pencere boşluklu örnekte ise kısa kolon davranışı gözlenmiştir. Boşluksuz dolgulu sistemin dayanımı, pencere boşluklu sisteme göre %28 daha fazladır. Kısmi perdeli sistemlerde genelde gevrek hasarlar oluşmasına rağmen, kısmi perdenin hem kolon hem de kirişe bağlanması durumunda dayanım ve rijitlikte olumlu değişimler gözlenmiştir.

Marjani (1997) [35], tek açıklıklı 2 katlı tuğla dolgu duvarlı betonarme çerçeveleri test etmiştir. Bu deneysel çalışmanın sonucu olarak, tuğla dolgu duvarların yanal yük kapasitesini % 240 artırdığını belirtmiştir. Tuğla dolgu duvarları sıvamak ile dayanımda ilave %60 artışın olduğunu görülmüştür. Sıva dolgu duvarların çatlamasını geciktirdiğinden dolayı numunelerin sünekliğindeki artışta etkili olmuştur.

Güney ve Boduroğlu (2006) [36], yazarlar tasarım aşamasında, dolgu duvarların rijitliklerinin yapı davranışına katkısının dikkate alınmadığını, ancak bu elemanların sahip oldukları rijitliğin, yapıların gerek simetrik gerekse asimetrik plana sahip olması durumunda, deprem etkisi altında, yapı davranışını etkilediğini dikkate almışlardır. Burulma tepkisi beklenmeyen simetrik planlı yapılarda, duvar etkisi ile

burulma tepkisi ortaya çıkabilmektedir. Bu etkileri inceleyebilmek için seçilen simetrik ve asimetrik yapı modelleri hesaplanarak, farklı deprem etkileri altında tepkileri yorumlanmıştır. Taşıyıcı elemanlar ve duvarlar, malzeme bakımından lineer olmayan şekilde modellenmiştir. Yazılan programda "Durum Uzayı" yöntemiyle sayısal integrasyon yapılarak, yapı dinamik tepki karakteristikleri elde edilmiş, bulunan verilerin karşılaştırılmasına dayanarak duvarların, yapıların dinamik ötelenme ve burulma tepkisine yaptığı katkılar gösterilmiştir.

### 3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Yapılan bu deneysel çalışmada 10 adet tek katlı, tek açıklıklı  $\frac{1}{2}$  ölçekli çerçeveler üretilmiştir. Bu numuneler uygulamada kusurlu olarak üretilen yapıları temsil etmektedir. Bu çalışmada da yapıların pratikte maruz kalabilecekleri yatay yüklere karşı, uygulaması basit, kolay ve ekonomik güçlendirme yöntemleri araştırılmıştır.

Dolayısıyla bu çalışmada, dolgu duvarların üzerine hasır çelik donatılı sıva ile farklı parametrelerle imal edilen numunelerin güçlendirilmesi yapılarak ve yatay yük etkisi altında ki davranışları incelenmiştir.

Üretilecek 10 adet numunenin boyutları, donatı detayları, donatı fiziksel ve mekanik özellikleri, beton sınıfı, güçlendirme de kullanılan malzeme özellikleri belirlenmiş ve bunların deneyleri yapılmıştır. Bu numunelerin hepsinde aynı fiziksel ve mekanik özelliklere sahip donatı ve beton kullanılmış, donatı detayları, çerçeve boyutları ve kesit detayları değişmeyecek, sabit parametre olarak kalacaktır.

Çerçeve arasına örülen tuğla dolgu duvar, duvar harcı, tuğla duvar yüzeyine uygulanan sıva, çelik hasır fiziksel ve mekanik özellikleri, miktarı, ankraj donatısı fiziksel ve mekanik özellikleri numunelerin tamamında aynı olup ve yine sabit parametreleri oluşturmuştur. Deneye tabi tutulan numunelerin fiziksel ve geometrik özellikleri Çizelge 3.1 de verilmiştir.

Çerçeveler Çizelge 3.2 de verilen beton karışım oranlarıyla hazırlanan ve Çizelge 3.3 de beton numune özelliklerine sahip beton kullanılarak üretilmiştir. Çizelge 3.4 te fiziksel ve mekanik özellikleri verilen donatı, Şekil 3.18 de verilen detaylarına uygun olarak üretilmişlerdir.

Üretilen numunelerden ilki 1 numaralı numune boş çerçeve olarak deneye tabi tutulmuştur. Diğer numunelerin hepsi de Çizelge 3.9 da verilen tuğla ve Çizelge 3.8 de verilen harç ile aynı şekil ve özellikte çerçevelerin içi örülmüştür. Bu numunelerin tamamı Çizelge 3.7 de verilen özelliklere ait sıva ile sıvanmıştır.

Üretilen numunelerden ikincisi 2 numaralı numune dolgu duvarlı olarak deneye tabi tutulmuş ve dolgu duvarlı çerçevenin yatay yük etkisi altında davranışı incelenmiştir.

Diğer numuneler ise Çizelge 3.1 de verilen ve çerçeve ankraj aralığı, duvar düzlemine dik ankraj sayısı, sıva kalitesi, sıva kalınlığı gibi değişen parametreler altında deneye tabi tutulmuş yatay yük etkisi altındaki davranışı incelenmiştir. Güçlendirmede kullanılacak ve değişken parametrelerden olan sıva kaliteleri Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6 da verilmiştir.

**Çizelge 3.1:** Deney numunelerinin fiziksel ve geometrik özellikleri

Numune no	Numune adı	Numune özellikleri	Çerçeve boyutları m×m	Dolgu duvar boyutları m×m
1	B	Boş çerçeve	2.10×1.45	1.70×1.20
2	I	Tuğla dolgu+ sıva	2.10×1.45	1.70×1.20
3	I-FA30-WA12-P1	Tuğla dolgu+sıva+çerçeve ankraj aralığı 30cm+duvar ankaraj sayısı 12 adet+ Dep. Yön. verilen sıva 3cm	2.10×1.45	1.70×1.20
4	I-FA45-WA12-P1	Tuğla dolgu+sıva+çer. ank. aralığı 45 cm+duv. Ank. Say. 12 adet+ Dep. Yön. verilen sıva 3cm	2.10×1.45	1.70×1.20
5	I-FA60-WA12-P1	Tuğla dolgu+sıva+çerçeve ankraj aralığı 60 cm+duvar ankaraj sayısı 12 adet+ Dep. Yön. verilen sıva 3cm	2.10×1.45	1.70×1.20
6	I-FA30-WA8-P1	Tuğla dolgu+sıva+çerçeve ankraj aralığı 30cm+duvar ankaraj sayısı 8 adet+ Dep. Yön. verilen sıva 3cm	2.10×1.45	1.70×1.20

7	I-FA30- WA5-P1	Tuğla dolgu+sıva+çerçeve ankraj aralığı 30cm+duvar ankaraj sayısı 5 adet+ Dep. Yön. verilen sıva 3cm	2.10×1.45	1.70×1.20
8	I-FA30- WA3-P1	Tuğla dolgu+sıva+çerçeve ankraj aralığı 30cm+duvar ankaraj sayısı 3adet+ Dep. Yön. verilen sıva 3cm	2.10×1.45	1.70×1.20
9	I-FA30- WA8-P2	Tuğla dolgu+sıva+çerçeve ankraj aralığı 30cm+duvar ankaraj sayısı 8 adet+ güçlü sıva 3cm	2.10×1.45	1.70×1.20
10	I-FA30- WA8-P3	Tuğla dolgu+sıva+çerçeve ankraj aralığı 30cm+duvar ankaraj sayısı 8 adet+ Dep. Yön. verilen sıva 5 cm	2.10×1.45	1.70×1.20

### 3.1 Malzeme Özellikleri

Numunelerin üretiminde kullanılan malzemelerin özellikleri Çizelge 3.2, Çizelge 3.3, Çizelge 3.4 te verilmiştir.

#### 3.1.1 Beton

**Çizelge 3.2:** Beton Karışım Oranları

	Çimento	0-7 Kum	0-6 Mıcır	6-16 Mıcır	Su	Toplam
Ağırlıkça(kg/m <sup>3</sup> )	200	587	498	925	165	2375
%	8.42	24.71	20.97	38.95	6.95	100



**Çizelge 3.3: Beton Numune Özellikleri**

	Numune şekli	Numune boyutları (cm)	Kırılma yükü (kgf)	Kırılma yükü (kN)	Numune basınç dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Elastisite modülü (N/mm <sup>2</sup> )
Temel	Silindir	15×30	58277	572	32	-
Çerçeve (28 günlük)	Silindir	15×30	15962	157	9	10710

### 3.1.2 Donatı

Donatı ile ilgili bilgiler Çizelge 3.4 te verilmiştir.

**Çizelge 3.4 : Donatı Özellikleri**

	Çap	Kütle (kg/m)	Boy (m)	Ağırlık (kg)	Akma (N)	Çekme (N)	Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Kopma Uzun. %
Kolon (düz)	10	0.63	0.60	0.38	27300	39799	347	506	27
	8	0.40	0.60	0.24	17500	23899	348	475	26
Kiriş (düz)	12	1.00	0.60	0.60	36700	50000	324	442	31
	8	0.40	0.60	0.24	17500	23899	348	475	26
Temel (nervürlü)	16	1.55	0.60	0.93	99000	118500	494	589	22
	8	-	-	-	25590	25860	509	514	21
Ankraj Donatısı	8	-	-	-	21045	25165	419	500	33
Hasır Donatı	6	0.27	0.60	0.16	12500	13400	442	474	4

### 3.1.3 Güçlendirme Sıvaları

Sıva kalitesi yönetmelikte verilen karışım oranlarına uygun olarak hazırlanmıştır. Sıva karışım oranları yönetmelikte verilen sıva olup, 4 hacim kum/1 hacim çimento/1

hacim kireç karışımıyla sıva yapılmıştır. Bu karışımla yapılan sıvanın basınç dayanımı Çizelge 3.5 te verilmiştir.

**Çizelge 3.5:** Deprem Yönetmeliğinde Verilen Karışım Oranına Göre Hazırlanmış Sıva

	Kırılma yükü (kN)	Numune mukavemeti (MPa)	Elastisite modülü (MPa)
Sıva	75	4	6816

Sıva kalitesi, yönetmelikte verilen sıvadan daha yüksek basınç dayanımına sahip sıva karışımı hazırlanmıştır. Sıva karışım oranları, **3 hacim kum/ 2 hacim çimento/ ½ hacim kireç** karışımıyla sıva yapılmıştır. Bu karışımla yapılan sıvanın basınç dayanımı Çizelge 3.6 te verilmiştir.

**Çizelge 3.6:** Özel Hazırlanmış Güçlü Sıva

	Numune şekli	Kırılma yükü (kN)	Numune mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	Elastisite modülü (N/mm <sup>2</sup> )
Sıva	Silindir	221	12	13946

### 3.1.4 Tuğla, duvar harcı, normal sıva

Çerçeve arasına örülen bölme duvarların yüzeylerinin sıvasında kullanılacak sıva karışımı, 6 hacim kum / 2 hacim çimento / 1 hacim kireç karışımıyla sıva yapılmıştır. Bu karışımla yapılan sıvanın basınç dayanımı Çizelge 3.7 da verilmiştir.

**Çizelge 3.7:** Tuğla Yüzeyine Uygulanan Sıva

	Kırılma yükü (kN)	Numune mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	Elastisite modülü (N/mm <sup>2</sup> )
Sıva	128	7	7598

Duvar yapımında kullanılan sıva karışım oranları 5 hacim kum/1 hacim çimento/1 hacim kireç karımıyla yapılan duvar harcı ile duvar örülmüştür. Bu karışımla yapılan sıvanın basınç dayanımı Çizelge 3.8 de verilmiştir.

**Çizelge 3.8:** Duvar Yapımında Kullanılan Harç

	Kırılma yükü (kN)	Numune mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )
Sıva	41	2

**Çizelge 3.9:** Tuğla Basınç Dayanımı

	Numune boyutları (cm)	Kırılma yükü (kN)	Numune mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	Elastisite modülü (N/mm <sup>2</sup> )
Yatay delikli tuğla	19.5×19.5×8.5	36	2.41	1000

### 3.2 Numunelerin İmalatı

Bu çalışmada ½ ölçekli tek katlı tek açıklıklı, tuğla dolgu duvarlı on adet betonarme çerçeve deney numunesi üretimi yapılmıştır. Dolgu duvar üzerine çelik hasır uygulaması ile farklı parametrelerde güçlendirme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla hazırlanan on adet çerçeve elemanı, tersinir tekrarlanır yatay yük altında test edilmiştir. Numunelerin boyutları ve donatı detayları Şekil 3.18 de verilmiştir.

Bu numunelerde kullanılan kesit ve donatı detayları, uygulamada kusurlu olarak üretildikleri varsayılan yapılar temsil edilmektedir. Bu imalatlarda tam ankastreliği sağlamak için rijit temel üzerine tek katlı, tek açıklıklı, beton basınç dayanımı düşük, güçlü kiriş ve zayıf kolondan oluşan çerçeveler imal edilmiştir. Deneylerde nervürlü düz donatılar kullanılmıştır. Etriyeler 90° ve kancasız yapılmıştır. Etriye sıklaştırması yapılmamış, kesitlerde minimum donatı kullanılmıştır.

Numunelerin temelleri 1.00m×3.10m boyutunda ve 0.50 m yüksekliğinde imal edilmiştir. On adet numunenin tamamının temel kalıpları yapılmış, donatıları yerleştirilmiş, kolon filizleri temel betonu dökülmeden önce Şekil 3.18 de verilen detaylara uygun yerleştirilmiştir.



**Şekil 3.1 : Temel betonu**



**Şekil 3.2 : Kalıpları sökülmüş temel**

Temellerin tamamının betonu aynı mikserden ve aynı gün C25 kalitesinde beton dökülmüştür. Temel dökümünden sonra, temel betonunun kuru yapılmıştır. Daha sonra çerçevelerin kalıpları hazırlanmış, beton ve kiriş donatıları kalıba yerleştirilmiştir.



**Şekil 3.3 :** Çerçeve kalıplarının ve donatıların yapımı



**Şekil 3.4 :** Donatıları tamamlanmış çerçeve



**Şekil 3.5 :** Hazırlanan çerçeve kalıpları

Kalıpların tamamlanmasından sonra beton dökümüne hazır hale getirilmiştir. Burada 10 adet numunenin tamamının imalatı aynı zamanda yapılmıştır.

Numunelerin beton basınç dayanımlarının farklılık göstermemesi açısından, tamamı aynı karışım oranlarına sahip tek mikserde, hazır beton olarak dökülmüştür. Şekil 3.9 da görüldüğü gibi bol miktarda beton numunesi alınmıştır.



**Şekil 3.6 :** Çerçeve betonlarının dökümü



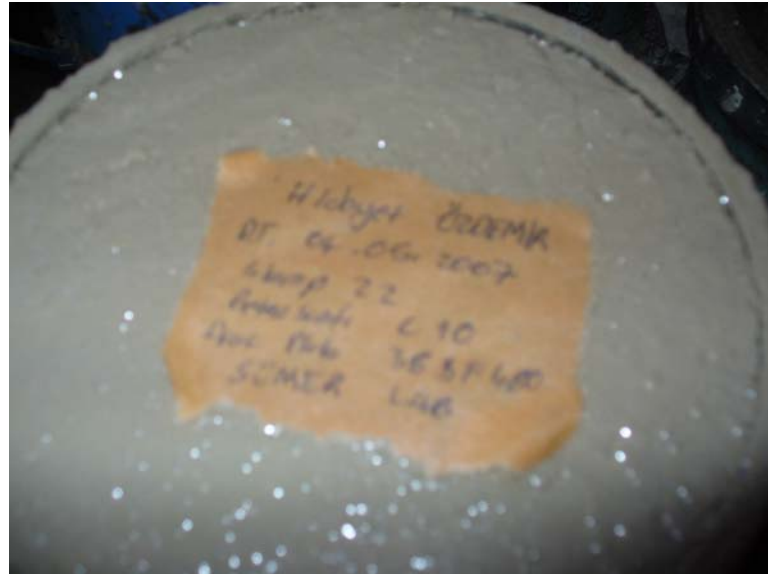
**Şekil 3.7 :** Beton dökümü tamamlanmış çerçeveler



**Şekil 3.8 :** Çerçeve betonlarının dökümü yapılırken



**Şekil 3.9 :** Beton numunelerinin alınması



**Şekil 3.10 :** Beton numunesi alınmış şekli

Beton aynı gün, aynı mikserden dökülmüştür. Beton belirli bir dayanım kazandıktan sonra kalıpları sökülmüş ve küreleme beton dayanımının düşük çıkması hedeflendiğinden yeterli miktarda yapılmamıştır.





**Şekil 3.11 :** Çerçeveserin kalıplarının sökümüş şekli



**Şekil 3.12:** Çerçeveserin kalıplarının sökümüş şekli ve laboratuvar

Kalıpları sökülen çerçeveselere 8.5 lik tuğlalarla dolgu duvarları örülmüştür. Duvarlar bir yüzeye birebir hizalanmış (dış yüzey), çerçevenin içerisinde güçlendirme yapılabilmesi için bir girinti oluşturulmuştur (iç yüzey).



**Şekil 3.13** : Güçlendirme için çerçevede bırakılan dış



**Şekil 3.14** : Bölme duvarının dış yüzeyde sıfır örülmesi

Tuğlalar örüldükten sonra tuğla dolgu duvarın iç ve dış yüzeyleri 1 cm kalınlığında normal sıva ile sıvanmıştır. Bu sıvaların karışım oranları ve basınç dayanımları Çizelge 3.7 de verilmiştir.



**Şekil 3.15 :** Bölme duvarlara sıva yapılması iç yüz



**Şekil 3.16 :** Bölme duvarlara sıva yapılması dış yüz



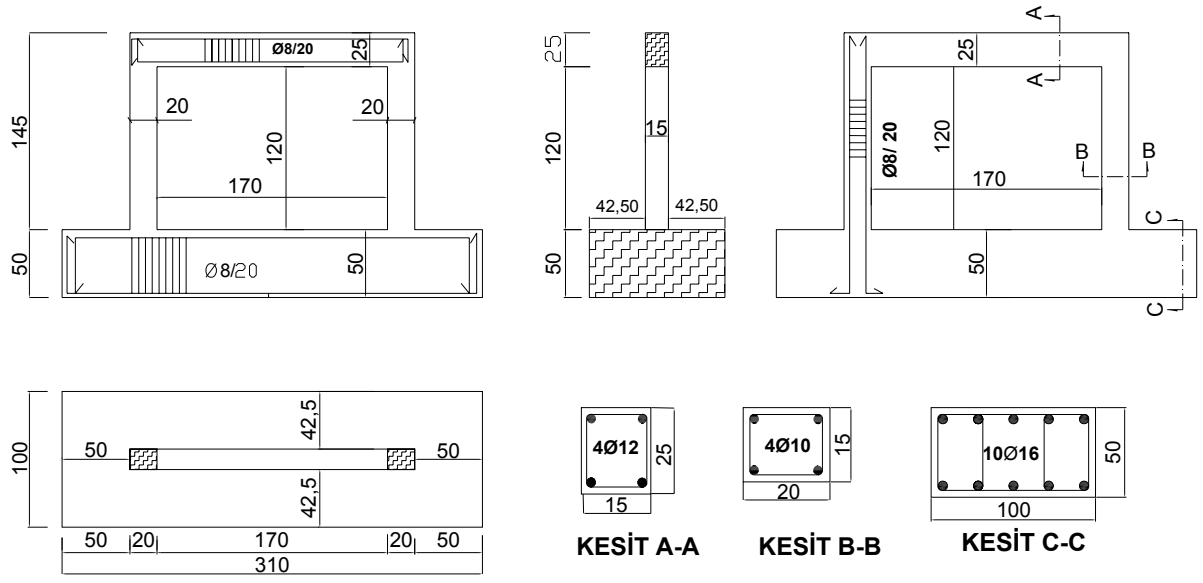
**Şekil 3.17 :** Güçlendirme için çerçevede bırakılan dış

Sıvanın yeterli dayanım kazanması için gerekli süre beklenilmiştir. Sıvalar belirli bir süre (5 gün) boyunca sulanmıştır.

Temsil edilmek istenen gerçek yapı çerçevesi için şartların olduğu kabul edilerek üretilen bu 10 numunenin güçlendirilmesine başlanılmıştır.

### **3.2.1 Boyutlar ve donatı detayları**

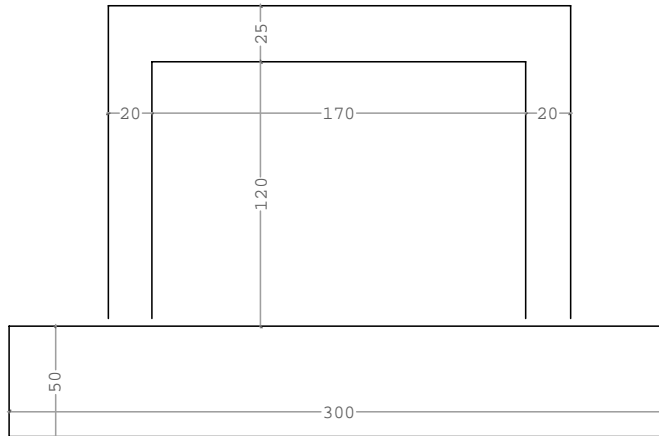
Bu numuneler de kullanılan kesit ve donatı detayları, uygulamada kusurlu olarak üretildikleri varsayılan yapılar temsil edilmektedir. Bu imalatlarda tam ankastreliği sağlamak için rijit bir temel tasarlanmış ve temel üzerine tek katlı, tek açıklıklı, beton basınç dayanımı düşük, güçlü kiriş ve zayıf kolondan oluşan çerçeveler imal edilmiştir. Deneylerde nervürsüz düz donatılar kullanılmıştır. Etriyeler 90° ve kancasız olarak tasarlanmıştır. Etriye sıklaştırması yapılmamış ve kesitlerde minimum donatı kullanılmıştır. Numunelerin boyutları ve donatı detayları Şekil 3.18 de verilmiştir.



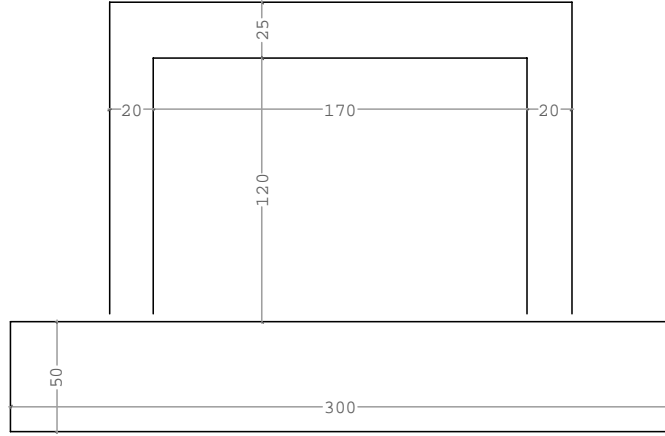
**Şekil 3.18 :** Deney elemanları ve donatı detayları (boyutlar cm birimindedir)

### 3.2.2 Çerçevesinin güçlendirilmesi

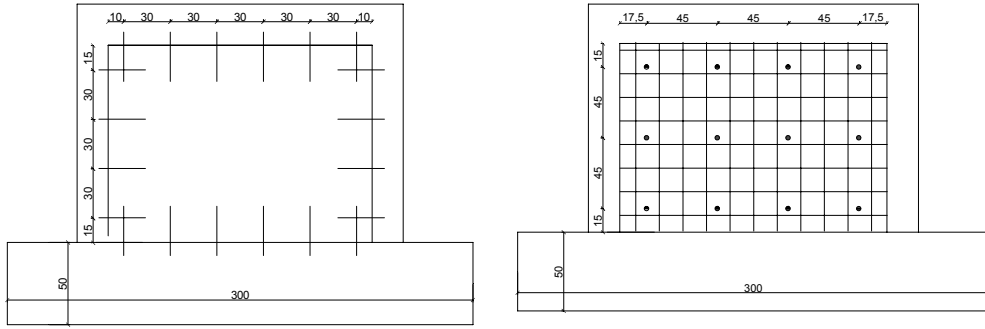
Üretimi yapılan on adet betonarme çerçeve numuneden güçlendirilecek sekiz tanesinin değişen parametreleri aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



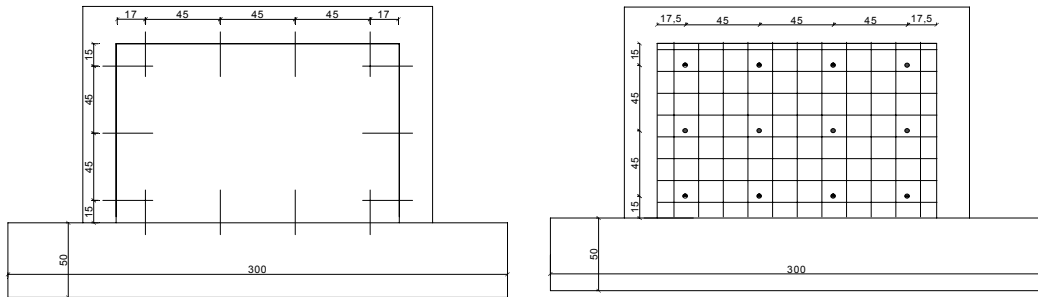
**Şekil 3.19 :** Boş çerçeve (B)



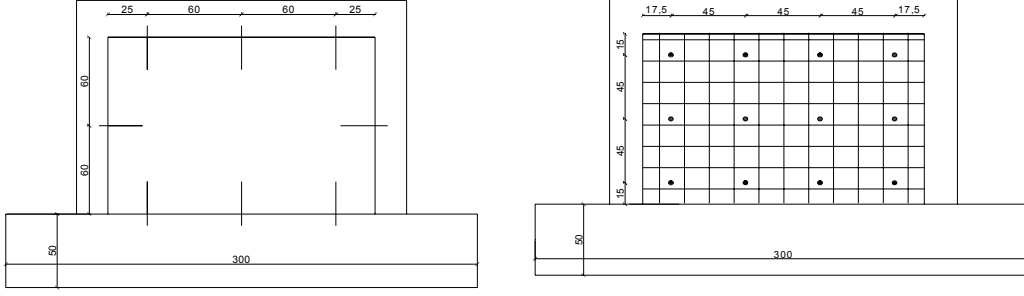
**Şekil 3.20 : I, Dolgu duvarlı ve sıvalı çerçeve ( Güçlendirilmemiş )**



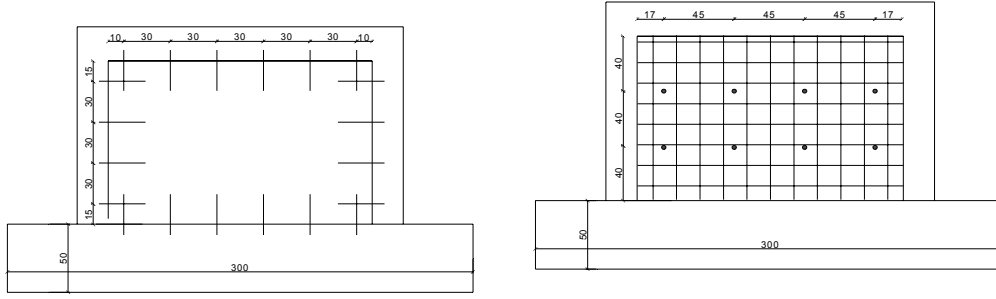
**Şekil 3.21 : I-FA30-WA12-P1 (Çerçeve ankraj aralığı 30 cm, duvar düzlemine dik ankraj sayısı 12 adet, 3 cm yönetmelikteki sıva)**



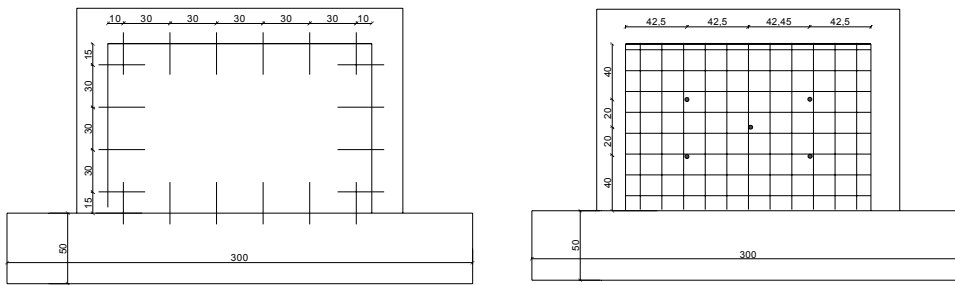
**Şekil 3.22 : I-FA45-WA12-P1 (Çerçeve ankraj aralığı 45 cm, duvar düzlemine dik ankraj sayısı 12 adet, 3 cm yönetmelikteki sıva)**



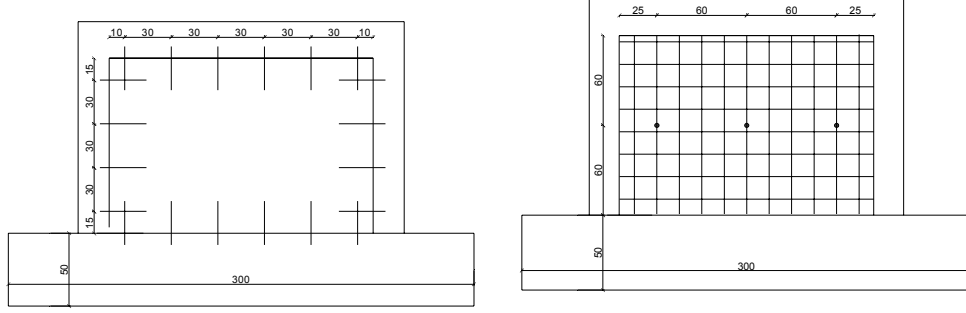
**Şekil 3.23: I-FA60-WA12-P1** (Çerçeve ankraj aralığı 60 cm, duvar düzlemine dik ankraj sayısı 12 adet, 3 cm yönetmelikteki sıva)



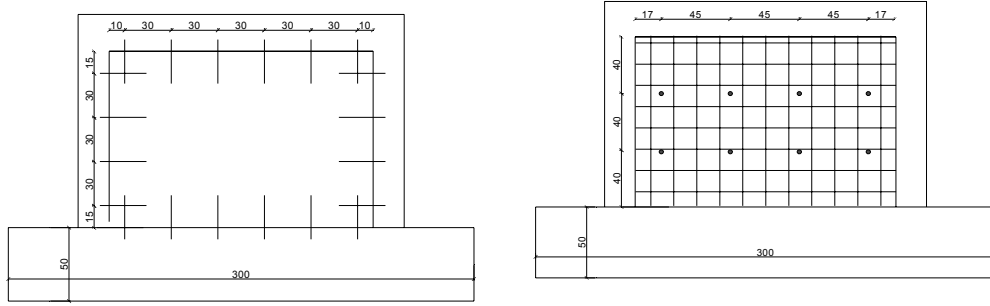
**Şekil 3.24 : I-FA30-WA8-P1** (Çerçeve ankraj aralığı 30 cm, duvar düzlemine dik ankraj sayısı 8 adet, 3 cm yönetmelikteki sıva) (Deprem Yönetmeliğine uygun)



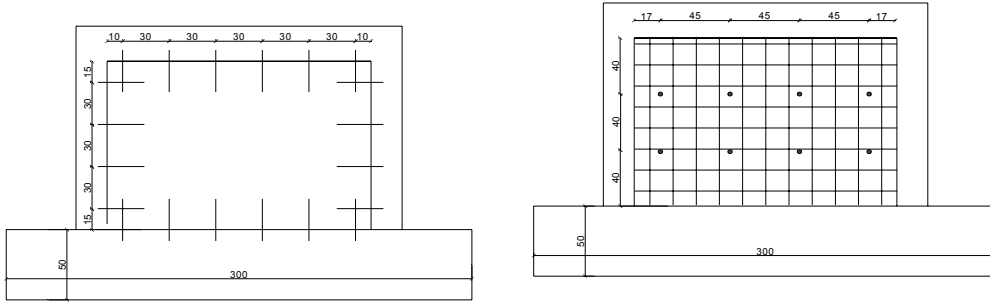
**Şekil 3.25: I-FA30-WA5-P1** (Çerçeve ankraj aralığı 30 cm, duvar düzlemine dik ankraj sayısı 5 adet, 3 cm yönetmelikteki sıva) (WA Deprem Yönetmeliğinden az)



**Şekil 3.26 : I-FA30-WA3-P1** (Çerçeve ankraj aralığı 30 cm, duvar düzlemine dik ankraj sayısı 3adet, 3 cm yönetmelikteki sıva) (WA Deprem Yönetmeliğinden çok az)



**Şekil 3.27 : I-FA30-WA8-P2** (Çerçeve ankraj aralığı 30 cm, duvar düzlemine dik ankraj sayısı 8 adet, 3 cm güçlü sıva)



**Şekil 3.28 : I-FA30-WA8-P3** (Çerçeve Ankraj aralığı 30 cm, duvar düzlemine dik ankraj sayısı 8 adet, 5 cm yönetmelikteki sıva)

Aynı özelliklere sahip üretilen 10 adet numuneden, bir tanesine dolgu duvar örülmemiş ve boş çerçeve olarak deneyi yapılmıştır. Dolgu duvarlı olan 9 tanesinden ilki sadece dolgu duvarlı olarak ve güçlendirilmeden kırılmıştır.

8 adet numunede bazı parametreler sabit tutulmuş, bazıları da değiştirilmiş ve bu değişen parametrelerin yatay yükler altındaki davranışa etkisi araştırılmıştır.



Numunelerden birincisi 1 nolu numune olarak adlandırılmış ve boş çerçeve (bare frame) olarak test edilecektir. Bu numune B olarak isimlendirilmiştir. Şekil 3.19

2 nolu numune ise dolgu duvarları örülmüş ve her iki tarafı 1 cm lik normal sıva ile sıvanmış dolgu duvarlı çerçeve olarak kırılacak olup, bölme duvarının yatay yükler altındaki davranışa katkısı araştırılacaktır (infilled frame). Bu numune I olarak isimlendirilmiştir (Şekil 3.20).

Numunenin güçlendirilmesinde, çerçeve ve temele belirli aralıklarla ankrajlar yapılmıştır. Bu ankrajlar  $\text{Ø}8$  nervürlü donatıdan yapılmıştır. Ankraj deliklerinin derinliği bütün numunelerde donatı çapının 10 katı ( $10\text{Ø}$ ) olarak açılmıştır. Çerçeve dışında kalan ankraj boyu ise donatı çapının 40 katı ( $40\text{Ø}$ ) olacak şekilde düzenlenmiştir. Ankraj donatıları epoksi yardımıyla mevcut betona tutturulmuştur.

Ankraj için açılan delikler, ankraj donatı çapından bir büyük çapta ( $\text{Ø}10$ ) matkapla, 8cm derinliğinde ( $10\text{Ø}$ ) açılmış, açılan deliklerin tozları temizlenmiş ve su ile yıkanmıştır. Duvar düzlemine dik ankraj delikleri de aynı şekilde açılmış ve temizlenmiştir. Duvar düzlemine dik ankrajlar da  $\perp$  şeklinde ve her bir kolu  $10\text{Ø}$  olacak şekilde hazırlanmış ve duvara yaslanan hasır donatının üzerinden Şekil 3.29 görüldüğü gibi ankrajlar yapılmıştır.



**Şekil 3.29 :** Duvar düzlemine dik ankraj yapımı

3 no lu numunede ise, çerçeve ve temele 30 cm arayla ankraj yapılmıştır. Çerçevede girinti oluşturulan yüzeye 15×15 cm gözlü, Ø6 lık Q tipi hasır çelik yerleştirilmiştir. Bu hazır çeliğin ankrajı, duvar düzlemine dik olacak şekilde ve L şeklinde ankrajlar dan 12 adet yapılmıştır (Şekil 3.30). Bu ankrajlar epoksiyle yapılmış ve hasır çeliğe dışarıdan mesnet olacak şekilde uygulanmıştır. Hasır çelik üzerine deprem yönetmeliğindeki karışım oranlarına uygun sıva ile 3 cm kalınlığında sıva yapılmıştır. Bu sıvaların kürü yapılmıştır. Bu numune I-FA30-WA12-P1 olarak isimlendirilmiştir (Şekil 3.21).



**Şekil 3.30 :** 3 no'lu numune ankraj detayları

4 nolu numune ise yine önceki numune gibi, çerçeveye ve duvara ankraj için delikler açılmış ve temizlenmiştir. Bu numunede değişen parametre, çerçeve ankraj aralığı 45 cm olarak yapılmıştır (Şekil 3.31). Diğer parametreler değişmemiştir. Duvar düzlemine dik ankraj sayısı 12 adet, hasır çelik özellikleri aynı, ve kullanılan sıva kalınlığı 3 cm ve sıva kalitesi yönetmelikte verilen sıva aynen kullanılarak, 4 nolu numunenin güçlendirilmesi yapılmıştır. Bu numune I-FA45-WA12-P1 olarak isimlendirilmiştir (Şekil 3.22).



**Şekil 3.31 :** 4 no'lu numune ankraj detayları

5 nolu numunede değişen parametre yine sadece çerçeve ankraj aralığıdır (Şekil 3.32). Burada çerçeve ankaraj 60cm olarak yapılmıştır. Diğer parametreler 3 ve 4 nolu numunelerle aynen uygulanmıştır. Bu numune I-FA60-WA12-P1 olarak isimlendirilmiştir (Şekil 3.23).



**Şekil 3.32 :** 5 no'lu numune ankraj detayları

6,7 ve 8 nolu numunelerde kendi içinde tek parametre değiştirilerek güçlendirilmiştir. Bu üç numunede çerçeve ankraj aralığı 30 cm, hasır çelik miktarı aynı, kullanılan sıva kalitesi deprem yönetmeliğinde verilen karışım oranlarına göre hazırlanmış sıvadır. Değişen tek parametre duvar düzlemine dik ankraj sayısıdır. Burada duvar düzlemine dik ankraj sayısının, güçlendirmeye etkisi araştırılacaktır.

6 nolu numunede duvar düzlemine dik ankraj sayısı, yönetmelikte verilen değerlere uygun seçilmiş ve 8 adet kullanılmıştır (Şekil 3.33). Diğer parametrelerin tamamı deprem yönetmeliğine uygun seçilmiştir. Bu numune I-FA30-WA8-P1 olarak isimlendirilmiştir (Şekil 3.24).



**Şekil 3.33** : 6 no'lu numune ankraj detayları

7 nolu numunede duvar düzlemine dik ankraj sayısı, yönetmelikte verilen değerden az ve 5 adet yapılmıştır. Bu numune I-FA30-WA5-P1 olarak isimlendirilmiştir (Şekil 3.25).

8 nolu numunede duvar düzlemine dik ankraj sayısı, yönetmelikte verilenden çok az ve 3 adet yapılmıştır. Bu numune I-FA30-WA3-P1 olarak isimlendirilmiştir (Şekil 3.26).

Güçlendirme parametrelerinin değiştiği 9 ve 10 nolu numunede ise sıva kalitesi ve sıva kalınlığı değişiminin güçlendirmeye etkisi araştırılmıştır.

9 nolu numunede çerçeve ankraj aralığı yönetmeliğe uygun ve 30 cm, hasır çelik miktarı aynı, duvar duvar düzlemine dik ankraj sayısı, yönetmelikteki değere uygun ve 8 adet, sıva kalınlığı 3 cm dir. Bu numunede değişen sıva kalitesidir. Sıva kalitesi yönetmelikte verilen sıvadan daha kaliteli bir sıva yapılacaktır. Bu numune I-FA30-WAS-P2 olarak isimlendirilmiştir (Şekil 3.27).

10 nolu numune ise sıva kalınlığı 5 cm olarak yapılmıştır. Sıva kalitesi yönetmelikte verilen sıva ile aynı (9 nolu numune hariç diğer numunelerde kullanılanın aynısı), çerçeve ankraj aralığı 30 cm, duvar düzlemine dik ankraj sayısı 8 adet, hasır çelik miktarı güçlendirilen diğer numunelerle aynı miktar ve özelliklerde kullanılmıştır (Şekil 3.28).

### **3.3 Deney ve ölçüm düzeneği**

Deneylerin yapıldığı laboratuarda çelik konstrüksiyondan yapılmış bir yükleme çerçevesi ve numunelerin sabitlendiği rijit bir platform mevcuttur. Yükleme duvarı ve deney düzeneği Şekil 3.36 da verilmiştir. Deneylerde yerdeğiştirmeleri ölçmek için LVDT ler kullanılmıştır. Yükleme krikos ile yapılmış ve krikos önünde bulunan yük hücresinden uygulanan yükler veri toplatıcıya aktarılmıştır (Şekil 3.35). LVDT ye bağlanan kanallardan alınan veriler yine veri toplatıcıya ve oradan da bilgisayara aktarılmıştır.

Yapılan deneylerde 14 adet LVDT kullanılmıştır. Bu LVDT ler den 3 tanesi tepe yerdeğiştirmeleri ölçmek için kullanılmıştır. Şekil 3.38 de görüldüğü üzere ön ve arka yüzdeki duvarlarda ikişer adet olmak üzere toplam 4 adet LVDT monte edilerek ölçümler alınmıştır. Ölçümlerin alındığı kolonun alt ucuna her iki yüzde 2 adet olmak üzere toplam 4 adet LVDT bağlanmış ve okumalar alınmıştır. Temel hareketi ve dönmeleri içinde aynı şekilde LVDT ler Şekil 3.38 de görüldüğü gibi bağlanmış ve okumalar alınmıştır.

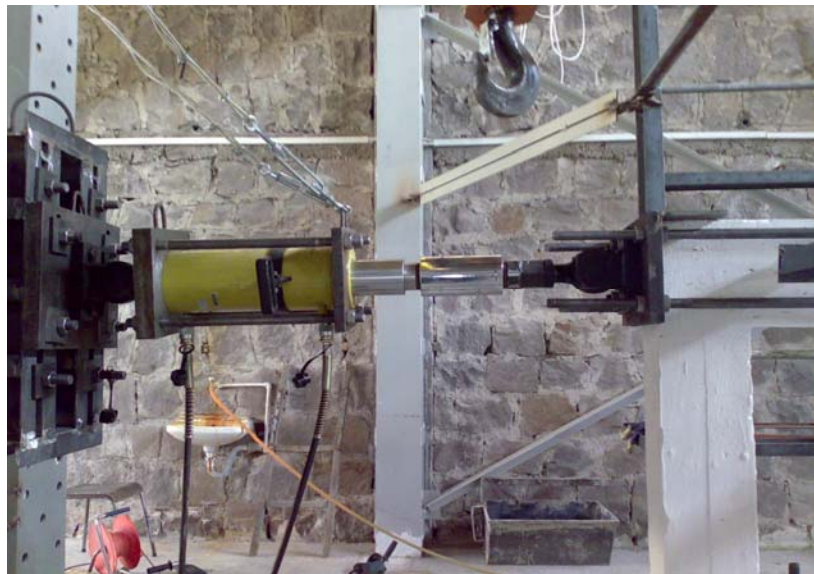
Deney elemanlarında iç yüzeyde girinti oluşturabilmek amacıyla dış yüzeye birebir hizalanarak örülen dolgu duvarların tersinir tekrarlanır yatay yük uygulanması sırasında elemanlarda düzlem dışı harekete sebep olabileceği düşünülmüş ve bu hareketin önlenmesi için çerçeve elemanlarının çevresine güçlü temele mesnetli çelik kafes sistemi yapılmıştır. Bu sisteme deney elemanlarının kirişleri hizasına

gelecek şekilde bağlanan kayıcı mesnetler yardımıyla yatay yükün, elemanların sadece düzlem içinde hareketine izin verecek şekilde uygulanması sağlanmıştır (Şekil 3.34).

Gerçekleştirilen deneyler yerdeğiştirme kontrollü yürütülmüştür. Deney elemanları üzerine yerleştirilen veri toplama aletlerinden gelen veriler eş zamanlı olarak bilgisayarda toplanmıştır. İtme ve çekmeler çift çevrim uygulanmış ve 2. çevrimlerin sonunda deneylere kısa süre ara verilerek elemanlar üzerindeki çatlak ve hasarlar tespit edilmiştir.



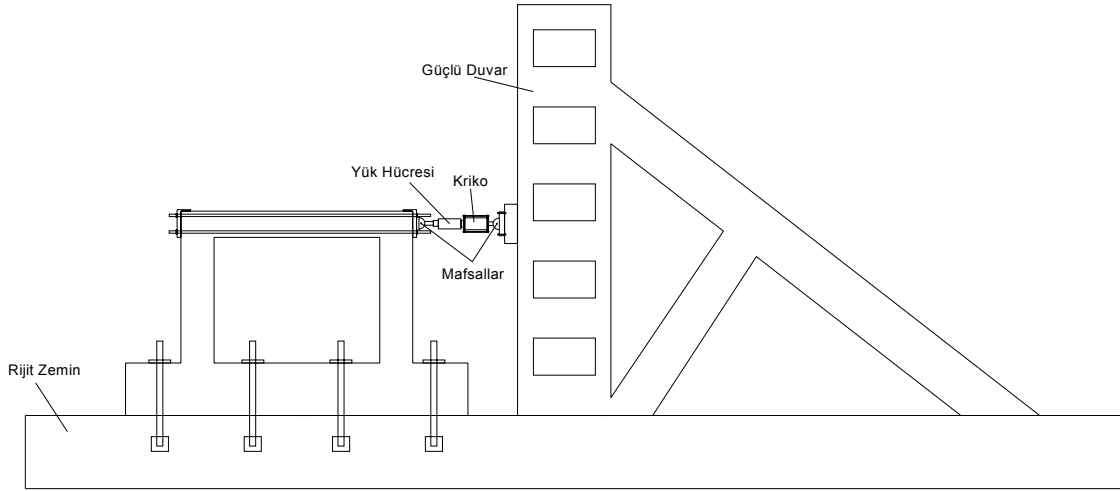
**Şekil 3.34** : Düzlem dışı hareketi engellemek için yapılan kayıcı mesnetler



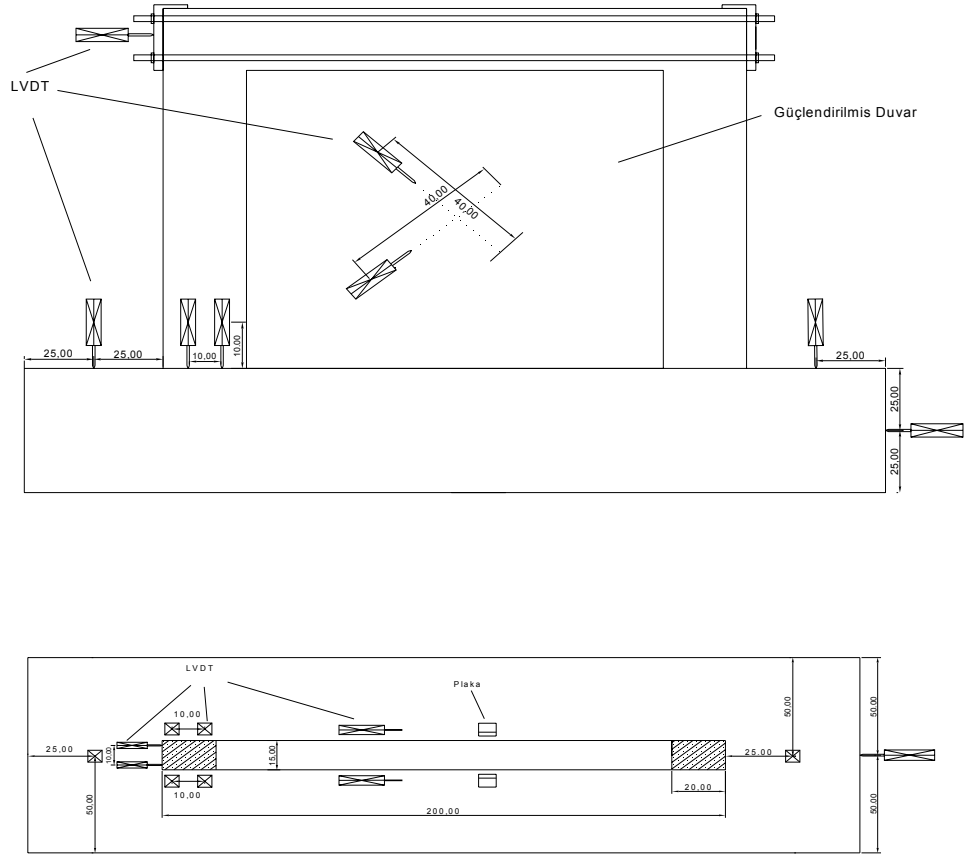
**Şekil 3.35** : Yükleme düzeneği, kriko ve yük hücresi



**Şekil 3.36:** Yükleme duvarı ve deney düzeneği



**Şekil 3.37 :** Deney düzeneği



**Şekil 3.38 : Deney veri toplama düzeneği**

### 3.3.1 Deneylerin yapılması

Yapılan bu deneylerde  $\frac{1}{2}$  ölçekli tek katlı tek açıklıklı betonarme çerçeve tersinir tekrarlanır yatay yük altında test edilmiş ve deney numunesine bağlanan LVDT lardan alınan okumalar bilgisayara aktarılmıştır. Bu aktarılan verilerden çeşitli hesaplamalar yapılmış ve grafikler çizilmiştir (Şekil 3.41).

Yapılan deneyler yerdeğiştirme kontrollü olarak yapılmıştır. Belirlenen yerdeğiştirme oranlarına göre hedef yerdeğiştirmeler bulunmuştur. Hedef yerdeğiştirme, yerdeğiştirme oranı ile, LVDT lardan tepe yerdeğiştirmelerin ölçüldüğü LVDT nin temele olan mesafesi ile çarpılması sonucunda bulunmuştur. Numuneler her yerdeğiştirme oranında, belirlenen hedef yerdeğiştirmeye kadar hem itme hem de çekme yönünde ikişer sefer yüklenerek iki çevrim yapılmıştır. Her deney için tekrarlı yük-yerdeğiştirme eğrileri elde edilmiştir.



Boş çerçeve (B) deneyinde, hedef yerdeğiştirme, yerdeğiştirme oranı ile, tepe yerdeğiştirmelerin ölçüldüğü LVDT nin temele olan mesafesi 1330 mm ile çarpılması sonucunda bulunmuştur. Deney yerdeğiştirme oranı 0.0005 (hedef yerdeğiştirme 0.665 mm) den başlatılmış ve yerdeğiştirme oranı 0.07 (hedef yerdeğiştirme 93.1 mm) de sonlandırılmıştır. Numune her bir yerdeğiştirme oranındaki hedef yerdeğiştirmeye kadar ikişer sefer itme ve çekme yapılmıştır. İtme ve çekmedeki 2.çevrimlerde deneye kısa bir süre ara verilerek hasarlara bakılmış ve fotoğrafları çekilmiştir.

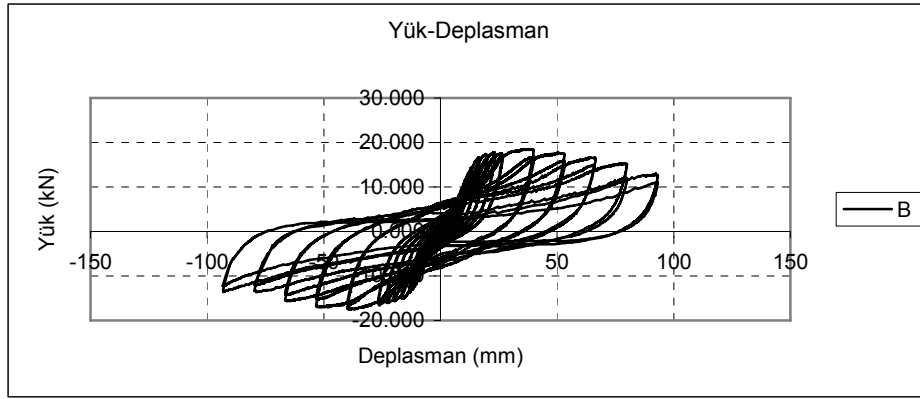


Şekil 3.39 : Boş çerçeve numunesine yatay yükleme yapılması



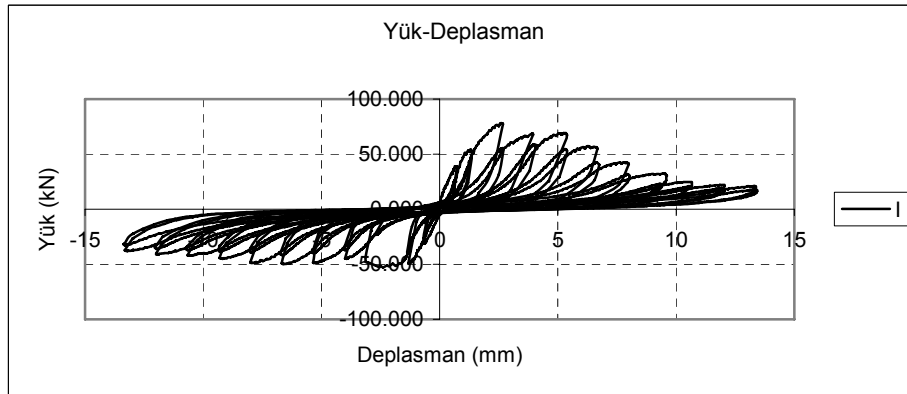


**Şekil 3.40 :** LVDT lerle numuneden veri toplanması



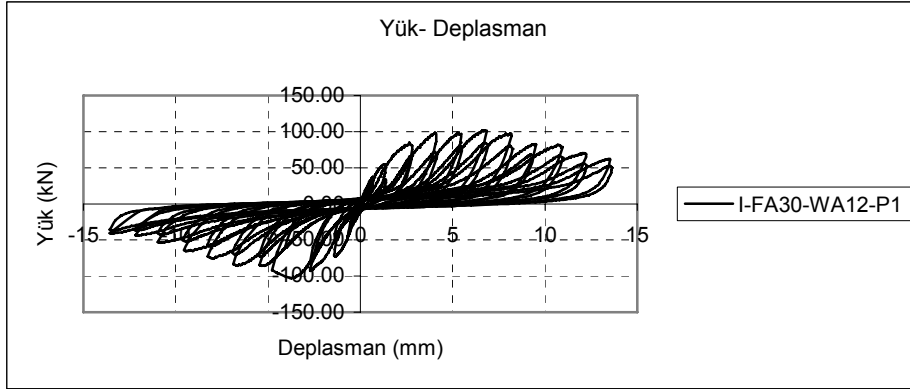
**Şekil 3.41 :** Boş çerçeveye ait Yük-yerdeğiştirme eğrisi

Dolgu duvarlı çerçevede (I), hedef yerdeğiştirme için ölçülen LVDT mesafesi 1330 mm dir. Yerdeğiştirme oranı 0.0005, hedef yerdeğiştirme 0.665 mm den başlatılmış ve yerdeğiştirme oranı 0.01, hedef yerdeğiştirme 13.3 mm de sonlandırılmıştır. Şekil 3.42 de dolgu duvarlı (I) çerçeveye ait yük-yerdeğiştirme eğrisi elde edilmiştir.

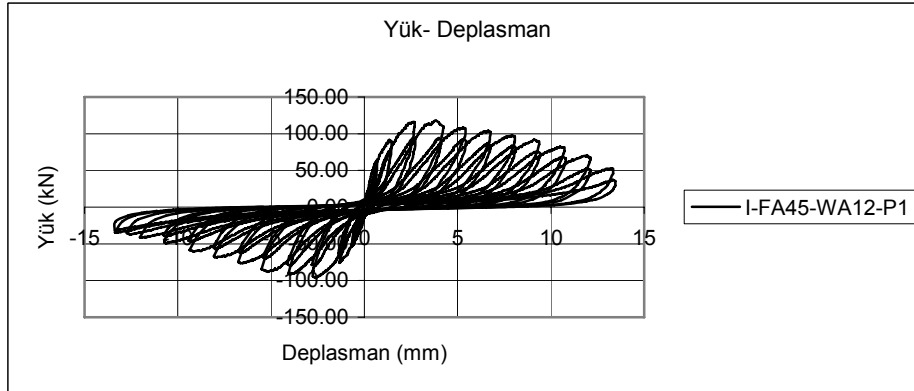


**Şekil 3.42 :** Dolgu duvarlı (I) çerçeveye ait Yük-yerdeğiştirme eğrisi

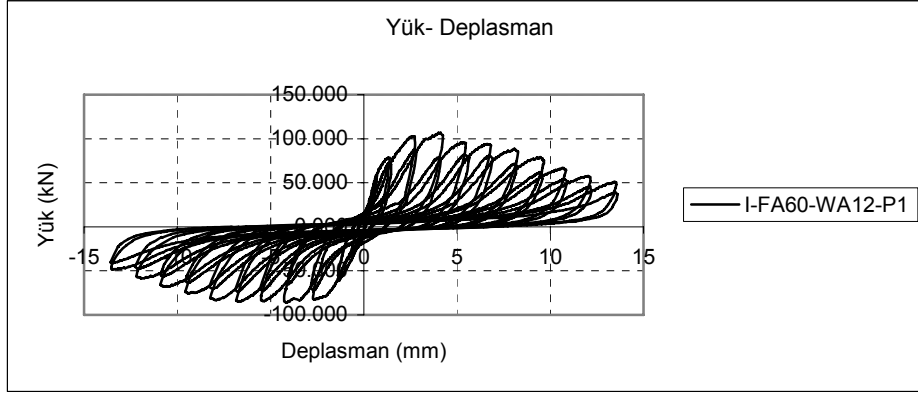
Dolgu duvarlı güçlendirilmiş numuneler için aynı yükleme patronu uygulanmıştır. Yerdeğiştirme oranı 0.0005, hedef yerdeğiştirme 0.665 mm den başlatılmış ve yerdeğiştirme oranı 0.01, hedef yerdeğiştirme 13.3 mm de sonlandırılmıştır. Dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevelere ait yük-yerdeğiştirme eğrileri Şekil 3.43 , Şekil 3.44, Şekil 3.45, Şekil 3.46, Şekil 3.47, Şekil 3.48, Şekil 3.49, Şekil 3.50 de verilmiştir.



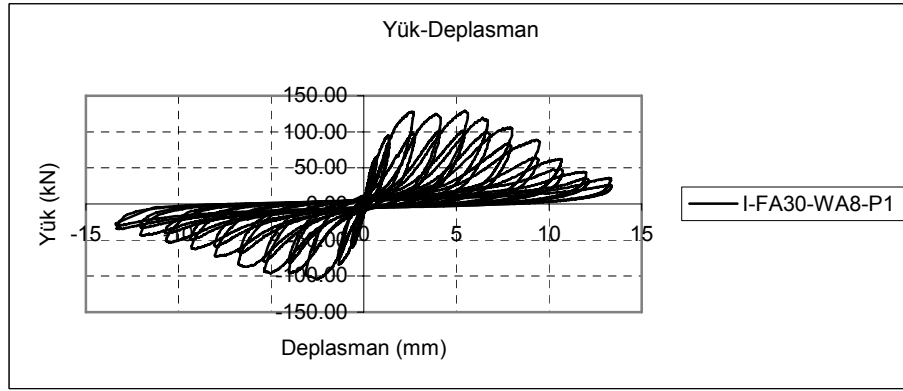
Şekil 3.43 : Dolgu duvarlı güçlendirilmiş (I-FA30-WA12-P1) çerçeveye ait Yük-yerdeğiştirme eğrisi



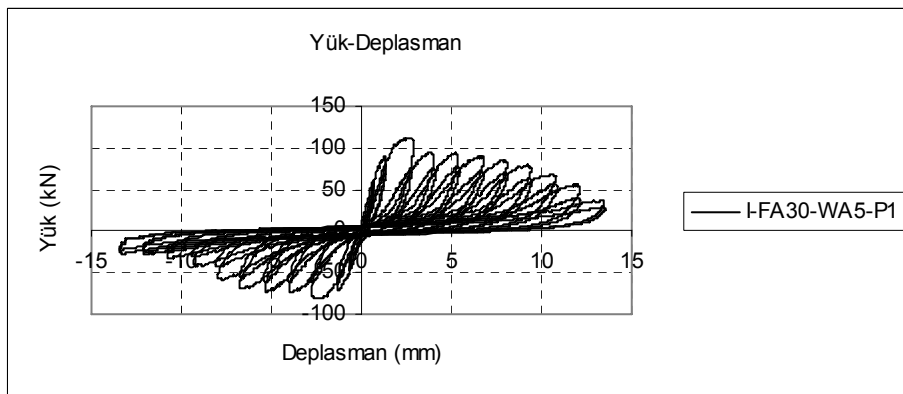
Şekil 3.44 : Dolgu duvarlı güçlendirilmiş (I-FA45-WA12-P1) çerçeveye ait Yük-yerdeğiştirme eğrisi



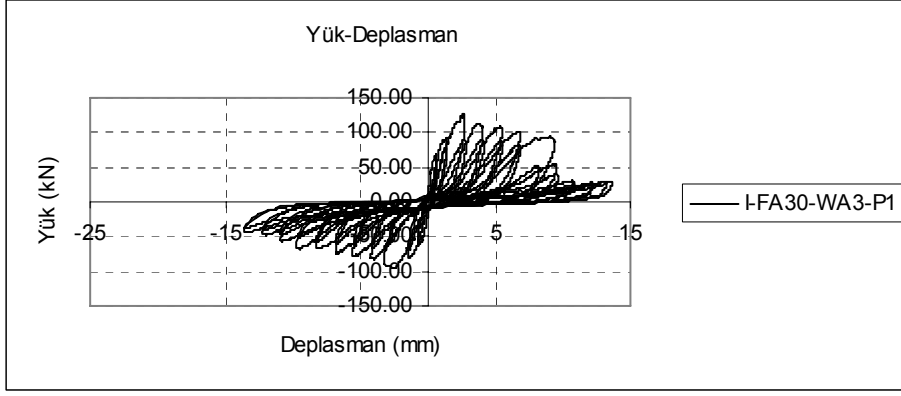
Şekil 3.45 : Dolgu duvarlı güçlendirilmiş (I-FA60-WA12-P1) çerçeveye ait Yük-yerdeğiştirme eğrisi



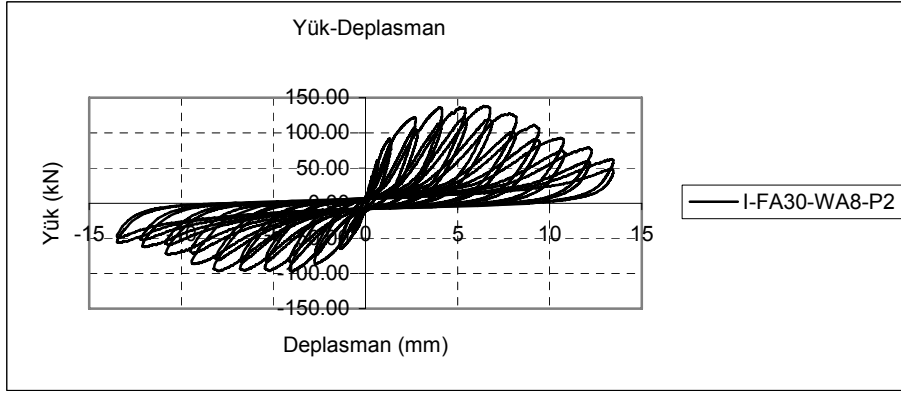
Şekil 3.46 : Dolgu duvarlı güçlendirilmiş (I-FA30-WA8-P1) çerçeveye ait Yük-yerdeğiştirme eğrisi



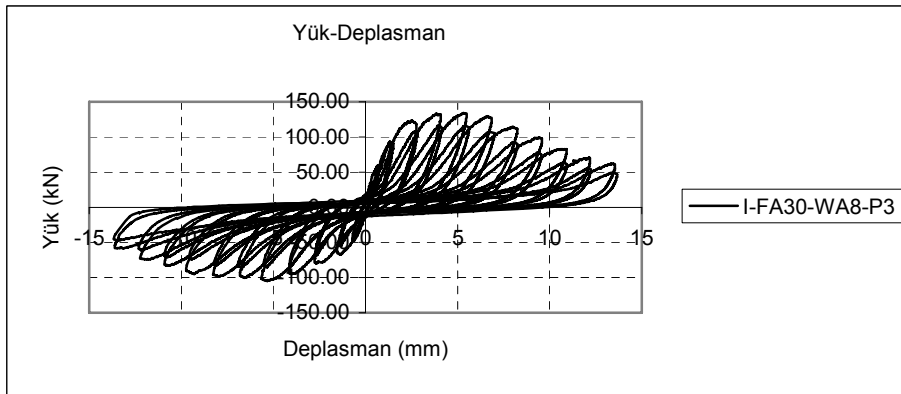
Şekil 3.47 : Dolgu duvarlı güçlendirilmiş (I-FA30-WA5-P1) çerçeveye ait Yük-yerdeğiştirme eğrisi



Şekil 3.48: Dolgu duvarlı güçlendirilmiş (I-FA30-WA3-P1) çerçeveye ait Yük-yerdeğiştirme eğrisi



Şekil 3.49 : Dolgu duvarlı güçlendirilmiş (I-FA30-WA8-P2) çerçeveye ait Yük-yerdeğiştirme eğrisi



Şekil 3.50: Dolgu duvarlı güçlendirilmiş (I-FA30-WA8-P3) çerçeveye ait Yük-yerdeğiştirme eğrisi

## 4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

### 4.1 Bölme duvarının ve bölme duvar güçlendirmesinin çerçeve davranışına etkisi

Yapılan bu 3 deneyde bölme duvarının ve 2008 Deprem Yönetmeliğine uygun bölme duvar güçlendirilmesinin çerçeve davranışına etkisi araştırılmıştır.

Burada boş çerçeve olarak üretilen 3 numuneden biri boş olarak deneye tabi tutulmuştur. Çerçeve diğer numunelerle kıyaslanırken **B** kısaltması kullanılacaktır.

Diğer numuneye duvar örülerek bölme duvar etkisi araştırılmıştır. Kıyaslamada **I** kısaltması kullanılacaktır.

Diğer numuneye aynı şekilde duvar örülmüş ve Deprem yönetmeliğinde verilen parametrelerle güçlendirilmiştir. Çerçeve ankraj aralığı 30cm olarak uygulanmış ve bu parametre kısaltması **FA30** olarak kullanılacaktır.

Duvar düzlemine dik ankraj sayısı deprem yönetmeliğinde verilen değer seçilmiş ve 8 adet olarak uygulanmıştır. Bu parametre kısaltması **WA8** olarak kullanılacaktır.

Diğer parametre sıva kalitesi olup, sıva karışım oranları yönetmelikte verilen sıva olup, 4 hacim kum/1 hacim çimento/1 hacim kireç karışımıyla sıva yapılmıştır. Bu parametre kısaltması **P1** olarak kullanılacaktır.

#### 4.1.1 Taşınan maksimum yük ( Zarf eğrisi )

Numunelerin taşıdığı maksimum yatay yük, bu üç numunede karşılaştırıldığında;

Boş çerçevede (B)  $P_{max} = 17.6$  kN

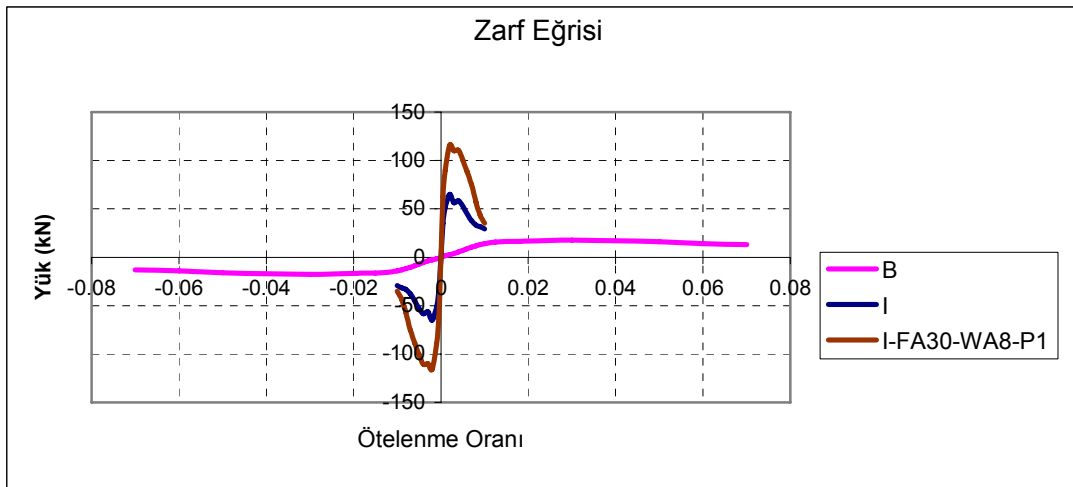
Dolgu duvarlı çerçeve (I)  $P_{max} = 65.1$  kN

Dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve de (I-FA30-WA8-P1)  $P_{max} = 116$  kN elde edilmiştir. Bu değerler Ekler bölümünde Çizelge A.1, Çizelge A.2, Çizelge A.3 te verilmiştir.

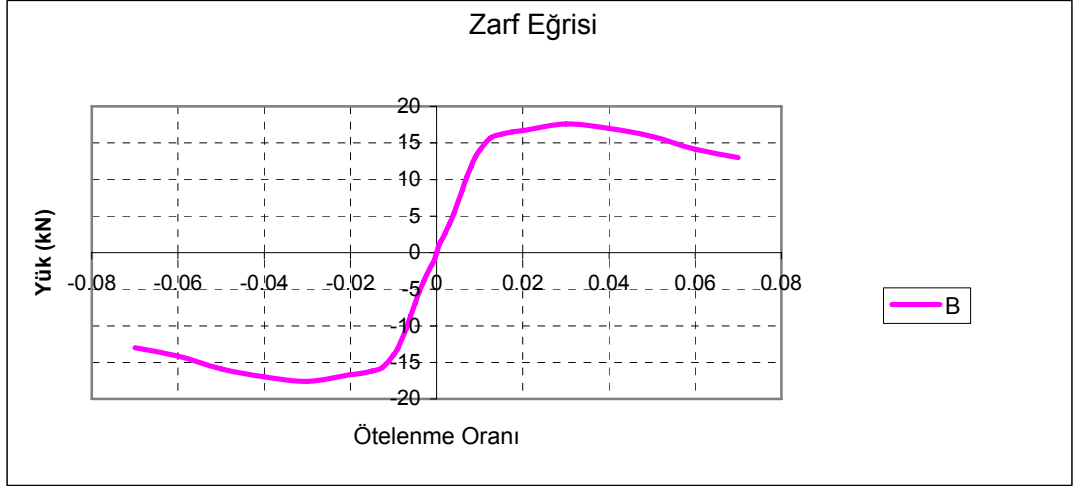
Boş çerçevenin duvarlı hale getirilmesiyle  $6.505 / 1.758 = 3.7$  kat yük taşıma kapasitesinde bir artış görülmektedir. Bölme duvarların etkisi ciddi manada ortaya çıkmaktadır. Şekil 4.1 de elde edilen grafikte bölme duvarının ve güçlendirilmiş çerçevenin etkisi görülmektedir.

Ancak olası bir deprem esnasında güçlendirilmemiş duvarın büyük olasılıkla düzlem dışına devrilebilecek ve bölme duvarın bu katkısı tam kullanılmayarak kaybedilecektir. Oysaki güçlendirme sonrasında ankrajlar sayesinde duvar yerinde kalacak ve böylece hem duvarın hem de güçlendirmenin yük taşımadaki katkısı korunacaktır. Yapılan deneylerde de çerçevenin düzlem dışı hareketi engellenmiş ve duvarın bu katkısı ciddi manada görülmüştür.

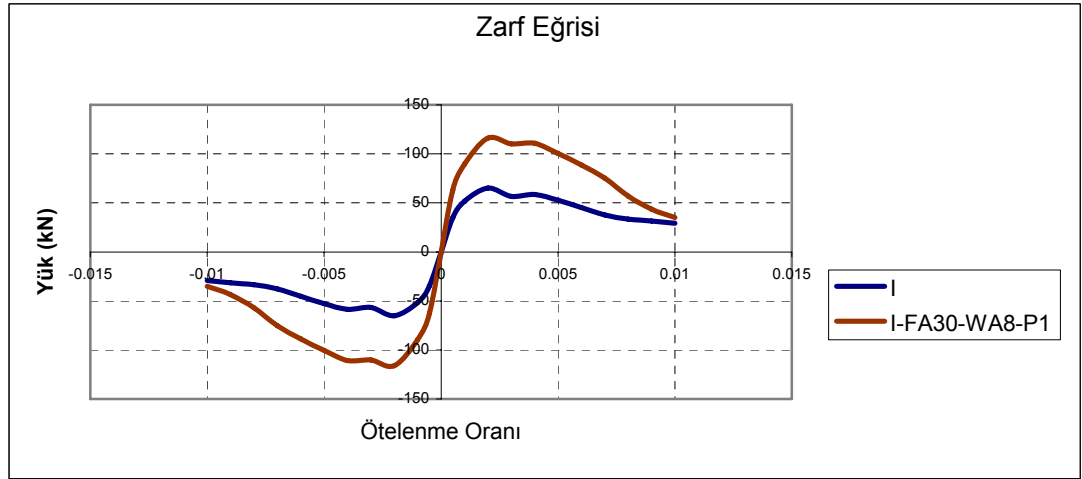
Bölme duvarının güçlendirilmesiyle sağlanan yük artışı Şekil 4.3 te görülmektedir. Bölme duvarlı çerçevenin, hasır çelik ve sıva ile güçlendirilmesiyle numunenin yatay yük taşıma kapasitesindeki artış  $11.599 / 6.505 = 1.78$  kat artmaktadır. Deprem yönetmeliğinde belirtilen verilere göre yapılmış, bölme duvarlı çerçevenin güçlendirilmesi ile yatay yük taşıma kapasitesinde %78 oranında artış sağlanmıştır. Bölme duvarlı çerçevenin güçlendirilmesiyle elde edilen rijitlik artışı %80 mertebelerinde iken, maksimum yükteki artış %78 mertebelerinde olmaktadır.



**Şekil 4.1** : Boş çerçeve(B), dolgu duvarlı çerçeve (I), dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30-WA8-P1) zarf eğrisi



Şekil 4.2 : Boş çerçeve(B), zarf eğrisi



Şekil 4.3 : Dolgu duvarlı çerçeve (I), dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30-WA8-P1) zarf eğrisi

#### 4.1.2 Rijitlik kıyaslaması

Başlangıç rijitlikleri açısından bakıldığında boş çerçeve (B) numunesi başlangıç rijitliği 1.52 kN/mm, dolgu duvarlı çerçeve (I) numunesi başlangıç rijitliği 52.39 kN/mm, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30-WA8-P1) numunesi başlangıç rijitliği ise 94.26 kN/mm dir. Bu değerler Ekler bölümünde Çizelge A.4, Çizelge A.5 ve Çizelge A.6 da verilmiştir.

Rijitlik değişim grafiklerine bakıldığında (Şekil 4.5) boş çerçeve başlangıç rijitliği 1.52 kN/mm olup, 0.004 ötelenme oranında 1.01 kN/mm değerine kadar rijitlik



azalmış ve eğilme çatlakları oluşmuştur. 0.008 ötelenme oranına kadar rijitlikte bir miktar artış olmuş ve 1.11 kN/mm değerine ulaşmıştır. Bu seviyeden sonra kiriş mesnet yüzeyinde eğilme çatlaklarının oluşmasıyla rijitlik azalmaya başlamış ve deneyin sonlandırıldığı 0.07 ötelenme oranında rijitlik 0.14 kN/mm değerine inmiştir. Şekil 4.6 da verilen Dolgu Duvarlı Çerçeve (I), Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1) Rijitlik Değişimi Grafiği bakıldığında artan ötelenme oranlarıyla beraber rijitlik belirli bir eğilimde azalmaktadır. 0.01 ötelenme oranında iki numunenin rijitliği birbirine yaklaşmıştır.

Boş çerçevenin (B), dolgu duvarlı (I) hale getirilmesi ile 34 kat rijitlik artışı,

Boş çerçevenin (B), dolgu duvarlı güçlendirilmiş numune (I-FA30-WA8-P1) ile kıyaslandığında 62 kat rijitlik artışı gözlenmiştir.

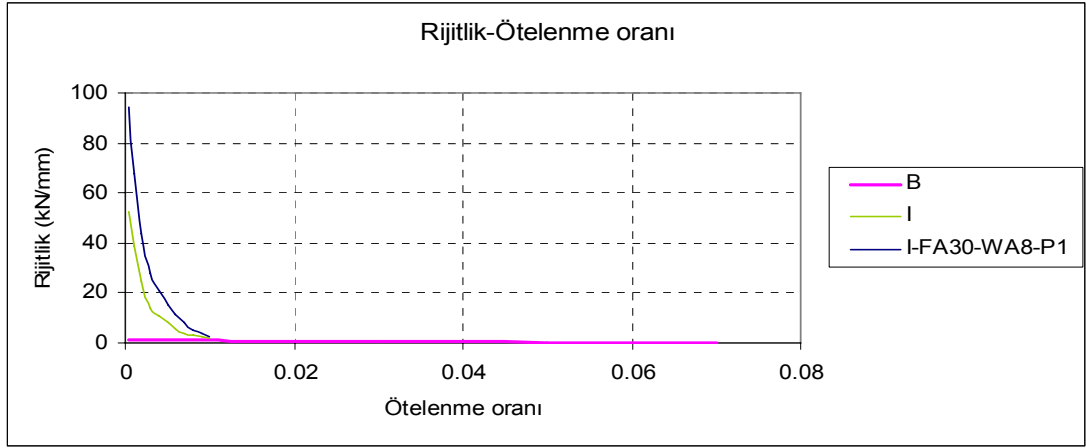
Dolgu duvarlı çerçeve ile dolgu duvarlı çerçevenin güçlendirilmesiyle elde edilen rijitlik artışı 1.80 katıdır. %80 oranında bir rijitlik artışı sağlanmıştır.

Boş çerçeve (B) numunesinde, ötelenme oranı %1 iken başlangıç rijitliğinin %70 ini korurken, ötelenme oranı %5 te başlangıç rijitliğinin %16 seviyesine inmiştir.

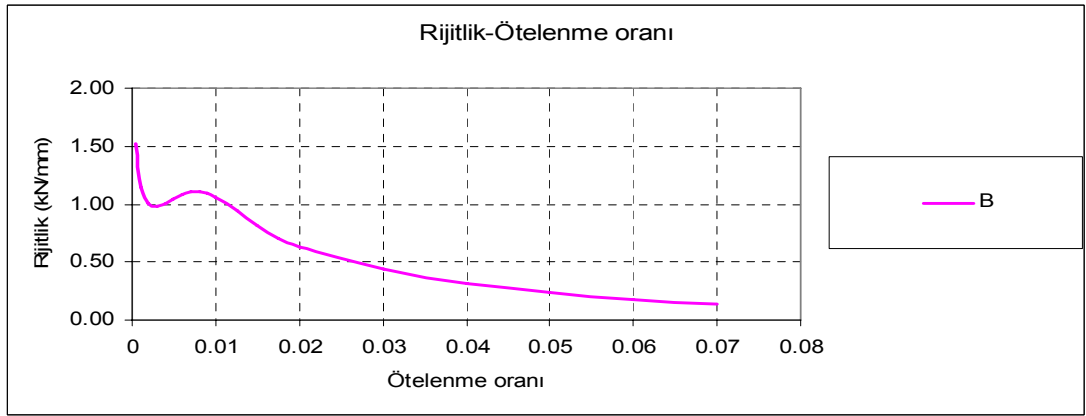
Bölme duvarlı çerçevede (I), ötelenme oranı 0.002 iken başlangıç rijitliğinin %47 sini korurken, 0.01 ötelenme oranında rijitliğin %4 ü mertebesine kadar azalmıştır.

Dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevede (I-FA30-WA8-P1), ötelenme oranı 0.002 iken başlangıç rijitliğin %46 sı korunmakta, 0.01 ötelenme oranında ise rijitliğin %2.8 i korunmaktadır.

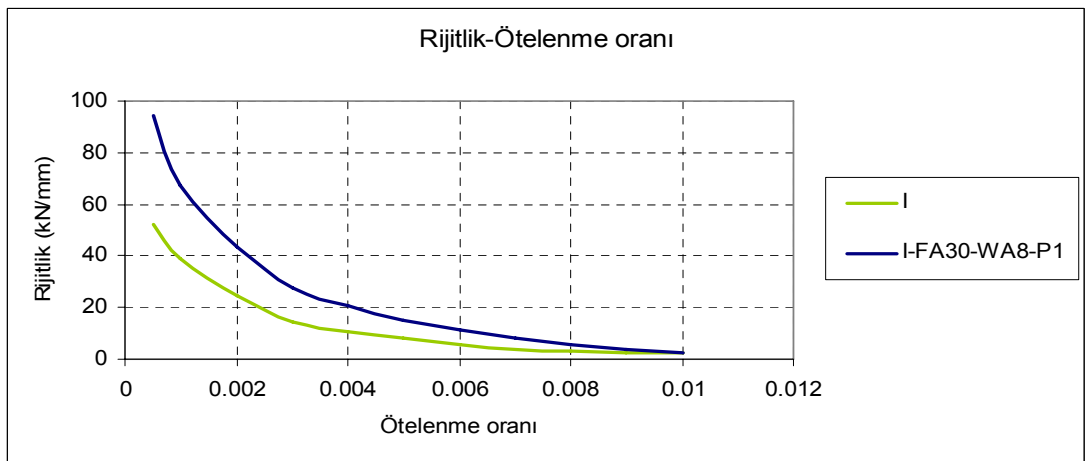
Burada, dolgu duvarlı çerçeve (I) ve dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30-WA8-P1) de rijitlik azalmasına bakıldığında başlangıç rijitliği fazla olan çerçevede, rijitlik azalması daha hızlı olmuştur. Şekil 4.6 da ki grafikte bu değişim görülmektedir.



Şekil 4.4 : Boş çerçeve(B), dolgu duvarlı çerçeve (I), dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30-WA8-P1) rijitlik değişimi grafiği



Şekil 4.5 : Boş çerçevenin (B) rijitlik değişimi grafiği



Şekil 4.6 : Dolgu duvarlı çerçeve (I), dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30-WA8-P1) rijitlik değişimi grafiği

### 4.1.3 Çevrimler arası rijitlik azalması

Numuneler her ötelenme oranında, belirlenen yerdeğiştirmeye kadar hem itme hem de çekme yönünde ikişer sefer yüklenmiştir. Her bir çevrim için rijitlikler hesaplanmıştır. Çevrimler arasında oluşan rijitlik değişim yüzdesi aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$\Delta S = (S1 - S2) / S1$$

$\Delta S$  = Çevrimler arası rijitlik azalması yüzdesi

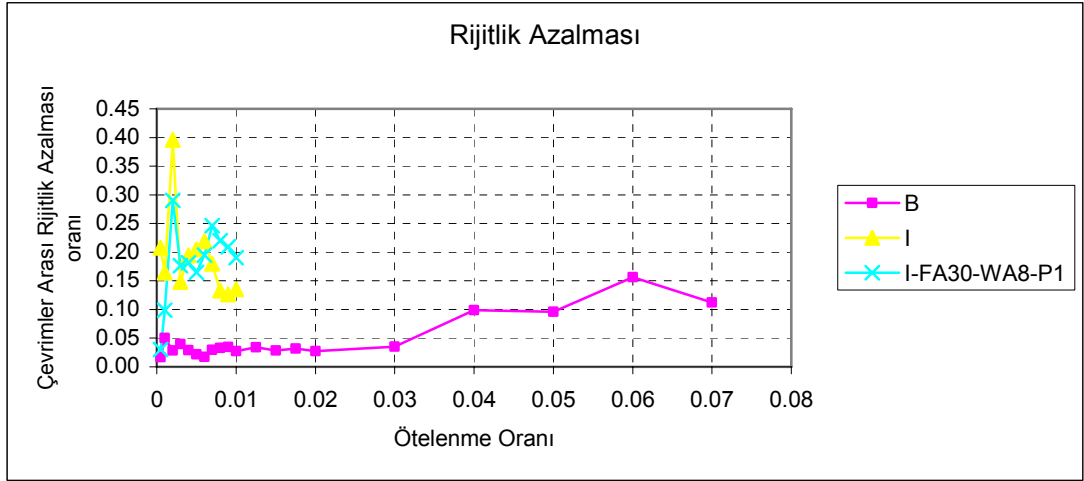
$S1$  = i.inci ötelenme adımındaki 1.çevrim rijitliği

$S2$  = i.inci ötelenme adımındaki 2.çevrim rijitliği

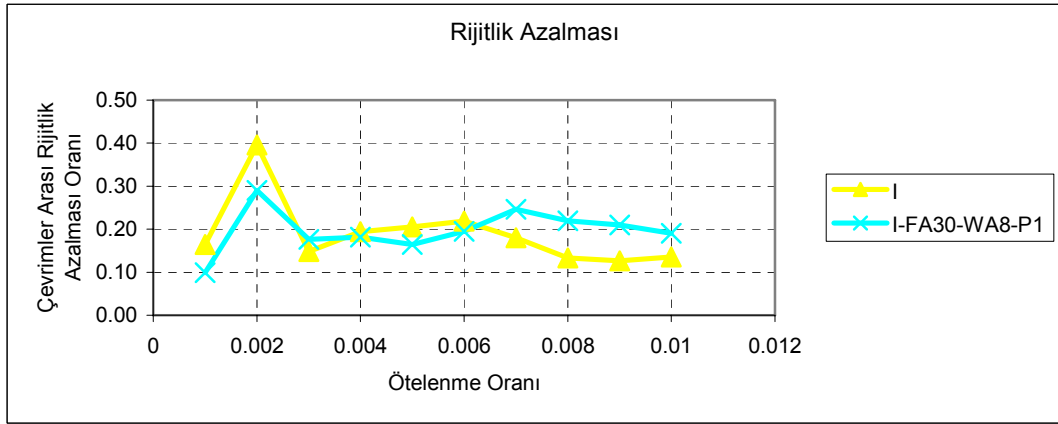
Çevrimler arası ( 1. çevrim ve 2. çevrim rijitlikleri ) rijitlikteki azalma, boş çerçevede (B) ötelenme oranı (DR) 0.02 ye kadar maksimum % 3–4 mertebelerinde azalma olurken, ötelenme oranı (DR) 0.03 ten sonra çevrimler arası rijitlik azalması daha fazla olmaktadır. 0.06 ötelenme oranında çevrimler arasındaki rijitlik azalması %15 mertebesindedir (Şekil 4.7).

Dolgu duvarlı çerçevede (I), öteleme oranı (DR) 0.001 de çevrimler arası rijitlik azalması, %15 mertebesinde iken, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve de (I–FA30-WA8-P1) %10 mertebesindedir. Şekil 4.8 de görüldüğü üzere ötelenme oranı 0.006 ya kadar dolgu duvarlı çerçevenin çevrimler arası rijitlik azalma yüzdesi (%22), güçlendirilmiş numuneden (%20) daha fazla, 0.006 ötelenme oranından sonra güçlendirilmiş numunenin çevrimler arası rijitlik azalma oranı, bölme duvarlardan daha fazla olmaktadır.

0.01 ötelenme oranında dolgu duvarlı çerçevenin (I), çevrimler arası rijitlik azalma oranı %20, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I–FA30-WA8-P1) numunesinin çevrimler arası rijitlik azalma oranı %15 mertebelerindedir.



**Şekil 4.7 :** Boş çerçeve(B), dolgu duvarlı çerçeve (I), dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30-WA8-P1) çevrimler arası rijitlik azalması



**Şekil 4.8 :** Dolgu duvarlı çerçeve (I), dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30-WA8-P1) çevrimler arası rijitlik azalması

#### 4.1.4 Kalan dayanım

Belirlenen hedef yerdeğiştirmedeki yük değerleri belirlenmiş, maksimum yükten sonra deneyin sonuna kadarki yerdeğiştirme oranlarındaki yük değerlerinin maksimum yüke bölünmesiyle kalan dayanımlar elde edilmiştir. Numunenin ilgili yerdeğiştirme oranındaki maksimum yüke göre taşıdığı yük miktarını ifade etmektedir.

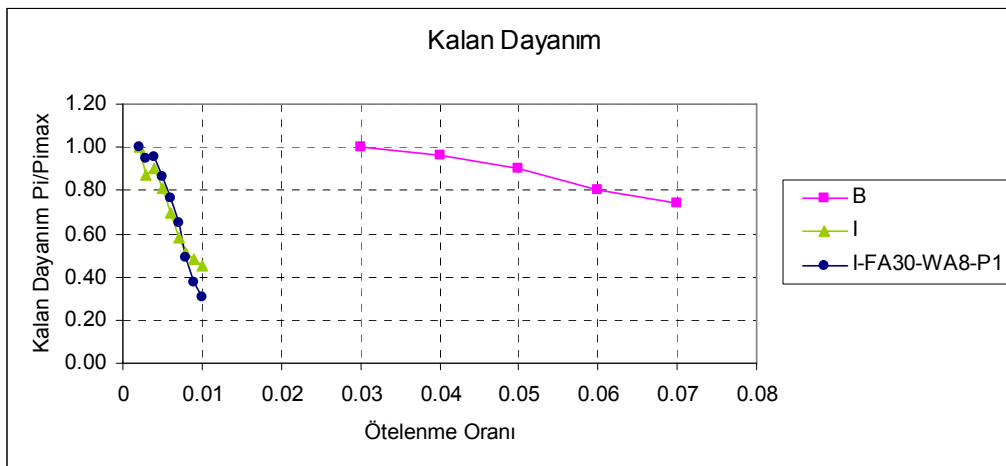
$$\text{Kalan dayanım} = P_i / P_{\max}$$

$P_i$ = i.inci yerdeğiştirme oranındaki numune tarafından taşınan yük

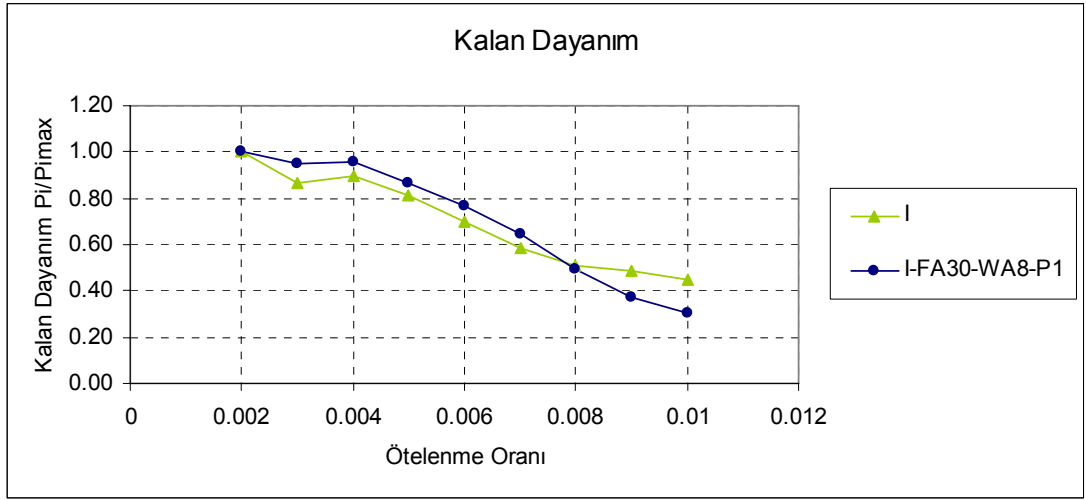
$P_{max}$ = Numunenin taşıdığı maksimum yatay yük

Boş çerçevede (B) ötelenme oranı (DR) 0.06 da dayanımın %80 ünü korunurken, dolgu duvarlı çerçevede (I) 0.005 ötelenme oranında, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30-WA8-P1) numunesinde ise 0.006 da dayanımın %80 ini korumaktadır (Şekil 4.11).

0.006 ötelenme oranında, bölme duvarlı çerçeve dayanım %70 ini korurken, güçlendirilmiş numune dayanımın %80 ini korumaktadır. Bölme duvarlı ve güçlendirilmiş numunede, deneyin sonlandırılmasına yakın, öteleme oranı 0.008 de kalan dayanımlar eşit ve bu ötelenme oranından sonra bölme duvarlı çerçevenin, güçlendirilmiş çerçeveden, kalan dayanım miktarı daha fazla olmuştur (Şekil 4.10).



**Şekil 4.9** : Boş Çerçeve(B), Dolgu Duvarlı Çerçeve (I), Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1) Kalan Dayanım Oranı



**Şekil 4.10 :** Dolgu Duvarlı Çerçeve (I), Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1) Kalan Dayanım Oranı

#### 4.1.5 Çevrimler arası dayanım azalması

Deneyle yapılrken her yerdeğıştirme oranında, numuneler hem itme hem de çekme yönünde ikişer sefer yüklenmiştir. Belirlenen hedef yerdeğıştirmelerdeki yük değerleri belirlenmiş, itme ve çekme için yapılan iki çevrim arasındaki dayanım azalması oranı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$\Delta P = (P1 - P2) / P1$$

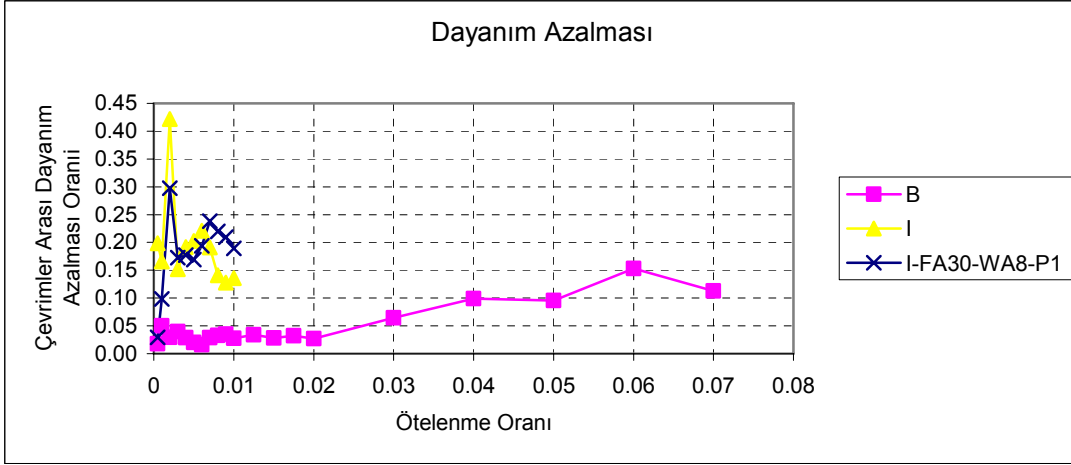
$\Delta P$  = Çevrimler arası rijitlik azalması oranı

P1 = i.inci yerdeğıştirme adımındaki 1.çevrim yükü

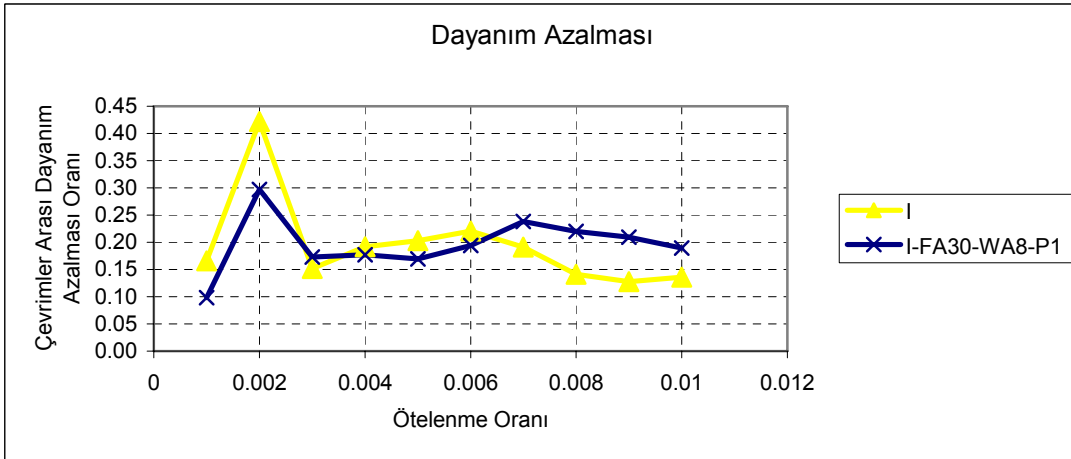
P2 = i.inci yerdeğıştirme adımındaki 2.çevrim yükü

Çıplak çerçevede çevrimler arası dayanım kaybı, 0.02 ötelenme oranına kadar %5 ten küçük, 0.02 den sonra artan ötelenme oranlarıyla beraber dayanım azalması belli bir eğilimde artmaktadır. 0.05 ötelenme oranından sonra bu dayanım azalması %15–20 mertebelerindedir. Oysa duvarlı çerçevede ve güçlendirilmiş çerçevede 0.002 ötelenme oranında, çevrimler arası dayanım azalması %30–40 arasında değişmektedir (Şekil 4.11).

Ötelenme oranı 0.006 dan sonra, çevrimler arası dayanım azalması yüzdesi, güçlendirilmiş çerçevede, bölme duvarlı çerçeveden daha fazla olmaktadır (Şekil 4.12) .



Şekil 4.11 : Boş çerçeve(B), dolgu duvarlı çerçeve (I), dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30-WA8-P1), çevrimler arası dayanım azalması



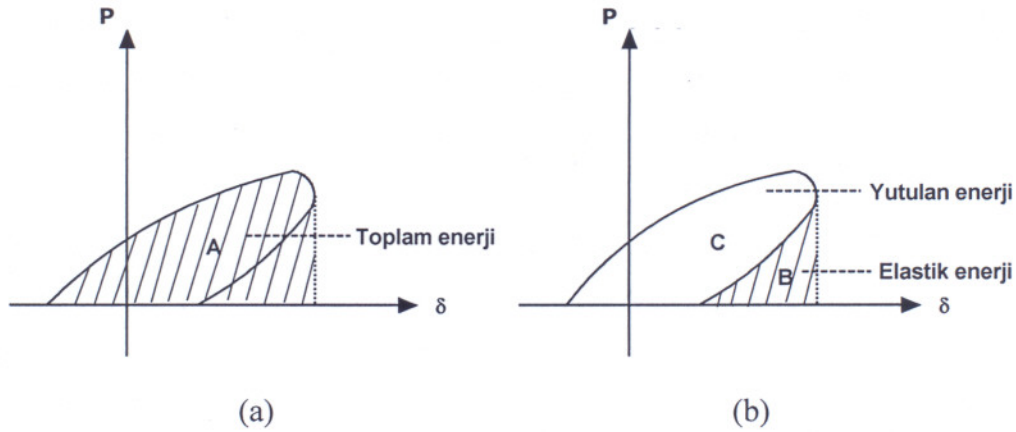
Şekil 4.12 : Dolgu duvarlı çerçeve (I), dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30-WA8-P1) çevrimler arası dayanım azalması

#### 4.1.6 Enerji yutma kapasitesi

Numuneler belirlenen hedef yerdeğiştirmeye kadar yüklenmekte ve bu yerdeğiştirmeye ulaşıldıktan sonra yük boşaltılmaktadır. Hem itme hem de çekme yönünde bu işlem yapılmaktadır. Yükleme ve boşaltmayla yük-yerdeğiştirme eğrisi elde edilmektedir.

Şekil 4.13 a da gösterildiği üzere yük-yerdeğiştirme eğrisinin altında kalan alan toplam enerjiyi vermektedir. Yükün boşaltılmasıyla geri dönen eğri altında kalan alan elastik (geri dönen) enerjiyi vermektedir. Toplam enerjiden elastik enerjinin çıkarılmasıyla elde edilen fark numunenin yuttuğu enerji miktarının vermektedir. Yük-yerdeğiştirme eğrisinin oluşturduğu kapalı alan yutulan enerjiyi vermektedir (Şekil 4.13 b).

Yük-yerdeğiştirme eğrisinde oluşturulan bu alanın hesabı FORTRAN da yapılan bilgisayar programıyla hesaplanmıştır. Program x ve y koordinatları belli olan eğrilerin altında kalan alanı hesaplamaktadır. Program her yerdeğiştirme oranında yükleme eğrisinin altında kalan alanı yani toplam enerji miktarını, yükün boşaltılmasıyla elde edilen eğri altında kalan alanı yani elastik enerjiyi vermektedir. Bu iki enerji arasında ki fark, numunenin o yerdeğiştirme oranındaki yutulan enerjiyi vermektedir.



**Şekil 4.13: Yutulan Enerji Miktarının Hesabı**

Şekil 4.14 te verilen grafikte dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30-WA8-P1) numunesinin, dolgu duvarlı çerçeveye (I) göre enerji yutma kapasitesinin çok iyi olduğu görülmektedir.

%20 dayanım kaybının olduğu ötelenme oranına kadar yutulan enerjiyi karşılaştırdığımızda aşağıdaki hususlar tespit edilmiştir;

a) Boş çerçeve için %20 dayanım kaybı 0.006 öteleme oranında oluşmakta ve yutulan enerji miktarı 3.00 kNm



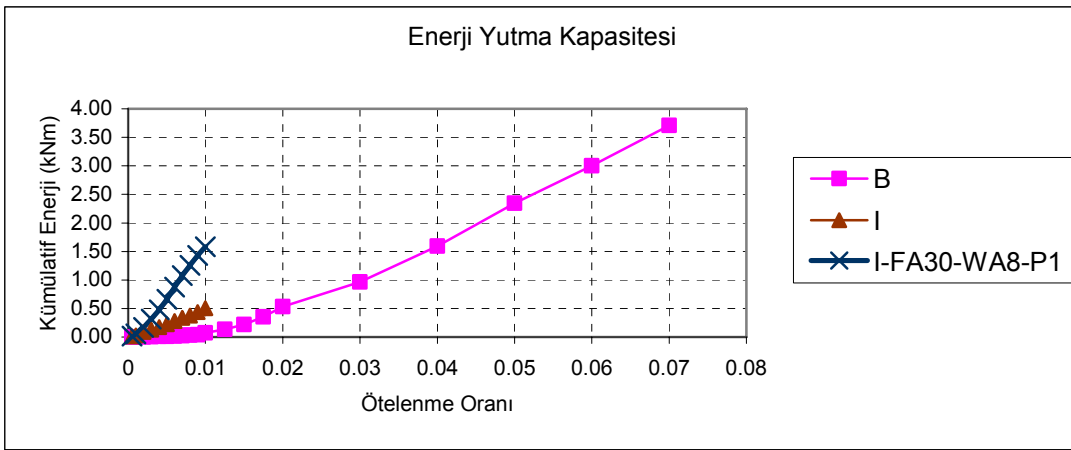
b) Dolgu duvarlı çerçeve (I) için %20 dayanım kaybı 0.005 öteleme oranında oluşmakta ve yutulan enerji miktarı 0.23 kNm

c) Dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30-WA8-P1) için %20 dayanım kaybı 0.006 öteleme oranında oluşmakta ve yutulan enerji miktarı 0.88 kNm dir.

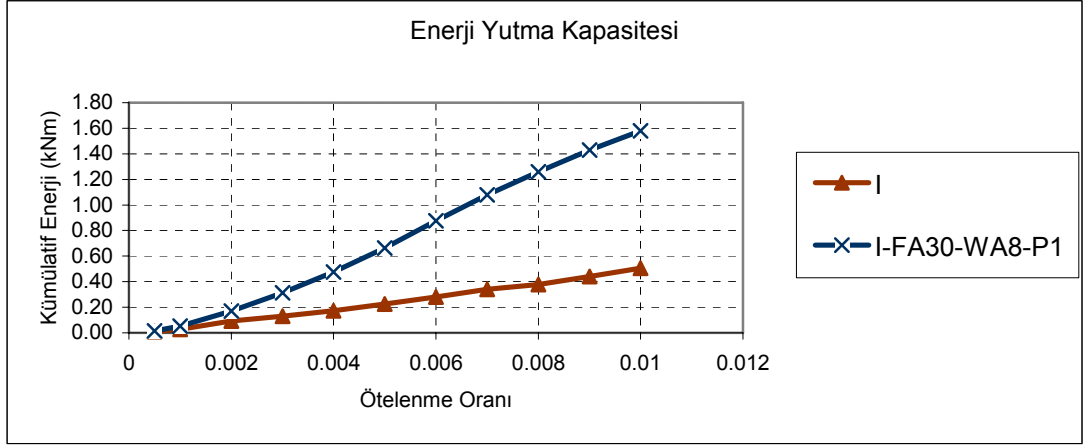
d) Dolgu duvarlı çerçeve (I) ve dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30-WA8-P1) numunesi 0.01 ötelenme oranında durdurulmuştur. 0.01 ötelenme oranına kadar, grafikten de görüldüğü üzere çıplak çerçeveye göre daha fazla enerji yutma kapasitelerinin olduğu görülmektedir.

e) 0.01 ötelenme oranında, çıplak çerçevenin enerji yutma kapasitesi 0.07 kNm, bölme duvarlı çerçevenin enerji yutma kapasitesi 0.50 kNm, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevenin enerji yutma kapasitesi 1.58 kNm dir.

f) 0.01 ötelenme oranında bölme duvarlı çerçeve, boş çerçeveye göre 7 kat, Şekil 4.15 te verilen grafikte, 0.01 ötelenme oranında güçlendirilmiş çerçeve, bölme duvarlıya göre 3.2 kat daha fazla enerji yutma kapasitesine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 4.14 : Boş çerçeve(B), dolgu duvarlı çerçeve (I), dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30-WA8-P1), enerji yutma kapasitesi

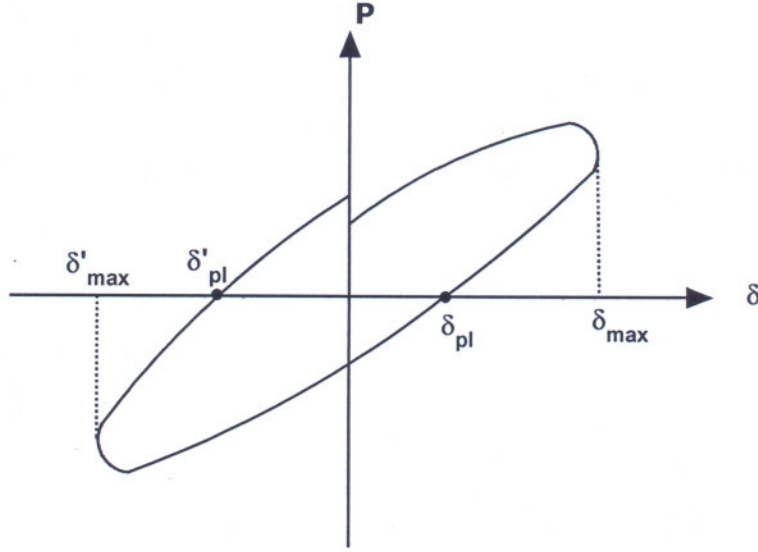


**Şekil 4.15 :** Dolgu duvarlı çerçeve (I), dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30-WA8-P1), enerji yutma kapasiteleri

#### 4.1.7 Plastik deformasyon

Deneyle yapılrken numuneler belirlenen maksimum hedef yerdeğiştirmeye kadar yüklenmekte ve bu yerdeğiştirmeye ulaşıldıktan sonra yük boşaltılmaktadır. Hem itme hem de çekme yönünde bu işlem yapılmaktadır. Yükleme ve boşaltmayla yük-yerdeğiştirme eğrisi elde edilmektedir. Yükün boşaltılmasıyla elde edilen eğri, yükün sıfır olduğu noktada belirli bir kalıcı deformasyon yapmaktadır. Şekil 4.16 da gösterildiği üzere yükün boşaltılmasıyla numunenin yaptığı kalıcı deformasyonun, anılan yükleme adımıdaki maksimum deformasyona oranı, Kalıcı Deformasyon Oranı olarak tanımlanmıştır.

$$\text{Kalıcı Deformasyon Oranı} = \frac{\delta_{pl}}{\delta_{\max}}$$



**Şekil 4.16:** Yük-yerdeğiştirme eğrisinden kalıcı deformasyon oranının bulunması

Kalıcı Deformasyon Oranı, her yerdeğiştirme oranındaki kalıcı yerdeğiştirmeler bulunmuş ve maksimum yerdeğiştirmeye oranlanarak 1. çevrim için hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar neticesinde elde edilen grafik, boş çerçeve numunesi, dolgu duvarlı numune ve dolgu duvarlı güçlendirilmiş üç numune için Şekil 4.17 de gösterilmiştir.

Şekil 4.18 de ise dolgu duvarlı numune ve dolgu duvarlı güçlendirilmiş numunenin kalıcı deformasyon -ötelenme oranı grafiği iki numune için verilmiştir. Çıplak çerçevede 0.01 ötelenme oranına kadar plastik deformasyonların oluşmadığı görülmüştür.

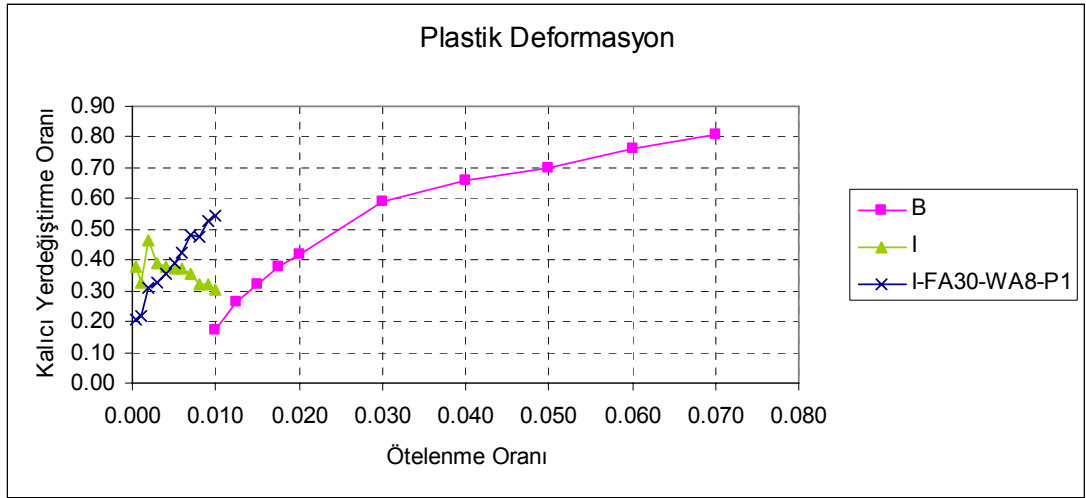
Bölme duvarlı ve güçlendirilmiş çerçevede 0.001 ötelenme oranında plastik deformasyonlar, bölme duvarlı çerçeve için, kalıcı deformasyon oranı 0.33, güçlendirilmiş çerçeve için kalıcı deformasyon oranı 0.22 mertebelerindedir.

0.006 ötelenme oranına kadar bu yer değıştirme oranları, bölme duvarlı çerçeve 0.32-0.38 aralığında, güçlendirilmiş çerçevede ise 0.22-0.42 aralığında değişmektedir.

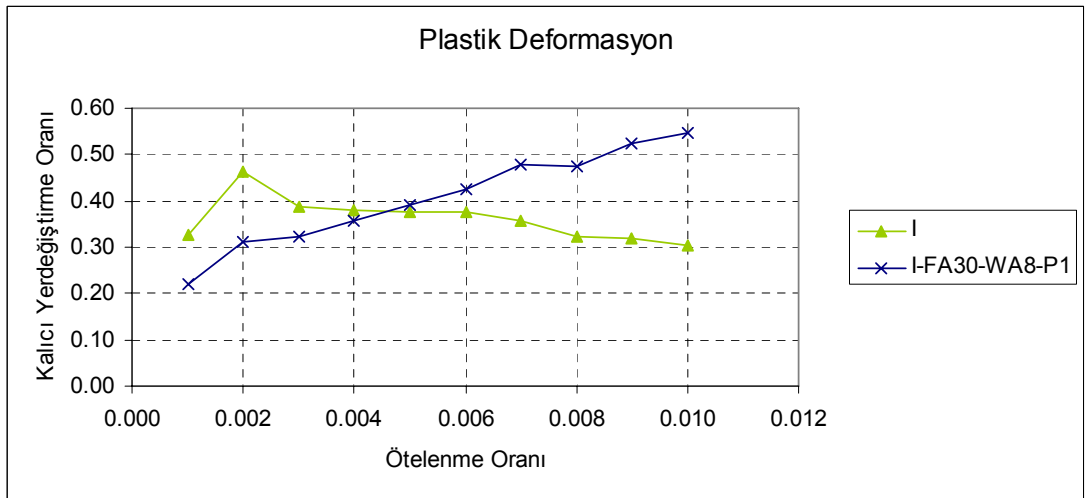
0.006 ötelenme oranından sonra, güçlendirilmiş çerçevede, kalıcı deformasyon oranlarının, bölme duvarlı çerçeveden daha fazla olduğu görülmektedir.

0.008 ötelenme oranında bölme duvarlı çerçeve 0.32, güçlendirilmiş çerçeve ise 0.47 kalıcı deformasyon oranına sahiptir.

Güçlendirilmiş çerçevede 0.005 yerdeğiştirme oranında ankraj sıvalarının patlayıp, ankrajların etkisinin azalmasıyla plastik deformasyonlar artmaktadır.



Şekil 4.17 : Boş çerçeve(B), dolgu duvarlı çerçeve (I), dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30-WA8-P1), kalıcı deformasyon oranı



Şekil 4.18 : Dolgu duvarlı çerçeve (I), dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçeve (I-FA30-WA8-P1), kalıcı deformasyon oranı

#### 4.2 Çerçeveye Yapılan Ankraj Aralığının, Bölme Duvarlı Çerçeve Güçlendirmesine Etkisi

Yapılan bu 3 deneyde çerçeveye yapılan ankraj aralıkları değiştirilmiş ve bunun bölme duvarlı çerçeve güçlendirmesine etkisi araştırılmıştır. Çerçeve ankraj aralıkları 30cm, 45cm ve 60cm olarak 3 adet numune güçlendirilmiştir. Diğer parametreler

sabit tutulmuştur. Bu parametre kısaltması FA30, FA45, FA60 olarak kullanılacaktır.

Sabit tutulan bu parametreler duvar düzlemine dik ankraj sayısı deprem yönetmeliğinde verilen değerden daha fazla seçilmiş ve 12 adet olarak uygulanmıştır. Bu parametre kısaltması WA12 olarak kullanılacaktır.

Sabit tutulan diğer parametre sıva kalitesi olup, sıva karışım oranları yönetmelikte verilen sıva olup, 4 hacim kum/1 hacim çimento/1 hacim kireç karışımıyla sıva yapılmıştır. Bu parametre kısaltması P1 olarak kullanılacaktır.

Kullanılan I kısaltması dolgu duvarlı çerçeveyi ifade etmektedir.

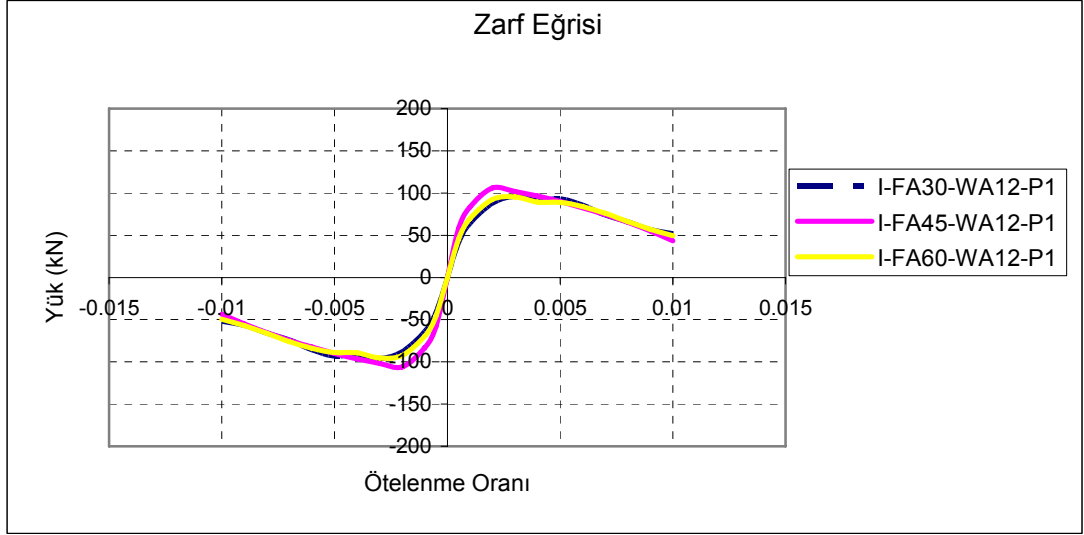
1. çerçeve I-FA30-WA12-P1

2. çerçeve I-FA45-WA12-P1

3. çerçeve I-FA60-WA12-P1 şeklinde isimlendirilmiştir.

#### **4.2.1 Taşınan maksimum yük (zarf eğrisi)**

I-FA30-WA12-P1, I-FA45-WA12-P1 I-FA60-WA12-P1, numuneler tarafından taşınan maksimum yük sırasıyla 96 kN, 106 kN ve 95 kN elde edilmiştir. Bu değerler 0.002 ve 0.003 yerdeğiştirme oranlarında elde edilmiştir. 0.005 yerdeğiştirme oranında numunelerce taşınan yük 93 kN, 90 kN ve 89 kN dur. Her üç numunede ankraj aralıklarının farklı olması, taşınan yük açısından farklı bir sonuç vermemektedir (Şekil 4.19).



**Şekil 4.19** : Farklı ankraj aralıklı, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA45-WA12-P1), (I-FA60-WA12-P1) zarf eğrisi

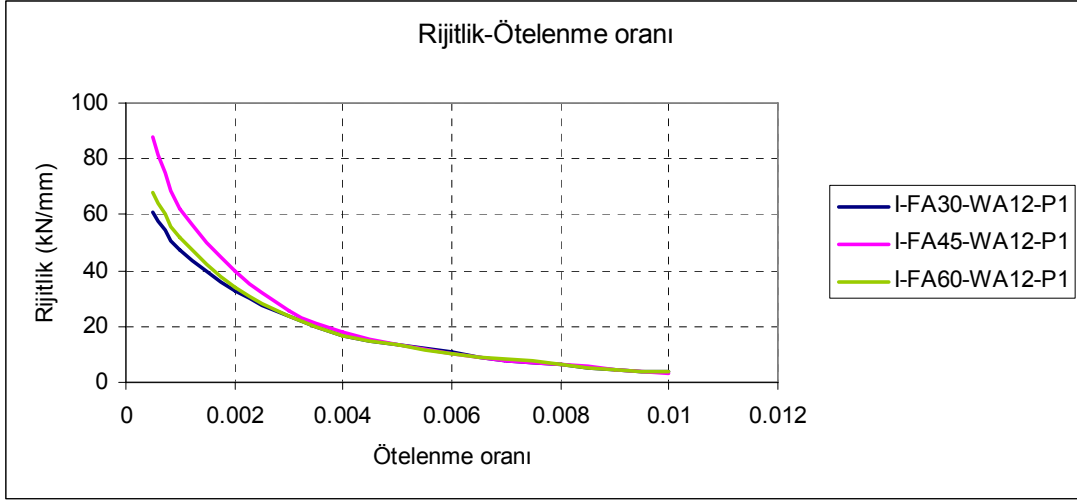
#### 4.2.2 Rijitlik kıyaslaması

Rijitliklerin başlangıçta farklı olduğu görülmektedir. Bu farklılık deneysel bir farktır. İlerleyen yerdeğiştirme adımlarında rijitliklerin birbirine yaklaştığı görülmektedir (Şekil 4.20).

Yerdeğiştirme oranı 0.004 lerde ankraj sıvaları çatlamaktadır. Yerdeğiştirme oranı 0.006dan sonra ankraj sıvaları dökülmekte ve ankrajlar tamamen devre dışı kalmaktadır. Bu aşamada sıvalar hasar görmekte ve ankrajlar da anlamını kaybetmektedir.

Yerdeğiştirme oranı 0.002 den sonra rijitlik değerleri her üç numunede 32-39 kN/mm değerleri arasında kalmaktadır.

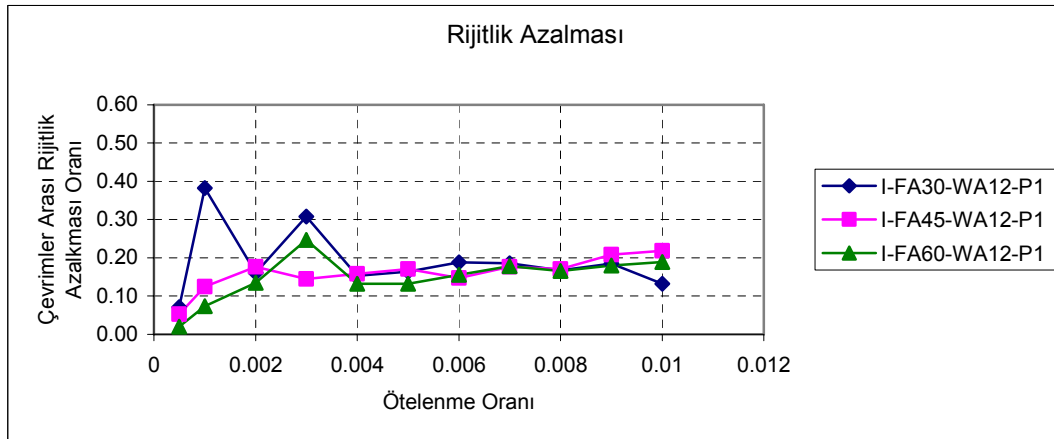
Her üç numunede de çerçeve ankraj aralıklarının, rijitliğe fazla bir katkısının olmadığı görülmektedir.



**Şekil 4.20 :** Farklı ankraj aralıklı, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA45-WA12-P1), (I-FA60-WA12-P1) rijitlik değişimi grafiği

#### 4.2.3 Çevrimler arası rijitlik azalması

Çevrimler arası rijitlik azalmasına, çerçeve ankaraj aralıklarının etkisi açısından incelendiğinde, çevrimler arası dayanım azalmasına benzer özellik göstermektedir. 0.003 yerdeğiştirme oranına kadar değişkenlik gösterirken, 0.004 yerdeğiştirme oranıyla beraber belirli bir eğilimde çevrimler arası rijitlik azalması artmaktadır (Şekil 4.21).



**Şekil 4.21:** Farklı ankraj aralıklı, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA45-WA12-P1), (I-FA60-WA12-P1) çevrimler arası rijitlik azalması

#### 4.2.4 Kalan dayanım

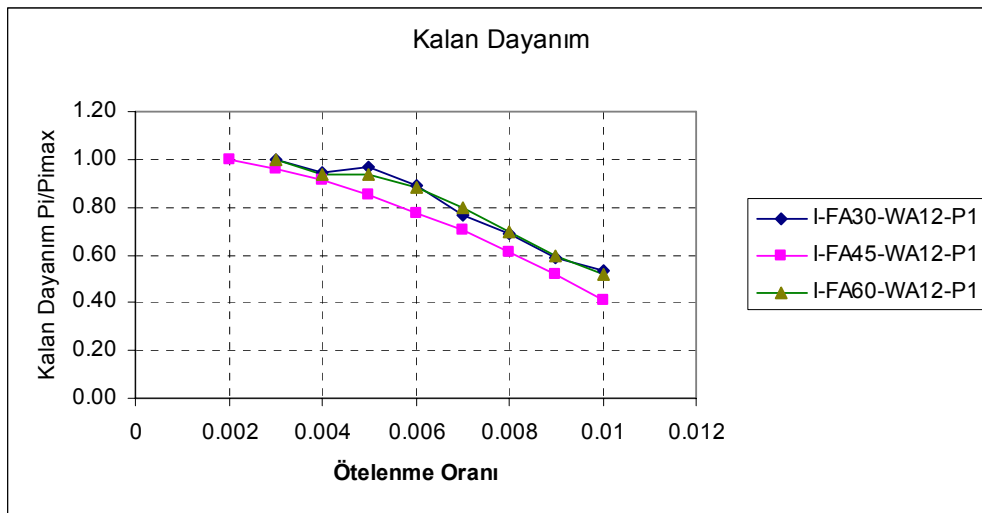
Bu üç numunede çerçeve ankraj aralıklarının kalan dayanıma etkisi, taşınan maksimum yükten sonraki ötelenme oranları için karşılaştırılması yapılmıştır (Şekil 4.22);

a) Çerçeve ankraj aralığı 30 cm olan numune de 0.003 yerdeğiştirme oranından, çerçeve ankraj aralığı 45 cm olan numune de 0.002 yerdeğiştirme oranından, çerçeve ankraj aralığı 60 cm olan numunede 0.003 yerdeğiştirme oranından sonraki kalan dayanımlar incelenmiştir.

b) 0.003 yerdeğiştirme oranında her üç numunede maksimum dayanıma sahiptir. 0.005 yerdeğiştirme oranında I-FA30-WA12-P1 numunesi dayanımın %97 sini korurken, I-FA45-WA12-P1 numunesinde dayanımın %85 i, I-FA60-WA12-P1 numunesinde ise dayanımın %93 ü korunmaktadır.

c) İlerleyen yerdeğiştirme aralarında bu dayanımlar birbirine paralellik göstermektedir. 0.008 yerdeğiştirme oranında kalan dayanımların sırasıyla I-FA30-WA12-P1 için %69, I-FA45-WA12-P1 için %62, I-FA60-WA12-P1 için %69 u korunmaktadır.

d) Her üç numunede de sıvadaki hasar sebebiyle göçme oluşmaktadır, ve göçme modu benzer özellik göstermektedir. Her üç numune benzer davranış göstermektedir.

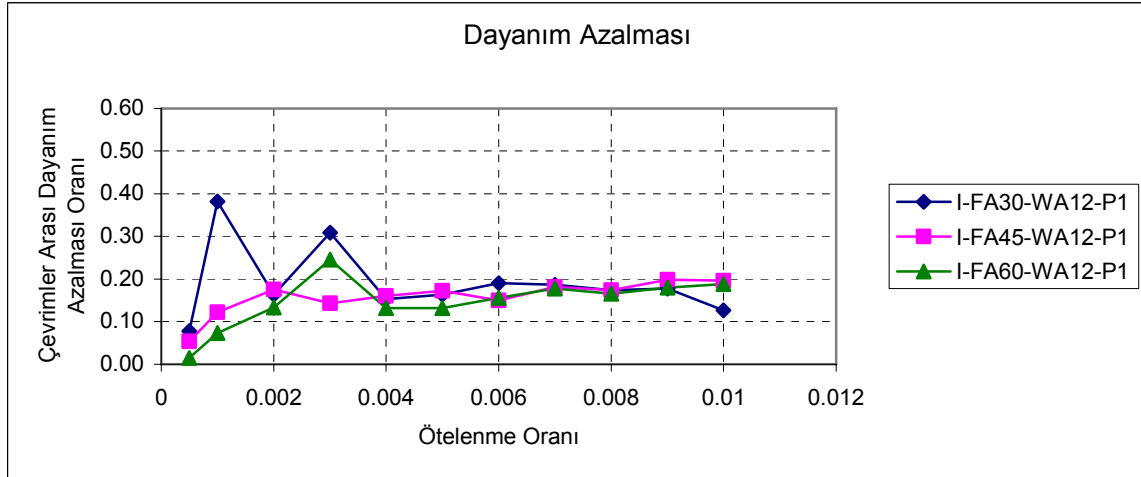


Şekil 4.22: Farklı ankraj aralıklı, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA45-WA12-P1), (I-FA60-WA12-P1) kalan dayanım oranları



#### 4.2.5 Çevrimler arası dayanım azalması

Çerçeve ankraj aralıklarının, çevrimler arası ( 1.çevrim, 2. çevrim) dayanım azalmasına etkisi yönünden incelendiğinde, 0.004 yerdeğiştirme oranına kadar deneysel farklılıklardan dolayı değişkenlik gösterirken, 0.004 yerdeğiştirme oranında ve bu orandan sonra dayanım kaybı 3 numunede belli bir eğilimde artmaktadır (Şekil 4.23). Numunelerin birbirinden pratik bir farkı görünmemektedir.



**Şekil 4.23:** Farklı ankraj aralıklı, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA45-WA12-P1), (I-FA60-WA12-P1) çevrimler arası dayanım azalması

#### 4.2.6 Enerji yutma kapasitesi

Grafikte de görüldüğü üzere bu üç numunenin enerji yutma kapasitelerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Çerçeve ankraj aralıkları değişiminin enerji yutma kapasitesine etkisi açısından değerlendirildiğinde, grafikte çok az farklı olsa da beklenenin tersine 30 cm çerçeve ankaraj aralığına sahip çerçevenin enerji yutma kapasitesi daha az gibi görünmektedir (Şekil 4.24).

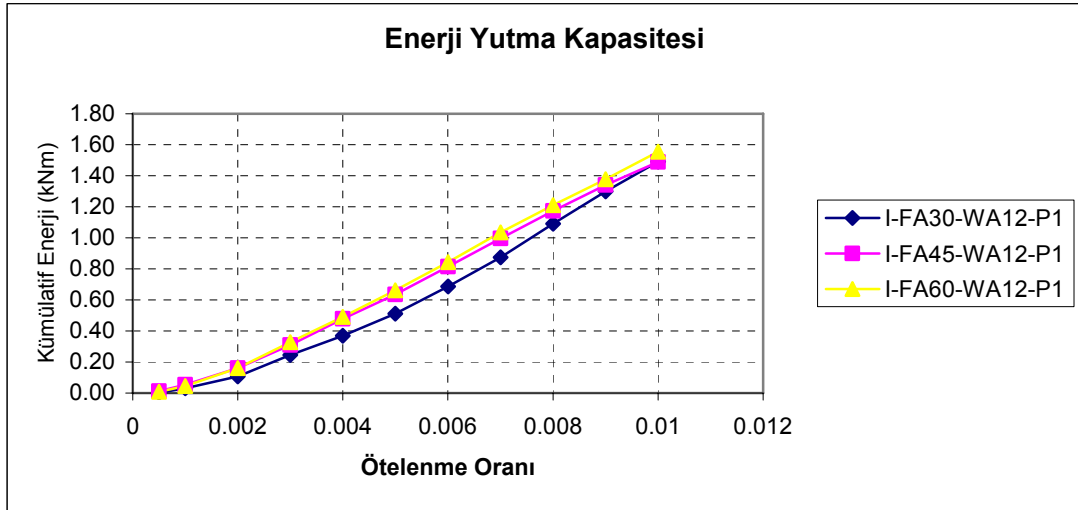
Sayısal olarak 0.01 ötelenme oranına kadar yutulan kümülatif enerji

I-FA30-WA12-P1 numunesin de 1.49 kNm

I-FA45-WA12-P1 numunesin de 1.49 kNm

I-FA60-WA12-P1 numunesinin de yutulan kümülatif enerji 1.55 kNm dir.

Bu değerlerin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Çerçeve ankraj aralığı en fazla olan I-FA60-EA12-P1 numunesinin tükettiği enerji miktarı beklenenin tersine az da olsa diğerlerinden daha fazladır. Bu farklılık deneysel fark olarak yorumlanabilir.



**Şekil 4.24:** Farklı ankraj aralıklı, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA45-WA12-P1), (I-FA60-WA12-P1), enerji yutma kapasitesi

#### 4.2.7 Plastik deformasyon

I-FA30-WA12-P1, I-FA45-WA12-P1, I-FA60-WA12-P1 numunelerinin kalıcı yer değiştirme oranları grafiğine bakıldığında, çerçeve ankraj aralığı 30 cm ve 45 cm olan numunelerin plastik deformasyon oranı grafiklerinin birbirine yakın olduğu, çerçeve ankraj aralığı 60 cm olan numunenin diğer iki numuneye göre daha fazla plastik deformasyon yaptığı görülmektedir (Şekil 4.25).

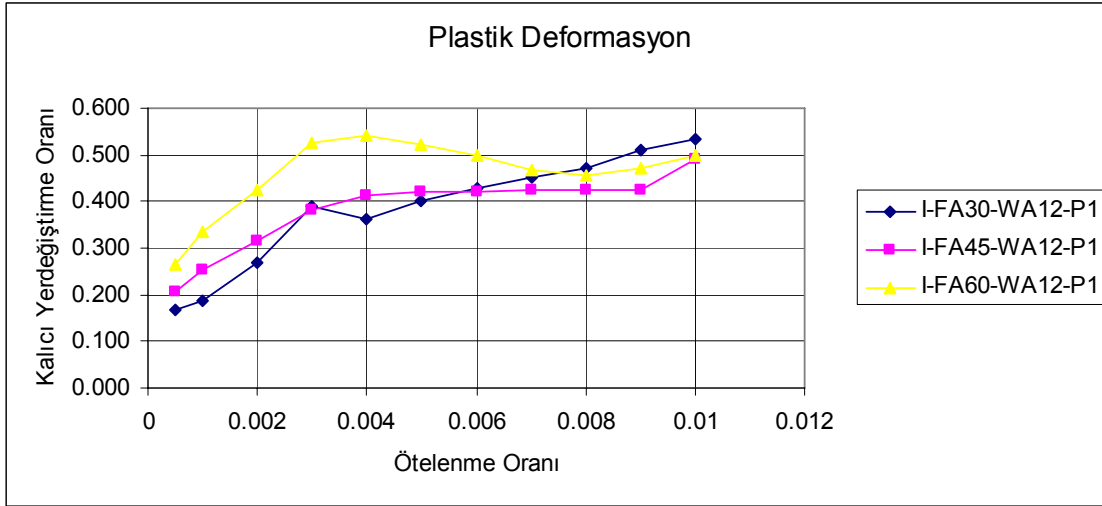
Çerçeve ankraj aralığı 30 cm ve 45 cm olan numunelerin plastik deformasyon oranı artan ötelenme oranıyla deney sonuna kadar artmaktadır. Çerçeve ankraj aralığı 60 cm olan numunenin 0.004 ötelenme oranına kadar plastik deformasyon oranı artmakta ve bu orandan sonra azalmaktadır.

I-FA30-WA12-P1 numunesinin 0.002 ötelenme oranında kalıcı deformasyon oranı 0.268, I-FA45-WA12-P1 numunesinin 0.002 ötelenme oranında kalıcı

deformasyon oranı 0.315, I-FA60-WA12-P1 numunesinin 0.002 ötelenme oranında kalıcı deformasyon oranı ise 0.425 olmaktadır.

0.004 ötelenme oranında ise, I-FA30-WA12-P1 numunesinin kalıcı deformasyon oranı 0.361, I-FA45-WA12-P1 numunesinin kalıcı deformasyon oranı 0.414, I-FA60-WA12-P1 numunesinin kalıcı deformasyon oranı ise 0.542 olmaktadır.

Bu üç numunede çerçeve ankraj aralıkları 30cm ve 45 cm de kalıcı yer değiştirme oranı birbirine yakın olmakta, aralığının daha da artmasıyla kalıcı yer değiştirme oranı daha fazla olmaktadır. Ankraj aralığının artması plastik deformasyon oranını etkilemekte , ankraj aralığının sıklığının olumlu etkisi gözlenmektedir.



**Şekil 4.25:** Farklı ankraj aralıklı, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA45-WA12-P1), (I-FA60-WA12-P1), kalıcı yerdeğiştirme oranı

### 4.3 Duvar Düzlemine Dik Ankaraj Sayısının, Bölme Duvarlı Çerçeve Güçlendirmesine Etkisi

Yapılan bu 4 deneyde çerçeveye yapılan ankraj aralıkları sabit ve 30 cm olarak uygulanmıştır. Bu 4 deneyde duvar düzlemine dik ankraj sayısı parametresi değiştirilerek bunun bölme duvarlı çerçeve güçlendirmesine etkisi araştırılmıştır. Duvar düzlemine dik ankaraj sayısı, deprem yönetmeliğinde istenen ankaraj sayısından fazla ve 12 adet, deprem yönetmeliğine uygun ve 8 adet, deprem yönetmeliğinden az ve 5 adet, diğeri ise yönetmelikte verilen değerden çok az ve 3

adet yapılmıştır. Bunların etkisi araştırılmıştır. Bu parametre kısaltması WA12, WA8, WA5, WA3 olarak kullanılacaktır.

Diğer parametreler sabit tutulmuştur. Sabit tutulan bu parametreler çerçeve ankraj aralığı deprem yönetmeliğinde verilen değer seçilmiş ve 30 cm olarak uygulanmıştır. Bu parametre kısaltması FA30 olarak kullanılacaktır.

Sabit tutulan diğer parametre sıva kalitesi olup, sıva karışım oranları yönetmelikte verilen sıva olup, 4 hacim kum/1 hacim çimento/1 hacim kireç karışımıyla sıva yapılmıştır. Bu parametre kısaltması P1 olarak kullanılacaktır.

Kullanılan I kısaltması dolgu duvarlı çerçeveyi ifade etmektedir.

1. çerçeve I-FA30-WA12-P1
2. çerçeve I-FA30-WA8-P1
3. çerçeve I-FA30-WA5-P1
4. çerçeve I-FA30-WA3-P1 şeklinde isimlendirilmiştir

#### **4.3.1 Taşınan maksimum yük (zarf eğrisi)**

Duvar düzlemine dik ankraj sayısının artması ile taşınan maksimum yük aynı oranda artmamakta, hatta I-FA30-WA5-P1, I-FA30-WA3-P1 numuneleri kıyaslandığında, I-FA30-WA3-P1 numunesinin taşıdığı maksimum yük daha fazla olmaktadır (Şekil 4.26).

Zarf eğrileri incelendiğinde her numunede belirli bir yerdeğiştirme oranından sonra eğride ani düşüşler görülmektedir. Bu ani düşüş I-FA30-WA12-P1 numunesinde yerdeğiştirme oranı 0.003 ten sonra, I-FA30-WA8-P1 numunesinde yerdeğiştirme oranı 0.002 den sonra, I-FA30-WA5-P1 numunesinde yerdeğiştirme oranı 0.002 den sonra, I-FA30-WA3-P1 numunesinde, yerdeğiştirme oranı 0.002 den sonra meydana gelmektedir.

Bunun sebebi bu yerdeğiştirme oranlarında bir patlama sesi gelmekte ve yük değerleri ani olarak düşmektedir. Yerdeğiştirme seviyesi gelmek istenilen seviyeden daha ileriye gitmektedir. Bu patlama ise, numunenin arka yüzünde yapılan 1cm

kalınlığında sıva betonarme çerçeveden ayrılmakta ve sıvanın etkisinin ortadan kalkmaktadır. Yük değerlerindeki ani düşüş

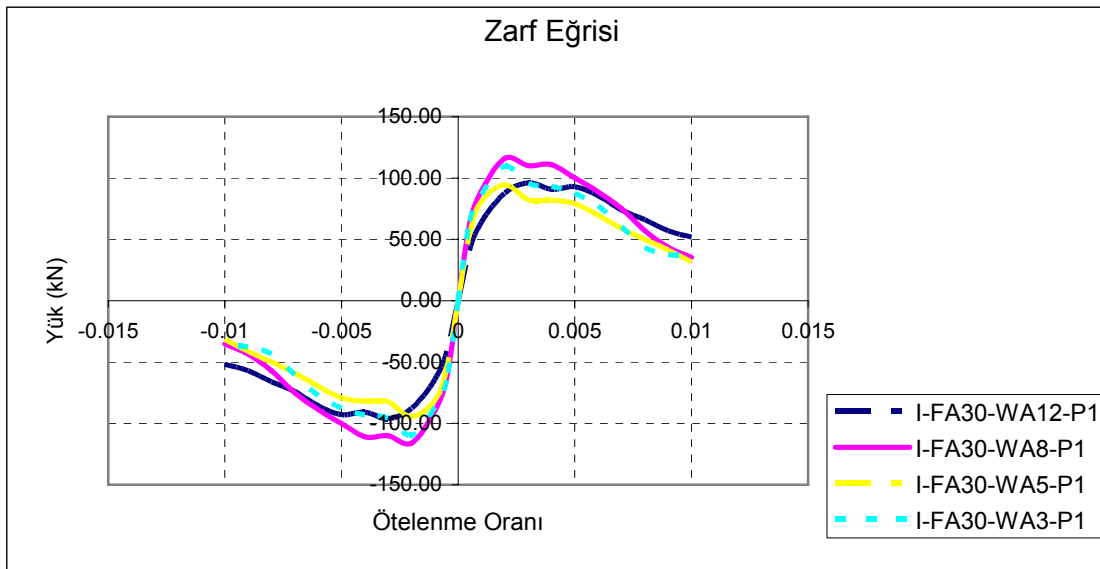
I-FA30-WA12-P1 numunesinde 96.05 kN dan 90.84 kN' a,

I-FA30-WA8-P1 numunesinde 116.00 kN dan 110.00 kN' a,

I-FA30-WA5-P1 numunesinde 94.50 kN dan 82.20 kN' a,

I-FA30-WA3-P1 numunesinde 109.80 kN dan 95.60 kN' a, düştüğü görülmektedir.

Duvar düzlemine dik ankraj sayısının, yönetmelikte verilen ankraj sayısının azaltılabileceği görülmektedir.

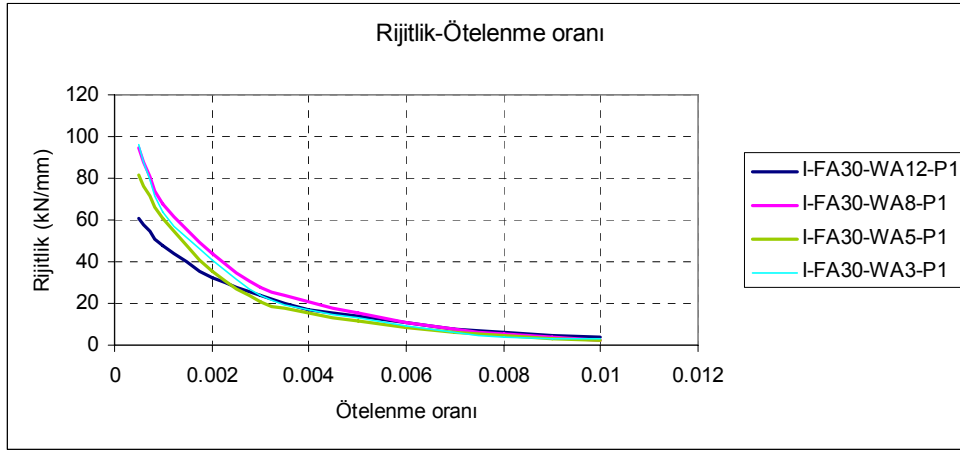


**Şekil 4.26:** Duvar düzlemine dik ankraj sayısının, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA5-P1), (I-FA30-WA3-P1), zarf eğrileri

#### 4.3.2 Rijitlik kıyaslaması

Başlangıç rijitlikleri açısından bakıldığında bu dört numunede başlangıç rijitliklerinin farklı olduğu görülmektedir. Bu farklılık deneysel bir farktır. Yerdeğiştirme oranı 0.002 den sonra rijitliklerin birbirine yaklaştığı görülmektedir (Şekil 4.27).

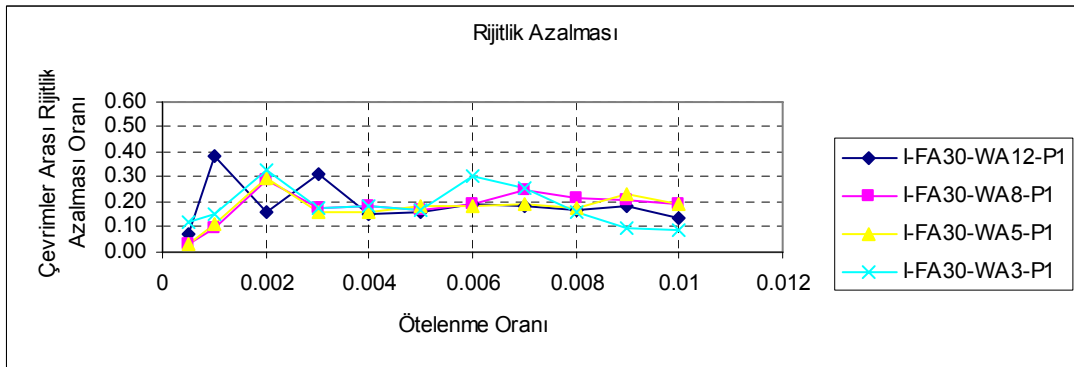
Duvar düzlemine dik ankraj sayısının, çerçevenin rijitliğine etkisinin fazla olmadığı görülmektedir. Duvar düzlemine dik ankraj sayısı azaltılabilir.



**Şekil 4.27:** Duvar düzlemine dik ankraj sayısının, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA5-P1), (I-FA30-WA3-P1), rijitlik değişimi grafiği

#### 4.3.3 Çevrimler arası rijitlik azalması

Çevrimler arası rijitlik azalması I-FA30-WA8-P1, I-FA30-WA5-P1, I-FA30-WA3-P1 numunelerde birbirine paralellik göstermekte, I-FA30-WA12-P1 numunesi 0.004 yerdeğiştirme oranına kadar diğer üç numuneden farklı bir seyir izlemekte, 0.004 yerdeğiştirme oranından sonra diğer 3 numune ile paralellik göstermektedir. Duvar düzlemine dik ankraj sayısının çevrimler arası rijitlik azalmasına bir etkisinin olmadığı görülmektedir (Şekil 4.28).



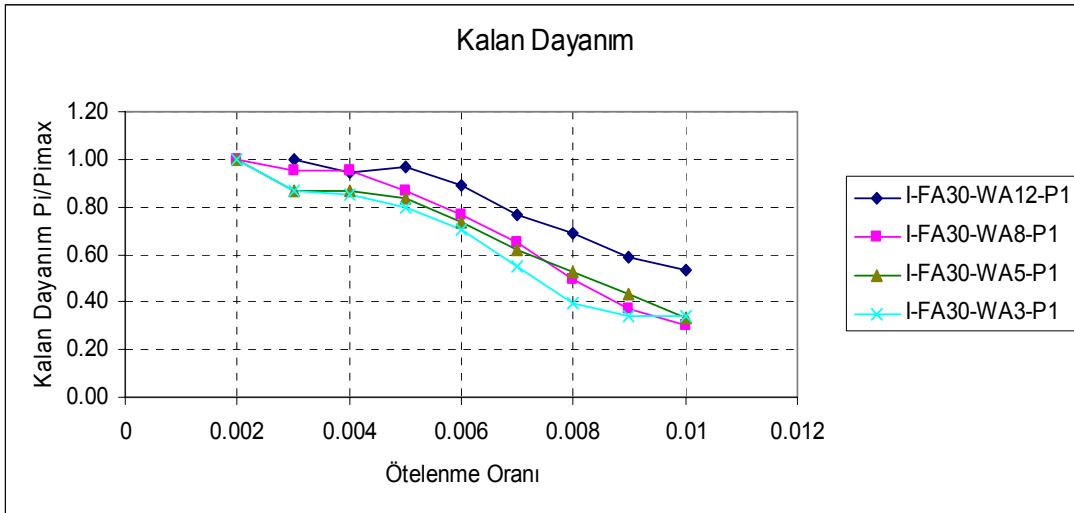
**Şekil 4.28:** Duvar düzlemine dik ankraj sayısının, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA5-P1), (I-FA30-WA3-P1), çevrimler arası rijitlik azalması oranı

#### 4.3.4 Kalan dayanım

Kalan dayanım miktarı bakımından I-FA30-WA8-P1, I-FA30-WA5-P1, I-FA30-WA3-P1 numuneleri arasında fazla bir fark olmadığı görülmektedir. I-FA30-WA12-P1 numunesinin diğerlerine göre her yerdeğiştirme oranında kalan dayanım miktarının daha iyi olduğu görülmektedir (Şekil 4.29).

Yerdeğiştirme oranı 0.005 değerinde I-FA30-WA12-P1 numunesi dayanımının %97 sini korurken, I-FA30-WA8-P1 numunesi dayanımının %86 sını, I-FA30-WA5-P1 numunesi dayanımının %84 ünü, I-FA30-WA3-P1 numunesi dayanımının %80 nini, korumaktadır.

Yerdeğiştirme oranı 0.007 değerinde I-FA30-WA12-P1 numunesi dayanımının %69 unu korurken, I-FA30-WA8-P1 numunesi dayanımının %65 ni, I-FA30-WA5-P1 numunesi dayanımının %62 si, I-FA30-WA3-P1 numunesi dayanımının %55 i, korumaktadır.

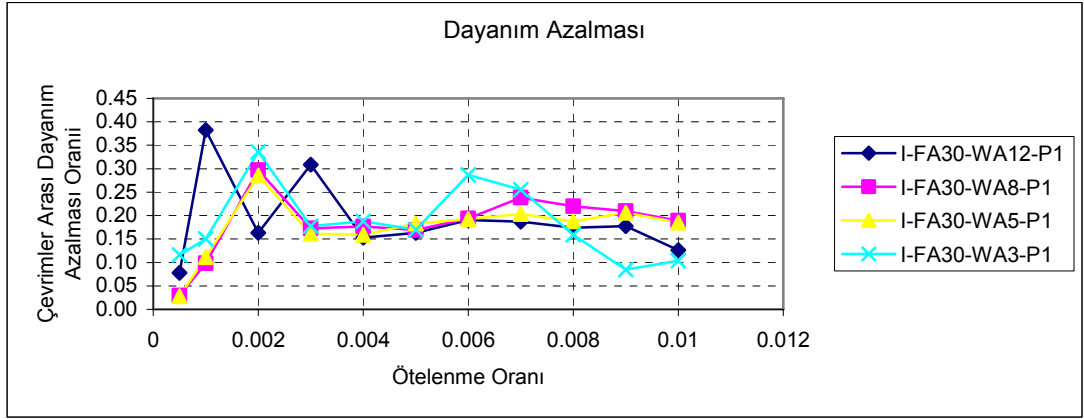


**Şekil 4.29:** Duvar düzlemine dik ankraj sayısının, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA5-P1), (I-FA30-WA3-P1), kalan dayanım oranları

#### 4.3.5 Çevrimler arası dayanım azalması

Çevrimler arası dayanım azalması I-FA30-WA12-P1 no'lu numunede başlangıçta diğer 3 numuneden farklı, 0.004 yerdeğiştirme oranından sonra diğer 3 numune ile paralellik göstermektedir (Şekil 4.30) .

Duvar düzlemine dik ankraj sayısının, çevrimler arası dayanım azalması yönünden numuneler arasında pratik bir farkı görülmemektedir. I-FA30-WA12-P1 numunesi hariç diğer üç numunede 0.002 yerdeğiştirme oranından sonraki değerler ani olarak düşmektedir. Bu ani düşmeyi sıvanın çerçeveden ayrılmasındaki ani dayanım kaybına bağlayabiliriz.



**Şekil 4.30:** Duvar düzlemine dik ankraj sayısının, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA5-P1), (I-FA30-WA3-P1), çevrimler arası dayanım azalması oranı

#### 4.3.6 Enerji yutma kapasitesi

Dört numunenin de enerji yutma kapasitesinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. I-FA30-WA5-P1 no'lu numunenin 0.006 yerdeğiştirme oranına kadar diğer numunelerle enerji yutma kapasitesi eğrisi paralellik göstermektedir, bu yerdeğiştirme oranından sonra I-FA30-WA5-P1 no'lu numunenin enerji yutma kapasitesi azalmaktadır (Şekil 4.31).

0.006 yerdeğiştirme oranına kadar yutulan kümülatif enerji miktarları;

I-FA30-WA12-P1 numunenin 0.69 kNm



I-FA30-WA8-P1 numuneninin 0.87 kNm

I-FA30-WA5-P1 numuneninin 0.68 kNm

I-FA30-WA3-P1 numuneninin 0.86 kNm dir.

Deneyin sonlandırıldığı 0.01 yerdeğiştirme oranına kadar yutulan kümülatif enerji

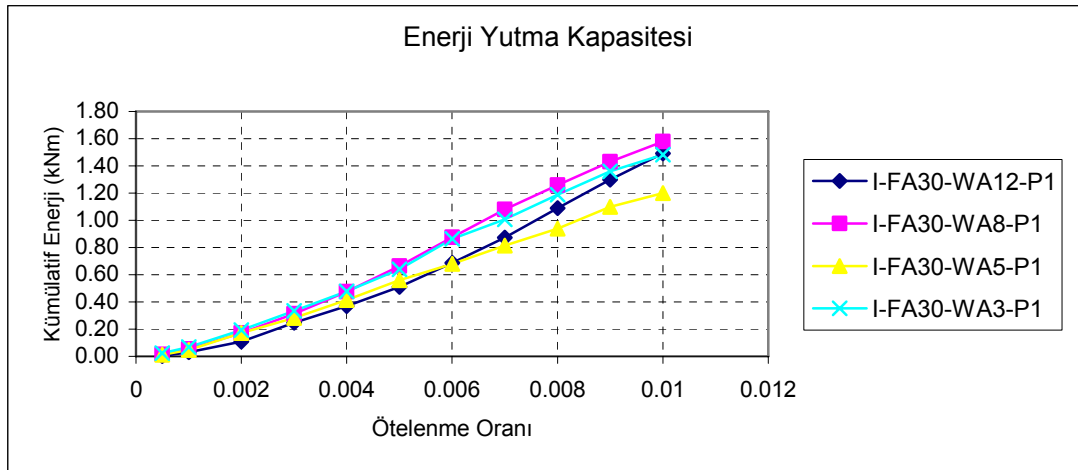
I-FA30-WA12-P1 numuneninin 1.49 kNm

I-FA30-WA8-P1 numuneninin 1.58 kNm

I-FA30-WA5-P1 numuneninin 1.20 kNm

I-FA30-WA3-P1 numuneninin 1.48 kNm dir. Enerji yutma kapasitesinde her dört numunede de bariz farklılıkların olmadığı görülmektedir. Duvar düzlemine dik ankraj sayısının daha az olduğu I-FA30-WA3-P1 numunesi, I-FA30-WA5-P1 no'lu numunden daha fazla enerji tüketmiştir.

Dolayısıyla duvar düzlemine dik ankraj sayısının; yönetmelikte verilen ankraj sayısının uygun olduğu, bunu biraz daha artırmanın veya azaltmanın enerji yutma kapasitesine ciddi bir katkısının olmadığı görülmektedir.



**Şekil 4.31:** Duvar düzlemine dik ankraj sayısının, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA5-P1), (I-FA30-WA3-P1), enerji yutma kapasiteleri

#### 4.3.7 Plastik Deformasyon

Duvar düzlemine dik ankraj sayılarının plastik deformasyon oranına etkisi I-FA30-WA12-P1, I-FA30-WA8-P1, I-FA30-WA5-P1 numunelerinde paralellik göstermektedir. I-FA30-WA3-P1 numunesinde 0.004 yerdeğiştirme oranına kadar diğer numunelere göre daha fazla plastik deformasyon yapmakta bu yerdeğiştirme oranından sonra diğer numunelerle paralel gitmektedir (Şekil 4.32).

0.002 yerdeğiştirme oranında kalıcı yer değiştirme oranları

I-FA30-WA12-P1 0.268,

I-FA30-WA8-P1 0.312,

I-FA30-WA5-P1 0.329,

I-FA30-WA3-P1 0.415 tir. Bu yerdeğiştirme oranından sonra I-FA30-WA3-P1 numunesi hariç diğer numunelerin plastik deformasyon oranları belirli bir eğilimde artmakta, I-FA30-WA3-P1 ise sabit devam etmekte, 0.004 yerdeğiştirme oranından sonra diğer numunelerle aynı eğilimde artmaktadır.

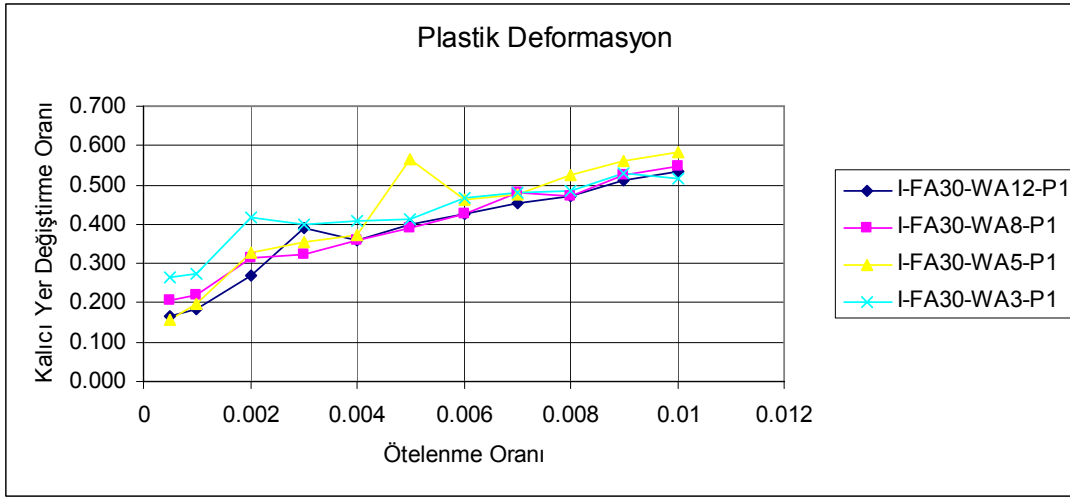
0.01 yerdeğiştirme oranında 4 numunenin de kalıcı yer değiştirme oranı birbirine çok yakın değerlerde çıkmaktadır. Bu oranlar dört numune için;

I-FA30-WA12-P1 0.534,

I-FA30-WA8-P1 0.547,

I-FA30-WA5-P1 0.584,

I-FA30-WA3-P1 0.518 kalıcı yer değiştirme oranına sahiptir.



**Şekil 4.32:** Duvar düzlemine dik ankraj sayısının, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA5-P1), (I-FA30-WA3-P1), kalıcı yerdeğiştirme oranı

#### 4.4 Güçlendirme Sıvasının Dayanım Ve Kalınlığının, Bölme Duvarlı Çerçeve Güçlendirmesine Etkisi

Bu bölümde, yapılan 3 deney kıyaslanmıştır. Bu karşılaştırmada sıva kalınlığı ve sıva kalitesi parametreleri değiştirilerek bunun bölme duvarlı çerçeve güçlendirmesine etkisi araştırılmıştır.

Bu deneylerden birinde sıva kalınlığı ve sıva kalitesi deprem yönetmeliğinde değerler kullanılarak hazırlanmıştır. Sıva kalınlığı 3cm ve sıva kalitesi yönetmelikte verilen karışım oranlarına uygun olarak hazırlanmıştır. Sıva karışım oranları yönetmelikte verilen sıva olup, 4 hacim kum/1 hacim çimento/1 hacim kireç karışımıyla sıva yapılmıştır. Bu parametre kısaltması P1 olarak kullanılacaktır.

Yapılan 2. deneyde sıva kalitesi artırılmıştır. Sıva kalınlığı yine 3cm olarak uygulanmıştır. Sıva karışım oranları, 3 hacim kum/ 2 hacim çimento/ ½ hacim kireç karışımıyla sıva yapılmıştır. Bu parametre kısaltması P2 olarak kullanılacaktır.

Yapılan 3. deneyde sıva kalınlığı artırılmıştır. Sıva kalınlığı 5cm olarak uygulanmıştır. Sıva karışım oranları yönetmelikte verilen sıva olup, 4 hacim kum/1 hacim çimento/1 hacim kireç karışımıyla sıva yapılmıştır. Bu parametre kısaltması P3 olarak kullanılacaktır.

Çerçeveye yapılan ankraj aralıkları sabit ve 30 cm olarak uygulanmıştır. Bu parametre kısaltması FA30 olarak kullanılacaktır.

Bu 3 deneyde duvar düzlemine dik ankaraj sayısı, deprem yönetmeliğinde istenen ankaraj sayısına uygun ve 8 adettir. Bu parametre kısaltması WA8, olarak kullanılacaktır.

Kullanılan I kısaltması dolgu duvarlı çerçeveyi ifade etmektedir.

1. çerçeve I-FA30-WA8-P1

2. çerçeve I-FA30-WA8-P2

3. çerçeve I-FA30-WA8-P3 şeklinde isimlendirilmiştir

#### **4.4.1 Taşınan maksimum yük (zarf eğrisi)**

Numunelere uygulanan maksimum yatay yük bu üç numunede karşılaştırıldığında,

I-FA30-WA8-P1 normal sıvalı numune 116 kN,

I-FA30-WA8-P2 güçlü sıva ile yapılan numunede 116 kN,

I-FA30-WA8-P3 kalın sıva ile yapılan numunede 119 kN maksimum yük taşıdığı ve bunların birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.

İlerleyen yerdeğiştirme oranlarındaki taşınan yüklere bakıldığında I-FA30-WA8-P2 ve I-FA30-WA8-P3 numunelerinin daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.

0.005 yerdeğiştirme oranında I-FA30-WA8-P1 numunesi 100.3 kN,

I-FA30-WA8-P2 numunesi 115.5 kN,

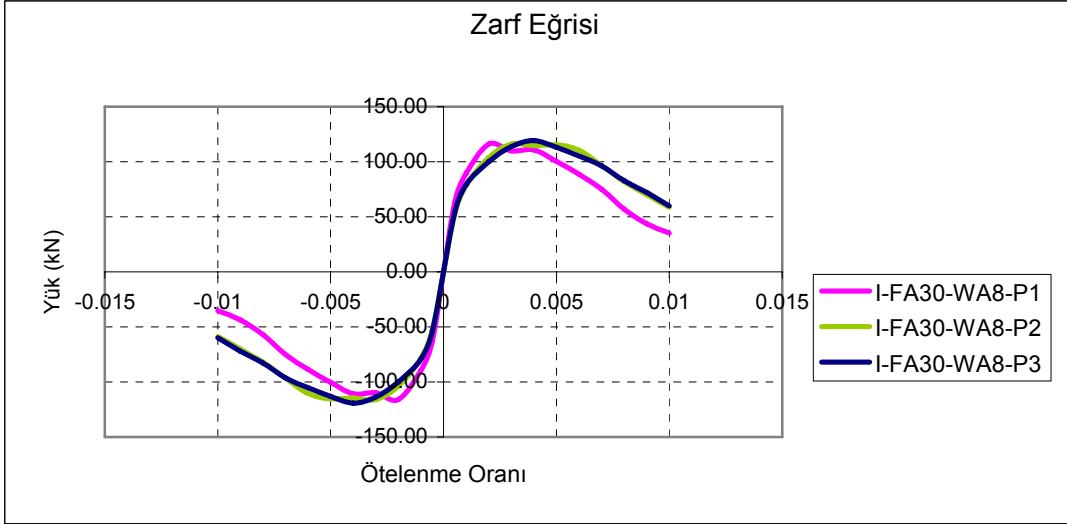
I-FA30-WA8-P3 numunesi 11.30 ton yük taşınmaktadır. Bu yerdeğiştirme oranında taşınan yük miktarı, I-FA30-WA8-P2 ve I-FA30-WA8-P3 numunelerinin I-FA30-WA8-P1 numunesine göre ortalama %15 daha fazladır.

0.008 yerdeğiştirme oranında I-FA30-WA8-P1 numunesi 57 kN,

I-FA30-WA8-P2 numunesi 82 kN,

I-FA30-WA8-P3 numunesi ise 82.8 kN, yük taşımaktadır. Bu yerdeğiştirme oranında ise P2 ve P3 numuneleri birbiri ile aynı, bu iki numunenin P1 numunesine göre %45 daha fazla yük taşımaktadır.

Deneyin sonlandırıldığı 0.01 yerdeğiştirme oranında oranın da ise I-FA30-WA8-P2 ve I-FA30-WA8-P3 numunelerinin, I-FA30-WA8-P1 numunesine göre %70 daha fazla yük taşıdığı görülmektedir (Şekil 4.33).



**Şekil 4.33:** Güçlendirme sıvasının dayanım ve kalınlığının, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevelerin (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA8-P2), (I-FA30-WA8-P3), zarf eğrileri

#### 4.4.2 Rijitlik kıyaslaması

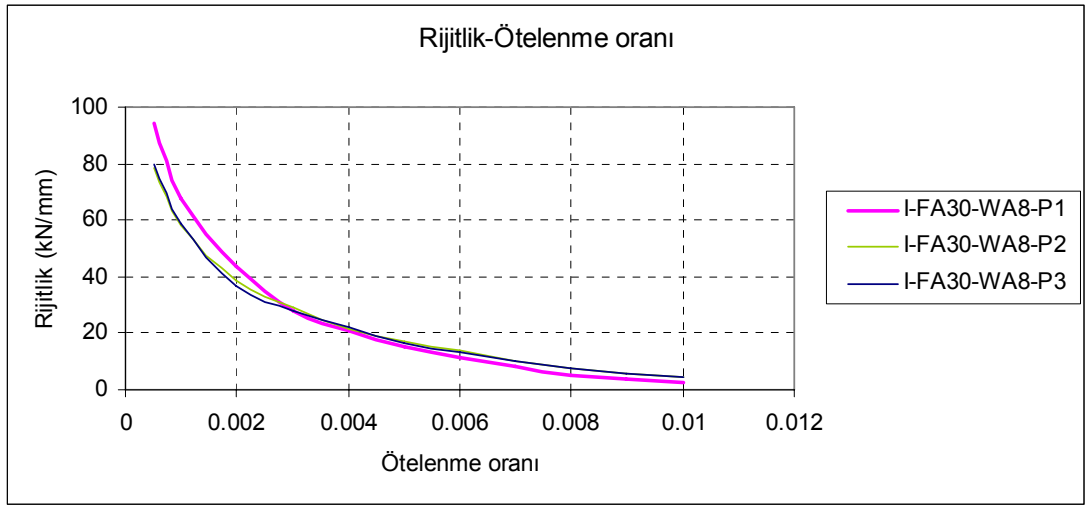
Üç farklı özellikte P1 , P2 ,P3 sıvaları ile üretilen I-FA30-WA8-P1, I-FA30-WA8-P2 ve I-FA30-WA8-P3 numunelerinin grafikte de görüldü üzere rijitliklerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Burada sıva kalınlığının ve sıva kalitesinin rijitliği fazla etkilemediği görülmektedir. Bunun sebebi de toplam rijitliği etkileyen betonarme çerçeve, dolgu duvar, duvarın her iki yüzünde ki sıva gibi pek çok parametrenin yanında, güçlendirme sıvası fazla etkili olamamaktadır (Şekil 4.34).

P1 sıvası ile yapılan (3cm kalınlığında, yönetmelikte verilen karışım oranlarıyla elde edilen sıva ) numunede başlangıç rijitliği 94.3 kN/mm

P2 sıvası ile yapılan (3 cm kalınlığında, güçlü sıva ) numunede başlangıç rijitliği 78.3 kN/mm

P3 sıvası ile yapılan (5 cm kalınlığında yönetmelikte verilen karışım oranlarıyla elde edilen sıva ) numunede başlangıç rijitliği 80 kN/mm dir.

Başlangıçta ve ilerleyen yerdeğiştirme adımlarında I-FA30-WA8-P2 ve I-FA30-WA8-P3 numunesinin rijitliklerinin birbirine çok yakın olduğu, I-FA30-WA8-P1 numunesinin de başlangıçta diğer numunelerden az da olsa farklı olduğu görülmekte, 0.002 yerdeğiştirme oranından sonra diğer iki numune ile rijitlikleri birbirlerine yaklaşmaktadır.



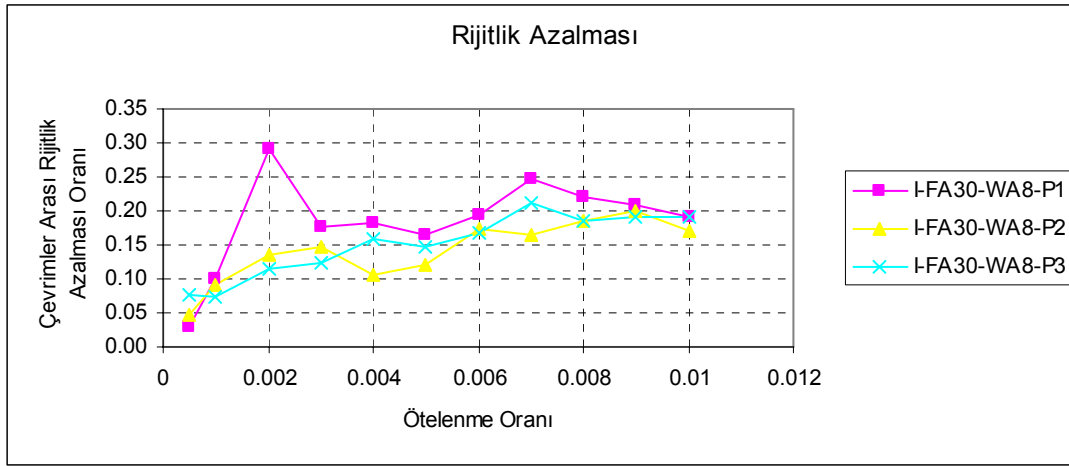
**Şekil 4.34:** Güçlendirme sıvasının dayanım ve kalınlığının, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevelerin (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA8-P2), (I-FA30-WA8-P3), rijitlik değişimi grafiği

#### 4.4.3 Çevrimler arası rijitlik azalması

Çevrimler arası rijitlik azalması I-FA30-WA8-P2 ve I-FA30-WA8-P3 numunelerinde, I-FA30-WA8-P1 numunesine göre daha az olmaktadır. Çevrimler arası dayanım azalması ile paralellik göstermektedir (Şekil 4.35).

0.006 yerdeğiştirme oranında çevrimler arası rijitlik azalması yüzdesi I-FA30-WA8-P1 numunesinde % 20 iken , I-FA30-WA8-P2 ve I-FA30-WA8-P3 numunesinde %17 dir.

İlerleyen yerdeğiştirme adımlarında da I-FA30-WA8-P2 ve I-FA30-WA8-P3 numunesi, I-FA30-WA8-P1 numunesine göre çevrimler arasında daha az rijitlik azalması olmuştur.



**Şekil 4.35:** Güçlendirme sıvasının dayanım ve kalınlığının, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevelerin (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA8-P2), (I-FA30-WA8-P3), çevrimler arası rijitlik azalması oranı

#### 4.4.4 Kalan Dayanım

Numunelerin maksimum dayanıma ulaştığı yerdeğiştirme oranları sırasıyla, I-FA30-WA8-P1 numunesi 0.002 yerdeğiştirme oranında, I-FA30-WA8-P2 numunesi 0.003 yerdeğiştirme oranında, I-FA30-WA8-P3 numunesi 0.004 yerdeğiştirme oranında maksimum dayanımına ulaşmaktadır.

I-FA30-WA8-P2 ve I-FA30-WA8-P3 numunesinin kalan dayanım açısından I-FA30-WA8-P1 numunesine göre daha iyi performans göstermektedir. Grafikte de görüldüğü üzere iki numunenin birbirine çok yakın ve diğer numuneden, aynı yerdeğiştirme adımlarında daha fazla dayanımlarını korudukları görülmektedir (Şekil 4.36).

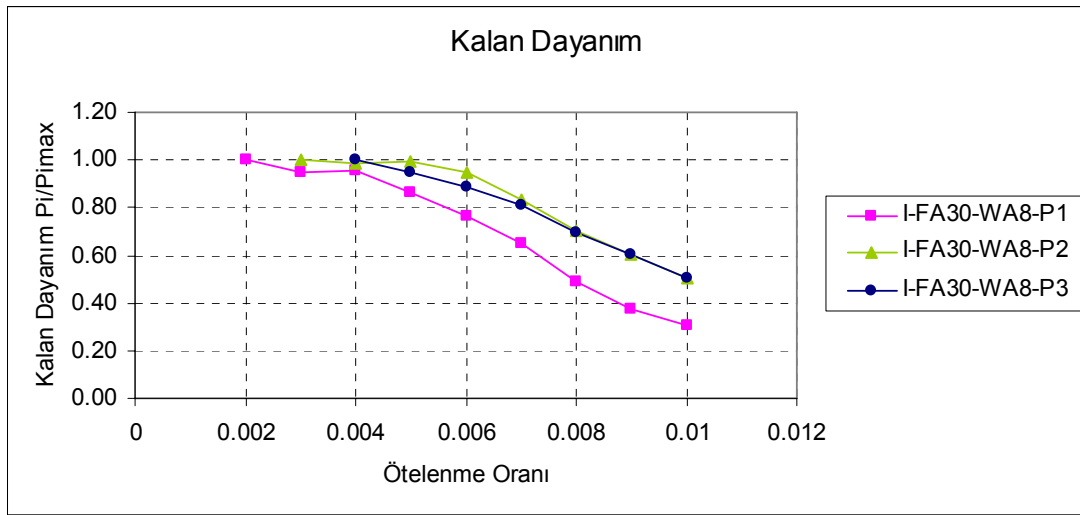
I-FA30-WA8-P1 numunesinin 0.004 oranından sonra, kalan dayanım daha hızlı düştüğü görülmekte, I-FA30-WA8-P2 ve I-FA30-WA8-P3 numunelerinde bu düşüş daha da geç ve daha yavaş ortaya çıkmaktadır.

0.006 yerdeğiştirme oranından I-FA30-WA8-P1 numunesi dayanımının %76 sını korurken, I-FA30-WA8-P2 numunesi dayanımının %95 ini, I-FA30-WA8-P3 numunesi ise dayanımının %88 ini korumaktadır.

0.008 yerdeğiştirme oranında ise dayanımların I-FA30-WA8-P1 numunesinde %49 u, I-FA30-WA8-P2 numunesinde %71 i, I-FA30-WA8-P3 numunesinde % 69 u korunmaktadır.

Deneyim sonlandırıldığı 0.01 yerdeğiştirme oranında I-FA30-WA8-P1 numunesi dayanımın %30 unu korurken , I-FA30-WA8-P2 numunesini % 51 , I-FA30-WA8-P3 numunesini korurken %50 sini korumaktadır.

Kalan dayanım noktasında , yönetmenlikte verilen sıva yerine daha güçlü ve kalın bir sıvanın kullanılmasının daha uygun olduğu görölmektedir.



**Şekil 4.36:** Güçlendirme sıvasının dayanım ve kalınlığının, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevelerin (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA8-P2), (I-FA30-WA8-P3), kalan dayanım oranları

#### 4.4.5 Çevrimler arası dayanım azalması

Bu üç numunede diğer numunelerde olduğu gibi her yerdeğiştirme adımında iki çevrim yapılmış ve bu çevrimler arasında dayanım ve rijitlikteki değişimler incelenmiştir (Şekil 4.37).

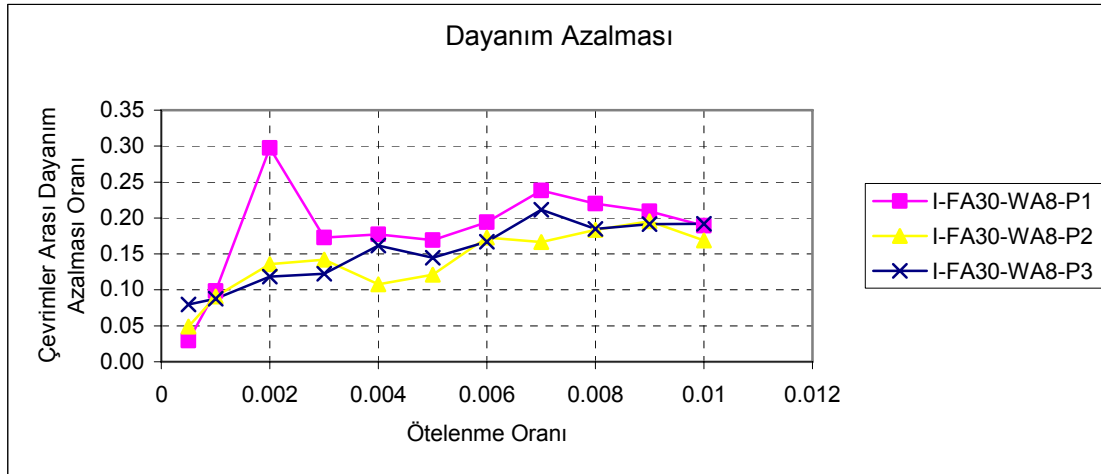
I-FA30-WA8-P2 ve I-FA30-WA8-P3 numunesinde çevrimler arası dayanımın azalması I-FA30-WA8-P1 numunesine göre daha az olmuştur. I-FA30-WA8-P2 ve I-FA30-WA8-P3 numunelerinin çevrimler arası dayanımın azalması eğrisinin birbirine yakın olduğu görölmektedir.



0.004 yerdeğiştirme oranında çevrimler arası dayanım azalması I-FA30-WA8-P1 numunesinde %18 , I-FA30-WA8-P2 numunesinde % 11 , I-FA30-WA8-P3 numunesinde %16 olmaktadır.

0.006 yerdeğiştirme oranında çevrimler arası rijitlik azalması I-FA30-WA8-P1 numunesinde % 19 iken, I-FA30-WA8-P2 ve I-FA30-WA8-P3 numunesinde ise % 16 azalmaktadır.

İlerleyen yerdeğiştirme oranlarında I-FA30-WA8-P2 ve I-FA30-WA8-P3 ün, I-FA30-WA8-P1 göre çevrimler arası daha az dayanım kaybının olduğu görülmektedir.



**Şekil 4.37:** Güçlendirme sıvasının dayanım ve kalınlığının, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevelerin (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA8-P2), (I-FA30-WA8-P3), çevrimler arası dayanım azalması oranı

#### 4.4.6 Enerji Yutma Kapasitesi

I-FA30-WA8-P1, I-FA30-WA8-P2, I-FA30-WA8-P3 numunelerinin enerji yutma kapasiteleri incelendiğinde I-FA30-WA8-P3 numunesinin enerji yutma yeteneğinin daha iyi olduğu görülmektedir (Şekil 4.38) .

0.005 yerdeğiştirme oranına kadar I-FA30-WA8-P1 numunesinin kümülatif enerji yutma kapasitesi 0.66 kNm, I-FA30-WA8-P2 numunesinin kümülatif enerji yutma kapasitesi 0.65 kNm, I-FA30-WA8-P3 numunesinin kümülatif enerji yutma kapasitesi 0.77 kNm dir.

Her üç numunenin toplam tüketilen enerji miktarları,

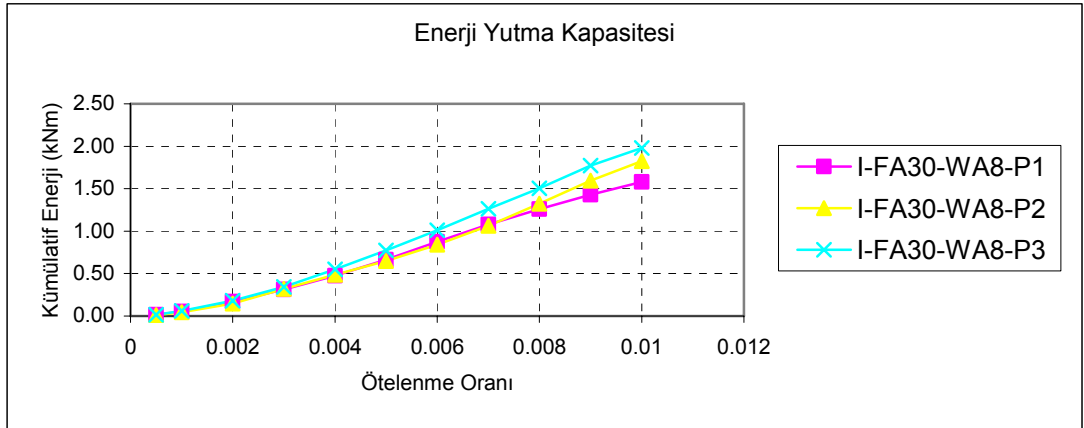
I-FA30-WA8-P1 numunesi 1.58 kNm

I-FA30-WA8-P2 numunesi 1.8 kNm

I-FA30-WA8-P3 numunesi 1.98 kNm dir.

I-FA30-WA8-P2 numunesinin, I-FA30-WA8-P1 numunesine göre toplam toplam yutulan kümülatif enerji miktarı %15 daha fazla iken, I-FA30-WA8-P3 numunesinin I-FA30-WA8-P1 numunesine göre % 25 daha fazla enerji yutmaktadır.

Tüketilen enerji miktarı bakımından değerlendirme yapıldığında, bu üç numune sonucuna göre, sıva kalınlığı ve sıva dayanımının yönetmelikte verilen sıva kalınlığı ve dayanımından daha fazla olmasının daha uygun olacaktır.



**Şekil 4.38:** Güçlendirme sıvasının dayanım ve kalınlığının, dolgu duvarlı güçlendirilmiş çerçevelerin (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA8-P2), (I-FA30-WA8-P3), enerji yutma kapasiteleri

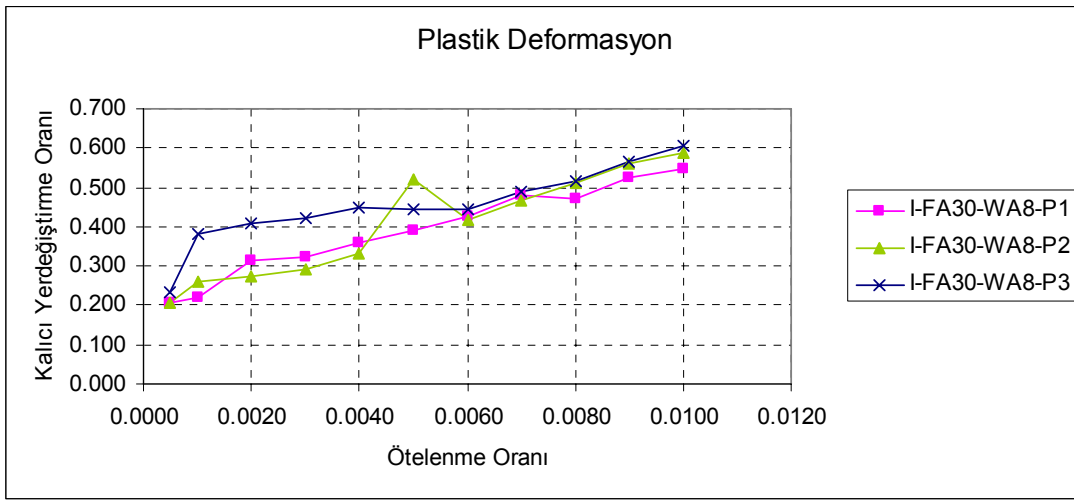
#### 4.4.7 Plastik Deformasyon

Kalıcı yer değiştirme oranları açısından I-FA30-WA8-P1, I-FA30-WA8-P2, I-FA30-WA8-P3 numunesi incelendiğinde I-FA30-WA8-P1, I-FA30-WA8-P2 numunelerinin birbirinden farklı olmadığı, I-FA30-WA8-P3 numunesinin 0.006 yerdeğiştirme oranına kadar daha fazla kalıcı deformasyon yaptığı görülmektedir. 0.006 yerdeğiştirme oranından sonra her üç numunenin de kalıcı yer değiştirme oranı birbirine çok yaklaştığı görülmektedir (Şekil 4.39).

0.004 yerdeğiştirme oranındaki kalıcı yerdeğiştirme oranları I-FA30-WA8-P1 numunesinde 0.357, I-FA30-WA8-P2 numunesinde 0.334, I-FA30-WA8-P3 numunesinde ise 0.451 olduğu görülmektedir.

Deneyin sonlandırıldığı 0.01 yerdeğiştirme oranında da her üç numunenin de kalıcı yer değiştirme oranları birbirine çok yakındır.

I-FA30-WA8-P3 numunesi olarak isimlendirilen sıva kalınlığı fazla olan numunenin daha fazla plastik deformasyon yaptığı, taşıdığı yük kapasitesinin de fazla olması sebebiyle enerji yutma kapasitesi de daha fazla olmuştur.



**şekil 4.39:** Güçlendirme sıvasının dayanım ve kalınlığının, dolgu duvarlı güçlendirilmiş erevelerin (I-FA30-WA8-P1), (I-FA30-WA8-P2), (I-FA30-WA8-P3), kalıcı yerdeğiştirme oranı

## 5. ANALİTİK ÇALIŞMALAR

Bu bölümde yapılan çalışmada, çıplak çerçevenin, dolgu duvarlı çerçevenin ve güçlendirilmiş dolgu duvarlı çerçevenin statik modelleri kullanılarak, yatay yük kapasitelerinin tayini için doğrusal olmayan statik analizleri yapılmıştır. Bu çalışmalar, deney modellerinin öngörülen yatay yükler altındaki davranışının analitik olarak elde edilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Doğrusal olmayan davranışın modellenmesi için plastik davranış beklenen bölgedeki kolonun doğrusal olmayan davranışının bilinmesi için bu yapı elemanının kesitine ait moment-eğrilik ilişkisi elde edilmiştir. Analitik moment-eğrilik ilişkisinin belirlenmesinde, İlki (2000) tarafından geliştirilmiş olan BAKE2002 bilgisayar programı kullanılmıştır [37]. Bu programda betonun yön değiştiren tekrarlı yükler altındaki gerilme-şekildeğiştirme ilişkisi için Mander vd. (1988) tarafından önerilmiş olan model [38], donatı çeliği için ise Menegotto ve Pinto (1973) tarafından önerilmiş olan model kullanılmaktadır [39].

Dolgu duvarlı ve güçlendirilmiş dolgu duvarlı çerçevelerin statik modelinde kullanılan ve dolgu duvarı temsil eden eşdeğer basınç çubuğunun hesaplaması, deprem yönetmeliğinde verilen formüller kullanılarak yapılmıştır [40]. (bkz 5.1 ve 5.2) Oluşturulan statik modellerin SAP2000 programı yardımıyla lineer olmayan statik analizleri yapılmıştır [41].

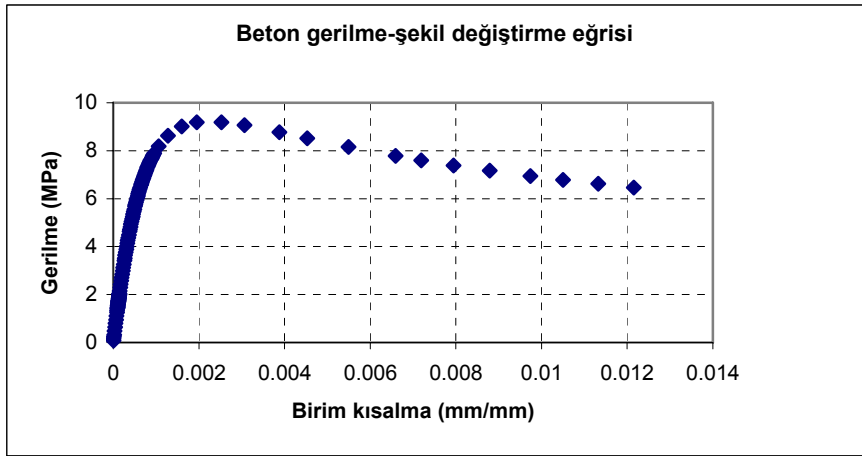
Doğrusal ötesi statik itme analizi belli bir yük dağılımı altında bir yapıyı, yapısal sistemin stabilitesi bozulana kadar ittirmek olarak tanımlanır. Önceden tanımlanmış bu yük dağılımı binanın yatay deprem kuvvetleri altındaki davranışını yansıtabilecek şekilde olmalıdır. Bu çalışma kapsamında yapılan analizlerde kullanılan itme şekli, deneylerde olduğu gibi çerçeve kirişi orta eksen seviyesinden yapının itilmesi şeklindedir.

İtme şekli belirlendikten sonra, kesit için tanımlanan moment taşıma kapasitesi belirlenir ve yapı adım adım itilir. Bu adımlar boyunca yerdeğiştirme ve taban kesme

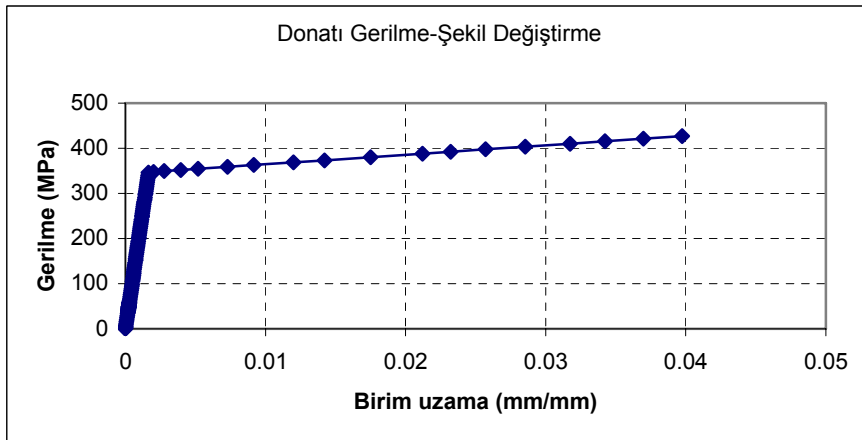
kuvveti kaydedilir. Çerçevenin itildiği her bir adımda önceden belirlenmiş mafsallıkların taşıma kapasitelerine (akma noktalarına) ulaşmış kontrol edilir. Analiz, yapı stabilitesini kaybedinceye kadar devam eder. Böylece yapının “yük - yerdeğiştirme eğrisi” elde edilmiş olur.

Çıplak çerçevenin, bölme duvarlı çerçevenin ve güçlendirilmiş bölme duvarlı çerçevenin deney sonucunda elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi ile statik itme analiz sonucunda elde edilen değerler kıyaslanmıştır.

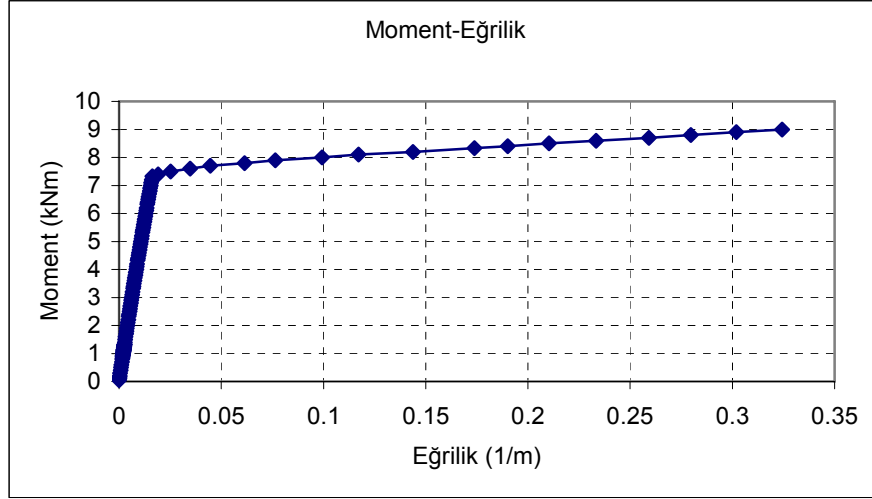
Numunedeki malzeme dayanımları kullanılarak analitik yolla elde edilen beton ve donatının gerilme-şekil değiştirme diyagramları ve kolon kesitine ait moment-eğrilik ve moment-dönme ilişkisi eğrileri Şekil 5.1, Şekil 5.2, Şekil 5.3 ve Şekil 5.4 te verilmiştir.



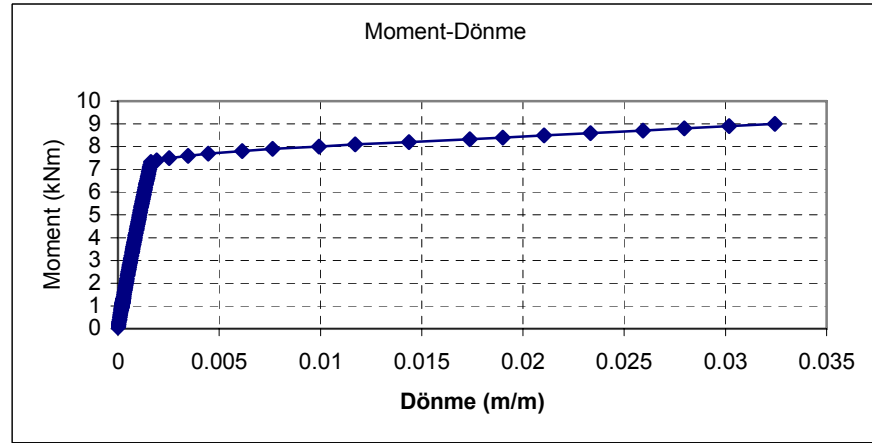
Şekil 5.1 : Betonun gerilme-şekil değiştirme eğrisi



Şekil 5.2 : Donatının gerilme-şekil değiştirme eğrisi



Şekil 5.3 : Kolon kesitine ait moment-eğrilik ilişkisi

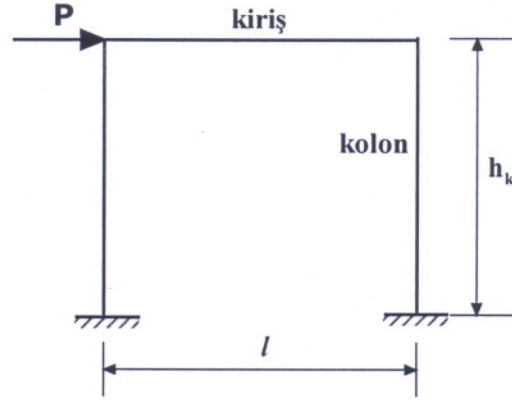


Şekil 5.4 : Kolon kesitine ait moment-dönme ilişkisi

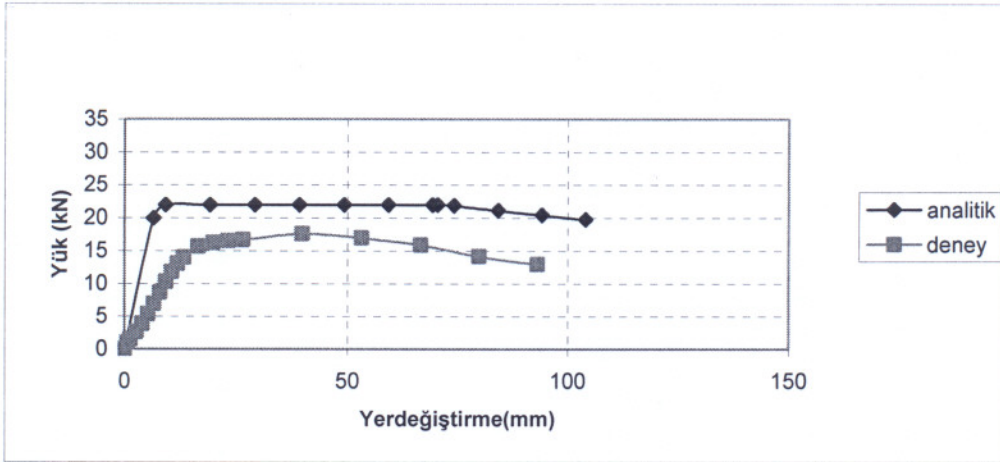
### 5.1 Çıplak çerçevenin artan yatay yükler etkisi altında doğrusal olmayan davranışı

Çıplak çerçevenin statik modeli oluşturulmuş (Şekil 5.5) ve SAP2000 programıyla lineer olamayan statik analizi yapılarak yük-yerdeğiştirme eğrisi elde edilmiştir. Analiz sonucu elde edilen eğri deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Şekil 5.6 da verilen grafiklerden de anlaşılacağı gibi kullanılan analitik yöntem incelenen numune için deneysel veriler ile uyumlu sonuçlar vermiştir. Deneysel yolla elde edilen grafikte numunenin akmaya başladığı yük değeri 16 kN ve numune tarafından taşınan maksimum yük 17.6 kN dur. Analitik yolla elde edilen eğride numunenin

akmaya başladığı yük değeri 20 kN ve taşınan maksimum yük ise 22 kN olarak elde edilmiştir.



Şekil 5.5: Boş çerçevenin statik modeli



Şekil 5.6 : Boş çerçevenin deney ve itme analizi, yük-yerdeğiştirme eğrisi

## 5.2 Bölme Duvarlı Çerçevenin Artan Yatay Yükler Etkisi Altında Doğrusal Olmayan Davranışı

Dolgu duvarlı olarak üretilen numunenin statik modellemesi yapılmış, SAP2000 programı kullanılarak statik itme analizi yapılarak çözülmüştür. Analitik çözüm sonuçları deneysel yolla elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Bölme duvarlı çerçeve için 2007 Deprem Yönetmeliği'nde verilen modelleme esaslarına göre çubuk genişliği (5.1) bağıntısı kullanılarak hesaplanmıştır.

$$a_{\text{duvar}} = 0.175 (\lambda_{\text{duvar}} h_k)^{-0.4} r_{\text{duvar}} \quad (5.1)$$

$$\lambda_{\text{duvar}} = \left[ \frac{E_{\text{duvar}} \cdot t_{\text{duvar}} \cdot \sin 2\theta}{4 \cdot E_c \cdot I_k \cdot h_{\text{duvar}}} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (5.2)$$

Yapı sistemlerinin analizinde eşdeğer sanal çubuğun tanımlanması için gerekli olan 5.1. ve 5.2 ifadelerindeki parametreler aşağıda verilmiştir.

$h_k$  = kolon boyu (mm)

$a_{\text{duvar}}$  = eşdeğer basınç çubuğunun genişliği (mm)

$r_{\text{duvar}}$  = dolgu duvarın köşegen uzunluğu (mm)

$E_{\text{duvar}}$  = dolgu duvarın elastisite modülü (MPa)

$E_c$  = çerçeve betonunun elastisite modülü (MPa)

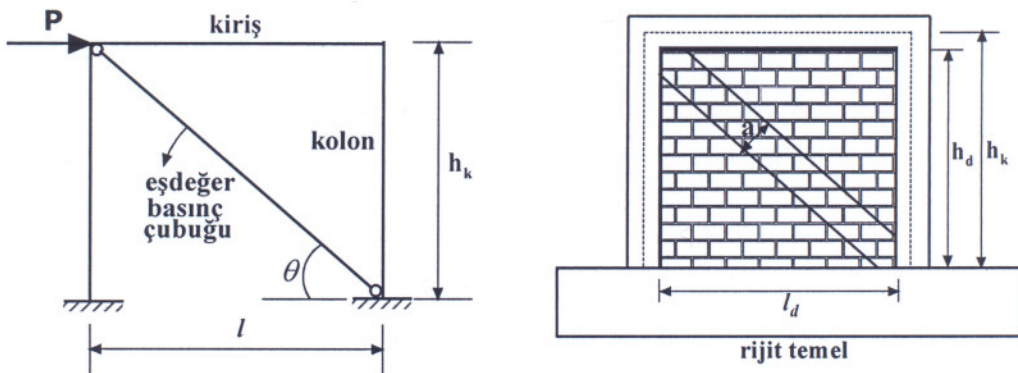
$t_{\text{duvar}}$  = dolgu duvarın kalınlığı (mm)

$h_{\text{duvar}}$  = dolgu duvarın yüksekliği (mm)

$I_k$  = kolonun atalet momenti (mm<sup>4</sup>)

$\theta$  = eşdeğer basınç çubuğunun yatay ile olan açısı

Analitik hesaplamalarda kabul edilen dolgu duvarın statik ve basınç çubuğu modeli Şekil 5.7. de verilmiştir.



Şekil 5.7 : Dolgu duvarın statik ve basınç çubuğu modeli



Dolgu duvarlı çerçevenin uygulanan deprem yönünde basınç kuvveti alan eşdeğer basınç çubuğun genişliği (5.1) ve (5.2) bağıntısı kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplama kullanılan parametrelerin değerleri aşağıda verilmiştir.

$$h_k = 1325 \text{ mm}$$

$$r_{duvar} = 2310 \text{ mm}$$

$$E_{duvar} = 1000 \text{ MPa}$$

$$E_c = 10710 \text{ MPa}$$

$$t_{duvar} = 105 \text{ mm}$$

$$h_{duvar} = 1200 \text{ mm}$$

$$I_k = 10^8 \text{ mm}^4$$

$$\theta = 34.89$$

$$\lambda_{duvar} = \left[ \frac{1000 \times 100 \times \sin 2(34.89)}{4 \times 10710 \times 10^8 \times 1200} \right]^{\frac{1}{4}} = 2.06 \times 10^{-3} \text{ mm}^{-4}$$

$$a_{duvar} = 0.175 \times (2.06 \times 10^{-3} \times 1325)^{-0.4} \times 2310 = 270 \text{ mm}$$

Yapılan analitik hesapta statik modelde ki basınç çubuğunun basınç dayanımı duvarda kullanılan tuğla ve sıva malzemelerin ayrı ayrı basınç dayanımlarının kalınlıklarıyla çarpılarak duvar kalınlığına bölünmesi ile bulunmuştur. Basınç çubuğunun elastisite modülü de aynı şekilde hesaplanmıştır.

Tuğla duvar basınç dayanımı olarak, deprem yönetmeliğinde verilen 5.3.2/c paragrafında belirtildiği gibi “duvarda kullanılan bloğun deneysel olarak elde edilen serbest basınç dayanımının 0.50si” alınmıştır.

$$f_{duvar} = \left[ \frac{f_{tuğla} \cdot t_{tuğla} + f_{sıva} \cdot t_{sıva}}{t_{duvar}} \right]$$

$$f_{duvar} = \left[ \frac{1.2 \times 8.5 + 7 \times 2}{10.5} \right] = 2.3 \text{ MPa}$$

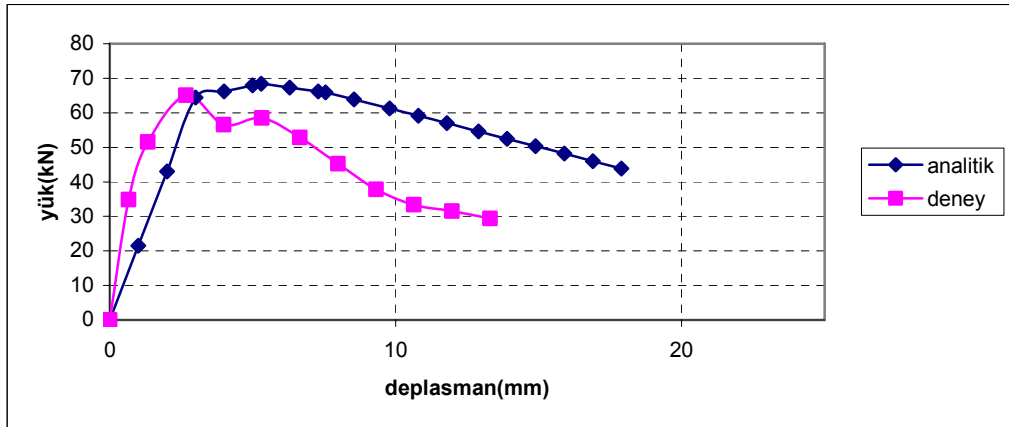
$$F_{duvar} = f_{duvar} \cdot t_{duvar} \cdot a_{duvar}$$

$$F_{duvar} = 2.3 \times 105 \times 270 = 65205 N$$

$$E_{ort.duvar} = \left[ \frac{E_{duvar} \times t_{tuğla} + E_{siva} \times t_{siva}}{t_{duvar}} \right]$$

$$E_{ort.duvar} = \left[ \frac{1000 \times 8.5 + 7600 \times 2}{10.5} \right] = 2257 MPa$$

Bu değerlere göre çerçevenin statik itme analizi yapılmış ve yük-yerdeğiştirme eğrisi elde edilerek deneysel yolla elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi ile karşılaştırılmıştır. Bu eğri Şekil 5.8 de verilmiştir. Grafikten de anlaşılacağı gibi, incelenen numune için kullanılan analitik yöntem deneysel veriler ile uyumlu sonuçlar vermiştir. Maksimum yükten sonra, analitik yolla elde edilen eğriye göre deneysel yolla elde edilen eğri daha hızlı düşmektedir. Deneysel yolla elde edilen grafikte numunenin akmaya başladığı yük değeri ve numune tarafından taşınan maksimum yük ile analitik yolla elde edilen eğride numunenin akmaya başladığı yük değeri ve taşınan maksimum yük değeri birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Numunenin taşıdığı maksimum yük, deneysel yolla 65.0 kN bulunmuş, analitik hesap neticesinde bulunan değer 64.5 kN olarak hesaplanmıştır.

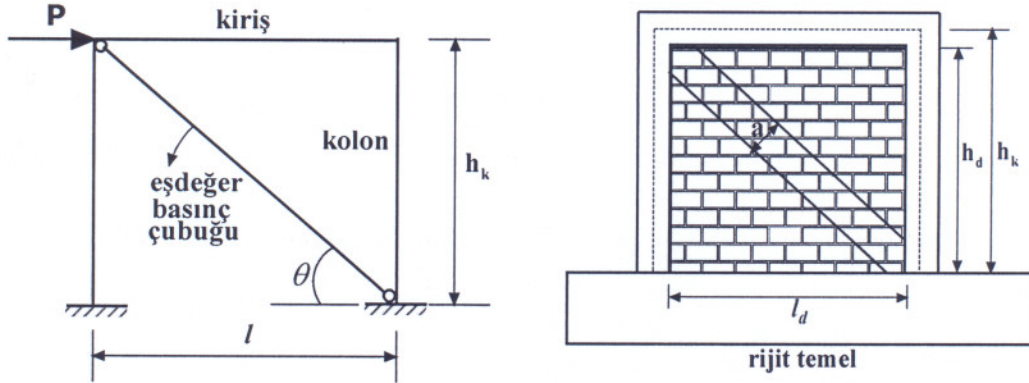


Şekil 5.8 : Dolgu duvarlı çerçevenin deney ve statik itme, yük-yerdeğiştirme eğrisi

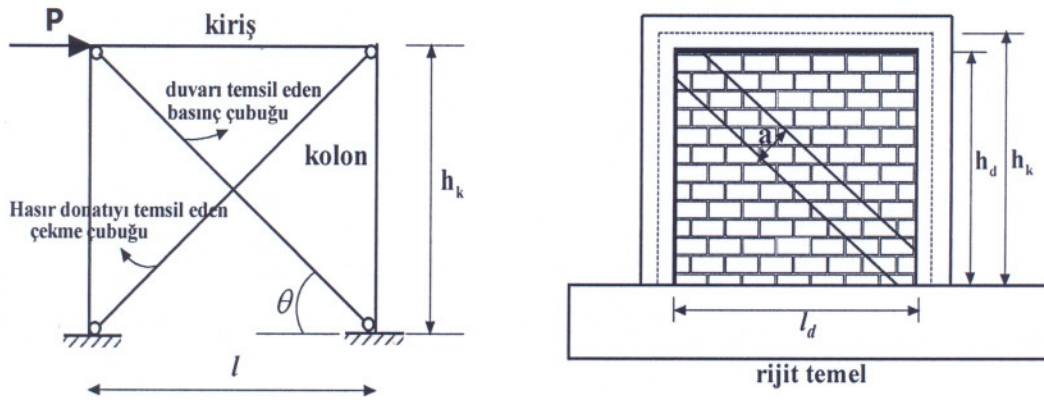
### 5.3 Güçlendirilmiş Bölme Duvarlı Çerçevenin Artan Yatay Yükler Etkisi Altında Doğrusal Olmayan Davranışı

Güçlendirilmiş bölme duvarlı çerçeveyi temsil eden iki ayrı statik model oluşturulmuştur. Şekil 5.9 da görülen statik model donatı dikkate alınmadan güçlendirilmiş duvarı temsil etmektedir. Yükleme yönünde çekmeye çalışan ve güçlendirmede kullanılan hasır donatıların temsil edildiği çekme etkisinin dikkate alındığı statik model Şekil 5.10 da verilmiştir.

Donatılı ve donatısız olarak verilen bu iki modelin, ayrı ayrı pushover analizleri yapılmıştır. Güçlendirilmiş çerçevenin analizi bu iki statik modelin sonuçlarına göre yorumlanmıştır.



Şekil 5.9 : Güçlendirilmiş dolgu duvarın statik ve basınç çubuğu modeli (donatısız)



Şekil 5.10 : Güçlendirilmiş dolgu duvarın statik ve basınç çubuğu modeli (donatılı)

Güçlendirilmiş dolgu duvarı temsil eden basınç çubuğunun genişliği yine 2007 Deprem Yönetmeliği (5.1) ve (5.2) bağıntısından hesaplanmıştır. Bu bağıntı için kullanılan parametreler ve hesap sonucu değerleri aşağıda verilmiştir.

$$h_k = 1325 \text{ mm}$$

$$r_{duvar} = 2310 \text{ mm}$$

$$E_{duvar} = 1000 \text{ MPa}$$

$$E_c = 10710 \text{ MPa}$$

$$t_{duvar} = 135 \text{ mm}$$

$$h_{duvar} = 1200 \text{ mm}$$

$$I_k = 10^8 \text{ mm}^4$$

$$\theta = 35^\circ$$

$$\lambda_{duvar} = \left[ \frac{E_{duvar} \cdot t_{duvar} \cdot \sin 2\theta}{4 \cdot E_c \cdot I_k \cdot h_{duvar}} \right]^{\frac{1}{4}}$$

$$\lambda_{duvar} = \left[ \frac{1000 \cdot 135 \cdot \sin 2(34.89)}{4 \cdot 10710 \cdot 10^8 \cdot 1200} \right]^{\frac{1}{4}} = 2.22 \times 10^{-3} \text{ mm}^{-4}$$

$$a_{duvar} = 0.175 \cdot (\lambda_{duvar} \cdot h_k)^{-0.4} \cdot r_{duvar}$$

$$a_{duvar} = 0.175 \times (2.22 \times 10^{-3} \times 1325)^{-0.4} \times 2310 = 262 \text{ mm}$$

Analitik hesapta statik modeldeki basınç çubuğunun basınç dayanımı duvarda kullanılan tuğla, tuğla duvar yüzeyine uygulanan sıva ve güçlendirme sıvasının ayrı ayrı basınç dayanımlarının kalınlıklarıyla çarpılarak duvar kalınlığına bölünmesi ile bulunmuştur. Basınç çubuğunun elastisite modülü de aynı şekilde hesaplanmıştır.

Tuğla duvar basınç dayanımı olarak, deprem yönetmeliğinde verilen 5.3.2/c paragrafında belirtildiği gibi “duvarda kullanılan bloğun deneysel olarak elde edilen serbest basınç dayanımının 0.50’si” alınmıştır.

$$f_{\text{duvar}} = \left[ \frac{f_{\text{tuğla}} \cdot t_{\text{tuğla}} + f_{\text{sıva}} \cdot t_{\text{sıva}} + f_{\text{güç.sıva}} \cdot t_{\text{güç.sıva}}}{t_{\text{güç.duvar}}} \right]$$

$$f_{\text{duvar}} = \left[ \frac{1.2 \times 8.5 + 7 \times 2 + 4 \times 3}{13.5} \right] = 2.68 \text{ MPa}$$

$$F_{\text{duvar}} = f_{\text{duvar}} \times t_{\text{duvar}} \times a_{\text{duvar}}$$

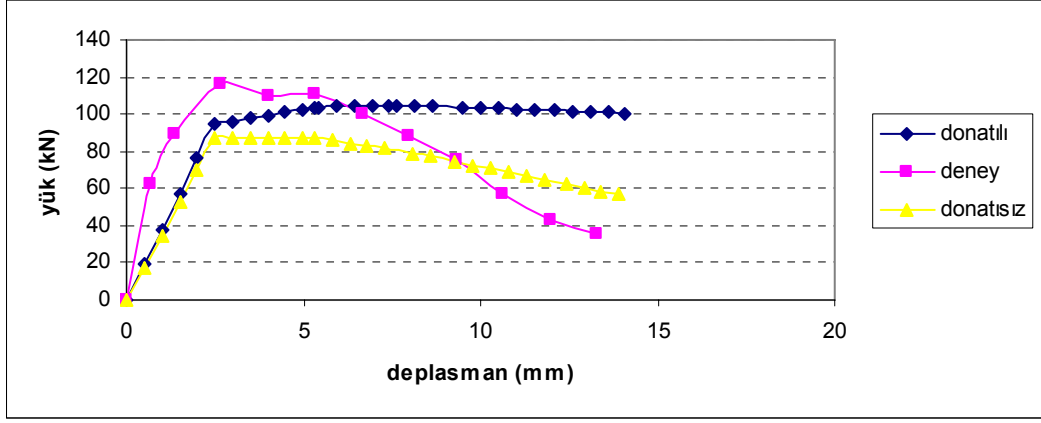
$$F_{\text{duvar}} = 2.68 \times 135 \times 262 = 94791 \text{ N}$$

$$E_{\text{ort.duvar}} = \left[ \frac{E_{\text{duvar}} \cdot t_{\text{tuğla}} + E_{\text{sıva}} \cdot t_{\text{sıva}} + E_{\text{güç.sıva}} \cdot t_{\text{güç.sıva}}}{t_{\text{güç.duvar}}} \right]$$

$$E_{\text{ort.duvar}} = \left[ \frac{1000 \times 8.5 + 7600 \cdot 2 + 6800 \times 3}{13.5} \right] = 3270 \text{ MPa}$$

Bu değerler, güçlendirilmiş çerçeveyi temsil eden iki statik model de kullanılmış, ayrıca Şekil5.9 donatısız ve Şekil5.10 da donatının çekme etkisi de tanımlanarak her iki modelin pushover analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda yük-yerdeğiştirme eğrileri çizilmiştir (Şekil5.11). Bu eğri deneysel yolla elde edilen yük-yerdeğiştirme eğrisi ile karşılaştırılmıştır.

Güçlendirilmiş dolgu duvarlı çerçevenin, deneysel ve pushover yük-yerdeğiştirme eğrileri donatılı ve donatısız statik modeller için elde edilerek birlikte değerlendirilmiştir. Donatılı statik modelden, çerçevenin taşıyabileceği maksimum yük değeri bulunmuştur. Deneysel sonuca yakın davranışı donatısız statik model vermektedir. Modellenen basınç çubuğunun taşıyabileceği maksimum kuvvet (94.8 kN) aşıldıktan sonra, deney eğrisine benzer şekilde ani bir düşme olmamış daha düşük bir eğimde güçlendirilmiş çerçevenin taşıma kapasitesinde bir düşüş gerçekleşmiştir. Analitik yolla taşınan maksimum yük 105 kN olarak hesaplanmış, deneysel yolla elde edilen değer ise 116 kN olarak bulunmuştur.



Şekil 5.11 : Güçlendirilmiş dolgu duvarlı çerçevenin deney ve pushover yük-yerdeğiştirme eğrisi



## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu bölümde deney numunelerinin güçlendirilmesi sırasında uygulamada karşılaşılabilecek zorluklar ve bunlarla alakalı tavsiyeler, deney sonuçlarının değerlendirilmesiyle tasarıma ve uygulamaya yönelik öneriler verilmiştir.

Bölme duvarının ve bölme duvar güçlendirilmesinin, çerçeve yatay yük taşıma kapasitesini, yanal rijitliğini, enerji yutma kapasitesini ciddi anlamda artırmaktadır. Ancak tek başına bölme duvarlar olası bir depremde düzlem dışına devrilebilecek ve bölme duvarların bu katkısı tam kullanılamayabilecektir. Bölme duvarların güçlendirilmesi ile, ankrajlar ve yapılan güçlendirme sıvasının etkisiyle duvar yerinde kalacak, böylece duvarın düzlem dışına devrilerek erken devreden çıkması önlenecek hem duvarın hem de güçlendirmenin katkısı olası deprem boyunca korunacaktır.

Çerçeve ankraj aralığı deprem yönetmeliğinde en fazla 30 cm olarak verilmiştir. Çerçeve ankraj aralıkları 30 cm, 45 cm, 60 cm olarak yapılan deneylerde gerekli kıyaslamalar, uygulamada kolaylık ve ekonomik olması açısından değerlendirilmiştir. Çerçeve ankraj aralıklarının değişmesinin, yatay yük taşıma kapasitesi, rijitlik ve enerji yutma kapasitesinde ciddi bir farklılık görülmemiştir. Kalıcı yerdeğiştirme oranı açısından değerlendirildiğinde, kalıcı deformasyonların aynı yerdeğiştirme oranlarında çerçeve ankraj aralığı 60 cm olan numunede daha fazla olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla çerçeve ankraj aralığının 30 cm veya 45 cm olması durumunda, yatay yük etkisi altında çerçeve davranışların aynı olduğu yapılan deneyler neticesinde görülmektedir. Bu sonuç çerçeve ankraj aralığının yönetmelikte verilen ankraj aralığından daha fazla olabileceğini düşündürmektedir. Bu konuda değişik ölçekte ve boyutlarda elemanların kullanıldığı daha fazla çalışma yapılarak, uygulamayı kolaylaştıracak ve daha ekonomik kuralların geliştirilebileceği düşünülmektedir.



Dolgu duvarlı çerçevede duvar düzlemine dik ankraj sayısının, yatay yükler etkisi altında bölme duvarlı çerçeve güçlendirmesine etkisi araştırılmış ve bunun için 4 adet deney numunesi karşılaştırılmıştır. Deprem yönetmeliğinde duvar düzlemine dik ankraj miktarı için, donatılı sıva tabakası ile mevcut dolgu duvarın birlikte çalışmasının sağlanması için duvar düzlemine dik yönde, her bir metrekare duvar alanında dört adet gövde ankrajı yapılması istenmektedir. Duvar düzlemine dik ankraj miktarı değişiminin, yatay yük taşıma kapasitesi, rijitlik, enerji yutma kapasitesi, plastik deformasyon oranındaki değişim ankraj miktarının artışıyla paralellik göstermemektedir. Numunelerin deneysel sonuçlarının birbirinden fazla farklı olmadığı görülmekte, hatta ankraj miktarı daha az olan numune diğerlerinden çok farklı olmasa da daha iyi sonuç vermektedir. Bu sonuçlar uygulamada ekonomik ve kolay uygulanması açısından duvar düzlemine dik ankraj miktarının, yönetmelikte verilen ankraj miktarından daha da az kullanılabileceğini düşündürmektedir. Yine bu konuda uygulamayı kolaylaştırıcı ve ekonomik sonuçların alınabilmesi için daha fazla çalışmanın yapılması gerekliliği düşünülmektedir.

Güçlendirme sıvasının dayanım ve kalınlığının artırılmasının, rijitlik ve taşınan maksimum yükü fazla değiştirmediği görülmektedir. İlerleyen yerdeğiştirme seviyelerinde normal sıvalı numuneye göre, kalınlığı fazla olan ve güçlü sıvalı numunelerin yaşadığı dayanım kaybının daha az olduğu görülmektedir. İlerleyen yerdeğiştirme oranlarında dayanımın korunması açısından sıvanın kalınlığının ve dayanımının artırılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Ankraj sıvalarının kaliteli ve kalın sıvada daha ileriki yerdeğiştirme adımlarında patladığı ve bunun sonucunda kalan dayanımın çok daha iyi olduğu, dayanımdaki azalmaların daha yavaş olduğu görülmüştür. Uygulamada güçlendirmeden daha fazla faydalanmak için hem sıva kalınlığının hem de sıva kalitesinin artırılması daha uygun olacağı görülmektedir.

Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik de dolgu duvarların hasır çelik donatılı sıva ile güçlendirilmesi bölümünde; güçlendirmenin yapılacağı duvar yüzü ile çerçeve elemanlarının dış yüzü arasında en az 30 mm derinliğinde boşluk olması gerektiği söylenmektedir. Yine aynı bölümde donatılı sıva tabakası ile çerçeve elemanları arasında kullanılacak çerçeve ankraj çubuğunun en küçük çapı 12 mm olması gerektiği ve bunların epoksi esaslı bir malzeme ile ekilmesi gerektiği söylenmektedir. Oysaki numunelere güçlendirme için bırakılan 3 cm lik dişe 12 mm

lik çubuğun epoksi ile ekilmesi için 12 mm den daha büyük çapta bir deliğin açılması gerekmektedir. Bu çapta bir delik açma esnasında bırakılan 3 cm lik dış patlamaktadır. Daha küçük çapta dahi dikkatsiz bir işçilikte bu 3 cm lik kalınlık yeterli olmamaktadır. Uygulamada dikkate alındığında minimum belirtilen çapta donatının ankrajının yapılması sağlıklı olmayacaktır. Dolayısıyla bu dışın minimum derinliğinin artırılması gereği ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada yapılan tüm deneylerde düzlem içi yükleme yapılmış, düzlem dışı hareket engellenmiş ve düzlem dışı bir etki dikkate alınmamıştır. Dolayısıyla yapılan bu yorumlar düzlem içi yükler için geçerli olmaktadır. Bu konuda daha kesin sonuçlara ulaşabilmek için düzlem dışı yükler etkisi altında da davranışların incelenmesi gerekliliği düşünülmektedir.



## KAYNAKLAR

- [1] Whitney, C.S., Anderson, B.G. ve Cohen, E. (1955) Design of Blast Resistant Construction for Atomic Explosions, *ACI Structural Journal*, 26(7):589-683.
- [2] Benjamin, J. R. and Williams, H. A. (1958) Blast and Earthquake Resistant Design Data: Behavior of One-Story Reinforced Concrete Shear Walls Containing Openings. *ACI Structural Journal*, 30(5):605-618.
- [3] Smith, B. S. (1968) Model Test Results of Vertical and Horizontal Loading of Infilled Frames, *ACI Journal*. 65:618-625
- [4] Ersoy, U. ve Uzsoy, Ş. (1971) The Behavior and Strength of Infilled Frames. *TÜBİTAK Araştırma Projesi Raporu*. Proje No: MAG-205. Ankara, Türkiye. 95 s.
- [5] Klingner, R. E. and Bertero, V. V. (1978) Earthquake Resistance of Infilled Frames. *ASCE Journal of Structural Engineering*. 104:973-989.
- [6] Liauw, T. C. (1979) Tests on multistory infilled frames subject to dynamic lateral loading. *ACI Journal*, 76(4):551-563.
- [7] Yüzügüllü, Ö. (1979) Strengthening of Reinforced Concrete Frames Damaged by Earthquake Using Precast Panel Elements, *TÜBİTAK Araştırma Projesi Raporu*, Proje No: MAG-494.
- [8] Higashi, Y., Endo, T., and Shimizu, Y. (1982), Effects on Behaviors of Reinforced Concrete Frames by Adding Shear Walls, *Proceedings of the Third Seminar on Repair and Retrofit of Structures*, Ann Arbor Michigan, USA, s. 265-290.
- [9] Sugano, S. (1982), An Overview of the State-of-the Art in Seismic Strengthening of Existing Reinforced Concrete Buildings in Japan, *Proceedings of the third seminar on repair and retrofit of structures*, Ann Arbor Michigan, USA, 265-290

- [10] Govindan, P., Lakshmiathy M., and Santhakumar A. R. (1986) Ductility of Infilled Frames, *ACI Structural Journal*, 83(4): 567-576.
- [11] Altın, S. (1990) Strengthening of Reinforced Concrete Frames with Reinforced Concrete Infills, *Doktora Tezi*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [12] Bush, T. D., Wyllie, L. A. And Jirsa, J. O. (1991) Observations on two seismic strengthening schemes for concrete frames. *Earthquake Spectra*. 7(4):511-527.
- [13] Gündoğmuş, H. T. (1995) Repair and Strengthening of Damaged Reinforced Concrete Frames with Steel Infill Frame and Prestressing Bars, *Yüksek Lisans Tezi*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. 135 s.
- [14] Phan, L. T., Cheok G. S., and Todd, D.R. (1995) *Strengthening Methodology for lightly reinforced concrete frames: Recommended Design Guidelines for strengthening*
- [15] Mehrabi, A. B., Shing, P. B., Schuller, M. P. and Noland, J. L. (1996) Hysteretic Response of Reinforced Concrete Infilled Frames, *ASCE Journal of Structural Engineering*, 122(3): 228-237.
- [16] Frosch, R. J., Wanzhi, L., Jirsa, J. O. and Kreger, M. E. (1996) Retrofit of Non-Ductile Moment-Resisting Frames Using Precast Infill Wall Panels. *Earthquake Spectra*.12(4): 741-760.
- [17] Masri, A. and Goel, S. (1996) Seismic Design and Testing of an RC Slab-Column Frame Strengthened with Steel Bracing, *Earthquake Spectra*, 12(4):645-666.
- [18] Gilmore, A. T., Bertero, V. V. and Youssef, N. F. G. (1996) Seismic Rehabilitation of Infilled Non-Ductile Frame Buildings Using Post-Tensioned Steel Braces, *Earthquake Spectra*. 12(4):863-882.
- [19] Humay F. K. and Durrani, A. J. (2001) Experimental Study of Perforated Infill Panels for Retrofitting Flat Plates. *ACI Structural Journal*, 98(5): 727-734.
- [20] Celep, Z. Gencoğlu, M. (2003) *Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul, Bildiri No: AT-121

- [21] Canbay, E., Ersoy, U. and Ozcebe, G. (2003) Contribution of Reinforced Concrete Infills to Seismic Behavior of Structural Systems, *ACI Structural Journal*, 100(5): 637-643.
- [22] Kaltakçı, M. Y. Köken, A. (2003) *Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul Bildiri No: AT-026
- [23] Özcebe, G., Ersoy, U., Tankut, T., Erduran, E., Keskin, R. S. O. ve Mertol, C. (2003) Strengthening of Brick-Infilled RC Frames with CFRP. *Teknik Rapor*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara. 69 s.
- [24] Türk, M., Ersoy, U., Özcebe, G. (2003) Betonarme Çerçevelerin Betonarme Dolgu Duvarlarla Depreme Karşı Onarımı ve Güçlendirilmesi, *Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, Bildiri No: AT-045.
- [25] Perera, R., Gómez, S. and Alarcón, E. (2004) Experimental and Analytical Study of Masonry Infill Reinforced Concrete Frames Retrofitted with Steel Braces, *ASCE Journal of Structural Engineering*, 130(12): 2032-2039.
- [26] Sonuvar, M. O., Ozcebe, G. and Ersoy, U. (2004) Rehabilitation of Reinforced Concrete Frames with Reinforced Concrete Infills, *ACI Structural Journal*, 101(4): 494-500.
- [27] Karaduman, A. (2005). Dolgu Duvarların Çerçevelerin Yatay Yükler Altındaki davranışları Üzerine Deneysel Bir Çalışma, *Mühendislik Bilimler Dergisi (Journal of Engineering sciences)* 2005 yılı, 11.cilt, 3.sayı
- [28] Baran, M. (2005) Precast Concrete Panel Infill Walls for Seismic Strengthening of Reinforced Concrete Framed Structures, *Doktora Tezi*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. 265 s.
- [29] Kesner, K. and Billington, S. L. (2005) Investigation of Infill Panels Made from Engineered Cementitious Composites for Seismic Strengthening and Retrofit, *ASCE Journal of Structural Engineering*, 131(11): 1712-1720.
- [30] Ohmura, T., Hayashi, S., Kanata, K. and Fujimura, T., (2006) Seismic Retrofit of Reinforced Concrete Frames by Steel Braces Using No Anchors.

8<sup>th</sup> National Conference on Earthquake Engineering. California, USA.

- [31] Kaltakçı, M. Y. ve Yavuz, G. (2006) Kısmi Betonarme Perde Duvar ile Güçlendirilmiş Betonarme Çerçevelerin Depremi Benzeştiren Yatay Yük Etkisindeki Davranışı, *Yedinci Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi*, İstanbul, Bildiri No: 169.
- [32] Albanesi, T., Biondi, S., Candigliota, E., and Nuti, C. (2006) Experimental Analysis on a Regular Full Scale Infilled Frame, *First European Conference on Earthquake Engineering and Sismology*, Geneva, Switzerland, Paper No: 1608.
- [33] Kara, M. E. and Altın, S. (2006) Behavior of Reinforced Concrete Frames with Reinforced Concrete Partial Infills, *ACI Structural Journal*, 103(5):701-709.
- [34] Anil, Ö. and Altın, S. (2007) An Experimental Study on Reinforced Concrete Partially Infilled Frames, *Engineering Structures*, 29(3): 449-460.
- [35] Marjani, F., “Behavior of Brick-Infilled Reinforced Concrete Frames under Reversed Cyclic Loading”, *Ph.D Thesis in Civil Engineering*, METU, December 1997
- [36] Güney, D. ve Boduroğlu M. H.(2006) Deprem etkisi altındaki simetrik ve asimetrik yapıların, lineer olmayan tepkilerine dolgu duvarlarının katkısı, *İTÜdergisi/dmühendislik* Cilt:5, Sayı:3, Kısım:2, 165-174 Haziran 2006
- [37] İlki, A., 2000. Betonarme Elemanların Yön Değiştiren Tekrarlı Yükler Altında Doğrusal Olmayan Davranışı, *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [38] Mander, J.B., Priestley, M.J.N., Park, R. (1988). Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete, *ASCE Journal of the Structural Division*, V. 114, No. 8, 1804-1826.
- [39] Menegotto, M., Pinto, P.E. (1973). Method of Analysis for Cyclically Loaded R.C. Plane Frames Including Changes in Geometry and Non-Elastic Behavior of Elements under Combined Normal Force and Bending, *IABSE Reports*, V. 13, 15-22.

[40] DBYYHY, (2007) Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, *Bayındırlık ve İskân Bakanlığı*, Ankara.

[41] CSI, (2005) CSI Analysis Reference Manual for SAP2000, ETABS and SAFE, *Computers and Structures Inc*, California, USA. 415 s.





## EKLER

### Ek A : Bölme duvarının ve bölme duvar güçlendirilmesinin çerçeve davranışına etkisi

**Çizelge A.1:** Boş Çerçevenin (B), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi

YERDEĞİŞTİRME - MAKSİMUM YÜK 1 NO'LU DENEY ( B )							
1.ÇEVİRİM							
ÖTELENME ORANI	YERD. mm	İTME kN	ORT kN	YERD. ORANI	YERD. mm	ÇEKME kN	ORT kN
0	0	0	0	0	0	0	0
0.0005	0.665	0.95	1.01	-0.0005	-0.665	-1.07	-1.01
0.001	1.33	1.53	1.53	-0.001	-1.33	-1.53	-1.53
0.002	2.66	2.60	2.68	-0.002	-2.66	-2.75	-2.68
0.003	3.99	3.82	3.90	-0.003	-3.99	-3.98	-3.90
0.004	5.32	5.04	5.35	-0.004	-5.32	-5.66	-5.35
0.005	6.65	6.42	6.96	-0.005	-6.65	-7.49	-6.96
0.006	7.98	8.10	8.64	-0.006	-7.98	-9.17	-8.64
0.007	9.31	9.94	10.32	-0.007	-9.31	-10.70	-10.32
0.008	10.64	11.62	11.78	-0.008	-10.64	-11.93	-11.78
0.009	11.97	13.15	13.07	-0.009	-11.97	-12.99	-13.07
0.01	13.3	14.37	13.99	-0.01	-13.3	-13.61	-13.99
0.0125	16.625	16.51	15.67	-0.0125	-16.625	-14.83	-15.67
0.015	19.95	17.13	16.21	-0.015	-19.95	-15.29	-16.21
0.0175	23.275	17.27	16.51	-0.0175	-23.275	-15.75	-16.51
0.02	26.6	17.28	16.67	-0.02	-26.6	-16.05	-16.67
0.03	39.9	18.04	<b>17.58</b>	-0.03	-39.9	-17.12	<b>-17.58</b>
0.04	53.2	17.27	16.97	-0.04	-53.2	-16.67	-16.97
0.05	66.5	16.36	15.90	-0.05	-66.5	-15.44	-15.90
0.06	79.8	14.98	14.14	-0.06	-79.8	-13.30	-14.14
0.07	93.1	12.69	13.00	-0.07	-93.1	-13.30	-13.00

Grafikler ortalama değerlere göre oluşturulmuştur. Ortalama değerler itme ve çekmedeki değerlerin mutlak değerce toplamını ikiye bölünmesiyle hesaplanmıştır. 0.0005 yerdeğiştirme oranındaki itmedeki değer= 0.95 kN, çekmedeki değer=1.07 kN ve bu değerlerin ortalaması= 1.01 kN olarak hesaplanmıştır.

**Çizelge A.2:** Dolgu Duvarlı Çerçevenin (I), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi

YERDEĞİŞTİRME- MAKSİMUM YÜK 2 NO'LU DENEY ( I )							
1.ÇEVİRİM							
ÖTELENME ORANI	YERD. mm	İTME kN	ORT kN	YERD. ORANI	YERD. mm	ÇEKME kN	ORT kN
0	0	0	0	0	0	0	0
0.0005	0.665	38.64	34.84	-0.0005	-0.665	-31.04	-34.84
0.001	1.33	53.93	51.58	-0.001	-1.33	-49.23	-51.58
0.002	2.66	77.80	<b>65.05</b>	-0.002	-2.66	-52.29	<b>-65.05</b>
0.003	3.99	68.29	56.55	-0.003	-3.99	-44.80	-56.55
0.004	5.32	68.29	58.54	-0.004	-5.32	-48.78	-58.54
0.005	6.65	55.95	52.82	-0.005	-6.65	-49.69	-52.82
0.006	7.98	41.78	45.28	-0.006	-7.98	-48.78	-45.28
0.007	9.31	31.37	37.86	-0.007	-9.31	-44.34	-37.86
0.008	10.64	24.77	33.34	-0.008	-10.64	-41.90	-33.34
0.009	11.97	22.02	31.50	-0.009	-11.97	-40.98	-31.50
0.01	13.3	20.93	29.35	-0.01	-13.3	-37.76	-29.35

**Çizelge A.3:** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA8-P1), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi

YERDEĞİŞTİRME- MAKSİMUM YÜK 6 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA8-P1 )							
1.ÇEVİRİM							
ÖTELENME ORANI	YERD. mm	İTME kN	ORT kN	YERD. ORANI	YERD. mm	ÇEKME kN	ORT kN
0	0	0	0	0	0	0	0
0.0005	0.665	64.96	62.68	-0.0005	-0.665	-60.40	-62.68
0.001	1.33	95.10	89.68	-0.001	-1.33	-84.25	-89.68
0.002	2.66	127.86	<b>115.99</b>	-0.002	-2.66	-104.12	<b>-115.99</b>
0.003	3.99	124.62	110.02	-0.003	-3.99	-95.41	-110.02
0.004	5.32	127.45	110.75	-0.004	-5.32	-94.04	-110.75
0.005	6.65	116.13	100.27	-0.005	-6.65	-84.40	-100.27
0.006	7.98	104.60	88.69	-0.006	-7.98	-72.78	-88.69
0.007	9.31	88.62	75.12	-0.007	-9.31	-61.62	-75.12
0.008	10.64	61.92	57.03	-0.008	-10.64	-52.14	-57.03
0.009	11.97	43.29	43.51	-0.009	-11.97	-43.73	-43.51
0.01	13.3	35.62	35.11	-0.01	-13.3	-34.60	-35.11

**Çizelge A.4:** Boş Çerçevenin (B) Rijitlik Değişimi Çizelgesi

<b>RİJİTLİK DEĞİŞİMİ 1 NO'LU DENEY ( B )</b>					
YERDEĞİŞTİRME	ÖTELENME ORANI	1.ÇEVİRİM			RİJİTLİK kN/mm
		İTME kN	ÇEKME kN	TOPLAM kN	
0	0	0	0	0	
0.665	0.0005	0.95	-1.07	2.02	1.52
1.33	0.001	1.53	-1.53	3.06	1.15
2.66	0.002	2.60	-2.75	5.35	1.01
3.99	0.003	3.82	-3.98	7.80	0.98
5.32	0.004	5.04	-5.66	10.70	1.01
6.65	0.005	6.42	-7.49	13.91	1.05
7.98	0.006	8.10	-9.17	17.27	1.08
9.31	0.007	9.94	-10.70	20.64	1.11
10.64	0.008	11.62	-11.93	23.55	1.11
11.97	0.009	13.15	-12.99	26.14	1.09
13.3	0.01	14.37	-13.61	27.98	1.05
16.625	0.0125	16.51	-14.83	31.34	0.94
19.95	0.015	17.13	-15.29	32.42	0.81
23.275	0.0175	17.27	-15.75	33.02	0.71
26.6	0.02	17.28	-16.05	33.33	0.63
39.9	0.03	18.04	-16.66	34.70	0.43
53.2	0.04	17.27	-16.67	33.94	0.32
66.5	0.05	16.36	-15.44	31.80	0.24
79.8	0.06	14.98	-13.30	28.28	0.18
93.1	0.07	12.69	-13.30	25.99	0.14

**Çizelge A.5:** Dolgu Duvarlı Çerçevenin (I), Rijitlik Değişimi Çizelgesi

<b>RİJİTLİK DEĞİŞİMİ 2 NO'LU DENEY ( I )</b>					
YERDEĞİŞTİRME	ÖTELENME ORANI	1.CYCLE			RİJİTLİK kN/mm
		İTME kN	ÇEKME kN	TOPLAM kN	
0.665	0.0005	38.64	-31.04	69.68	52.39
1.33	0.001	53.93	-49.23	103.16	38.78
2.66	0.002	77.80	-52.29	130.09	24.45
3.99	0.003	68.29	-44.80	113.09	14.17
5.32	0.004	68.29	-48.78	117.07	11.00
6.65	0.005	55.95	-49.69	105.64	7.94
7.98	0.006	41.78	-48.78	90.56	5.67
9.31	0.007	31.37	-44.34	75.71	4.07
10.64	0.008	24.77	-41.90	66.67	3.13
11.97	0.009	22.02	-40.98	63.00	2.63
13.3	0.010	20.93	-37.76	58.69	2.21

**Çizelge A.6:** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA8-P1) Rijitlik Değişimi Çizelgesi

<b>RİJİTLİK DEĞİŞİMİ 6 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA8-P1)</b>					
YERDEĞİŞTİRME	ÖTELENME ORANI	1.ÇEVİRİM			RİJİTLİK kN/mm
		İTME kN	ÇEKME kN	TOPLAM kN	
0.665	0.0005	64.96	-60.40	125.36	94.26
1.33	0.001	95.10	-84.25	179.35	67.42
2.66	0.002	127.86	-104.12	231.98	43.61
3.99	0.003	124.62	-95.41	220.03	27.57
5.32	0.004	127.45	-94.04	221.49	20.82
6.65	0.005	116.13	-84.40	200.53	15.08
7.98	0.006	104.60	-72.78	177.38	11.11
9.31	0.007	88.62	-61.62	150.24	8.07
10.64	0.008	61.92	-52.14	114.06	5.36
11.97	0.009	43.29	-43.73	87.02	3.63
13.3	0.010	35.62	-34.60	70.22	2.64

**Çizelge A.7:** Boş Çerçevenin (B), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması oranı Çizelgesi

<b>ÇEVİRİMLER ARASI RİJİTLİK AZALMASI ORANI</b>			
<b>1 NO'LU DENEY (B)</b>			
ÖTELENME ORANI	İTME 1.ÇEVİRİM kN/mm	İTME 2.ÇEVİRİM kN/mm	$\Delta S=(S1-S2)/S1$
0	0	0	0
0.0005	1.520	1.494	0.02
0.001	1.150	1.092	0.05
0.002	1.006	0.977	0.03
0.003	0.977	0.939	0.04
0.004	1.006	0.977	0.03
0.005	1.046	1.023	0.02
0.006	1.082	1.063	0.02
0.007	1.108	1.076	0.03
0.008	1.107	1.070	0.03
0.009	1.092	1.054	0.03
0.01	1.052	1.023	0.03
0.0125	0.943	0.910	0.03
0.015	0.813	0.789	0.03
0.0175	0.709	0.687	0.03
0.02	0.627	0.609	0.03
0.03	0.435	0.420	0.04
0.04	0.319	0.287	0.10
0.05	0.239	0.216	0.10
0.06	0.177	0.149	0.16
0.07	0.140	0.124	0.11

**Çizelge A.8:** Dolgu Duvarlı Çerçevenin (I), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması oranı Çizelgesi

<b>ÇEVİRİMLER ARASI RİJİTLİK AZALMASI ORANI</b>			
<b>2 NO'LU DENEY (I)</b>			
ÖTELENME ORANI	İTME 1.ÇEVİRİM kN/mm	İTME 2.ÇEVİRİM kN/mm	$\Delta S=(S1-S2)/S1$
0	0	0	0
0.0005	52.391	41.519	0.21
0.001	38.782	32.417	0.16
0.002	24.453	14.773	0.40
0.003	14.172	12.074	0.15
0.004	11.003	8.867	0.19
0.005	7.943	6.314	0.21
0.006	5.674	4.431	0.22
0.007	4.066	3.334	0.18
0.008	3.133	2.716	0.13
0.009	2.632	2.299	0.13
0.01	2.206	1.908	0.14

S1=i. inci ötelenme oranının daki 1.çevrim rijitliği

S2=i. inci ötelenme oranının daki 2.çevrim rijitliği

**Çizelge A.9:** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA8-P1) Çevrimler Arası Rijitlik Azalması Oranı Çizelgesi

<b>ÇEVİRİMLER ARASI RİJİTLİK AZALMASI ORANI</b>			
<b>6 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA8-P1)</b>			
ÖTELENME ORANI	İTME 1.ÇEVİRİM kN/mm	İTME 2.ÇEVİRİM kN/mm	$\Delta S=(S1-S2)/S1$
0	0	0	0
0.0005	94.256	91.398	0.03
0.001	67.425	60.763	0.10
0.002	43.605	30.957	0.29
0.003	27.573	22.713	0.18
0.004	20.817	17.034	0.18
0.005	15.077	12.593	0.16
0.006	11.114	8.946	0.20
0.007	8.069	6.084	0.25
0.008	5.360	4.182	0.22
0.009	3.635	2.873	0.21
0.01	2.640	2.138	0.19

**Çizelge A.10:** Boş Çerçevenin (B), Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi

KALAN DAYANIM MİKTARI 1 NO'LU DENEY ( B )				
YERDEĞİŞTİRME ORANI	İTME kN	ÇEKME kN	Pi(ort) kN	Pi/Pmax
0.0005	0.95	-1.07	1.01	<b>0.06</b>
0.001	1.53	-1.53	1.53	<b>0.09</b>
0.002	2.60	-2.75	2.68	<b>0.15</b>
0.003	3.82	-3.98	3.90	<b>0.22</b>
0.004	5.04	-5.66	5.35	<b>0.30</b>
0.005	6.42	-7.49	6.96	<b>0.40</b>
0.006	8.10	-9.17	8.64	<b>0.49</b>
0.007	9.94	-10.70	10.32	<b>0.59</b>
0.008	11.62	-11.93	11.78	<b>0.67</b>
0.009	13.15	-12.99	13.07	<b>0.74</b>
0.01	14.37	-13.61	13.99	<b>0.80</b>
0.0125	16.51	-14.83	15.67	<b>0.89</b>
0.015	17.13	-15.29	16.21	<b>0.92</b>
0.0175	17.27	-15.75	16.51	<b>0.94</b>
0.02	17.28	-16.05	16.67	<b>0.95</b>
0.03	<b>18.04</b>	<b>-17.12</b>	<b>17.58</b>	1.00
0.04	17.27	-16.67	16.97	0.97
0.05	16.36	-15.44	15.90	0.90
0.06	14.98	-13.30	14.14	0.80
0.07	12.69	-13.30	13.00	0.74

**Çizelge A.11:** Dolgu Duvarlı Çerçevenin (I), Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi

KALAN DAYANIM MİKTARI 2 NO'LU DENEY ( I )				
YERDEĞİŞTİRME ORANI	İTME kN	ÇEKME kN	Pi(ort) kN	Pi/Pmax
0.0005	38.64	-31.04	34.84	<b>0.54</b>
0.001	53.93	-49.23	51.58	<b>0.79</b>
0.002	<b>77.80</b>	-52.29	<b>65.05</b>	1.00
0.003	68.29	-44.80	56.55	0.87
0.004	68.29	-48.78	58.54	0.90
0.005	55.95	<b>-49.69</b>	52.82	0.81
0.006	41.78	-48.78	45.28	0.70
0.007	31.37	-44.34	37.86	0.58
0.008	24.77	-41.90	33.34	0.51
0.009	22.02	-40.98	31.50	0.48
0.01	20.93	-37.76	29.35	0.45

**Çizelge A.12 : Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA8-P1) Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi**

KALAN DAY. MİK. 6 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA8-P1)				
YERDEĞİŞTİRME ORANI	İTME kN	ÇEKME kN	Pi(ort) kN	Pi/Pmax
0.0005	64.96	-60.40	62.68	<b>0.49</b>
0.001	95.10	-84.25	89.68	<b>0.77</b>
0.002	<b>127.86</b>	<b>-104.12</b>	<b>115.99</b>	1.00
0.003	124.62	-95.41	110.02	0.95
0.004	127.45	-94.04	110.75	0.95
0.005	116.13	-84.40	100.27	0.86
0.006	104.60	-72.78	88.69	0.76
0.007	88.62	-61.62	75.12	0.65
0.008	61.92	-52.14	57.03	0.49
0.009	43.29	-43.73	43.51	0.38
0.01	35.62	-34.60	35.11	0.30

**Çizelge A.13 : Boş Çerçevenin (B) Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi**

ÇEVİRİMLER ARASI DAYANIM AZALMASI ORANI (B)							
YERD. ORANI	İTME			ÇEKME			ORT. ΔP
	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	$\Delta P=(P1-P2)/P1$	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	$\Delta P=(P1-P2)/P1$	
0	0	0		0	0		
0.0005	0.95	0.92	0.04	-1.07	-1.07	0.00	0.02
0.001	1.53	1.38	0.10	-1.53	-1.53	0.00	0.05
0.002	2.60	2.45	0.06	-2.75	-2.75	0.00	0.03
0.003	3.82	3.67	0.04	-3.98	-3.82	0.04	0.04
0.004	5.04	4.89	0.03	-5.66	-5.50	0.03	0.03
0.005	6.42	6.42	0.00	-7.49	-7.19	0.04	0.02
0.006	8.10	8.10	0.00	-9.17	-8.87	0.03	0.02
0.007	9.94	9.79	0.02	-10.70	-10.24	0.04	0.03
0.008	11.62	11.32	0.03	-11.93	-11.46	0.04	0.03
0.009	13.15	12.84	0.02	-12.99	-12.39	0.05	0.03
0.01	14.37	14.07	0.02	-13.61	-13.15	0.03	0.03
0.0125	16.51	15.90	0.04	-14.83	-14.37	0.03	0.03
0.015	17.13	16.51	0.04	-15.29	-14.98	0.02	0.03
0.0175	17.27	16.67	0.03	-15.75	-15.29	0.03	0.03
0.02	17.28	16.82	0.03	-16.05	-15.60	0.03	0.03
0.03	18.04	16.51	0.08	-17.12	-16.36	0.04	0.06
0.04	17.27	15.60	0.10	-16.67	-14.98	0.10	0.10
0.05	16.36	14.68	0.10	-15.44	-14.07	0.09	0.10
0.06	14.98	11.93	0.20	-13.30	-11.93	0.10	0.15
0.07	12.69	10.85	0.14	-13.30	-12.23	0.08	0.11



**Çizelge A.14 : Dolgu Duvarlı Çerçevenin (I), Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi**

ÇEVİRİMLER ARASI DAYANIM AZALMASI ORANI (I)							
YERD. ORANI	İTME			ÇEKME			ORT. ΔP
	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	ΔP=(P1-P2)/P1	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	ΔP=(P1-P2)/P1	
0	0	0		0	0		
0.0005	38.64	27.85	0.28	-31.04	-27.37	0.12	0.20
0.001	53.93	46.93	0.13	-49.23	-39.30	0.20	0.17
0.002	77.80	55.35	0.29	-52.29	-23.24	0.56	0.42
0.003	68.29	59.19	0.13	-44.80	-37.16	0.17	0.15
0.004	68.29	54.13	0.21	-48.78	-40.21	0.18	0.19
0.005	55.95	42.38	0.24	-49.69	-41.59	0.16	0.20
0.006	41.78	31.58	0.24	-48.78	-39.14	0.20	0.22
0.007	31.37	23.39	0.25	-44.34	-38.69	0.13	0.19
0.008	24.77	20.49	0.17	-41.90	-37.31	0.11	0.14
0.009	22.02	19.11	0.13	-40.98	-35.93	0.12	0.13
0.01	20.93	18.04	0.14	-37.76	-32.72	0.13	0.14

**Çizelge A.15 : Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA8-P1), Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi**

ÇEVİRİMLER ARASI DAYANIM AZALMASI ORANI (I-FA30-WA8-P1)							
YERD. ORANI	İTME			ÇEKME			ORT. ΔP
	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	ΔP=(P1-P2)/P1	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	ΔP=(P1-P2)/P1	
0	0	0		0	0		
0.0005	64.96	61.31	0.06	-60.40	-60.25	0.00	0.03
0.001	95.10	85.18	0.10	-84.25	-76.45	0.09	0.10
0.002	<b>127.86</b>	98.94	0.23	<b>-104.12</b>	-65.75	0.37	0.30
0.003	<b>124.62</b>	99.75	0.20	-95.41	-81.50	0.15	0.17
0.004	127.45	100.96	0.21	-94.04	-80.28	0.15	0.18
0.005	116.13	99.75	0.14	-84.40	-67.74	0.20	0.17
0.006	104.60	83.76	0.20	-72.78	-59.02	0.19	0.19
0.007	88.62	63.74	0.28	-61.62	-49.54	0.20	0.24
0.008	61.92	48.48	0.22	-52.14	-40.52	0.22	0.22
0.009	43.29	35.61	0.18	-43.73	-33.18	0.24	0.21
0.01	35.62	26.45	0.26	-34.60	-30.42	0.12	0.19

P1= i. inci ötelenme oranının daki 1.çevrim yükü

P2== i. inci ötelenme oranının daki 2.çevrim yükü

**Çizelge A.16 : Boş Çerçevenin (B), Enerji Yutma Kapasitesi**

DR	YERD(MM)	İTME 1.ÇEVİRİM				ÇEKME 1.ÇEVİRİM				ort cumulative enr kNm
		toplam enr total energy kNm	elastik enr recovery enr. kNm	cumulative enr kNm	yutulan enr dissipated enr kNm	toplam enr total energy kNm	elastik enr recovery enr. kNm	cumulative enr kNm	yutulan enr dissipated enr kNm	
0.0005	0.665	0.00021	-0.00006	0.00015	0.00015	0.00040	-0.00007	0.00033	0.00033	0.00024
0.001	1.33	0.00094	-0.00036	0.00074	0.00059	0.00091	-0.00014	0.00110	0.00077	0.00092
0.002	2.66	0.00250	-0.00108	0.00216	0.00142	0.00420	-0.00209	0.00321	0.00211	0.00268
0.003	3.99	0.00650	-0.00344	0.00522	0.00306	0.00762	-0.00581	0.00501	0.00181	0.00512
0.004	5.32	0.01091	-0.00662	0.00951	0.00429	0.01466	-0.00830	0.01136	0.00635	0.01044
0.005	6.65	0.01824	-0.01259	0.01516	0.00565	0.01874	-0.01761	0.01249	0.00113	0.01383
0.006	7.98	0.02207	-0.01769	0.01954	0.00438	0.02960	-0.02855	0.01354	0.00105	0.01654
0.007	9.31	0.03522	-0.02699	0.02778	0.00824	0.04068	-0.03413	0.02010	0.00655	0.02394
0.008	10.64	0.05181	-0.04345	0.03614	0.00836	0.05091	-0.03753	0.03347	0.01338	0.03481
0.009	11.97	0.05108	-0.03949	0.04773	0.01159	0.02019	-0.01878	0.03488	0.00141	0.04130
0.01	13.3	0.07912	-0.04579	0.08106	0.03334	0.07656	-0.05003	0.06140	0.02652	0.07123
0.0125	16.625	0.10101	-0.04767	0.13440	0.05334	0.12415	-0.05490	0.13065	0.06925	0.13253
0.015	19.95	0.13439	-0.06517	0.20362	0.06922	0.17919	-0.07039	0.23945	0.10880	0.22154
0.0175	23.275	0.18697	-0.06487	0.32572	0.12210	0.21867	-0.07259	0.38553	0.14608	0.35563
0.02	26.6	0.25427	-0.08744	0.49255	0.16683	0.26197	-0.07219	0.57531	0.18978	0.53393
0.03	39.9	0.46219	-0.09624	0.85850	0.36595	0.59095	-0.09880	1.06746	0.49215	0.96298
0.04	53.2	0.66146	-0.08488	1.43508	0.57658	0.74544	-0.06091	1.75199	0.68453	1.59354
0.05	66.5	0.78679	-0.09880	2.12307	0.68799	0.91200	-0.09907	2.56492	0.81293	2.34400
0.06	79.8	0.65829	-0.06467	2.71669	0.59362	0.80297	-0.07746	3.29043	0.72551	3.00356
0.07	93.1	0.77152	-0.05240	3.43581	0.71912	0.73768	-0.04373	3.98438	0.69395	3.71010
Toplam		4.29549	-0.85968		3.43581	4.83747	-0.85309		3.98438	

**Çizelge A.17 : Dolgu Duvarlı Çerçevenin (I), Enerji Yutma Kapasitesi**

DR	YERD(MM)	İTME 1.ÇEVİRİM				ÇEKME 1.ÇEVİRİM				ort cumulative enr kNm
		toplam enr	elastik enr		yutulan enr	toplam enr	elastik enr		yutulan enr	
		total energy	recovery enr.	cumulative enr	dissipated enr	total energy	recovery enr.	cumulative enr	dissipated enr	
		kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
	0.00	0	0		0	0	0		0	0
0.0005	0.665	0.01692	-0.00525	0.01167	0.01167	0.01166	-0.00474	0.00692	0.00692	0.00929
0.001	1.33	0.03251	-0.01620	0.02797	0.01631	0.03038	-0.01206	0.02523	0.01831	0.02660
0.002	2.66	0.10929	-0.05484	0.08242	0.05445	0.08227	-0.00493	0.10257	0.07734	0.09250
0.003	3.99	0.09117	-0.04208	0.13152	0.04909	0.05276	-0.02499	0.13034	0.02777	0.13093
0.004	5.32	0.10849	-0.05413	0.18588	0.05436	0.06846	-0.03874	0.16006	0.02972	0.17297
0.005	6.65	0.09565	-0.03636	0.24517	0.05929	0.09101	-0.04427	0.20680	0.04674	0.22598
0.006	7.98	0.09543	-0.02606	0.31453	0.06937	0.09284	-0.05191	0.24773	0.04093	0.28113
0.007	9.31	0.08009	-0.02685	0.36777	0.05324	0.12292	-0.05984	0.31081	0.06308	0.33929
0.008	10.64	0.07741	-0.06786	0.37732	0.00955	0.12358	-0.05752	0.37687	0.06606	0.37710
0.009	11.97	0.08931	-0.03251	0.43412	0.05680	0.13515	-0.06665	0.44537	0.06850	0.43975
0.01	13.3	0.09360	-0.03214	0.49558	0.06146	0.12984	-0.06110	0.51411	0.06874	0.50485
	TOPLAM	0.88987	-0.39429		0.49558	0.94086	-0.42675		0.51411	

**Çizelge A.18 : Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA8-P1), Enerji Yutma Kapasitesi**

DR	YERD(MM)	İTME 1.ÇEVİRİM				ÇEKME 1.ÇEVİRİM				ort cumulative enr
		toplam enr	elastik enr		yutulan enr	toplam enr	elastik enr		yutulan enr	
		total energy	recovery enr.	cumulative enr	dissipated enr	total energy	recovery enr.	cumulative enr	dissipated enr	
		kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	
	0.00	0	0		0	0	0		0	0
0.0005	0.665	0.02653	<b>-0.01205</b>	<b>0.01448</b>	0.01448	0.02915	-0.01515	0.01400	0.01400	0.01424
0.001	1.33	0.06984	-0.03160	0.05272	0.03824	0.07242	-0.03212	0.05430	0.04030	0.05351
0.002	2.66	0.19826	-0.08465	0.16633	0.11361	0.17739	-0.05602	0.17567	0.12137	0.17100
0.003	3.99	0.23691	-0.08354	0.31970	0.15337	0.20076	-0.06873	0.30770	0.13203	0.31370
0.004	5.32	0.28701	-0.11995	0.48676	0.16706	0.24113	-0.08537	0.46346	0.15576	0.47511
0.005	6.65	0.31874	-0.11094	0.69456	0.20780	0.21914	-0.04796	0.63464	0.17118	0.66460
0.006	7.98	0.34296	-0.10764	0.92988	0.23532	0.25873	-0.07180	0.82157	0.18693	0.87573
0.007	9.31	0.32300	-0.08511	1.16777	0.23789	0.23133	-0.06215	0.99075	0.16918	1.07926
0.008	10.64	0.25442	-0.06682	1.35537	0.18760	0.22548	-0.05428	1.16195	0.17120	1.25866
0.009	11.97	0.20632	-0.04307	1.51862	0.16325	0.22875	-0.04927	1.34143	0.17948	1.43003
0.01	13.3	0.14967	-0.03282	1.63547	0.11685	0.22121	-0.03940	1.52324	0.18181	1.57936
	TOPLAM	2.41366	-0.77819		1.63547	2.10549	-0.58225		1.52324	

**Çizelge A.19 : Boş Çerçevenin(B), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi**

		PLASTİK DEFORMASYON ORANI				ORT
		İTME	ÇEKME	İTME	ÇEKME	
		1.ÇEVİRİM (mm)	1. ÇEVİRİM (mm)	1.ÇEVİRİM	1.ÇEVİRİM	
ÖTELENME ORANI D/L	MAX YERD.(mm)	1.ÇEVİRİM (mm)	1. ÇEVİRİM (mm)	1.ÇEVİRİM	1.ÇEVİRİM	ORT
	$\delta_{max}$	$\delta_{pl1}$	$\delta_{pl1}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$
0.0005	0.665	0.256	0.000	0.385	0.000	0.192
0.001	1.330	0.614	-0.077	0.462	0.058	0.260
0.002	2.660	1.126	-0.026	0.423	0.010	0.217
0.003	3.990	1.331	-0.026	0.334	0.007	0.170
0.004	5.320	1.407	-0.077	0.264	0.014	0.139
0.005	6.650	1.612	-0.231	0.242	0.035	0.139
0.006	7.980	1.535	-0.384	0.192	0.048	0.120
0.007	9.310	1.715	-0.589	0.184	0.063	0.124
0.008	10.640	1.945	-0.878	0.183	0.083	0.133
0.009	11.970	2.585	-1.240	0.216	0.104	0.160
0.010	13.300	2.918	-1.686	0.219	0.127	0.173
0.013	16.625	5.349	-3.472	0.322	0.209	0.265
0.015	19.950	7.064	-5.829	0.354	0.292	0.323
0.018	23.275	9.240	-8.420	0.397	0.362	0.379
0.020	26.600	11.416	-10.855	0.429	0.408	0.419
0.030	39.900	24.361	-22.942	0.611	0.575	0.593
0.040	53.200	35.552	-34.450	0.668	0.648	0.658
0.050	66.500	46.865	-46.221	0.705	0.695	0.700
0.060	79.800	59.437	-62.212	0.745	0.780	0.762
0.070	93.100	76.188	-74.536	0.818	0.801	0.809

**Çizelge A.20 : Dolgu Duvarlı Çerçevenin (I), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi**

		PLASTİK DEFORMASYON ORANI				ORT
		İTME	ÇEKME	İTME	ÇEKME	
		1.ÇEVİRİM (mm)	1. ÇEVİRİM (mm)	1.ÇEVİRİM	1.ÇEVİRİM	
ÖTELENME ORANI D/L	MAX YERD.(mm)	$\delta_{pl1}$	$\delta_{pl1}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$
0.0005	0.665	0.332	-0.174	0.499	0.262	0.380
0.001	1.330	0.487	-0.383	0.366	0.288	0.327
0.002	2.660	0.880	-1.582	0.331	0.595	0.463
0.003	3.990	1.457	-1.636	0.365	0.410	0.388
0.004	5.320	1.964	-2.092	0.369	0.393	0.381
0.005	6.650	2.532	-2.449	0.381	0.368	0.375
0.006	7.980	3.275	-2.704	0.410	0.339	0.375
0.007	9.310	4.080	-2.577	0.438	0.277	0.358
0.008	10.640	4.317	-2.526	0.406	0.237	0.322
0.009	11.970	4.740	-2.921	0.396	0.244	0.320
0.01	13.300	5.008	-3.112	0.377	0.234	0.305

**Çizelge A.21 : Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi**

		PLASTİK DEFORMASYON ORANI				ORT
		İTME	ÇEKME	İTME	ÇEKME	
	$\delta_{max}$	1.ÇEVİRİM (mm)	1. ÇEVİRİM (mm)	1.ÇEVİRİM	1.ÇEVİRİM	
ÖTELENME ORANI D/L	MAX YERD.(mm)	$\delta_{pl1}$	$\delta_{pl1}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$
0.0005	0.665	0.158	-0.119	0.238	0.179	0.208
0.001	1.330	0.317	-0.269	0.238	0.202	0.220
0.002	2.660	0.633	-1.029	0.238	0.387	0.312
0.003	3.990	1.296	-1.290	0.325	0.323	0.324
0.004	5.320	1.904	-1.899	0.358	0.357	0.357
0.005	6.650	2.521	-2.691	0.379	0.405	0.392
0.006	7.980	3.265	-3.504	0.409	0.439	0.424
0.007	9.310	4.724	-4.195	0.507	0.451	0.479
0.008	10.640	4.883	-5.184	0.459	0.487	0.473
0.009	11.970	6.713	-5.877	0.561	0.491	0.526
0.01	13.300	7.796	-6.751	0.586	0.508	0.547

### 6.1 Ek B: Çerçeveye yapılan ankraj aralığının, bölme duvarlı çerçeve güçlendirmesine etkisi

**Çizelge B.1 : Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi**

YERDEĞİŞTİRME- MAKSİMUM YÜK 3 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA12-P1 )							
1.ÇEVİRİM							
YERD. ORANI	YERD. mm	İTME KN	ORT KN	YERD. ORANI	YERD. mm	ÇEKME KN	ORT KN
0	0	0	0	0	0	0	0
0.0005	0.675	37.33	41.07	-0.0005	-0.675	-44.81	-41.07
0.001	1.35	54.89	64.07	-0.001	-1.35	-73.24	-64.07
0.002	2.7	82.85	87.76	-0.002	-2.7	-92.66	-87.76
0.003	4.05	97.01	96.06	-0.003	-4.05	-95.10	-96.06
0.004	5.4	96.21	90.84	-0.004	-5.4	-85.47	-90.84
0.005	6.75	101.26	92.91	-0.005	-6.75	-84.55	-92.91
0.006	8.1	97.21	85.68	-0.006	-8.1	-74.15	-85.68
0.007	9.45	82.40	73.77	-0.007	-9.45	-65.13	-73.77
0.008	10.8	77.97	65.90	-0.008	-10.8	-53.82	-65.90
0.009	12.15	69.86	56.87	-0.009	-12.15	-43.88	-56.87
0.01	13.5	62.17	51.65	-0.01	-13.5	-41.13	-51.65

**Çizelge B.2** : Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA45-WA12-P1), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi

<b>YERDEĞİŞTİRME- MAKSİMUM YÜK 4 NO'LU DENEY ( I-FA45-WA12-P1 )</b>							
1.ÇEVİRİM							
YERD. ORANI	YERD. mm	İTME kN	ORT kN	YERD. ORANI	YERD. mm	ÇEKME kN	ORT kN
0	0	0	0	0	0	0	0
0.0005	0.665	62.73	58.20	-0.0005	-0.665	-53.67	-58.20
0.001	1.33	90.24	83.04	-0.001	-1.33	-75.84	-83.04
0.002	2.66	115.92	106.13	-0.002	-2.66	-96.33	-106.13
0.003	3.99	112.08	101.68	-0.003	-3.99	-91.28	-101.68
0.004	5.32	107.43	96.56	-0.004	-5.32	-85.68	-96.56
0.005	6.65	103.79	90.05	-0.005	-6.65	-76.30	-90.05
0.006	7.98	96.72	82.53	-0.006	-7.98	-68.34	-82.53
0.007	9.31	89.43	74.38	-0.007	-9.31	-59.32	-74.38
0.008	10.64	81.54	65.31	-0.008	-10.64	-49.08	-65.31
0.009	11.97	68.80	55.12	-0.009	-11.97	-41.43	-55.12
0.01	13.3	52.41	43.56	-0.01	-13.3	-34.70	-43.56

**Çizelge B.3** : Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA60-WA12-P1), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi

<b>YERDEĞİŞTİRME- MAKSİMUM YÜK 5 NO'LU DENEY ( I-FA60-WA12-P1 )</b>							
1.ÇEVİRİM							
YERD. ORANI	YERD. mm	İTME kN	ORT kN	YERD. ORANI	YERD. mm	ÇEKME kN	ORT kN
0	0	0	0	0	0	0	0
0.0005	0.675	58.74	45.81	-0.0005	-0.675	-32.88	-45.81
0.001	1.35	78.36	69.68	-0.001	-1.35	-61.00	-69.68
0.002	2.7	102.43	92.35	-0.002	-2.7	-82.26	-92.35
0.003	4.05	105.46	95.31	-0.003	-4.05	-85.16	-95.31
0.004	5.4	94.74	89.34	-0.004	-5.4	-83.94	-89.34
0.005	6.75	93.33	88.94	-0.005	-6.75	-84.55	-88.94
0.006	8.1	86.04	83.92	-0.006	-8.1	-81.80	-83.92
0.007	9.45	77.14	76.19	-0.007	-9.45	-75.23	-76.19
0.008	10.8	65.41	66.19	-0.008	-10.8	-66.97	-66.19
0.009	12.15	56.71	56.95	-0.009	-12.15	-57.18	-56.95
0.01	13.5	50.81	49.64	-0.01	-13.5	-48.47	-49.64

**Çizelge B.4 :** Farklı Ankraj Aralıklı, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA30-WA12-P1), Rijitlik Değişimi Çizelgesi

<b>RİJİTLİK DEĞİŞİMİ 3 NO'LU DENEY (I-FA30-WA12-P1)</b>					
YERDEĞİŞTİRME ORANI	YERDEĞİŞTİRME mm	1.ÇEVİRİM			RİJİTLİK kN/mm
		İTME kN	ÇEKME kN	TOPLAM KN	
0.0005	0.675	37.33	-44.81	82.14	60.84
0.001	1.35	54.89	-73.24	128.13	47.46
0.002	2.7	82.85	-92.66	175.51	32.50
0.003	4.05	97.01	-95.10	192.11	23.72
0.004	5.4	96.21	-85.47	181.68	16.82
0.005	6.75	101.26	-84.55	185.81	13.76
0.006	8.1	97.21	-74.15	171.36	10.58
0.007	9.45	82.40	-65.13	147.53	7.81
0.008	10.8	77.97	-53.82	131.79	6.10
0.009	12.15	69.86	-43.88	113.74	4.68
0.01	13.5	62.17	-41.13	103.30	3.83

**Çizelge B.5 :** Farklı Ankraj Aralıklı, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevelerin (I-FA45-WA12-P1), Rijitlik Değişimi Çizelgesi

<b>RİJİTLİK DEĞİŞİMİ 4 NO'LU DENEY (I-FA45-WA12-P1)</b>					
YERDEĞİŞTİRME ORANI	YERDEĞİŞTİRME mm	1.ÇEVİRİM			RİJİTLİK kN/mm
		İTME kN	ÇEKME kN	TOPLAM kN	
0.0005	0.665	62.73	-53.67	116.40	87.52
0.001	1.33	90.24	-75.84	166.08	62.44
0.002	2.66	115.92	-96.33	212.25	39.90
0.003	3.99	112.08	-91.28	203.36	25.48
0.004	5.32	107.43	-85.68	193.11	18.15
0.005	6.65	103.79	-76.30	180.09	13.54
0.006	7.98	96.72	-68.34	165.06	10.34
0.007	9.31	89.43	-59.32	148.75	7.99
0.008	10.64	81.54	-49.08	130.62	6.14
0.009	11.97	68.80	-41.43	110.23	4.60
0.01	13.3	52.41	-34.70	87.11	3.27



**Çizelge B.6 :** Farklı Ankraj Aralıklı, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeveslerin (I-FA60-WA12-P1), Rijitlik Değişimi Çizelgesi

<b>RİJİTLİK DEĞİŞİMİ 5 NO'LU DENEY ( I-FA60-WA12-P1 )</b>					
		1.ÇEVİRİM			
YERDEĞİŞTİRME ORANI	YERDEĞİŞTİRME mm	İTME kN	ÇEKME kN	TOPLAM kN	RİJİTLİK kN/mm
0.0005	0.675	58.74	-32.88	91.62	67.87
0.001	1.35	78.36	-61.00	139.36	51.61
0.002	2.7	102.43	-82.26	184.69	34.20
0.003	4.05	105.46	-85.16	190.62	23.53
0.004	5.4	94.74	-83.94	178.68	16.54
0.005	6.75	93.33	-84.55	177.88	13.18
0.006	8.1	86.04	-81.80	167.84	10.36
0.007	9.45	77.14	-75.23	152.37	8.06
0.008	10.8	65.41	-66.97	132.38	6.13
0.009	12.15	56.71	-57.18	113.89	4.69
0.01	13.5	50.81	-48.47	99.28	3.68

**Çizelge B.7:** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA12-P1), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması Oranı Çizelgesi

<b>ÇEVİMLER ARASI RİJİTLİK AZALMASI ORANI</b>			
<b>3 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA12-P1)</b>			
ÖTELENME ORANI	İTME 1.ÇEVİRİM kN/mm	İTME 2.ÇEVİRİM kN/mm	$\Delta S=(S1-S2)/S1$
0	0	0	0
0.0005	60.844	56.541	0.07
0.001	47.456	29.300	0.38
0.002	32.502	27.291	0.16
0.003	23.717	16.405	0.31
0.004	16.822	14.244	0.15
0.005	13.764	11.512	0.16
0.006	10.578	8.588	0.19
0.007	7.806	6.359	0.19
0.008	6.101	5.078	0.17
0.009	4.681	3.817	0.18
0.01	3.826	3.319	0.13

S1=i. inci ötelenme oranının daki 1.çevrim rijitliği

S2=i. inci ötelenme oranının daki 2.çevrim rijitliği

**Çizelge B.8:** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA45-WA12-P1), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması Oranı Çizelgesi

<b>ÇEVİRİMLER ARASI RİJİTLİK AZALMASI ORANI</b>			
<b>4 NO'LU DENEY ( I-FA45-WA12-P1)</b>			
ÖTELENME ORANI	İTME 1.ÇEVİRİM kN/mm	İTME 2.ÇEVİRİM kN/mm	$\Delta S=(S1-S2)/S1$
0	0	0	0
0.0005	87.519	82.895	0.05
0.001	62.436	54.658	0.12
0.002	39.897	32.868	0.18
0.003	25.484	21.792	0.14
0.004	18.149	15.286	0.16
0.005	13.541	11.229	0.17
0.006	10.342	8.821	0.15
0.007	7.989	6.579	0.18
0.008	6.138	5.090	0.17
0.009	4.604	3.646	0.21
0.01	3.275	2.560	0.22

**Çizelge B.9:** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA60-WA12-P1), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması Oranı Çizelgesi

<b>ÇEVİRİMLER ARASI RİJİTLİK AZALMASI ORANI</b>			
<b>5 NO'LU DENEY ( I-FA60-WA12-P1)</b>			
ÖTELENME ORANI	İTME 1.ÇEVİRİM kN/mm	İTME 2.ÇEVİRİM kN/mm	$\Delta S=(S1-S2)/S1$
0	0	0	
0.0005	67.867	66.481	0.02
0.001	51.615	47.819	0.07
0.002	34.202	29.589	0.13
0.003	23.533	17.721	0.25
0.004	16.544	14.356	0.13
0.005	13.176	11.439	0.13
0.006	10.360	8.744	0.16
0.007	8.062	6.628	0.18
0.008	6.129	5.113	0.17
0.009	4.687	3.845	0.18
0.01	3.677	2.983	0.19

S1=i. inci ötelenme oranının daki 1.çevrim rijitliği

S2=i. inci ötelenme oranının daki 2.çevrim rijitliği

**Çizelge B.10:** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA12-P1), Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi

KALAN DAY. MİK. 3 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA12-P1)				
YERDEĞİŞTİRME ORANI	İTME kN	ÇEKME kN	Pi(ort) kN	Pi/Pmax
0.0005	37.33	-44.81	41.07	<b>0.43</b>
0.001	54.89	-73.24	64.07	<b>0.67</b>
0.002	82.85	-92.66	87.76	<b>0.91</b>
0.003	97.01	<b>-95.10</b>	<b>96.06</b>	1.00
0.004	96.21	-85.47	90.84	0.95
0.005	<b>101.26</b>	-84.55	92.91	0.97
0.006	97.21	-74.15	85.68	0.89
0.007	82.40	-65.13	73.77	0.77
0.008	77.97	-53.82	65.90	0.69
0.009	69.86	-43.88	56.87	0.59
0.01	62.17	-41.13	51.65	0.54

**Çizelge B.11:** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA45-WA12-P1), Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi

KALAN DAY. MİK. 4 NO'LU DENEY ( I-FA45-WA12-P1)				
YERDEĞİŞTİRME ORANI	İTME kN	ÇEKME kN	Pi(ort) kN	Pi/Pmax
0.0005	62.73	-53.67	58.20	<b>0.55</b>
0.001	90.24	-75.84	83.04	<b>0.78</b>
0.002	<b>115.92</b>	<b>-96.33</b>	<b>106.13</b>	1.00
0.003	112.08	-91.28	101.68	0.96
0.004	107.43	-85.68	96.56	0.91
0.005	103.79	-76.30	90.05	0.85
0.006	96.72	-68.34	82.53	0.78
0.007	89.43	-59.32	74.38	0.70
0.008	81.54	-49.08	65.31	0.62
0.009	68.80	-41.43	55.12	0.52
0.01	52.41	-34.70	43.56	0.41

**Çizelge B.12:** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA60-WA12-P1), Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi

KALAN DAY. MİK. 5 NO'LU DENEY ( I-FA60-WA12-P1)				
YERDEĞİŞTİRME ORANI	İTME kN	ÇEKME kN	Pi(ort) kN	Pi/Pmax
0.0005	58.74	-32.88	45.81	<b>0.48</b>
0.001	78.36	-61.00	69.68	<b>0.73</b>
0.002	102.43	-82.26	92.35	<b>0.97</b>
0.003	<b>105.46</b>	<b>-85.16</b>	<b>95.31</b>	1.00
0.004	94.74	-83.94	89.34	0.94
0.005	93.33	-84.55	88.94	0.93
0.006	86.04	-81.80	83.92	0.88
0.007	77.14	-75.23	76.19	0.80
0.008	65.41	-66.97	66.19	0.69
0.009	56.71	-57.18	56.95	0.60
0.01	50.81	-48.47	49.64	0.52

**Çizelge B.13:** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA12-P1), Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi

ÇEVİRİMLER ARASI DAYANIM AZALMASI ORANI (I-FA30-WA12-P1)							
YERD. ORANI	İTME			ÇEKME			ORT. ΔP
	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	$\Delta P=(P1-P2)/P1$	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	$\Delta P=(P1-P2)/P1$	
0	0	0		0	0	0	0
0.0005	37.33	31.53	0.16	-44.81	-44.80	0.00	0.08
0.001	54.89	34.01	0.38	-73.24	-45.10	0.38	0.38
0.002	82.85	65.26	0.21	-92.66	-82.11	0.11	0.16
0.003	97.01	72.33	0.25	-95.10	-60.55	0.36	0.31
0.004	96.21	80.43	0.16	-85.47	-73.40	0.14	0.15
0.005	101.26	84.47	0.17	-84.55	-70.94	0.16	0.16
0.006	97.21	80.42	0.17	-74.15	-58.71	0.21	0.19
0.007	82.40	68.04	0.17	-65.13	-52.14	0.20	0.19
0.008	77.97	67.02	0.14	-53.82	-42.66	0.21	0.17
0.009	69.86	55.29	0.21	-43.88	-37.46	0.15	0.18
0.01	62.17	52.46	0.16	-41.13	-37.15	0.10	0.13

**Çizelge B.14** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA45-WA12-P1),  
Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi

ÇEVİRİMLER ARASI DAYANIM AZALMASI ORANI (I-FA45-WA12-P1)							
YERD. ORANI	İTME			ÇEKME			ORT. ΔP
	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	ΔP=(P1-P2)/P1	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	ΔP=(P1-P2)/P1	
0	0	0		0	0		
0.0005	62.73	60.10	0.04	-53.67	-50.15	0.07	0.05
0.001	90.24	76.89	0.15	-75.84	-68.50	0.10	0.12
0.002	115.92	94.89	0.18	<b>-96.33</b>	-79.97	0.17	0.18
0.003	112.08	94.08	0.16	-91.28	-79.82	0.13	0.14
0.004	107.43	92.46	0.14	-85.68	-70.18	0.18	0.16
0.005	103.79	86.80	0.16	-76.30	-62.54	0.18	0.17
0.006	96.72	83.76	0.13	-68.34	-57.03	0.17	0.15
0.007	89.43	75.27	0.16	-59.32	-47.24	0.20	0.18
0.008	81.54	68.40	0.16	-49.08	-39.91	0.19	0.17
0.009	68.80	52.42	0.24	-41.43	-34.86	0.16	0.20
0.01	52.41	36.45	0.30	-34.70	-31.65	0.09	0.20

**Çizelge B.15** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA60-WA12-P1),  
Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi

ÇEVİRİMLER ARASI DAYANIM AZALMASI ORANI (I-FA60-WA12-P1)							
YERD. ORANI	İTME			ÇEKME			ORT. ΔP
	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	ΔP=(P1-P2)/P1	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	ΔP=(P1-P2)/P1	
0	0	0		0	0	0	0
0.0005	58.74	56.72	0.03	-32.88	-33.03	0.00	0.01
0.001	78.36	72.69	0.07	-61.00	-56.42	0.08	0.07
0.002	102.43	87.46	0.15	<b>-82.26</b>	-72.32	0.12	0.13
0.003	105.46	78.56	0.26	-85.16	-64.98	0.24	0.25
0.004	94.74	81.80	0.14	-83.94	-73.24	0.13	0.13
0.005	93.33	80.58	0.14	-84.55	-73.85	0.13	0.13
0.006	86.04	71.48	0.17	-81.80	-70.18	0.14	0.16
0.007	77.14	61.97	0.20	-75.23	-63.30	0.16	0.18
0.008	65.41	53.88	0.18	-66.97	-56.57	0.16	0.17
0.009	56.71	46.03	0.19	-57.18	-47.40	0.17	0.18
0.01	50.81	39.40	0.22	-48.47	-41.13	0.15	0.19

P1= i. inci ötelenme oranının daki 1.çevrim yükü

P2== i. inci ötelenme oranının daki 2.çevrim yükü

**Çizelge B.16:** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA12-P1), Enerji Yutma Kapasitesi Çizelgesi

DR	3.deney	İTME 1.ÇEVİRİM				ÇEKME 1.ÇEVİRİM				ort cumulative enr
	YERD(mm)	toplam enr	elastik enr		yutulan enr	toplam enr	elastik enr		yutulan enr	
		total energy	recovery enr.	cumulative enr	dissipated enr	total energy	recovery enr.	cumulative enr	dissipated enr	
		kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
	0.00	0	0		0	0	0		0	0
0.0005	0.675	0.01121	<b>-0.01030</b>	<b>0.00091</b>	0.00091	0.01535	-0.01153	0.00382	0.00382	0.00237
0.001	1.35	0.04023	-0.01576	0.02538	0.02447	0.06385	-0.03086	0.03681	0.03299	0.03110
0.002	2.7	0.11121	-0.03474	0.10185	0.07647	0.13631	-0.05902	0.11410	0.07729	0.10798
0.003	4.05	0.16099	-0.06670	0.19614	0.09429	0.21024	-0.02773	0.29661	0.18251	0.24638
0.004	5.4	0.21179	-0.09320	0.31473	0.11859	0.20309	-0.07626	0.42344	0.12683	0.36909
0.005	6.75	0.26057	-0.12848	0.44682	0.13209	0.24338	-0.09128	0.57554	0.15210	0.51118
0.006	8.1	0.29357	-0.07987	0.66052	0.21370	0.22054	-0.08177	0.71431	0.13877	0.68742
0.007	9.45	0.27772	-0.10542	0.83282	0.17230	0.27469	-0.07421	0.91479	0.20048	0.87381
0.008	10.8	0.32307	-0.08840	1.06749	0.23467	0.25885	-0.06083	1.11281	0.19802	1.09015
0.009	12.15	0.31142	-0.05288	1.32603	0.25854	0.21184	-0.05446	1.27019	0.15738	1.29811
0.01	13.5	0.28724	-0.06077	1.55250	0.22647	0.24587	-0.08627	1.42979	0.15960	1.49115
TOPLAM		2.28902	-0.73652		1.55250	2.08401	-0.65422		1.42979	

**Çizelge B.17:** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA45-WA12-P1), Enerji Yutma Kapasitesi Çizelgesi

DR	4.deney	İTME 1.ÇEVİRİM				ÇEKME 1.ÇEVİRİM				ort cumulative enr
		toplam enr	elastik enr		yutulan enr	total enr	elastik enr		yutulan enr	
	YERD(mm)	total energy	recovery enr.	cumulative enr	dissipated enr	total energy	recovery enr.	cumulative enr	dissipated enr	
		kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
	0.00	0	0		0	0	0		0	0
0.0005	0.665	0.02378	<b>-0.01019</b>	<b>0.01359</b>	0.01359	0.02425	-0.01189	0.01236	0.01236	0.01298
0.001	1.33	0.07641	-0.03114	0.05886	0.04527	0.06568	-0.03053	0.04751	0.03515	0.05319
0.002	2.66	0.17635	-0.06811	0.16710	0.10824	0.15975	-0.05277	0.15449	0.10698	0.16080
0.003	3.99	0.22157	-0.05144	0.33723	0.17013	0.19710	-0.07049	0.28110	0.12661	0.30917
0.004	5.32	0.27187	-0.10560	0.50350	0.16627	0.22242	-0.04959	0.45393	0.17283	0.47872
0.005	6.65	0.26124	-0.10052	0.66422	0.16072	0.23363	-0.08138	0.60618	0.15225	0.63520
0.006	7.98	0.29382	-0.09644	0.86160	0.19738	0.23211	-0.07205	0.76624	0.16006	0.81392
0.007	9.31	0.29915	-0.09188	1.06887	0.20727	0.22895	-0.07104	0.92415	0.15791	0.99651
0.008	10.64	0.27796	-0.07963	1.26720	0.19833	0.21467	-0.05999	1.07883	0.15468	1.17302
0.009	11.97	0.25412	-0.06053	1.46079	0.19359	0.19256	-0.05264	1.21875	0.13992	1.33977
0.01	13.3	0.19014	-0.04045	1.61048	0.14969	0.19198	-0.04272	1.36801	0.14926	1.48925
TOPLAM		2.34641	-0.73593		1.61048	1.96310	-0.59509		1.36801	

**Çizelge B.18:** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA60-WA12-P1), Enerji Yutma Kapasitesi Çizelgesi

DR	5.deney YERD(mm)	İTME 1.ÇEVİRİM				ÇEKME 1.ÇEVİRİM				ortalama cumulative enr
		toplam enr total energy kNm	elastik enr recovery enr. kNm		yutulan enr dissipated enr kNm	toplam enr total energy kNm	elastik enr recovery enr. kNm		yutulan enr dissipated enr kNm	
	0.00	0	0		0	0	0	0	0	0
0.0005	0.675	0.02050	<b>-0.01308</b>	<b>0.00743</b>	0.00743	0.01305	-0.00522	0.0.783	0.00783	0.00763
0.001	1.35	0.06628	-0.02377	0.04993	0.04251	5277.3	-0.01906	0.04155	0.03372	0.04574
0.002	2.7	0.17052	-0.05145	0.16900	0.11907	0.15768	-0.04523	0.15400	0.11245	0.16150
0.003	4.05	0.24671	-0.06963	0.34608	0.17708	0.20671	-0.05150	0.30921	0.15521	0.32765
0.004	5.4	0.22266	-0.05041	0.51833	0.17225	0.22196	-0.06710	0.46407	0.15486	0.49120
0.005	6.75	0.24465	-0.06123	0.70175	0.18342	0.24008	-0.08422	0.61993	0.15586	0.66084
0.006	8.1	0.24925	-0.05328	0.89772	0.19597	0.26320	-0.09500	0.78813	0.16820	0.84293
0.007	9.45	0.26497	-0.05832	1.10437	0.20665	0.26444	-0.08612	0.96645	0.17832	1.03541
0.008	10.8	0.24887	-0.06557	1.28767	0.18330	0.25375	-0.08917	1.13103	0.16458	1.20935
0.009	12.15	0.22931	-0.05363	1.46335	0.17568	0.22098	-0.06011	1.29190	0.16087	1.37763
0.01	13.5	0.23018	-0.05114	1.64239	0.17904	0.23877	-0.06391	1.46676	0.17486	1.55458
TOPLAM		2.19390	-0.55151		1.64239	2.13339	-0.66663		1.46676	



**Çizelge B.19:** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA12-P1), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi

ÖTELENME ORANI D/L	MAX YERD.(mm)	PLASTİK DEFORMASYON ORANI				ORT
		İTME	ÇEKME	İTME	ÇEKME	
		1.ÇEVİRİM (MM)	1. ÇEVİRİM (MM)	1.ÇEVİRİM	1.ÇEVİRİM	
	$\delta_{max}$	$\delta_{pl1}$	$\delta_{pl1}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$
0.0005	0.675	0.158	-0.066	0.234	0.098	0.166
0.001	1.350	0.356	-0.145	0.264	0.107	0.186
0.002	2.700	0.663	-0.785	0.246	0.291	0.268
0.003	4.050	1.187	-1.979	0.293	0.489	0.391
0.004	5.400	1.781	-2.119	0.330	0.392	0.361
0.005	6.750	2.454	-2.948	0.364	0.437	0.400
0.006	8.100	3.205	-3.712	0.396	0.458	0.427
0.007	9.450	4.106	-4.418	0.434	0.468	0.451
0.008	10.800	4.858	-5.358	0.450	0.496	0.473
0.009	12.150	5.950	-6.452	0.490	0.531	0.510
0.01	13.500	7.430	-6.984	0.550	0.517	0.534

**Çizelge B.20:** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA45-WA12-P1), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi

ÖTELENME ORANI D/L	MAX YERD.(mm)	PLASTİK DEFORMASYON ORANI				ORT
		İTME	ÇEKME	İTME	ÇEKME	
		1.ÇEVİRİM (MM)	1. ÇEVİRİM (MM)	1.ÇEVİRİM	1.ÇEVİRİM	
	$\delta_{max}$	$\delta_{pl1}$	$\delta_{pl1}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$
0.0005	0.675	0.195	-0.079	0.293	0.119	0.206
0.001	1.350	0.435	-0.237	0.327	0.178	0.253
0.002	2.700	0.768	-0.910	0.289	0.342	0.315
0.003	4.050	1.425	-1.622	0.357	0.407	0.382
0.004	5.400	2.042	-2.359	0.384	0.443	0.414
0.005	6.750	2.822	-2.770	0.424	0.417	0.420
0.006	8.100	3.469	-3.259	0.435	0.408	0.422
0.007	9.450	4.036	-3.839	0.434	0.412	0.423
0.008	10.800	4.848	-4.165	0.456	0.391	0.424
0.009	12.150	6.086	-4.079	0.508	0.341	0.425
0.01	13.500	7.163	-5.857	0.539	0.440	0.489

**Çizelge B.21:** Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA60-WA12-P1), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi

		PLASTİK DEFORMASYON ORANI				ORT
		İTME	ÇEKME	İTME	ÇEKME	
	MAX YERD.(mm)	1.ÇEVİRİM (MM)	1. ÇEVİRİM (MM)	1.ÇEVİRİM	1.ÇEVİRİM	
ÖTELENME ORANI D/L	$\delta_{max}$	$\delta_{pl1}$	$\delta_{pl1}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$
0.0005	0.675	0.079	-0.277	0.117	0.410	0.264
0.001	1.350	0.366	-0.534	0.271	0.396	0.333
0.002	2.700	1.108	-1.187	0.410	0.440	0.425
0.003	4.050	1.979	-2.282	0.489	0.563	0.526
0.004	5.400	2.988	-2.869	0.553	0.531	0.542
0.005	6.750	3.755	-3.315	0.556	0.491	0.524
0.006	8.100	4.455	-3.641	0.550	0.450	0.500
0.007	9.450	4.848	-3.970	0.513	0.420	0.467
0.008	10.800	5.342	-4.512	0.495	0.418	0.456
0.009	12.150	6.033	-5.395	0.497	0.444	0.470
0.01	13.500	6.701	-6.727	0.496	0.498	0.497

## 6.2 Ek C : Duvar düzlemine dik ankraj sayısının, bölme duvarlı çerçeve güçlendirmesine etkisi

**Çizelge C.1:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA12-P1), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi

YERDEĞİŞTİRME- MAKSİMUM YÜK 3 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA12-P1 )							
1.ÇEVİRİM							
YERD. ORANI	YERD. mm	İTME kN	ORT kN	YERD. ORANI	YERD. mm	ÇEKME kN	ORT kN
0	0	0	0	0	0	0	0
0.0005	0.675	37.33	41.07	-0.0005	-0.675	-44.81	-41.07
0.001	1.35	54.89	64.07	-0.001	-1.35	-73.24	-64.07
0.002	2.7	82.85	87.76	-0.002	-2.7	-92.66	-87.76
0.003	4.05	97.01	96.06	-0.003	-4.05	-95.10	-96.06
0.004	5.4	96.21	90.84	-0.004	-5.4	-85.47	-90.84
0.005	6.75	101.26	92.91	-0.005	-6.75	-84.55	-92.91
0.006	8.1	97.21	85.68	-0.006	-8.1	-74.15	-85.68
0.007	9.45	82.40	73.77	-0.007	-9.45	-65.13	-73.77
0.008	10.8	77.97	65.90	-0.008	-10.8	-53.82	-65.90
0.009	12.15	69.86	56.87	-0.009	-12.15	-43.88	-56.87
0.01	13.5	62.17	51.65	-0.01	-13.5	-41.13	-51.65

**Çizelge C.2:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi

YERDEĞİŞTİRME- MAKSİMUM YÜK 6 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA8-P1 )							
1.ÇEVİRİM							
ÖTELENME ORANI	YERD. mm	İTME kN	ORT kN	YERD. ORANI	YERD. mm	ÇEKME kN	ORT kN
0	0	0	0	0	0	0	0
0.0005	0.665	64.96	62.68	-0.0005	-0.665	-60.40	-62.68
0.001	1.33	95.10	89.68	-0.001	-1.33	-84.25	-89.68
0.002	2.66	127.86	<b>115.99</b>	-0.002	-2.66	-104.12	<b>-115.99</b>
0.003	3.99	124.62	110.02	-0.003	-3.99	-95.41	-110.02
0.004	5.32	127.45	110.75	-0.004	-5.32	-94.04	-110.75
0.005	6.65	116.13	100.27	-0.005	-6.65	-84.40	-100.27
0.006	7.98	104.60	88.69	-0.006	-7.98	-72.78	-88.69
0.007	9.31	88.62	75.12	-0.007	-9.31	-61.62	-75.12
0.008	10.64	61.92	57.03	-0.008	-10.64	-52.14	-57.03
0.009	11.97	43.29	43.51	-0.009	-11.97	-43.73	-43.51
0.01	13.3	35.62	35.11	-0.01	-13.3	-34.60	-35.11

**Çizelge C.3:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA5-P1), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi

YERDEĞİŞTİRME- MAKSİMUM YÜK 7 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA5-P1 )							
1.ÇEVİRİM							
YERD. ORANI	YERD. mm	İTME kN	ORT kN	YERD. ORANI	YERD. mm	ÇEKME kN	ORT kN
0	0	0	0	0	0	0	0
0.0005	0.67	60.96	54.41	-0.0005	-0.67	-47.86	-54.41
0.001	1.34	90.29	81.23	-0.001	-1.34	-72.17	-81.23
0.002	2.68	109.91	94.48	-0.002	-2.68	-79.05	-94.48
0.003	4.02	91.31	82.20	-0.003	-4.02	-73.09	-82.20
0.004	5.36	91.31	81.82	-0.004	-5.36	-72.32	-81.82
0.005	6.7	88.88	79.00	-0.005	-6.7	-69.11	-79.00
0.006	8.04	83.21	69.74	-0.006	-8.04	-56.27	-69.74
0.007	9.38	76.74	58.86	-0.007	-9.38	-40.98	-58.86
0.008	10.72	67.03	49.80	-0.008	-10.72	-32.56	-49.80
0.009	12.06	54.69	41.18	-0.009	-12.06	-27.67	-41.18
0.01	13.4	36.70	31.65	-0.01	-13.4	-26.60	-31.65

**Çizelge C.4:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA3-P1), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi

YERDEĞİŞTİRME- MAKSİMUM YÜK 8 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA3-P1 )							
1.ÇEVİRİM							
YERD. ORANI	YERD. mm	İTME kN	ORT kN	YERD. ORANI	YERD. mm	ÇEKME kN	ORT kN
0	0	0	0	0	0	0	0
0.0005	0.675	67.53	64.96	-0.0005	-0.675	-62.38	-64.96
0.001	1.35	92.00	86.52	-0.001	-1.35	-81.04	-86.52
0.002	2.7	124.16	109.79	-0.002	-2.7	-95.41	-109.79
0.003	4.05	108.99	95.55	-0.003	-4.05	-82.11	-95.55
0.004	5.4	107.98	93.13	-0.004	-5.4	-78.28	-93.13
0.005	6.75	101.11	87.41	-0.005	-6.75	-73.70	-87.41
0.006	8.1	88.00	77.26	-0.006	-8.1	-66.51	-77.26
0.007	9.45	54.38	60.37	-0.007	-9.45	-66.36	-60.37
0.008	10.8	30.18	43.30	-0.008	-10.8	-56.42	-43.30
0.009	12.15	27.49	37.45	-0.009	-12.15	-47.40	-37.45
0.01	13.5	29.77	37.06	-0.01	-13.5	-44.34	-37.06

**Çizelge C.5:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA12-P1), Rijitlik Değişimi Çizelgesi

RİJİTLİK DEĞİŞİMİ 3 NO'LU DENEY (I-FA30-WA12-P1)						
YERDEĞİŞTİRME ORANI	YERDEĞİŞTİRME	1.ÇEVİRİM			RİJİTLİK kN/mm	
		İTME kN	ÇEKME kN	TOPLAM kN		
0.0005	0.675	37.33	-44.81	82.14	60.84	
0.001	1.35	54.89	-73.24	128.13	47.46	
0.002	2.7	82.85	-92.66	175.51	32.50	
0.003	4.05	97.01	-95.10	192.11	23.72	
0.004	5.4	96.21	-85.47	181.68	16.82	
0.005	6.75	101.26	-84.55	185.81	13.76	
0.006	8.1	97.21	-74.15	171.36	10.58	
0.007	9.45	82.40	-65.13	147.53	7.81	
0.008	10.8	77.97	-53.82	131.79	6.10	
0.009	12.15	69.86	-43.88	113.74	4.68	
0.01	13.5	62.17	-41.13	103.30	3.83	

**Çizelge C.6:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1), Rijitlik Değişimi Çizelgesi

<b>RİJİTLİK DEĞİŞİMİ 6 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA8-P1)</b>					
		1.ÇEVİRİM			
YERDEĞİŞTİRME	ÖTELENME ORANI	İTME kN	ÇEKME kN	TOPLAM kN	RİJİTLİK kN/mm
0.665	0.0005	64.96	-60.40	125.36	94.26
1.33	0.001	95.10	-84.25	179.35	67.42
2.66	0.002	127.86	-104.12	231.98	43.61
3.99	0.003	124.62	-95.41	220.03	27.57
5.32	0.004	127.45	-94.04	221.49	20.82
6.65	0.005	116.13	-84.40	200.53	15.08
7.98	0.006	104.60	-72.78	177.38	11.11
9.31	0.007	88.62	-61.62	150.24	8.07
10.64	0.008	61.92	-52.14	114.06	5.36
11.97	0.009	43.29	-43.73	87.02	3.63
13.3	0.01	35.62	-34.60	70.22	2.64

**Çizelge C.7:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA5-P1), Rijitlik Değişimi Çizelgesi

<b>RİJİTLİK DEĞİŞİMİ 7 NO'LU DENEY ( I-FA60-WA5-P1 )</b>					
		1.ÇEVİRİM			
YERDEĞİŞTİRME ORANI	YERDEĞİŞTİRME mm	İTME kN	ÇEKME kN	TOPLAM kN	RİJİTLİK kN/mm
0.0005	0.67	60.96	-47.86	108.82	81.21
0.001	1.34	90.29	-72.17	162.46	60.62
0.002	2.68	109.91	-79.05	188.96	35.25
0.003	4.02	91.31	-73.09	164.40	20.45
0.004	5.36	91.31	-72.32	163.63	15.26
0.005	6.70	88.88	-69.11	157.99	11.79
0.006	8.04	83.21	-56.27	139.48	8.67
0.007	9.38	76.74	-40.98	117.72	6.28
0.008	10.72	67.03	-32.56	99.59	4.65
0.009	12.06	54.69	-27.67	82.36	3.41
0.01	13.40	36.70	-26.60	63.30	2.36

**Çizelge C.8:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA3-P1), Rijitlik Değişimi Çizelgesi

<b>RİJİTLİK DEĞİŞİMİ 8 NO'LU DENEY ( I-FA60-WA3-P1 )</b>					
		1.ÇEVİRİM			
YERDEĞİŞTİRME ORANI	YERDEĞİŞTİRME mm	İTME kN	ÇEKME kN	TOPLAM kN	RİJİTLİK kN/mm
0.0005	0.675	67.53	-62.38	129.91	96.23
0.001	1.35	92.00	-81.04	173.04	64.09
0.002	2.7	124.16	-95.41	219.57	40.66
0.003	4.05	108.99	-82.11	191.10	23.59
0.004	5.4	107.98	-78.28	186.26	17.25
0.005	6.75	101.11	-73.70	174.81	12.95
0.006	8.1	88.00	-66.51	154.51	9.54
0.007	9.45	54.38	-66.36	120.74	6.39
0.008	10.8	30.18	-56.42	86.60	4.01
0.009	12.15	27.49	-47.40	74.89	3.08
0.01	13.5	29.77	-44.34	74.11	2.74

**Çizelge C.9:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA12-P1), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması Oranı Çizelgesi

<b>ÇEVİRİMLER ARASI RİJİTLİK AZALMASI ORANI</b>			
<b>3 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA12-P1)</b>			
ÖTELENME ORANI	İTME 1.ÇEVİRİM kN/mm	İTME 2.ÇEVİRİM kN/mm	$\Delta S=(S1-S2)/S1$
0	0	0	
0.0005	60.844	56.541	0.07
0.001	47.456	29.300	0.38
0.002	32.502	27.291	0.16
0.003	23.717	16.405	0.31
0.004	16.822	14.244	0.15
0.005	13.764	11.512	0.16
0.006	10.578	8.588	0.19
0.007	7.806	6.359	0.19
0.008	6.101	5.078	0.17
0.009	4.681	3.817	0.18
0.01	3.826	3.319	0.13

S1=i. inci ötelenme oranının daki 1.çevrim rijitliği

S2=i. inci ötelenme oranının daki 2.çevrim rijitliği

**Çizelge C.10:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA8-P1), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması Oranı Çizelgesi

<b>ÇEVİRİMLER ARASI RİJİTLİK AZALMASI ORANI</b>			
<b>6 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA8-P1)</b>			
ÖTELENME ORANI	İTME 1.ÇEVİRİM kN/mm	İTME 2.ÇEVİRİM kN/mm	$\Delta S=(S1-S2)/S1$
0	0	0	
0.0005	94.256	91.398	0.03
0.001	67.425	60.763	0.10
0.002	43.605	30.957	0.29
0.003	27.573	22.713	0.18
0.004	20.817	17.034	0.18
0.005	15.077	12.593	0.16
0.006	11.114	8.946	0.20
0.007	8.069	6.084	0.25
0.008	5.360	4.182	0.22
0.009	3.635	2.873	0.21
0.01	2.640	2.138	0.19

**Çizelge C.11:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA5-P1), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması Oranı Çizelgesi

<b>ÇEVİRİMLER ARASI RİJİTLİK AZALMASI ORANI</b>			
<b>7 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA5-P1)</b>			
ÖTELENME ORANI	İTME 1.ÇEVİRİM kN/mm	İTME 2.ÇEVİRİM kN/mm	$\Delta S=(S1-S2)/S1$
0	0	0	
0.0005	81.209	78.754	0.03
0.001	60.619	53.914	0.11
0.002	35.254	24.849	0.30
0.003	20.448	17.141	0.16
0.004	15.264	12.845	0.16
0.005	11.790	9.632	0.18
0.006	8.674	7.083	0.18
0.007	6.275	5.063	0.19
0.008	4.645	3.817	0.18
0.009	3.415	2.629	0.23
0.01	2.362	1.912	0.19

**Çizelge C.12:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA3-P1), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması Oranı Çizelgesi

<b>ÇEVİRİMLER ARASI RİJİTLİK AZALMASI ORANI</b>			
<b>8 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA3-P1)</b>			
ÖTELENME ORANI	İTME 1.ÇEVİRİM kN/mm	İTME 2.ÇEVİRİM kN/mm	$\Delta S=(S1-S2)/S1$
0	0	0	
0.0005	96.230	84.963	0.12
0.001	64.089	54.500	0.15
0.002	40.661	27.300	0.33
0.003	23.593	19.438	0.18
0.004	17.246	14.038	0.19
0.005	12.949	10.731	0.17
0.006	9.538	6.627	0.31
0.007	6.388	4.769	0.25
0.008	4.009	3.383	0.16
0.009	3.082	2.777	0.10
0.01	2.745	2.499	0.09

**Çizelge C.13:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA12-P1), Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi

<b>KALAN DAY. MİK. 3 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA12-P1)</b>				
YERDEĞİŞTİRME ORANI	İTME kN	ÇEKME kN	Pi(ort) kN	Pi/Pmax
0.0005	37.33	-44.81	41.07	<b>0.43</b>
0.001	54.89	-73.24	64.07	<b>0.67</b>
0.002	82.85	-92.66	87.76	<b>0.91</b>
0.003	97.01	<b>-95.10</b>	96.06	1.00
0.004	96.21	-85.47	90.84	0.95
0.005	<b>101.26</b>	-84.55	92.91	0.97
0.006	97.21	-74.15	85.68	0.89
0.007	82.40	-65.13	73.77	0.77
0.008	77.97	-53.82	65.90	0.69
0.009	69.86	-43.88	56.87	0.59
0.01	62.17	-41.13	51.65	0.54



**Çizelge C.14:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA8-P1), Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi

KALAN DAY. MİK. 6 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA8-P1)				
YERDEĞİŞTİRME ORANI	İTME kN	ÇEKME kN	Pi(ort) kN	Pi/Pmax
0.0005	64.96	-60.40	62.68	<b>0.54</b>
0.001	95.10	-84.25	89.68	<b>0.77</b>
0.002	<b>127.86</b>	<b>-104.12</b>	115.99	1.00
0.003	124.62	-95.41	110.02	0.95
0.004	127.45	-94.04	110.75	0.95
0.005	116.13	-84.40	100.27	0.86
0.006	104.60	-72.78	88.69	0.76
0.007	88.62	-61.62	75.12	0.65
0.008	61.92	-52.14	57.03	0.49
0.009	43.29	-43.73	43.51	0.38
0.01	35.62	-34.60	35.11	0.30

**Çizelge C.15:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA5-P1), Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi

KALAN DAY. MİK. 7 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA5-P1)				
YERDEĞİŞTİRME ORANI	İTME kN	ÇEKME kN	Pi(ort) kN	Pi/Pmax
0.0005	60.96	-47.86	54.41	<b>0.58</b>
0.001	90.29	-72.17	81.23	<b>0.86</b>
0.002	<b>109.91</b>	<b>-79.05</b>	94.48	1.00
0.003	91.31	-73.09	82.20	0.87
0.004	91.31	-72.32	81.82	0.87
0.005	88.88	-69.11	79.00	0.84
0.006	83.21	-56.27	69.74	0.74
0.007	76.74	-40.98	58.86	0.62
0.008	67.03	-32.56	49.80	0.53
0.009	54.69	-27.67	41.18	0.44
0.01	36.70	-26.60	31.65	0.33

**Çizelge C.16:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA3-P1), Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi

KALAN DAY. MİK. 8 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA3-P1)				
YERDEĞİŞTİRME ORANI	İTME kN	ÇEKME kN	Pi(ort) kN	Pi/Pmax
0.0005	67.53	-62.38	64.96	<b>0.59</b>
0.001	92.00	-81.04	86.52	<b>0.79</b>
0.002	<b>124.16</b>	<b>-95.41</b>	109.79	1.00
0.003	108.99	-82.11	95.55	0.87
0.004	107.98	-78.28	93.13	0.85
0.005	101.11	-73.70	87.41	0.80
0.006	88.00	-66.51	77.26	0.70
0.007	54.38	-66.36	60.37	0.55
0.008	30.18	-56.42	43.30	0.39
0.009	27.49	-47.40	37.45	0.34
0.01	29.77	-44.34	37.06	0.34

**Çizelge C.17:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA12-P1), Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi

ÇEVİRİMLER ARASI DAYANIM AZALMASI ORANI (I-FA30-WA12-P1)							
YERD. ORANI	İTME			ÇEKME			ORT. ΔP
	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	$\Delta P=(P1-P2)/P1$	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	$\Delta P=(P1-P2)/P1$	
0	0	0	0	0	0	0	0
0.0005	37.33	31.53	0.16	-44.81	-44.80	0.00	0.08
0.001	54.89	34.01	0.38	-73.24	-45.10	0.38	0.38
0.002	82.85	65.26	0.21	-92.66	-82.11	0.11	0.16
0.003	97.01	72.33	0.25	-95.10	-60.55	0.36	0.31
0.004	96.21	80.43	0.16	-85.47	-73.40	0.14	0.15
0.005	101.26	84.47	0.17	-84.55	-70.94	0.16	0.16
0.006	97.21	80.42	0.17	-74.15	-58.71	0.21	0.19
0.007	82.40	68.04	0.17	-65.13	-52.14	0.20	0.19
0.008	77.97	67.02	0.14	-53.82	-42.66	0.21	0.17
0.009	69.86	55.29	0.21	-43.88	-37.46	0.15	0.18
0.01	62.17	52.46	0.16	-41.13	-37.15	0.10	0.13

**Çizelge C.18:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA8-P1), Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi

ÇEVİRİMLER ARASI DAYANIM AZALMASI ORANI (I-FA30-WA8-P1)							
YERD. ORANI	İTME			ÇEKME			ORT. ΔP
	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	$\Delta P=(P1-P2)/P1$	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	$\Delta P=(P1-P2)/P1$	
0	0	0		0	0	0	0
0.0005	64.96	61.31	0.06	-60.40	-60.25	0.00	0.03
0.001	95.10	85.18	0.10	-84.25	-76.45	0.09	0.10
0.002	<b>127.86</b>	98.94	0.23	<b>-104.12</b>	-65.75	0.37	0.30
0.003	<b>124.62</b>	99.75	0.20	-95.41	-81.50	0.15	0.17
0.004	127.45	100.96	0.21	-94.04	-80.28	0.15	0.18
0.005	116.13	99.75	0.14	-84.40	-67.74	0.20	0.17
0.006	104.60	83.76	0.20	-72.78	-59.02	0.19	0.19
0.007	88.62	63.74	0.28	-61.62	-49.54	0.20	0.24
0.008	61.92	48.48	0.22	-52.14	-40.52	0.22	0.22
0.009	43.29	35.61	0.18	-43.73	-33.18	0.24	0.21
0.01	35.62	26.45	0.26	-34.60	-30.42	0.12	0.19

**Çizelge C.19:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA5-P1), Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi

ÇEVİRİMLER ARASI DAYANIM AZALMASI ORANI (I-FA30-WA5-P1)							
YERD. ORANI	İTME			ÇEKME			ORT. ΔP
	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	$\Delta P=(P1-P2)/P1$	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	$\Delta P=(P1-P2)/P1$	
0	0	0		0	0	0	0
0.0005	60.96	58.13	0.05	-47.86	-47.40	0.01	0.03
0.001	90.29	80.58	0.11	-72.17	-63.91	0.11	0.11
0.002	109.91	71.88	0.35	-79.05	-61.31	0.22	0.29
0.003	91.31	76.34	0.16	-73.09	-61.47	0.16	0.16
0.004	91.31	77.15	0.16	-72.32	-60.55	0.16	0.16
0.005	88.88	72.50	0.18	-69.11	-56.57	0.18	0.18
0.006	83.21	71.08	0.15	-56.27	-42.81	0.24	0.19
0.007	76.74	63.80	0.17	-40.98	-31.19	0.24	0.20
0.008	67.03	56.31	0.16	-32.56	-25.53	0.22	0.19
0.009	54.69	39.40	0.28	-27.67	-24.00	0.13	0.21
0.01	36.70	28.61	0.22	-26.60	-22.63	0.15	0.18

**Çizelge C.20:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA3-P1), Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi

<b>ÇEVİRİMLER ARASI DAYANIM AZALMASI ORANI (I-FA30-WA3-P1)</b>							
YERD. ORANI	İTME			ÇEKME			ORT. ΔP
	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	$\Delta P=(P1-P2)/P1$	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	$\Delta P=(P1-P2)/P1$	
0	0	0		0	0	0	0
0.0005	67.53	57.82	0.14	-62.38	-56.88	0.09	0.12
0.001	92.00	78.65	0.15	-81.04	-68.50	0.15	0.15
0.002	124.16	89.17	0.28	-95.41	-58.25	0.39	0.34
0.003	108.99	90.79	0.17	-82.11	-66.66	0.19	0.18
0.004	107.98	88.77	0.18	-78.28	-62.84	0.20	0.19
0.005	101.11	83.10	0.18	-73.70	-61.77	0.16	0.17
0.006	88.00	50.93	0.42	-66.51	-56.42	0.15	0.29
0.007	54.38	39.52	0.27	-66.36	-50.61	0.24	0.26
0.008	30.18	25.07	0.17	-56.42	-48.01	0.15	0.16
0.009	27.49	26.66	0.03	-47.40	-40.82	0.14	0.08
0.01	29.77	27.49	0.08	-44.34	-38.53	0.13	0.10

**Çizelge C.21:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA12-P1), Enerji Yutma Kapasitesi Çizelgesi

DR	3.deney YERD(MM)	İTME 1.ÇEVİRİM				ÇEKME 1.ÇEVİRİM				ort cumulative enr kNm
		toplam enr total energy kNm	elastik enr recovery enr. kNm		yutulan enr dissipated enr kNm	toplam enr total energy kNm	elastik enr recovery enr. kNm		yutulan enr dissipated enr kNm	
				cumulative enr kNm				cumulative enr kNm		
	0.00	0	0		0	0	0		0	0
0.0005	0.675	0.01121	<b>-0.01030</b>	<b>0.00091</b>	0.00091	0.01535	-0.01153	0.00382	0.00382	0.00237
0.001	1.35	0.04023	-0.01576	0.02538	0.02447	0.06385	-0.03086	0.03681	0.03299	0.03110
0.002	2.7	0.11121	-0.03474	0.10185	0.07647	0.13631	-0.05902	0.11410	0.07729	0.10798
0.003	4.05	0.16099	-0.06670	0.19614	0.09429	0.21024	-0.02773	0.29661	0.18251	0.24638
0.004	5.4	0.21179	-0.09320	0.31473	0.11859	0.20309	-0.07626	0.42344	0.12683	0.36909
0.005	6.75	0.26057	-0.12848	0.44682	0.13209	0.24338	-0.09128	0.57554	0.15210	0.51118
0.006	8.1	0.29357	-0.07987	0.66052	0.21370	0.22054	-0.08177	0.71431	0.13877	0.68742
0.007	9.45	0.27772	-0.10542	0.83282	0.17230	0.27469	-0.07421	0.91479	0.20048	0.87381
0.008	10.8	0.32307	-0.08840	1.06749	0.23467	0.25885	-0.06083	1.11281	0.19802	1.09015
0.009	12.15	0.31142	-0.05288	1.32603	0.25854	0.21184	-0.05446	1.27019	0.15738	1.29811
0.01	13.5	0.28724	-0.06077	1.55250	0.22647	0.24587	-0.08627	1.42979	0.15960	1.49115
TOPLAM		2.28902	-0.73652		1.55250	2.08401	-0.65422		1.42979	

**Çizelge C.22:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA8-P1), Enerji Yutma Kapasitesi Çizelgesi

6.deney		İTME 1.ÇEVİRİM				ÇEKME 1.ÇEVİRİM				
DR	YERD(mm)	toplam enr total energy kNm	elastik enr recovery enr. kNm	cumulative enr enr kNm	yutulan enr dissipated enr kNm	toplam enr total energy kNm	elastik enr recovery enr. kNm	cumulative enr enr kNm	yutulan enr dissipated enr kNm	ort cumulative enr enr kNm
	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0
0.0005	0.665	0.02653	<b>-0.01205</b>	<b>0.01448</b>	0.01448	0.02915	-0.01515	0.01400	0.01400	0.01424
0.001	1.33	0.06984	-0.03160	0.05272	0.03824	0.07242	-0.03212	0.05430	0.04030	0.05351
0.002	2.66	0.19826	-0.08465	0.16633	0.11361	0.17739	-0.05602	0.17567	0.12137	0.17100
0.003	3.99	0.23691	-0.08354	0.31970	0.15337	0.20076	-0.06873	0.30770	0.13203	0.31370
0.004	5.32	0.28701	-0.11995	0.48676	0.16706	0.24113	-0.08537	0.46346	0.15576	0.47511
0.005	6.65	0.31874	-0.11094	0.69456	0.20780	0.21914	-0.04796	0.63464	0.17118	0.66460
0.006	7.98	0.34296	-0.10764	0.92988	0.23532	0.25873	-0.07180	0.82157	0.18693	0.87573
0.007	9.31	0.32300	-0.08511	1.16777	0.23789	0.23133	-0.06215	0.99075	0.16918	1.07926
0.008	10.64	0.25442	-0.06682	1.35537	0.18760	0.22548	-0.05428	1.16195	0.17120	1.25866
0.009	11.97	0.20632	-0.04307	1.51862	0.16325	0.22875	-0.04927	1.34143	0.17948	1.43003
0.01	13.3	0.14967	-0.03282	1.63547	0.11685	0.22121	-0.03940	1.52324	0.18181	1.57936
TOPLAM		2.41366	-0.77819		1.63547	2.10549	-0.58225		1.52324	

**Çizelge C.23:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA5-P1), Enerji Yutma Kapasitesi Çizelgesi

7.deney		İTME 1.ÇEVİRİM				ÇEKME 1.ÇEVİRİM				ort cumulative enr
DR	YERD(mm)	toplam enr total energy kNm	elastik enr recovery enr. kNm	cumulative enr cumulative enr kNm	yutulan enr dissipated enr kNm	toplam enr total energy kNm	elastik enr recovery enr. kNm	cumulative enr cumulative enr kNm	yutulan enr dissipated enr kNm	
	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0
0.0005	0.67	0.02194	-0.00970	0.01224	0.01224	0.01888	-0.00756	0.01132	0.01132	0.01178
0.001	1.34	0.06754	-0.03078	0.04900	0.03676	0.06200	-0.02832	0.04500	0.03368	0.04700
0.002	2.68	0.16795	-0.02603	0.19092	0.14192	0.11741	-0.01092	0.15149	0.10649	0.17121
0.003	4.02	0.17756	-0.05243	0.31605	0.12513	0.13402	-0.03709	0.24842	0.09693	0.28224
0.004	5.36	0.20836	-0.04429	0.48012	0.16407	0.15116	-0.05228	0.34730	0.09888	0.41371
0.005	6.70	0.21429	-0.06613	0.62828	0.14816	0.20497	-0.06221	0.49006	0.14276	0.55917
0.006	8.04	0.19003	-0.06045	0.75786	0.12958	0.14628	-0.03408	0.60226	0.11220	0.68006
0.007	9.38	0.22595	-0.05979	0.92402	0.16616	0.12795	-0.02677	0.70344	0.10118	0.81373
0.008	10.72	0.20204	-0.03880	1.08726	0.16324	0.09992	-0.01230	0.79106	0.08762	0.93916
0.009	12.06	0.24472	-0.03126	1.30072	0.21346	0.13091	-0.02495	0.89702	0.10596	1.09887
0.01	13.40	0.16006	-0.02172	1.43906	0.13834	0.08443	-0.02185	0.95960	0.06258	1.19933
TOPLAM		1.88044	-0.44138		1.43906	1.27793	-0.31833		0.95960	

**Çizelge C.24:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçevenin (I-FA30-WA3-P1), Enerji Yutma Kapasitesi Çizelgesi

DR	8.deney	İTME 1.ÇEVİRİM				ÇEKME 1.ÇEVİRİM				ort cumulative enr
		toplam enr	elastik enr		yutulan enr	toplam enr	elastik enr		yutulan enr	
	YERD(MM)	total energy	recovery enr.	cumulative enr	dissipated enr	total energy	recovery enr.	cumulative enr	dissipated enr	
		kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0
0.0005	0.675	0.03130	-0.0.715	0.02415	0.02415	0.03403	-0.01154	0.02249	0.02249	0.02332
0.001	1.35	0.06829	-0.02236	0.07008	0.04593	0.07601	-0.03001	0.06849	0.04600	0.06929
0.002	2.7	0.16866	-0.04549	0.19325	0.12317	0.13898	-0.01340	0.19407	0.12558	0.19366
0.003	4.05	0.21188	-0.05764	0.34749	0.15424	0.18116	-0.05300	0.32223	0.12816	0.33486
0.004	5.4	0.22113	-0.07218	0.49644	0.14895	0.18826	-0.05372	0.45677	0.13454	0.47661
0.005	6.75	0.25778	-0.08256	0.67166	0.17522	0.22258	-0.07108	0.60827	0.15150	0.63997
0.006	8.1	0.30716	-0.03589	0.94293	0.27127	0.25147	-0.07715	0.78259	0.17432	0.86276
0.007	9.45	0.14695	-0.03837	1.05151	0.10858	0.26372	-0.08135	0.96496	0.18237	1.00824
0.008	10.8	0.15666	-0.2152	1.18665	0.13514	0.30256	-0.07585	1.19167	0.22671	1.18916
0.009	12.15	0.11244	-0.02067	1.27842	0.09177	0.32062	-0.07002	1.44227	0.25060	1.36035
0.01	13.5	0.13260	-0.04346	1.36756	0.08914	0.22563	-0.06918	1.59872	0.15645	1.48314
TOPLAM		1.81485	-0.44729		1.36756	2.20502	-0.60630		1.59872	



**Çizelge C.25:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçvelerin (I-FA30-WA12-P1), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi

	3.DENEY	PLASTİK DEFORMASYON ORANI				ORT
		İTME	ÇEKME	İTME	ÇEKME	
	$\Delta_{max}$	1.ÇEVİRİM (MM)	1. ÇEVİRİM (MM)	1.ÇEVİRİM	1.ÇEVİRİM	
ÖTELENME ORANI D/L	MAX YERD.(mm)	$\delta_{p1}$	$\delta_{p1}$	$\delta_{p1}/\delta_{max}$	$\delta_{p1}/\delta_{max}$	$\delta_{p1}/\delta_{max}$
0.0005	0.675	0.158	-0.066	0.234	0.098	0.166
0.001	1.350	0.356	-0.145	0.264	0.107	0.186
0.002	2.700	0.663	-0.785	0.246	0.291	0.268
0.003	4.050	1.187	-1.979	0.293	0.489	0.391
0.004	5.400	1.781	-2.119	0.330	0.392	0.361
0.005	6.750	2.454	-2.948	0.364	0.437	0.400
0.006	8.100	3.205	-3.712	0.396	0.458	0.427
0.007	9.450	4.106	-4.418	0.434	0.468	0.451
0.008	10.800	4.858	-5.358	0.450	0.496	0.473
0.009	12.150	5.950	-6.452	0.490	0.531	0.510
0.01	13.500	7.430	-6.984	0.550	0.517	0.534

**Çizelge C.26:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçvelerin (I-FA30-WA8-P1), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi

	6.DENEY	PLASTİK DEFORMASYON ORANI				ORT
		İTME	ÇEKME	İTME	ÇEKME	
	$\Delta_{max}$	1.ÇEVİRİM (MM)	1. ÇEVİRİM (MM)	1.ÇEVİRİM	1.ÇEVİRİM	
ÖTELENME ORANI D/L	MAX YERD.(mm)	$\delta_{p1}$	$\delta_{p1}$	$\delta_{p1}/\delta_{max}$	$\delta_{p1}/\delta_{max}$	$\delta_{p1}/\delta_{max}$
0.0005	0.665	0.158	-0.119	0.238	0.179	0.208
0.001	1.330	0.317	-0.269	0.238	0.202	0.220
0.002	2.660	0.633	-1.029	0.238	0.387	0.312
0.003	3.990	1.296	-1.290	0.325	0.323	0.324
0.004	5.320	1.904	-1.899	0.358	0.357	0.357
0.005	6.650	2.521	-2.691	0.379	0.405	0.392
0.006	7.980	3.265	-3.504	0.409	0.439	0.424
0.007	9.310	4.724	-4.195	0.507	0.451	0.479
0.008	10.640	4.883	-5.184	0.459	0.487	0.473
0.009	11.970	6.713	-5.877	0.561	0.491	0.526
0.01	13.300	7.796	-6.751	0.586	0.508	0.547

**Çizelge C.27:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeveslerin (I-FA30-WA5-P1), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi

	7.DENEY	PLASTİK DEFORMASYON ORANI				ORT
		İTME	ÇEKME	İTME	ÇEKME	
	$\Delta_{max}$	1.ÇEVİRİM (mm)	1. ÇEVİRİM (mm)	1.ÇEVİRİM	1.ÇEVİRİM	
ÖTELENME ORANI D/L	MAX YERD.(mm)	$\delta_{pl1}$	$\delta_{pl1}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$
0.0005	0.670	0.178	-0.03	0.266	0.045	0.155
0.001	1.340	0.333	-0.198	0.249	0.148	0.198
0.002	2.680	0.981	-0.781	0.366	0.291	0.329
0.003	4.020	1.448	-1.385	0.360	0.345	0.352
0.004	5.360	2.011	-1.991	0.375	0.371	0.373
0.005	4.700	2.684	-2.651	0.571	0.564	0.568
0.006	8.040	3.594	-3.839	0.447	0.477	0.462
0.007	9.380	3.957	-4.947	0.422	0.527	0.475
0.008	10.720	5.230	-6.015	0.488	0.561	0.524
0.009	12.060	6.411	-7.093	0.532	0.588	0.560
0.01	13.400	7.295	-8.35	0.544	0.623	0.584

**Çizelge C.28:** Duvar Düzlemine Dik Ankraj sayısının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeveslerin (I-FA30-WA3-P1), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi

	8.DENEY	PLASTİK DEFORMASYON ORANI				ORT
		İTME	ÇEKME	İTME	ÇEKME	
	$\Delta_{max}$	1.ÇEVİRİM (mm)	1. ÇEVİRİM (mm)	1.ÇEVİRİM	1.ÇEVİRİM	
ÖTELENME ORANI D/L	MAX YERD.(mm)	$\delta_{pl1}$	$\delta_{pl1}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$
0.0005	0.675	0.237	-0.119	0.351	0.176	0.264
0.001	1.350	0.475	-0.269	0.352	0.199	0.276
0.002	2.700	0.950	-1.292	0.352	0.479	0.415
0.003	4.050	1.768	-1.471	0.437	0.363	0.400
0.004	5.400	2.533	-1.899	0.469	0.352	0.410
0.005	6.750	3.403	-2.194	0.504	0.325	0.415
0.006	8.100	5.342	-2.203	0.660	0.272	0.466
0.007	9.450	5.698	-3.344	0.603	0.354	0.478
0.008	10.800	7.302	-3.205	0.676	0.297	0.486
0.009	12.150	8.548	-4.313	0.704	0.355	0.529
0.01	13.500	9.300	-4.690	0.689	0.347	0.518

**6.3 Ek D: Güçlendirme sıvasının dayanım ve kalınlığının, bölme duvarlı çerçeve güçlendirmesine etkisi**

**Çizelge D.1:** Güçlendirme Sıvasının Dayanım ve Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi

<b>YERDEĞİŞTİRME- MAKSİMUM YÜK 6 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA8-P1 )</b>							
1.ÇEVİRİM							
ÖTELENME ORANI	YERD. mm	İTME kN	ORT kN	YERD. ORANI	YERD. mm	ÇEKME kN	ORT kN
0	0	0	0	0	0	0	0
0.0005	0.665	64.96	62.68	-0.0005	-0.665	-60.40	-62.68
0.001	1.33	95.10	89.68	-0.001	-1.33	-84.25	-89.68
0.002	2.66	127.86	<b>115.99</b>	-0.002	-2.66	-104.12	<b>-115.99</b>
0.003	3.99	124.62	110.02	-0.003	-3.99	-95.41	-110.02
0.004	5.32	127.45	110.75	-0.004	-5.32	-94.04	-110.75
0.005	6.65	116.13	100.27	-0.005	-6.65	-84.40	-100.27
0.006	7.98	104.60	88.69	-0.006	-7.98	-72.78	-88.69
0.007	9.31	88.62	75.12	-0.007	-9.31	-61.62	-75.12
0.008	10.64	61.92	57.03	-0.008	-10.64	-52.14	-57.03
0.009	11.97	43.29	43.51	-0.009	-11.97	-43.73	-43.51
0.01	13.3	35.62	35.11	-0.01	-13.3	-34.60	-35.11

**Çizelge D.2:** Güçlendirme Sıvası dayanımının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P2), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi

<b>YERDEĞİŞTİRME- MAKSİMUM YÜK 9 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA8-P2 )</b>							
1.ÇEVİRİM							
YERD. ORANI	YERD. mm	İTME kN	ORT kN	YERD. ORANI	YERD. mm	ÇEKME kN	ORT kN
0	0	0	0	0	0	0	0
0.0005	0.67	60.60	52.47	-0.0005	-0.67	-44.34	-52.47
0.001	1.34	91.81	78.40	-0.001	-1.34	-64.98	-78.40
0.002	2.68	121.33	103.78	-0.002	-2.68	-86.23	-103.78
0.003	4.02	135.89	116.11	-0.003	-4.02	-96.33	-116.11
0.004	5.36	134.68	114.51	-0.004	-5.36	-94.34	-114.51
0.005	6.7	136.10	115.45	-0.005	-6.7	-94.80	-115.45
0.006	8.04	124.57	110.37	-0.006	-8.04	-96.17	-110.37
0.007	9.38	106.77	96.43	-0.007	-9.38	-86.08	-96.43
0.008	10.72	91.40	82.02	-0.008	-10.72	-72.63	-82.02
0.009	12.06	78.25	70.17	-0.009	-12.06	-62.08	-70.17
0.01	13.4	61.47	58.87	-0.01	-13.4	-56.26	-58.87

**Çizelge D.3:** Güçlendirme Sıvası Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P3), Belirli Ötelenme Oranlarındaki Maksimum Yük Değerleri Çizelgesi

YERDEĞİŞTİRME- MAKSİMUM YÜK 10 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA8-P3 )							
1.ÇEVİRİM							
YERD. ORANI	YERD. mm	İTME kN	ORT kN	YERD. ORANI	YERD. mm	ÇEKME kN	ORT kN
0	0	0	0	0	0	0	0
0.0005	0.675	59.49	53.83	-0.0005	-0.675	-48.16	-53.83
0.001	1.35	91.65	79.39	-0.001	-1.35	-67.12	-79.39
0.002	2.7	120.17	99.92	-0.002	-2.7	-79.66	-99.92
0.003	4.05	132.30	113.63	-0.003	-4.05	-94.95	-113.63
0.004	5.4	133.72	119.08	-0.004	-5.4	-104.43	-119.08
0.005	6.75	127.65	112.98	-0.005	-6.75	-98.31	-112.98
0.006	8.1	112.89	105.15	-0.006	-8.1	-97.40	-105.15
0.007	9.45	98.94	96.18	-0.007	-9.45	-93.42	-96.18
0.008	10.8	82.96	82.76	-0.008	-10.8	-82.56	-82.76
0.009	12.15	70.62	72.09	-0.009	-12.15	-73.55	-72.09
0.01	13.5	61.31	60.01	-0.01	-13.5	-58.71	-60.01

**Çizelge D.4:** Güçlendirme Sıvasının Dayanım ve Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1), Rijitlik Değişimi Çizelgesi

RİJİTLİK DEĞİŞİMİ 6 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA8-P1)						
YERDEĞİŞTİRME	ÖTELENME ORANI	1.ÇEVİRİM			RİJİTLİK kN/mm	
		İTME kN	ÇEKME kN	TOPLAM kN		
0.665	0.0005	64.96	-60.40	125.36	94.26	
1.33	0.001	95.10	-84.25	179.35	67.42	
2.66	0.002	127.86	-104.12	231.98	43.61	
3.99	0.003	124.62	-95.41	220.03	27.57	
5.32	0.004	127.45	-94.04	221.49	20.82	
6.65	0.005	116.13	-84.40	200.53	15.08	
7.98	0.006	104.60	-72.78	177.38	11.11	
9.31	0.007	88.62	-61.62	150.24	8.07	
10.64	0.008	61.92	-52.14	114.06	5.36	
11.97	0.009	43.29	-43.73	87.02	3.63	
13.3	0.01	35.62	-34.60	70.22	2.64	

**Çizelge D.5:** Güçlendirme Sıvası Dayanımının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P2), Rijitlik Değişimi Çizelgesi

<b>RİJİTLİK DEĞİŞİMİ 9 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA8-P2)</b>					
		1.ÇEVİRİM			
YERDEĞİŞTİRME	YERDEĞİŞTİRME ORANI	İTME kN	ÇEKME kN	TOPLAM kN	RİJİTLİK kN/mm
0.67	0.0005	60.60	-44.34	104.94	78.31
1.34	0.001	91.81	-64.98	156.79	58.50
2.68	0.002	121.33	-86.23	207.56	38.72
4.02	0.003	135.89	-96.33	232.22	28.88
5.36	0.004	134.68	-94.34	229.02	21.36
6.7	0.005	136.10	-94.80	230.90	17.23
8.04	0.006	124.57	-96.17	220.74	13.73
9.38	0.007	106.77	-86.08	192.85	10.28
10.72	0.008	91.40	-72.63	164.03	7.65
12.06	0.009	78.25	-62.08	140.33	5.82
13.4	0.01	61.47	-56.26	117.73	4.39

**Çizelge D.6:** Güçlendirme Sıvası Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P3), Rijitlik Değişimi Çizelgesi

<b>RİJİTLİK DEĞİŞİMİ 10 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA8-P3)</b>					
		1.ÇEVİRİM			
YERDEĞİŞTİRME	YERDEĞİŞTİRME ORANI	İTME kN	ÇEKME kN	TOPLAM kN	RİJİTLİK kN/mm
0.675	0.0005	59.49	-48.16	107.65	79.74
1.35	0.001	91.65	-67.12	158.77	58.80
2.7	0.002	120.17	-79.66	199.83	37.01
4.05	0.003	132.30	-94.95	227.25	28.06
5.4	0.004	133.72	-104.43	238.15	22.05
6.75	0.005	127.65	-98.31	225.96	16.74
8.1	0.006	112.89	-97.40	210.29	12.98
9.45	0.007	98.94	-93.42	192.36	10.18
10.8	0.008	82.96	-82.56	165.52	7.66
12.15	0.009	70.62	-73.55	144.17	5.93
13.5	0.01	61.31	-58.71	120.02	4.45

**Çizelge D.7:** Güçlendirme Sıvasının Dayanım ve Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması Oranı Çizelgesi

<b>ÇEVİRİMLER ARASI RİJİTLİK AZALMASI ORANI</b>			
<b>6 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA8-P1)</b>			
ÖTELENME ORANI	İTME 1.ÇEVİRİM kN/mm	İTME 2.ÇEVİRİM kN/mm	$\Delta S=(S1-S2)/S1$
0	0	0	
0.0005	94.256	91.398	0.03
0.001	67.425	60.763	0.10
0.002	43.605	30.957	0.29
0.003	27.573	22.713	0.18
0.004	20.817	17.034	0.18
0.005	15.077	12.593	0.16
0.006	11.114	8.946	0.20
0.007	8.069	6.084	0.25
0.008	5.360	4.182	0.22
0.009	3.635	2.873	0.21
0.01	2.640	2.138	0.19

**Çizelge D.8:** Güçlendirme Sıvası Dayanımının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P2), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması Oranı Çizelgesi

<b>ÇEVİRİMLER ARASI RİJİTLİK AZALMASI ORANI</b>			
<b>9 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA8-P2)</b>			
ÖTELENME ORANI	İTME 1.ÇEVİRİM kN/mm	İTME 2.ÇEVİRİM kN/mm	$\Delta S=(S1-S2)/S1$
0	0	0	
0.0005	78.313	74.567	0.05
0.001	58.504	53.183	0.09
0.002	38.724	33.521	0.13
0.003	28.883	24.641	0.15
0.004	21.364	19.091	0.11
0.005	17.231	15.131	0.12
0.006	13.728	11.331	0.17
0.007	10.280	8.573	0.17
0.008	7.651	6.243	0.18
0.009	5.818	4.651	0.20
0.01	4.393	3.642	0.17

**Çizelge D.9:** Güçlendirme Sıvası Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P3), Çevrimler Arası Rijitlik Azalması Oranı Çizelgesi

<b>ÇEVİRİMLER ARASI RİJİTLİK AZALMASI ORANI</b>			
<b>10 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA8-P3)</b>			
ÖTELENME ORANI	İTME 1.ÇEVİRİM kN/mm	İTME 2.ÇEVİRİM kN/mm	$\Delta S=(S1-S2)/S1$
0	0	0	
0.0005	79.741	73.533	0.08
0.001	58.804	54.556	0.07
0.002	37.006	32.748	0.12
0.003	28.056	24.617	0.12
0.004	22.051	18.562	0.16
0.005	16.738	14.289	0.15
0.006	12.981	10.795	0.17
0.007	10.178	8.024	0.21
0.008	7.663	6.247	0.18
0.009	5.933	4.799	0.19
0.01	4.445	3.593	0.19

**Çizelge D.10:** Güçlendirme Sıvasının Dayanım ve Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1), Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi

<b>KALAN DAY. MİK. 6 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA8-P1)</b>				
YERDEĞİŞTİRME ORANI	İTME kN	ÇEKME kN	Pi(ort) kN	Pi/Pmax
0.0005	64.96	-60.40	62.68	<b>0.54</b>
0.001	95.10	-84.25	89.68	<b>0.77</b>
0.002	<b>127.86</b>	<b>-104.12</b>	<b>115.99</b>	1.00
0.003	124.62	-95.41	110.02	0.95
0.004	127.45	-94.04	110.75	0.95
0.005	116.13	-84.40	100.27	0.86
0.006	104.60	-72.78	88.69	0.76
0.007	88.62	-61.62	75.12	0.65
0.008	61.92	-52.14	57.03	0.49
0.009	43.29	-43.73	43.51	0.38
0.01	35.62	-34.60	35.11	0.30

**Çizelge D.11:** Güçlendirme Sıvası Dayanımının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P2), Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi

KALAN DAY. MİK. 9 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA8-P2)				
YERDEĞİŞTİRME ORANI	İTME kN	ÇEKME kN	Pi(ort) kN	Pi/Pmax
0.0005	60.60	-44.34	52.47	<b>0.45</b>
0.001	91.81	-64.98	78.40	<b>0.68</b>
0.002	121.33	-86.23	103.78	<b>0.89</b>
0.003	135.89	<b>-96.33</b>	116.11	1.00
0.004	134.68	-94.34	114.51	0.99
0.005	<b>136.10</b>	-94.80	115.45	0.99
0.006	124.57	-96.17	110.37	0.95
0.007	106.77	-86.08	96.43	0.83
0.008	91.40	-72.63	82.02	0.71
0.009	78.25	-62.08	70.17	0.60
0.01	61.47	-56.26	58.87	0.51

**Çizelge D.12:** Güçlendirme Sıvası Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P3), Kalan Dayanım Oranı Çizelgesi

KALAN DAY. MİK. 10 NO'LU DENEY ( I-FA30-WA8-P3)				
YERDEĞİŞTİRME ORANI	İTME kN	ÇEKME kN	Pi(ort) kN	Pi/Pmax
0.0005	59.49	-48.16	53.83	<b>0.45</b>
0.001	91.65	-67.12	79.39	<b>0.67</b>
0.002	120.17	-79.66	99.92	<b>0.84</b>
0.003	132.30	-94.95	113.63	<b>0.95</b>
0.004	<b>133.72</b>	<b>-104.43</b>	<b>119.08</b>	1.00
0.005	127.65	-98.31	112.98	0.95
0.006	112.89	-97.40	105.15	0.88
0.007	98.94	-93.42	96.18	0.81
0.008	82.96	-82.56	82.76	0.69
0.009	70.62	-73.55	72.09	0.61
0.01	61.31	-58.71	60.01	0.50



**Çizelge D.13:** Güçlendirme Sıvasının Dayanım ve Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1), Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi

ÇEVİRİMLER ARASI DAYANIM AZALMASI ORANI (I-FA30-WA8-P1)							
YERD. ORANI	İTME			ÇEKME			ORT. ΔP
	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	ΔP=(P1-P2)/P1	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	ΔP=(P1-P2)/P1	
0	0	0		0	0	0	0
0.0005	64.96	61.31	0.06	-60.40	-60.25	0.00	0.03
0.001	95.10	85.18	0.10	-84.25	-76.45	0.09	0.10
0.002	<b>127.86</b>	98.94	0.23	<b>-104.12</b>	-65.75	0.37	0.30
0.003	<b>124.62</b>	99.75	0.20	-95.41	-81.50	0.15	0.17
0.004	127.45	100.96	0.21	-94.04	-80.28	0.15	0.18
0.005	116.13	99.75	0.14	-84.40	-67.74	0.20	0.17
0.006	104.60	83.76	0.20	-72.78	-59.02	0.19	0.19
0.007	88.62	63.74	0.28	-61.62	-49.54	0.20	0.24
0.008	61.92	48.48	0.22	-52.14	-40.52	0.22	0.22
0.009	43.29	35.61	0.18	-43.73	-33.18	0.24	0.21
0.01	35.62	26.45	0.26	-34.60	-30.42	0.12	0.19

**Çizelge D.14:** Güçlendirme Sıvası Dayanımının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P2), Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi

ÇEVİRİMLER ARASI DAYANIM AZALMASI ORANI (I-FA30-WA8-P2)							
YERD. ORANI	İTME			ÇEKME			ORT. ΔP
	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	ΔP=(P1-P2)/P1	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	ΔP=(P1-P2)/P1	
0	0	0		0	0		
0.0005	60.60	58.03	0.04	-44.34	-41.89	0.06	0.05
0.001	91.81	83.51	0.09	-64.98	-59.02	0.09	0.09
0.002	121.33	105.97	0.13	-86.23	-73.70	0.15	0.14
0.003	135.89	112.64	0.17	-96.33	-85.47	0.11	0.14
0.004	134.68	121.33	0.10	-94.34	-83.33	0.12	0.11
0.005	136.10	119.11	0.12	-94.80	-83.64	0.12	0.12
0.006	124.57	101.32	0.19	-96.17	-80.88	0.16	0.17
0.007	106.77	89.58	0.16	-86.08	-71.25	0.17	0.17
0.008	91.40	74.21	0.19	-72.63	-59.63	0.18	0.18
0.009	78.25	59.44	0.24	-62.08	-52.75	0.15	0.20
0.01	61.47	48.22	0.22	-56.26	-49.38	0.12	0.17

**Çizelge D.15:** Güçlendirme Sıvası Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P3), Çevrimler Arası Dayanım Azalması Çizelgesi

<b>ÇEVİRİMLER ARASI DAYANIM AZALMASI ORANI (I-FA30-WA8-P3)</b>							
YERD. ORANI	<b>İTME</b>			<b>ÇEKME</b>			ORT. ΔP
	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	ΔP=(P1-P2)/P1	1.ÇEVİRİM kN	2.ÇEVİRİM kN	ΔP=(P1-P2)/P1	
0	0	0		0	0		
0.0005	59.49	55.85	0.06	-48.16	-43.42	0.10	0.08
0.001	91.65	92.87	-0.01	-67.12	-54.43	0.19	0.09
0.002	120.17	108.04	0.10	-79.66	-68.80	0.14	0.12
0.003	132.30	115.92	0.12	-94.95	-83.48	0.12	0.12
0.004	133.72	115.92	0.13	-104.43	-84.55	0.19	0.16
0.005	127.65	107.43	0.16	-98.31	-85.47	0.13	0.14
0.006	112.89	91.86	0.19	-97.40	-83.02	0.15	0.17
0.007	98.94	77.50	0.22	-93.42	-74.16	0.21	0.21
0.008	82.96	64.14	0.23	-82.56	-70.79	0.14	0.18
0.009	70.62	55.45	0.21	-73.55	-61.16	0.17	0.19
0.01	61.31	49.93	0.19	-58.71	-47.09	0.20	0.19

**Çizelge D.16:** Güçlendirme Sıvasının Dayanım ve Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1), Enerji Yutma Kapasitesi Çizelgesi

6.DENEY		İTME 1.ÇEVİRİM				ÇEKME 1.ÇEVİRİM				
DR	YERD(mm)	toplam enr	elastik enr		yutulan enr	toplam enr	elastik enr		yutulan enr	ort cumulative enr
		total energy	recovery enr.	cumulative enr	dissipated enr	total energy	recovery enr.	cumulative enr	dissipated enr	
		kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	
	0.00	0	0		0	0	0		0	0
0.0005	0.665	0.02653	<b>-0.01205</b>	<b>0.01448</b>	0.01448	0.02915	-0.01515	0.01400	0.01400	0.01424
0.001	1.33	0.06984	-0.03160	0.05272	0.03824	0.07242	-0.03212	0.05430	0.04030	0.05351
0.002	2.66	0.19826	-0.08465	0.16633	0.11361	0.17739	-0.05602	0.17567	0.12137	0.17100
0.003	3.99	0.23691	-0.08354	0.31970	0.15337	0.20076	-0.06873	0.30770	0.13203	0.31370
0.004	5.32	0.28701	-0.11995	0.48676	0.16706	0.24113	-0.08537	0.46346	0.15576	0.47511
0.005	6.65	0.31874	-0.11094	0.69456	0.20780	0.21914	-0.04796	0.63464	0.17118	0.66460
0.006	7.98	0.34296	-0.10764	0.92988	0.23532	0.25873	-0.07180	0.82157	0.18693	0.87573
0.007	9.31	0.32300	-0.08511	1.16777	0.23789	0.23133	-0.06215	0.99075	0.16918	1.07926
0.008	10.64	0.25442	-0.06682	1.35537	0.18760	0.22548	-0.05428	1.16195	0.17120	1.25866
0.009	11.97	0.20632	-0.04307	1.51862	0.16325	0.22875	-0.04927	1.34143	0.17948	1.43003
0.01	13.3	0.14967	-0.03282	1.63547	0.11685	0.22121	-0.03940	1.52324	0.18181	1.57936
TOPLAM		2.41366	-0.77819		1.63547	2.10549	-0.58225		1.52324	

**Çizelge D.17:** Güçlendirme Sıvası Dayanımının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P2), Enerji Yutma Kapasitesi Çizelgesi

9.DENEY		İTME 1.ÇEVİRİM				ÇEKME 1.ÇEVİRİM				ort cumulative enr
DR	YERD(mm)	toplam enr	elastik enr		yutulan enr	toplam enr	elastik enr		yutulan enr	
		total energy	recovery enr.	cumulative enr	dissipated enr	total energy	recovery enr.	cumulative enr	dissipated enr	
		kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	
	0.00	0	0		0	0	0		0	
0.0005	0.67	0.02214	-0.01110	0.01104	0.01104	0.01932	-0.00838	0.01094	0.01094	0.01099
0.001	1.34	0.06934	-0.02973	0.05065	0.03961	0.05703	-0.02634	0.04163	0.03069	0.04614
0.002	2.68	0.19051	-0.07587	0.16529	0.11464	0.15500	-0.06627	0.13036	0.08873	0.14783
0.003	4.02	0.25423	-0.01199	0.40753	0.24224	0.19065	-0.08930	0.23171	0.10135	0.31962
0.004	5.36	0.31492	-0.12934	0.59311	0.18558	0.23738	-0.08639	0.38270	0.15099	0.48791
0.005	6.7	0.30222	-0.10835	0.78698	0.19387	0.22450	-0.09562	0.51158	0.12888	0.64928
0.006	8.04	0.29837	-0.09669	0.98866	0.20168	0.27581	-0.09219	0.69520	0.18362	0.84193
0.007	9.38	0.30558	-0.07581	1.21843	0.22977	0.29788	-0.08596	0.90712	0.21192	1.06278
0.008	10.72	0.36336	-0.08624	1.49555	0.27712	0.34310	-0.09507	1.15515	0.24803	1.32535
0.009	12.06	0.32883	-0.05018	1.77420	0.27865	0.33832	-0.07964	1.41383	0.25868	1.59402
0.01	13.4	0.25772	-0.05880	1.97312	0.19892	0.32817	-0.06143	1.68057	0.26674	1.82685
TOPLAM		2.70722	-0.73410		1.97312	2.46716	-0.78659		1.68057	

**Çizelge D.18:** Güçlendirme Sıvası Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P3), Enerji Yutma Kapasitesi Çizelgesi

DR	10.DENEY	İTME 1.ÇEVİRİM				ÇEKME 1.ÇEVİRİM				ort cumulative enr
		total energy	recovery enr.	cumulative enr	yutulan enr	total energy	recovery enr.	cumulative enr	yutulan enr	
	YERD(mm)	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
	0.00	0	0		0	0	0		0	
0.0005	0.675	0.02460	-0.01000	0.01460	0.01460	0.02261	-0.00896	0.01365	0.01365	0.01413
0.001	1.350	0.06435	-0.02664	0.05231	0.03771	0.06708	-0.01480	0.06593	0.05228	0.05912
0.002	2.700	0.19923	-0.06149	0.19005	0.13774	0.13317	-0.02957	0.16953	0.10360	0.17979
0.003	4.050	0.28503	-0.09106	0.38402	0.19397	0.20337	-0.06791	0.30499	0.13546	0.34451
0.004	5.400	0.31039	-0.10294	0.59147	0.20745	0.28062	-0.07805	0.50756	0.20257	0.54952
0.005	6.750	0.35185	-0.10195	0.84137	0.24990	0.28568	-0.08609	0.70715	0.19959	0.77426
0.006	8.100	0.33914	-0.08902	1.09149	0.25012	0.31760	-0.09484	0.92991	0.22276	1.01070
0.007	9.450	0.32401	-0.07659	1.33891	0.24742	0.35225	-0.09277	1.18939	0.25948	1.26415
0.008	10.800	0.27962	-0.06343	1.55510	0.21619	0.35936	-0.09221	1.45654	0.26715	1.50582
0.009	12.150	0.29791	-0.05572	1.79729	0.24219	0.38157	-0.08773	1.75038	0.29384	1.77384
0.01	13.500	0.20972	-0.02591	1.98110	0.18381	0.28795	-0.05943	1.97890	0.22852	1.98000
	TOPLAM	2.68585	-0.70475		1.98110	2.69126	-0.71236		1.97890	

**Çizelge D.19:** Güçlendirme Sıvasının Dayanım ve Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P1), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi

	6.DENEY	PLASTİK DEFORMASYON ORANI				ORT
		İTME	ÇEKME	İTME	ÇEKME	
		1.ÇEVİRİM (MM)	1. ÇEVİRİM (MM)	1.ÇEVİRİM	1.ÇEVİRİM	
ÖTELENME ORANI D/L	MAX YERD.(mm)	İTME	ÇEKME	İTME	ÇEKME	ORT
	$\delta_{max}$	$\delta_{pl1}$	$\delta_{pl1}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$
0.0005	0.665	0.158	-0.119	0.238	0.179	0.208
0.001	1.330	0.317	-0.269	0.238	0.202	0.220
0.002	2.660	0.633	-1.029	0.238	0.387	0.312
0.003	3.990	1.296	-1.290	0.325	0.323	0.324
0.004	5.320	1.904	-1.899	0.358	0.357	0.357
0.005	6.650	2.521	-2.691	0.379	0.405	0.392
0.006	7.980	3.265	-3.504	0.409	0.439	0.424
0.007	9.310	4.724	-4.195	0.507	0.451	0.479
0.008	10.640	4.883	-5.184	0.459	0.487	0.473
0.009	11.970	6.713	-5.877	0.561	0.491	0.526
0.01	13.300	7.796	-6.751	0.586	0.508	0.547

**Çizelge D.20:** Güçlendirme Sıvası Dayanımının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P2), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi

	9.DENEY	PLASTİK DEFORMASYON ORANI				ORT
		İTME	ÇEKME	İTME	ÇEKME	
		1.ÇEVİRİM (MM)	1. ÇEVİRİM (MM)	1.ÇEVİRİM	1.ÇEVİRİM	
ÖTELENME ORANI D/L	MAX YERD.(mm)	İTME	ÇEKME	İTME	ÇEKME	ORT
	$\delta_{max}$	$\delta_{pl1}$	$\delta_{pl1}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$
0.0005	0.670	0.119	-0.158	0.178	0.236	0.207
0.001	1.340	0.339	-0.356	0.253	0.266	0.259
0.002	2.680	0.801	-0.673	0.299	0.251	0.275
0.003	4.020	1.345	-1.009	0.335	0.251	0.293
0.004	5.360	1.959	-1.622	0.365	0.303	0.334
0.005	4.700	2.691	-2.184	0.573	0.465	0.519
0.006	8.040	3.799	-2.928	0.473	0.364	0.418
0.007	9.380	4.867	-3.918	0.519	0.418	0.468
0.008	10.720	6.068	-4.907	0.566	0.458	0.512
0.009	12.060	7.44	-6.047	0.617	0.501	0.559
0.01	13.400	8.508	-7.252	0.635	0.541	0.588

**Çizelge D.21:** Güçlendirme Sıvası Kalınlığının, Dolgu Duvarlı Güçlendirilmiş Çerçeve (I-FA30-WA8-P3), Kalıcı Yerdeğiştirme Oranı Çizelgesi

	10.DENEY	PLASTİK DEFORMASYON ORANI				ORT
		İTME	ÇEKME	İTME	ÇEKME	
	MAX YERD.(mm)	1.ÇEVİRİM (MM)	1. ÇEVİRİM (MM)	1.ÇEVİRİM	1.ÇEVİRİM	
ÖTELENME ORANI D/L	$\delta_{max}$	$\delta_{pl1}$	$\delta_{pl1}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$	$\delta_{pl1}/\delta_{max}$
0.0005	0.675	0.158	-0.158	0.234	0.234	0.234
0.001	1.35	0.396	-0.633	0.293	0.469	0.381
0.002	2.7	0.95	-1.266	0.352	0.469	0.410
0.003	4.05	1.504	-1.899	0.371	0.469	0.420
0.004	5.4	2.374	-2.493	0.440	0.462	0.451
0.005	6.75	3.087	-2.889	0.457	0.428	0.443
0.006	8.1	3.957	-3.245	0.489	0.401	0.445
0.007	9.45	5.144	-4.076	0.544	0.431	0.488
0.008	10.8	6.213	-4.947	0.575	0.458	0.517
0.009	12.15	7.598	-6.094	0.625	0.502	0.563
0.01	13.5	8.864	-7.44	0.657	0.551	0.604

## **ÖZGEÇMİŞ**

1969 Yılında Kayseri de doğmuştur. İlköğrenimini 1980 yılında Fatih İlkokulu'nda, orta öğrenimini 1983'de Dedeman Ortaokulunda, lise öğrenimini ise 1986'da Kayseri Lisesi'nde tamamladı. İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünden 1991 yılında mezun oldu. 1994 yılında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Programını tamamladı. 1996 yılında aynı bölümde doktora programına başlamıştır. 1995 yılından beri Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Anabilim Dalı'nda Öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır.