İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YIĞMA YAPILARIN GÜÇLENDİRİLMESİ VE BİR YIĞMA YAPI ÖRNEĞİNDE GÜÇLENDİRME ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Volkan ÖZTAŞ

Anabilim Dalı : Mimarlık

Programı : Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi

OCAK 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YIĞMA YAPILARIN GÜÇLENDİRİLMESİ VE BİR YIĞMA YAPI ÖRNEĞİNDE GÜÇLENDİRME ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Volkan ÖZTAŞ
(502061729)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 26 Aralık 2008
Tezin Savunulduğu Tarih : 19 Ocak 2009

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Özkan İŞLER (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Kaya ÖZGEN (İTÜ)
Doç. Dr. Turgut ÖZTÜRK (İTÜ)

OCAK 2009

ÖNSÖZ

Çalışmamın her aşamasında, bilgi birikimini ve tecrübelerini benimle paylaşan, yapıcı ve yol gösterici yaklaşımıyla bana destek olan sayın hocalarım Prof. Dr. Özkan İŞLER'e, Prof. Dr. Kaya ÖZGEN'e, Doç. Dr. Turgut ÖZTÜRK'e ve Mimarlık Fakültesi,Yapı Statiği ve Betonarme Birimi üyelerine teşekkür ederim.

Her konuda benden maddi manevi yardımını esirgemeyen sevgili arkadaşım Yüksek Mimar Saniye KARAMAN'a candan teşekkür ederim.

Yine çalışmamda bana büyük yardımları dokunan arkadaşım Makine Yüksek Mühendisi Tansel ERTAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatım boyunca olduğu gibi bu çalışmamda da bana her konuda destek olan annem Meral ÖZTAŞ ve babam Ahmet Nisan ÖZTAŞ'a, sevgili kardeşlerim Nida ÖZTAŞ ve Şeyma ÖZTAŞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ocak 2009

Volkan Öztaş

İnş. Müh.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÇİZELGE LİSTESİ ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **vi**
SEMBOL LİSTESİ ..... **vii**
ÖZET ..... **viii**
SUMMARY ..... **ix**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Yığma Yapılar 1
1.2 Karkas (İskeletli) Yapılar 2
1.3 Yığma Yapıların Deprem Karşısındaki Davranışları 4
1.4 Tezin Amaç ve Kapsamı 6
2. YIĞMA YAPILARDA HASARLAR **7**
2.1 Yığma Yapılardaki Hasar Nedenleri 7
2.2 Yığma Yapılardaki Düzensizlik Durumları 9
2.2.1 Yatayda düzensizlik durumları 9
2.2.2 Düşeyde düzensizlik durumları 9
2.3 Yığma Yapılarda Çatlak Tipleri 9
2.4 Yığma Yapılarda Hasar Biçimleri 10
2.4.1 Oturmalara bağlı hasarlar 10
2.4.2 Deprem hasarı 11
2.5 Yığma Yapılarda Deprem Hasarı Düzeyleri 13
2.5.1 Hasarsız yığma yapılar 13
2.5.2 Az hasarlı yığma yapılar 13
2.5.3 Orta hasarlı yığma yapılar 14
2.5.4 Ağır hasarlı yığma yapılar 15
2.5.5 Göçmüş yığma yapılar 16
2.6 Yığma Yapılar İçin Hasar Ölçüt Tablosu 17
3. YIĞMA YAPILARIN GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ **19**
3.1 Çatlaklarda Onarım Yöntemleri 20
3.1.1 Küçük çatlakların onarılması 20
3.1.2 Çimento şerbeti ile onarım 20
3.1.3 Çimento enjeksiyonu ile onarım 20
3.1.4 Epoksi reçineleri ile onarım 21
3.1.5 Sıvama ile onarım 22
3.2 Yığma Duvarlarda Güçlendirme 22
3.2.1 Püskürtme beton ile taşıyıcı yığma duvarların güçlendirilmesi 22
3.2.2 Taşıyıcı yığma duvarların çelik elemanlarla güçlendirilmesi 25
3.2.3 Taşıyıcı yığma duvarların kendiliğinden yerleşen beton (self levelling) ile güçlendirilmesi 29
3.2.4 Taşıyıcı yığma duvarların FRP ile güçlendirilmesi 29
3.2.5 Yığma dolgu duvarların prefabrike beton paneller ile güçlendirilmesi 32
4. ÖRNEK BİR YIĞMA YAPIDA GÜÇLENDİRME ANALİZİ **34**

4.1 Yapının Özellikleri 34
4.2 Malzeme Özellikleri 36
4.3 Mevcut Yığma Yapının Analizi 38
4.4 Betonarme Perdelerle Güçlendirilmiş Yığma Yapının Analizi 40
4.5 Cam Lifli Polimerle (GFRP) Güçlendirilmiş Yığma Yapının Analizi 43
5. SONUÇ 47
KAYNAKLAR 51
EKLER 53

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1 : Yapı özellikleri 35
Çizelge 4.2 : Dolu fabrika tuğlasının özellikleri 36
Çizelge 4.3 : Kullanınlan GFRP özellikleri 43
Çizelge 5.1 : Maximum yer değiştirmeler 48

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Örnek yığma yapı 1
Şekil 1.2 : Örnek kemerli yapı 2
Şekil 1.3 : Örnek karkas yapı 3
Şekil 1.4 : Yapıların depremdeki davranışlarının şematik açıklanması 5
Şekil 2.1 : Yığma duvar köşe detayı 8
Şekil 2.2 : Gevşek zeminli duvar altı hatılsız bina 11
Şekil 2.3 : Tuğla yığma yapılarda çatlaklar 12
Şekil 2.4 : Yığma yapı plan örnekleri 13
Şekil 2.5 : Az hasarlı duvar örnekleri 14
Şekil 2.6 : Orta hasarlı duvar örnekleri 15
Şekil 2.7 : Ağır hasarlı duvar örnekleri 16
Şekil 2.8 : Yığma yapılar için hasar ölçüt tablosu 18
Şekil 3.1 : Tek taraflı hasır çelik ve püskürtme beton uygulaması 23
Şekil 3.2 : İki taraflı hasır çelik ve püskürtme beton uygulaması 24
Şekil 3.3 : Hasır çelik donatı ile güçlendirilen duvarlar 25
Şekil 3.4 : Pencere boşlukları arasında kalan duvarların gergi demirleri ile güçlendirilmesi 26
Şekil 3.5 : Hasarlı duvar bölümünün çelik gergi demirleri ile güçlendirilmesi 27
Şekil 3.6 : Çelik kirişin kaldıraç sistemi ile yerleştirilmesi 28
Şekil 3.7 : Çelik çerçevelerle güçlendirme örneği 28
Şekil 3.8 : Self-levelling uygulaması 29
Şekil 3.9 : Yığma yapıda bant FRP uygulaması 31
Şekil 3.10 : Taşıyıcı tuğla duvarda FRP uygulaması 32
Şekil 3.11 : Yığma dolgu duvarların prefabrike beton paneller ile güçlendirilmesi 33
Şekil 4.1 : İncelenen yığma yapı 34
Şekil 4.2 : İncelenen yığma yapıdaki örnek bir duvar 36
Şekil 4.3 : Mevcut ahşap döşeme detayı 37
Şekil 4.4 : Ahşap döşeme detayı 38
Şekil 4.5 : Mevcut yapı normal kat kalıp planı 39
Şekil 4.6 : Deprem kuvveti (t) 39
Şekil 4.7 : Kat deprem deplasmanları 40
Şekil 4.8 : Güçlendirilmiş yapı normal kat kalıp planı (betonarme) 42
Şekil 4.9 : Deprem kuvveti (t) 42
Şekil 4.10 : Kat deprem deplasmanları 43
Şekil 4.11 : MbraceFibre C1-30 cam lifli elyaf 44
Şekil 4.12 : Güçlendirilmiş yapı normal kat kalıp planı (GFRP) 45
Şekil 4.13 : Deprem kuvveti (t) 45
Şekil 4.14 : Kat deprem deplasmanları 46
Şekil 5.1 : Deprem kuvveti-X yönü yerdeğiştirme eğrisi 48
Şekil 5.2 : Deprem kuvveti-Y yönü yerdeğiştirme eğrisi 49

SEMBOL LİSTESİ

fu	**:**	Tuğla basınç dayanımını
fd	**:**	Duvar basınç dayanımı
fem	**:**	Duvar basınç emniyet gerilmesi
Ed	**:**	Elastisite modulü
Fdi	**:**	i'inci kata etkiyen eşdeğer deprem yükü
Vt	**:**	Deprem doğrultusunda binaya etkiyen eşdeğer deprem yükü
Ft	**:**	Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü
Wi	**:**	Binanın i'inci katının, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak hesaplanan ağırlığı
Hi	**:**	Binanın i'inci katının temel üstünden itibaren ölçülen yüksekliği
W	**:**	Binanın, hareketli yük katılım katsayısı kullanılarak bulunan toplam ağırlığı
A(t)	**:**	Spektral İvme Katsayısı
Ra(t)	**:**	Deprem Yükü Azaltma Katsayısı
Ao	**:**	Etkin Yer İvmesi Katsayısı
I	**:**	Bina Önem Katsayısı
δx	**:**	Y doğrultusundaki etkin göreli kat ötelemesi
δy	**:**	X doğrultusundaki etkin göreli kat ötelemesi
Mp	**:**	Yığma duvar üzerine gelen hesap momenti
Mrp	**:**	Yığma duvar moment taşıma kapasitesi
∑Mr	**:**	Yığma duvar üzerine gelen toplam hesap momenti
∑Md	**:**	Yığma duvarın toplam moment taşıma kapasitesi
Vd	**:**	Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan kesme kuvveti
Vr	**:**	Yığma duvar kesitinin kesme dayanımı
$\mathbf{F_T}$	**:**	Yalın tuğla duvar kırılma yükü
$\mathbf{F_B}$	**:**	Betonarme perde ile güçlendirilmiş duvar kırılma yükü
$\mathbf{F_F}$	**:**	GFRP ile güçlendirilmiş duvar kırılma yükü
$\mathbf{E_{eş1}}$	**:**	Betonarme perde ile güçlendirilmiş duvar eşdeğer elastisite modulü
$\mathbf{E_{eş2}}$	**:**	GFRP ile güçlendirilmiş duvar eşdeğer elastisite modulü
$\mathbf{E_B}$	**:**	Betonarme perde elastisite modulü
$\mathbf{E_T}$	**:**	Yığma tuğla elastisite modulü
$\mathbf{E_F}$	**:**	GFRP elastisite modulü
$\mathbf{b_{eş1}}$	**:**	Betonarme perde ile güçlendirilmiş duvar eşdeğer kesiti
$\mathbf{b_{eş2}}$	**:**	GFRP ile güçlendirilmiş duvar eşdeğer kesiti
$\mathbf{b_T}$	**:**	Yığma duvar kesiti
$\mathbf{b_B}$	**:**	Betonarme perde kesiti
$\mathbf{b_F}$	**:**	GFRP kalınlığı
δx	**:**	X doğrultusu yer değiştirme
δy	**:**	Y doğrultusu yer değiştirme
$\mathbf{F_x}$	**:**	X doğrultusu deprem yükü
$\mathbf{F_y}$	**:**	Y doğrultusu deprem yükü

YIĞMA YAPILARIN GÜÇLENDİRİLMESİ VE BİR YIĞMA YAPI ÖRNEĞİNDE GÜÇLENDİRME ANALİZİ

ÖZET

Bilindiği üzere yığma yapılar genel anlamda depreme klasik betonarme ya da çelik yapılara oranla daha az dayanıklıdır. Az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde, kırsal kesimde ve şehirlerin gecekondu bölgelerinde konutlar, kullanıcıları tarafından, taş, kerpiç, briket veya pişmiş toprak tuğlalardan yığma yapı şeklinde inşa edilmektedir. Bu yapılar deprem gibi yatay yükler altında zayıf dayanım göstermektedir. Son depremlerde İran ve Türkiye'de kırsal kesimde hayat kaybı büyük olmuştur. Özellikle az gelişmiş ülkelerde kırsal kesimde çatı toprak olarak yapılmakta ve her mevsim bu çatılar üzerine yeni toprak tabakası serilerek sıkıştırılmakta ve çatı iyice ağırlaşmaktadır. Bu ağır çatının deprem esnasında kullanıcıların üzerine göçmesi büyük felaketlere neden olmaktadır.

Yığma yapıyı oluşturan taş, tuğla, kerpiç harç ve beton gibi malzemelerin basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşüktür. Bu maddeler gevrek malzemeler olduğu için basınç ve çekme etkisine maruz kaldıkları zaman çok az bir deformasyona uğrarlar. Deprem kuvvetlerinden veya zeminde meydana gelen değişikliklerden dolayı doğan çekme gerilmelerini karşılayamazlar. Çekme gerilmelerini karşılayamayan taşıyıcı elemanlarda çekme çatlakları meydana gelir. Deprem hareketiyle birlikte bu çatlakların yönleri veya çatlak şekilleri yapının işçiliği, kullanılan malzemelere ve duvarlardaki boşluk alanlarına göre değişiklikler gösterir. Bu çatlaklar genellikle pencere ve kapı boşlukları çevresindeki bölümlerde meydana gelir.

Yığma yapılarda deprem hareketleriyle meydana gelen bu çatlakların veya diğer hasarların giderilmesi için birçok güçlendirme yolu kullanılarak bu yapıların yaşanmaya elverişli şekle getirilmesi mümkün olmuştur. Güçlendirme olarak çeşitli yöntemler kullanılmıştır.

Bu çalışmada öncelikle mevcut bir yığma yapı ele alınarak analiz edilmiştir. Daha sonra bu yapıya betonarme güçlendirme perdeleri eklenerek yeniden bir analiz yapılmıştır. Son olarak cam lifli polimerlerle (GFRP) güçlendirilerek üçüncü bir analiz yapılmış ve yer değiştirmeler ile momentler karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak betonarme perdeler veya GFRP ile güçlendirilmiş yığma yapıda yer değiştirmelerde ciddi düzelmeler görülmüştür.

STRENGTHEN OF MASONRY BUILDING AND STRENGTHENING ANALYSIS IN A MASONRY BUILDING MODEL

SUMMARY

Masonry buildings are generally less durable compared to concrete or steel buildings for earthquake. At underdeveloped or developed countries, housings in rural and slum areas are builds from stone, adobe, briquet or baked soil brick in the form of masonry buildings by their users. These buildings show weak resistance under horizontal loads like earthquake. At last earthquake life loss is very big at rural areas in Iran and Turkey. Roofs are especially builds from soil in rural areas at underdeveloped countries. And these roofs are compressed by spreading out new soil coating every season. So roofs tolerably get heavy. Heavy roofs that collapse on housing users during earthquake cause big disaster.

Pressure resistance is high and pulling resistance is low at the materials like stone, adobe, briquet, and mortar and concrete. These materials are brittle. So they have a bit deformation when they are exposed to pressure and pulling influence. They don't counterpoise pulling resistance because of earthquake strength and changes occur on earth. Pulling crack occur at structural components that don't counterpoise pulling resistance. These crack' direction or shapes together earthquake movement shows varieties according to using materials and blank space on walls. These cracks usually occur at windows and doors' edges.

A lot of strengthening methods are used at masonry buildings to prevent these splits that occur because of earthquake movement and other splits. A lot of strengthening methods strengthens these buildings.

Firstly existing masonry building is analyzed in this studying. Then a new analyze is made by appending reinforcement shear wall for this building. Finally, another analyze is made by appending GFRP reinforcement. And displacements and moments are compared. Consequently, at masonry building's displacements that strengthens with reinforced concrete shear walls or GFRP reinforcement are seen serious improvements.

1. GİRİŞ

Yapıları, taşıyıcı özellikleri bakımından 1- Yığma, 2- Karkas (iskeletli) yapılar olmak üzere iki ana türe ayırabiliriz.

1.1 Yığma Yapılar

Taşları veya tuğlaları, taşıyıcı olacak şekilde, üst üste koyup, harçla bağlanarak ve yapı döşemesinin de bu duvarlara tahta veya kütüklerle bindirme yoluyla çivi kullanmadan monte edilmiş sistemlere yığma yapı denir (Şekil 1.1). Yığma yapılarda duvarların hem mimari hem de taşıyıcı işlevi vardır. Duvarlar hem hacimleri oluşturur, yapıyı dış etkenlerden korudukları gibi yapının işlevi gereği oluşturulan iç bölmelerini de ayırırlar. Duvarların bu birden çok işlevi kullanım ve yapım açısından yığma yapıların önemli üstünlüğüdür [3].



Şekil 1.1 : Örnek yığma yapı

Yığma yapı tekniği, insanlık tarihi boyunca bilinip uygulanan, günümüzde de kullanılmakta olan bir tekniktir. Kemer, tonoz ve kubbeler yığma yapı tekniğinin gelişmiş öğeleri olup, pek çok büyük yapının tavanı bu elemanlarla örtülmüş, ırmaklar üzerine köprüler kurulmuştur (Şekil 1.2). Yığma yapıların binlerce yıl önce

yapılmış görkemli örnekleri bugün de pek çok yerde sağlam olarak görülebilmektedir.



Şekil 1.2 : Örnek kemerli yapı [6]

1.2 Karkas (İskeletli) Yapılar

Bu tür yapıları yığma yapılardan ayırt eden temel özellik, duvarların taşıyıcı olmaması, yalnızca mimari amaçlarla yapılmış olmalarıdır. Taşıyıcılık görevini "karkas" adı verilen bir "iskelet" yapar. Bu karkas; betonarme, çelik ya da ahşap gereçlerden yapılabilir. Karkas ve kat döşemeleri oluşturulduktan sonra üzerine bölme duvarları örülür. Bu duvarlar taşıyıcı değil, taşınandır (Şekil 1.3)

Karkas yapının en basit örneği; kolon ve kirişler gibi çubuk elemanlardan oluşan çerçevelerdir. Düşey yayılı yükleri, kirişler üzerine oturan ve plak olarak da adlandırılan döşemeler taşır. Döşemelere gelen yük önce kirişlere, sonra kolonlara ve daha sonra bina temellerine aktarılır.



Şekil 1.3 : Örnek karkas yapı

Bina kat adetleri ve yükseklikleri arttıkça büyüyen yatay yükleri (deprem ve rüzgâr) taşımakta çerçeveler yetersiz kalırlar. Bu durumda yüksek yapılarda kolonların bir boyutunun çok büyütülmesiyle oluşturulan perde, çekirdek ya da tüp olarak adlandırılan yapı elemanlarının kullanılması zorunluluğu ortaya çıkar [3].

Karşılaştırma,

- Karkas yapılarda duvarların taşıyıcılık görevleri ortadan kalktığı için, mimar daha geniş olanaklara kavuşmuştur. Duvarların yerleri, konumları ve kalınlıkları kolayca değiştirilebilir; ince duvarlar, geniş salonlar, büyük pencereler, kapılar yapılabilir.

- Günümüzde yapı gereçlerinin, yapı statiği, deprem mühendisliği tekniklerinin gelişmesi sonucu karkas sistemler kullanılarak yığma binalara oranla daha narin, daha işlevsel, daha yüksek, daha güvenli ve daha ucuz binalar yapılabilmektedir.

- Ancak, karkas binalar yapılırken daha dikkatli olmak; yapı bilimi, tekniği ve fen kurallarına titizlikle uymak gereklidir. Yığma yapılar ağır gövdeleri ve binlerce yıl denenmiş geleneksel taşıyıcı sistemleriyle pek çok kusuru bağışlayabilirler; ama hatalı yapılmış narin ve yüksek karkas yapıların "hoşgörü" sınırları daha dardır. Ülkemizde pek çok deprem sonrasında görülen yıkılmış betonarme yapılara karşın, çok az zarar görmüş yığma yapılar bu savın canlı kanıtlarıdır [3].

1.3 Yığma Yapıların Deprem Karşısındaki Davranışları

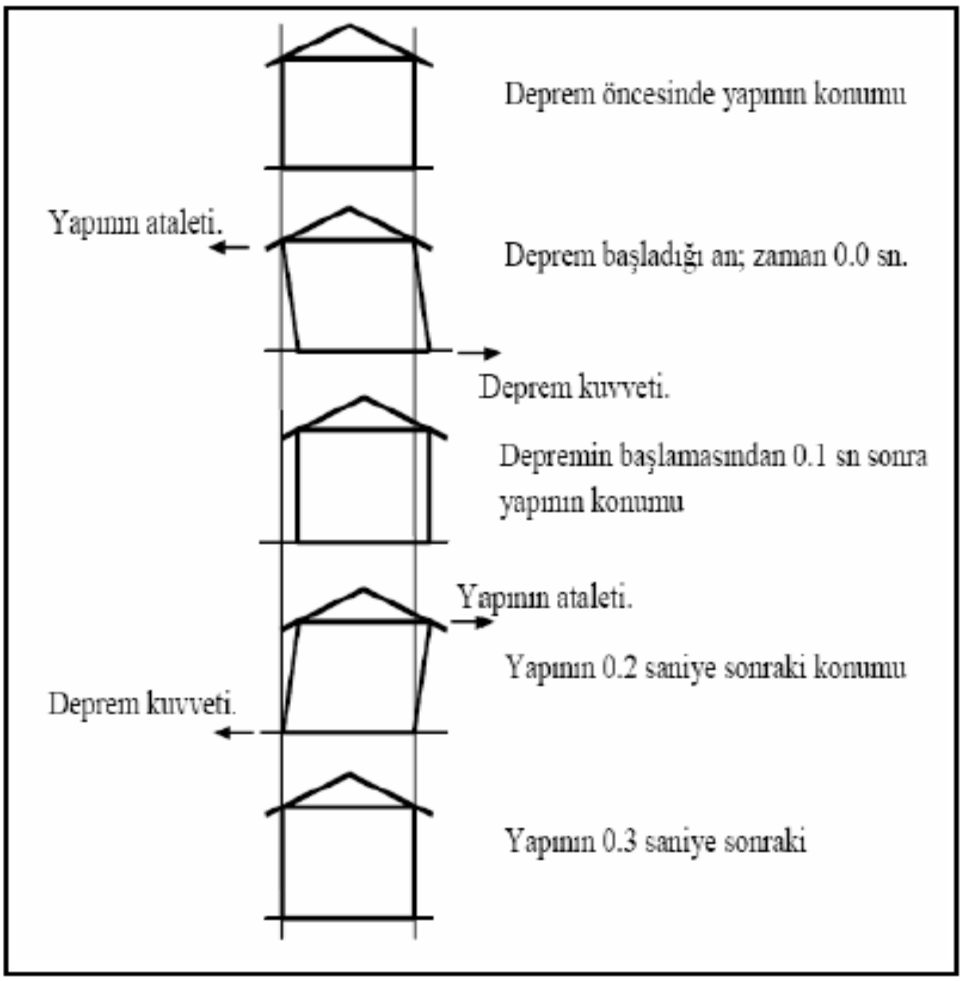
Türkiye'de yapıların büyük bir oranı, yığma olarak yapılmaktadır. Yığma yapıla bazı açılardan üstün olmalarına karşın, çok ağır olmaları ve deprem gibi dinamik ve yatay yüklere dayanımlarının az olması nedeniyle, genellikle depreme dayanıklı yapı olarak nitelenmezler. Ancak ekonomik koşullar karşısında, Türkiye'de yığma yapı yapımı devam edeceğinden, bu yapıların elden geldiğince depreme dayanıklı yapılması, depremlerdeki davranışlarının bilinmesi ve deprem dayanmalarının arttırılması gerekir [4].

Tuğla yığma yapılar depreme karşı, betonarme yapılara göre çok daha az dayanıklıdır. Kristal ve katmanlı bir yapısı olmayan tuğla ve harçtan oluşan yığma yapı elemanlarının sünek davranması olanak dışıdır. Tuğla duvarlar, gevrek yapı elemanlarıdır. Betonarme gibi donatılı yığma olarak yapılırlarsa, sünek bir nitelikleri olmaktadır. Kalıcı deformasyon yaparak deprem enerjisi tüketme güçleri, betonarme yapılara göre çok azdır. Bu bakımdan 1. derece deprem bölgelerinde zemin ve birinci kat olmak üzere en çok iki katlı yapılabilirler. 2. ve 3. derece deprem bölgelerinde 3 katlı, 4. derece deprem bölgelerinde 4 katlı yapılabilirler. İstenirse bir de bodrum katları olabilir. Tuğla yığma yapıların konut dışında, içinde çok sayıda insan bulunabilen okul, cami, sağlık evi, işyeri gibi amaçlı yapılar olmaması gerekir. Burada verilen ayrıntılara uyularak yapılmış tuğla yığma yapıların deprem dayanımları biraz daha yükselmektedir [5].

Yapıların depremlerdeki davranışlarını incelemeden önce, atalet kuvveti kavramından bahsetmek gerekir. Duran veya sabit bir hızla hareket eden her cisim, kendisini harekete geçirecek veya hızını değiştirecek herhangi bir dış kuvvete karşı, ağırlığından dolayı bir direnme gösterir. Bu direnme, tesir eden kuvvete aksi yönde oluşur. Bu kuvvetin bir örneği aniden kalkış yapan bir motorlu araç içindeki kişinin geriye doğru gitmesi ve aniden fren yapan arabadaki yolcunun öne doğru gitmesi olarak belirtilebilir. İşte bu şekilde oluşan kuvvetlere atalet kuvveti denir. Yapılarda ise zeminin depremde hareket etmesi, yapının ağırlığının da buna karşı direnmesi sonucu atalet kuvvetleri oluşur [6].

Yapıların depremde davranışları Şekil 1.4'de gösterildiği gibi olmaktadır [6]. Zeminde olan hareket, binayı bir tarafa doğru çekmeye başlar. Ancak yapı ağırlığı ile

bu harekete karşı koyarak yapının tekrar eski haline gelmesini ister. Bu şekilde yapı sağa sola sallanıp sallanarak deprem sırasında oynar. Söz konusu gidip gelme hareketi sırasında oluşan atalet kuvvetleri ve deprem kuvvetleri yapıyı iki ucundan çekmeye başlarlar. Eğer yapıyı meydana getiren elemanlar arasında yeterli bir direnç varsa, yani yapı elemanlarının yapı parçalarını bir arada tutabilme gücü varsa, yapı çatlamadan durabilir. Eğer bu güç yoksa çatlaklar oluşmaya başlar. Depremin devam etmesi ile bu çatlaklar genişler ve giderek yapının duvarlarının, kolonlarının parçalanıp dağılmasına ve katların birbiri üstüne çökmesine kadar varan yıkımlar olabilir [7].



Şekil 1.4 : Yapıların depremdeki davranışlarının şematik açıklanması [7]

Yığma yapıların pek çoğu deprem bölgelerinde yer almaktadır. Bu türde yapıların büyük bir bölümünün son olarak hazırlanan deprem yönetmeliklerine göre incelenip, eğer gerekliyse taşıyıcı sistemlerinin onarılması, iyileştirmesi veya güçlendirilmesi gerekmektedir. Bu anlamda; taşıyıcı sisteme müdahale işleminin, sınırlı bir hasarın

giderilmesi için yapılmasına veya depremde hasar görüp taşıma gücü azalmış elemanlara deprem öncesi taşıma gücü değerlerini yeniden kazandırma işlemine "onarım" denir. Hasar olsun veya olmasın, taşıyıcı sistemin tümünün ya da belli elemanların taşıma gücünü arttırmak veya ekonomik ömrü içinde sık sık olması beklenen düzeyde bir depremde hasar gören yapının aynı boyutta depremlerin birçok kez yinelemesi beklentisi karşısında aynı hasarın tekrar tekrar olmaması için eski durumundan daha güçlü duruma getirilmesi için yapılan müdahale işlemlerine "güçlendirme" denir [2].

1.4 Tezin Amaç ve Kapsamı

Yığma yapılarda deprem hareketleriyle meydana gelen çatlakların veya diğer hasarların giderilmesi için birçok güçlendirme yolu kullanılarak bu yapıların yaşanmaya elverişli şekle getirilmesi mümkün olmuştur. Güçlendirme olarak çeşitli yöntemler kullanılmıştır.

Bu çalışmada öncelikle mevcut bir yığma yapı ele alınarak analiz edilmiştir. Daha sonra bu yapıya betonarme güçlendirme perdeleri eklenerek yeniden bir analiz yapılmıştır. Son olarak lifli polimerlerle (FRP) güçlendirilerek üçüncü bir analiz yapılmış ve deplasmanlar ile momentler karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak betonarme perdeler veya FRP ile güçlendirilmiş yığma yapıda deplasmanlarda ve momentlerde ciddi düzelmeler görülmüştür.

Bu çalışmayla yığma yapıların tarihi dokusuna mümkün olduğunca az zarar verecek ama yapının da deprem karşısındaki performansını arttıracak bir güçlendirme sistemi tasarlanmaya çalışılmıştır.

2. YIĞMA YAPILARDA HASARLAR

2.1 Yığma Yapılardaki Hasar Nedenleri

Yığma yapılardaki deprem hasarının çeşitli nedenleri olabilmektedir. Onarım kararına varılırken ve onarımın ayrıntıları seçilirken hasar nedenlerinin iyi bilinmesi gerekir [10].

Yığma yapıların ana taşıyıcı elemanı duvarlardır. Bu nedenle duvarlardaki hasarlar doğrudan doğruya taşıyıcı sistemi etkiler. Yığma duvarlı taşıyıcı sistemler genelde; deformasyon kabiliyeti eksik, süneklikleri zayıf ve gevrek kırılmaya yatkın olma gibi edilgen ve olumsuz niteliklere sahiptirler [8].

Yığma yapılardaki duvarlar temel oturmalarına karşı çok duyarlıdır. Yığma duvarlar zemin oturmalarına karşı uyum sağlayamaz. Duvarlar elastik deformasyon yapamadıkları için çatlarlar. Ayrıca deprem gibi yatay yükler sonucu, duvarlarda çatlaklar oluşur, hatta sistemin aşırı yük taşıması sonucu göçmeler oluşur [9,10].

Yığma yapılar ağırlıklı olarak şu nedenlerden dolayı hasara uğrarlar [9,10]:

•Yapının tasarımının yürürlükteki şartname ve yönetmeliklere göre yapılamaması veya hiçbir tasarım yapılmadan uygulama yapılması,

•Hesaplarda deprem etkileri göz önüne alınmış olmakla birlikte bunların çeşitli nedenlerle gerçekleşmemesi; kütle ve rijitlik merkezleri arasındaki farkın burulma etkisi yaratması, malzeme ve işçiliğin yeterli kalitede olmaması, yapının periyodu çevresindeki zeminin titreşim periyodu ile çakışması ve rezonans olayı ile yapıya normal olarak gelmesi beklenen kuvvetten çok daha büyük yanal kuvvetin gelmesi,

•Yapının hesap ve detaylandırılmasında yürürlükteki yönetmeliğe uyulsa da depremin o bölgede yapı ekonomik ömrü için beklenenden daha büyük olması,

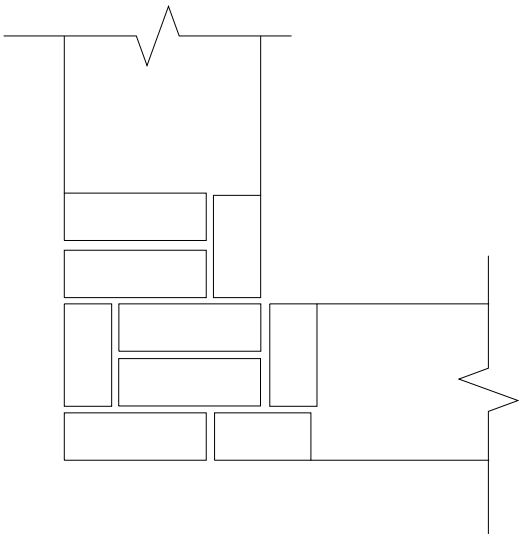
•Yığma yapı ağır olduğu için yapıya daha büyük yatay yükler etkimesi,

•Taşıyıcı elemanların gevrek yapıda olması, taşıyıcı duvar elemanlarının birbirine bağlamakta kullanılan harcın yeterli çekme mukavemetine sahip olmaması,

•Yapının basit planlı, simetrik yapılmaması,

•Yapıda yatay yük taşıyan duvarların alt katlarda devam etmemesi,

•Birleşim detaylarının iyi çözülmemesi, çatının ve döşemenin duvara mesnetleşmesinin iyi yapılamaması, duvar birleşimlerinin ve köşelerin iyi düzenlenmemesi. Dik olarak kavuşan iki duvarın birleşiminde düzgün kesilmiş taşlarla geçme yapılması gerekir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 : Yığma duvar köşe detayı

•Yapı elemanının (taş, tuğla v.b.) yeterli mukavemete sahip olmaması,

•Kırsal bölgelerde yapılan toprak damın yapıya aşırı ağırlık getirmesi,

•Duvarlarda kullanılan harcın yapı elemanları arasındaki boşlukları tam olarak homojen bir şekilde doldurulmaması,

•Yapım kalitesinin yetersiz olması, malzeme ve işçiliğin kötü olması, kontrolün olmayışı,

•Yapını oturduğu zeminin özellikleri dikkate alınmadan temel dizaynı yapılması,

•Deprem doğrultusuna dik doğrultudaki uzun ve mesnetleşmemiş duvarlarda görülen büyük duvar deplasmanlarıdır [9].

2.2 Yığma Yapılardaki Düzensizlik Durumları

Projelendirme hataları, uygulama yapılan yanlışlar, deprem yönetmeliklerine uyulmaması ve yeterli yapı denetimi yapılmaması gibi durumlardan dolayı yığma yapılarda düzensizlik durumları ortaya çıkmaktadır. Bunlar yatayda ve düşey de meydana gelen düzensizlik durumları başlıklarında toplanabilir [9].

2.2.1 Yatayda düzensizlik durumları

Burulma düzensizliği; deprem yönüne dik doğrultuda rijitlik merkezi ile kütle merkezi arasındaki dışmerkezliğin bu doğrultudaki yapı genişliğinin %20'sinden fazla olması [9].

Girinti düzensizliği; plandaki girintilerin bu yöndeki yapı boyutunun %20'sinden fazla olması.

Kat döşemesi süreksizliği; katlarda diyafram görevi yapan döşeme sisteminde %50'den fazla boşluk bulunması [9].

Taşıyıcı duvar düzensizliği; yatay yükleri taşıyan duvarların, planda üst üste olmaması [9].

Taşıyıcı sistemim paralel olmama düzensizliği; yatay yükleri taşıyan duvarların, yapının ana eksenlerine paralel veya simetrik olmaması [9].

2.2.2 Düşeyde düzensizlik durumları

Rijitlik düzensizliği; komşu iki katın yanal rijitliğinde farklarının olması [9].

Kütle düzensizliği; bir katın (çatı katı hariç) kütlesinin alt veya üst kat kütlesine oranının 3'ten fazla olması [9].

Geometri düzensizliği; yatay yükleri taşıyan sistemin alt ve üst kat genişliğine oranının 1.25 den fazla olması [9].

2.3 Yığma Yapılarda Çatlak Tipleri

Yığma duvarlarda yatay yük etkisinde iki tip kırılma söz konusudur. Bunlar kesme ve basınç kırılmasıdır.

Kesme kırılması; harç dayanımı tuğla dayanımından düşük olduğu zaman, harç ile tuğla arasındaki aderansın kaybolması ile tuğlalar arasındaki derzlerde meydana gelen çatlaklar ile başlar.

Basınç kırılması; tuğlanın dayanımı harç dayanımından düşüktür ve kırılma tuğlaları kesen çatlaklar ile başlar [9].

2.4 Yığma Yapılarda Hasar Biçimleri

Yığma yapılarda hemen tüm duvarlar taşıyıcı olduğu için duvarlardaki her türlü hasar doğrudan taşıyıcı sistemi etkiler ve bu açıdan betonarme yapılardaki gibi taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan bölüm hasarı gibi bir ayrım yapılamaz. Yığma yapıların duvarları oturmalara karşı çok duyarlıdır. En küçük temel oturması duvarlarda hemen gözlenir. Bunun nedeni yığma duvarın gevrek malzemeden meydana gelmesi ve bu malzemenin çatlamadan dayanabileceği elastik gerilim ya da yüklerin çok düşük olmasıdır. Dayanımı zayıf bir malzeme olduğu için kolayca hasar görür[10].

2.4.1 Oturmalara bağlı hasarlar

Yığma yapılarda oturma hasarının nedeni çoğunlukla sömellerin altındaki özellikle killi zeminlerin taşıma gücünün su kaçakları sonucu zayıflamasıdır. Yığma yapıların duvarlarına gelen düşey gerilmeler ile kullanılan sömel boyutları karşılaştırılınca zemine aktarılan gerilmelerin oldukça küçük değerlerde olduğu görülür. Eğer çok sığ temel yapılmamış ise yapının kendi ağırlığından dolayı oturma olasılığı azdır. Ancak kullanma suyu, kalorifer tesisat suyu kaçakları gibi basınç altındaki sular ile kanalizasyon kaçakları ya da başka yeraltı su sızıntıları nedeni ile sömellerin altının boşalması ya da buradaki killi zeminin kohezyonunun azalması oturma hasarına yol açmaktadır. Özellikle plastisitesi yüksek ve geçirimsiz olan killi bir zeminde oturma yavaş olmakta ve uzun bir süre sonra ortaya çıkabilmektedir. Oturmaya yol açan su kaçağının giderilmesinden sonra kuruyan kilin büzülmesi ile oturmalar bir süre daha devam eder. Kurak mevsimlerinin sonuna doğru zeminin su içeriğinin azalması ile artan büzülme sonbahar mevsiminin başlangıcında en yüksek düzeyde oturma çatlakları oluşturmaktadır. Bu nedenle pek çok yapıda çatlakların mevsimsel olarak açılıp kapandığı gözlenebilir. Bununla birlikte gevşek zemine kurulmuş yığma yapılarda deprem etkisiyle oturmalar daha hızlı bir şekilde gerçekleşerek duvarların göçmesine yol açmaktadır.1 Mayıs 2003 Bingöl depreminde gevşek zemine

kurulmuş yığma oturmasıyla birlikte duvarların göçmesi (Şekil 2.2) ‘de gösterilmiştir [6].

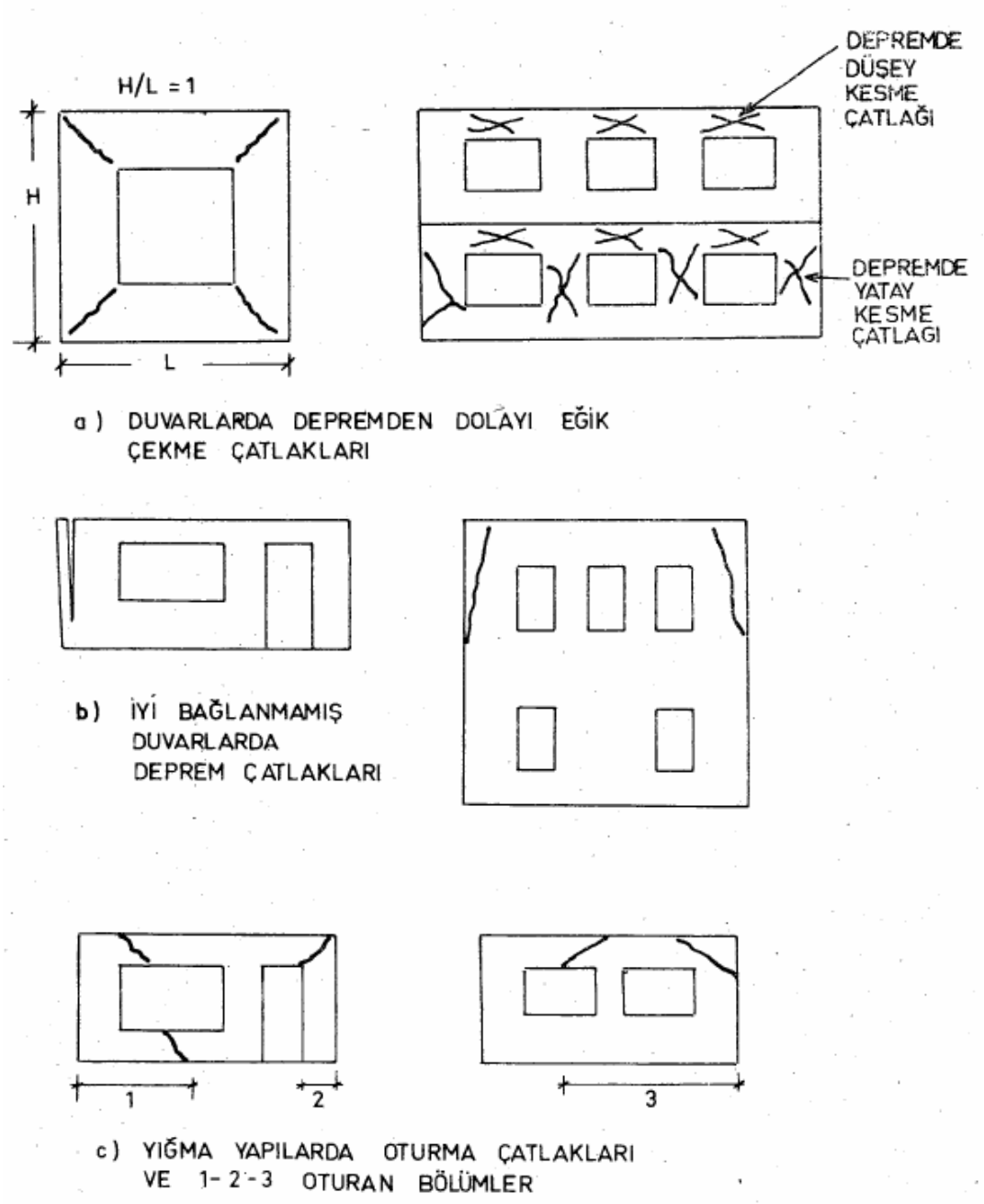


Şekil 2.2 : Gevşek zeminli duvar altı hatılsız bina [6]

2.4.2 Deprem hasarı

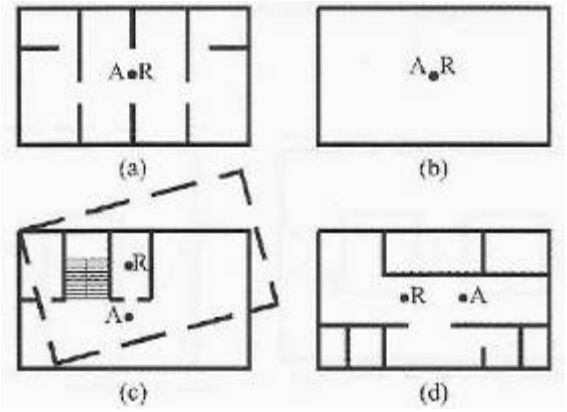
Yığma yapılarda depremden dolayı olan hasar duvarlarda çeşitli biçimlerde oluşan çatlamalar ve kısmen yıkılma şeklinde ele alınabilir.

Tuğla yığma duvarlar çok gevrek bir malzeme olduklarından küçük şiddetli depremlerde bile yapılarda önemli çatlaklar oluşabilir. Çatlakların yönü, biçimi ve genişliği yığma yapının dış duvarındaki pencere ve kapı boşluklarının yerine ve miktarına, duvarlardaki düşey gerilme ve gelen yatay deprem kuvvetine bağlıdır. Şekil 2.3’de tuğla yığma yapı duvarlarında depremden sonra olmuş çatlak biçimleri ile temel oturmalarının doğurduğu çatlak biçimleri verilmiştir [10].



Şekil 2.3 : Tuğla yığma yapılarda çatlaklar [10]

Depreme dayanıklı yapı yapma ilkelerine uyulmaması durumunda yapılarda deprem etkisi ile çatlak meydana gelmesi kaçınılmazdır. Genellikle simetrik planlı olmayan yığma yapılarda rijitlik merkezi ile ağırlık merkezinin birbirlerine yakın olmaması durumlarında da çatlamaların olma ihtimali büyüktür [9].



Şekil 2.4 : Yığma yapı plan örnekleri [9]

(Şekil 2.4a) ve (Şekil 2.4b)'de yapı planı, ağırlık merkezi rijitlik merkezine çakışacak biçimde tasarlanmıştır. Depremden hasar görmesi daha tasarım aşamasında önlenmiştir. (Şekil 2.4c)'de ise rijitlik merkezi ile ağırlık merkezi birbirinden uzaklaşmış durumdadır. Deprem kuvveti yapı planının ağırlık merkezine etkiyeceğine göre, yapı rijitlik merkezi etrafında dönmeye zorlanır. Sonuçta yapıda burulma çatlakları oluşur. (Şekil 2.4d)'de ise deprem doğrultusuna dik doğrultudaki duvarın bir rijitliği olmadığı için deprem kuvvetleri etkisi ile duvarlar büyük deplasmanlar yapmaya zorlanarak çatlayabilir [9].

2.5 Yığma Yapılarda Deprem Hasarı Düzeyleri

Yığma yapıların hasar düzeyleri için dört aşamalı bir ölçek belirlenebilir. Burada incelenen yapı betonarme plak kat ve çatı döşemeleri olan duvarları taşıyıcı olan yığma yapıdır. Bir diğer deyişle "kutu" davranışı gösterecek olan yığma yapıdır.

2.5.1 Hasarsız yığma yapılar

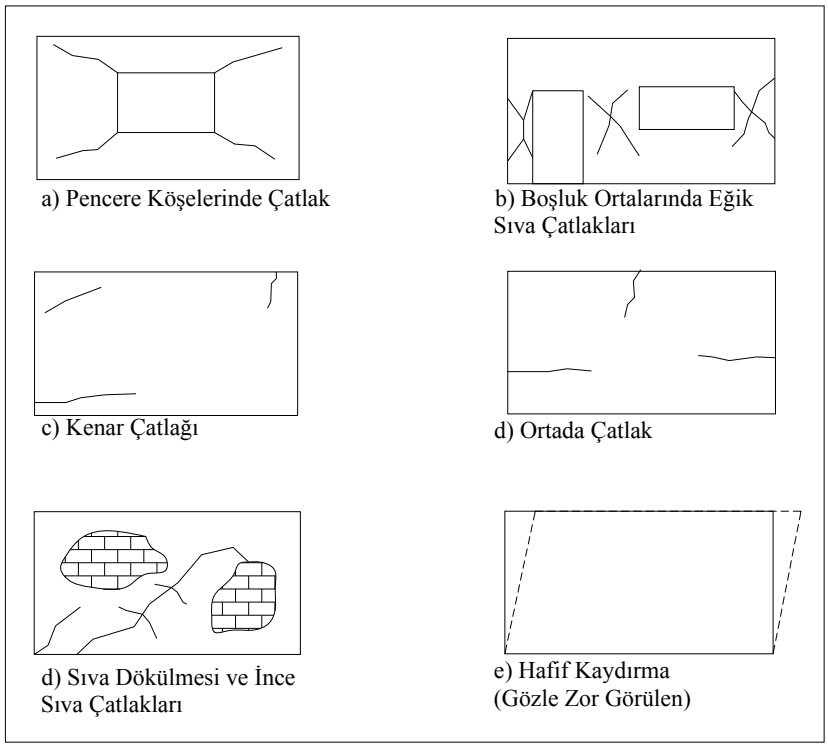
Bu hasar düzeyinde yapıda ya hiç çatlak olmamıştır ya da kılcal boyutta (1.0 mm'den daha ince) sıva çatlakları vardır Çatlakların derinliği yüzeysel olup sıva tabakası ile sınırlıdır. Bu hasar düzeyindeki yapılar bir depremden sonra herhangi bir onarım ve güçlendirme gerekmeden kullanılabilir [4].

2.5.2 Az hasarlı yığma yapılar

Bu hasar düzeyindeki yapılarda yığma yapıların özelliği olan X-şeklindeki kesme çatlakları oluşmuştur. Çatlakların genişliği 1.0 - 10.0 mm arasındadır ve büyük olasılık ile duvarın içine kadar uzanmaktadırlar. Duvara yaklaşık 1.0 – 2.0 kg/cm2

kadar yatay yüklerden kesme gerilmesi gelmiştir. Duvarın elastik olarak taşıyabileceği gerilme limiti ancak aşılmıştır [6,10].

Hasar derecesinin az olması durumunda öncelikle duvar sıvasında çatlaklar ortaya çıkar. Eğer depremin yönü duvara paralel ise duvar gövdesinde her iki yönde eğik çatlaklar oluşur. Duvarda pencere, kapı gibi boşluklar varsa eğik çatlaklar boşlukların kenarlarından dışa doğru uzanır. (Şekil 2.5a). Boşluklar arasındaki duvar kısımlarında da eğik ince çatlaklar meydana gelebilir (Şekil 2.5a). Deprem hareketinin duvara dik yönde etki etmesi durumunda duvarda yatay ve düşey çatlaklar meydana gelir. Düşey çatlaklar duvarın kendisine dik olarak bağlanan duvarlarla birleştiği kenarlarda ve duvarın orta kısmında görülür (Şekil 2.5a,d). Bunlar duvarın düzleminden dışarıya doğru eğilmek istemesinden kaynaklanan eğilme çatlaklarıdır. Aynı şekilde düzlem dışı eğilme duvarın orta ve alt kısımlarında yatay çatlaklara da neden olur (Şekil 2.5a,d). Tuğla ve kerpiç duvarlarda dışa eğilme ise sıva dökülmesi şeklinde kendini gösterir (Şekil 2.5a) [9].

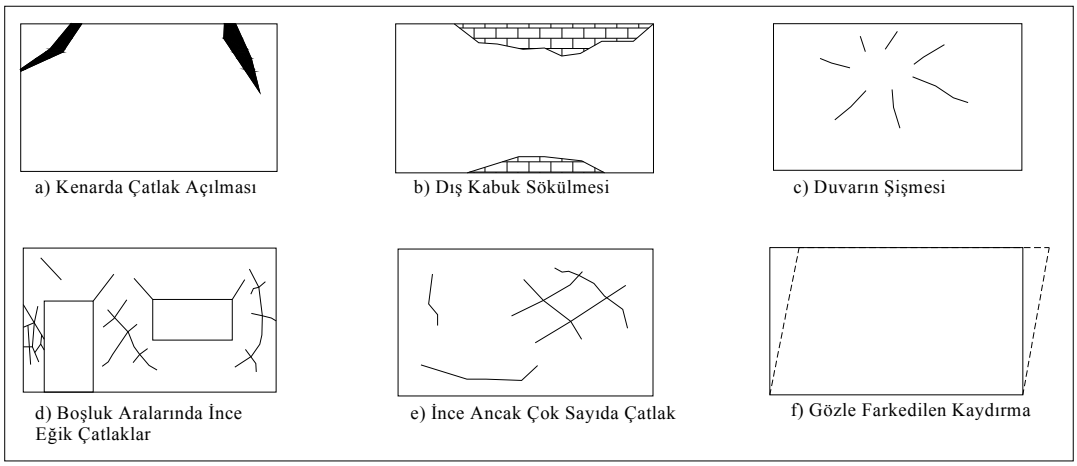


Şekil 2.5 : Az hasarlı duvar örnekleri [9]

2.5.3 Orta hasarlı yığma yapılar

Bu düzeydeki hasarın belirtisi yine duvarlardaki tipik X- şeklindeki kesme çatlaklarıdır. Ancak çatlak genişlikleri bir önceki hasar düzeyine göre daha fazladır,

10-25 mm gibi. Duvarda oluşan nominal kesme gerilmesinde ulaşılabilen maksimum değere göre önemli (%30-%40) azalma olmuştur. Ancak duvarların genel olarak boyutlarında önemli bir değişme yoktur, duvar düzlemi dışına fazla deforme olmamıştır, şakülden uzaklaşmamıştır (Şekil 2.2) [6,10].



Şekil 2.6 : Orta hasarlı duvar örnekleri [9]

2.5.4 Ağır hasarlı yığma yapılar

Bu hasar düzeyine giren yapılarda çatlakların boyutlarının 25 mm'yi aşmasından başka:

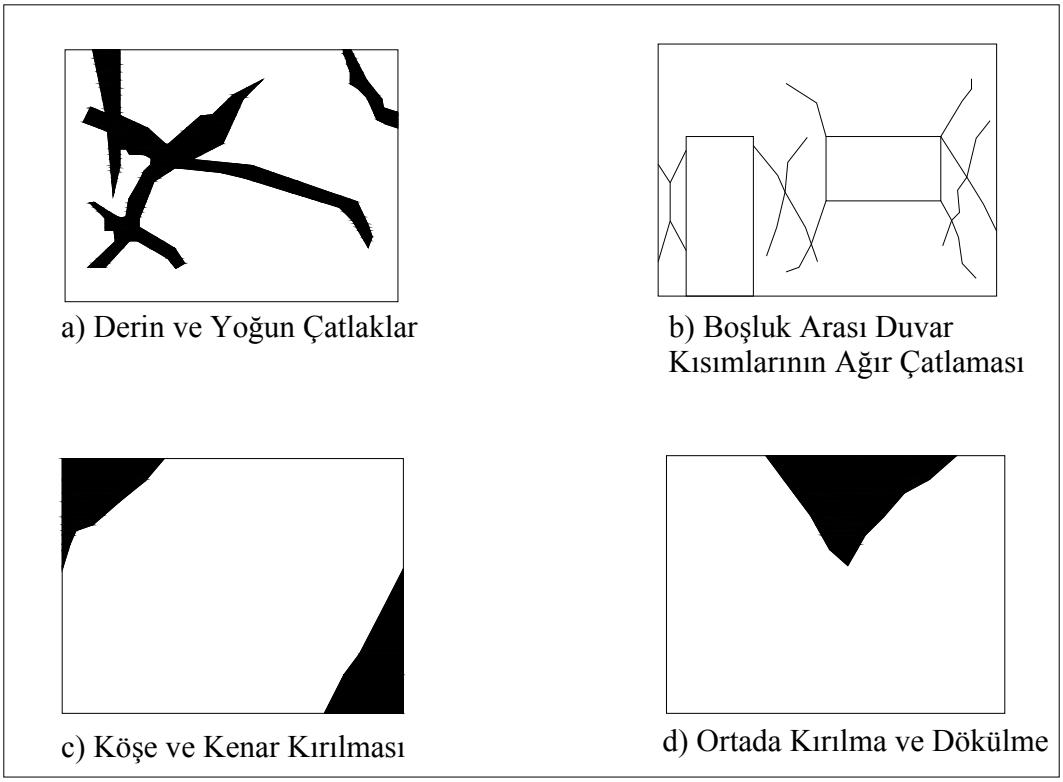
- Duvarlarda düşeyden uzaklaşma,

- Köşelerde duvarların ayrışması,

- Duvarlarda düşey yüklerden dolayı şişmeler ki bunlar kesme kuvvetlerinin oluşturduğu çatlakların etkisi ile zayıflamış ve paralanmış duvarların düşey yükleri de taşıyamaz duruma gelmiş olduklarını gösterir.

- Kısmen yıkılmış duvarlar. Bu tür hasar düzeyinde yapının zemin katının şakülden uzaklaşma miktarı (δ / h) 1/50 'den fazladır. D-sınıfı hasar gören yığma yapıların onarımı mümkün olanları vardır. Özellikle duvarda yıkılma, şişme ve şakülden uzaklaşma olayının az sayıda görüldüğü ve döşemelerin oturdukları duvarlardaki bu yukarıda sayılan hasarın yarattığı aşırı deformasyonda etkilenmedikleri durumlarda onarım ve takviye düşünülebilir. Ancak yapı güçlendirilse bile kullanma biçiminin değiştirilmesi gerekir. Bu düzeyde hasar görmüş bir sağlık ocağı onarıldıktan sonra konut olarak kullanılmalıdır [6,10].

Ağır derecede hasarlı yığma duvarlarda çatlaklar geniş ve duvar derinliğindedir. Duvarın bazı kısımlarında kısmen dökülmeler ve yıkılmalar da oluşur. Hareketin hakim yönü duvara paralel ise duvar gövdesinde geniş çatlaklar meydana gelir. (Şekil 2.7a) Duvarda boşluklar varsa bunların aralarındaki duvar kısımları yoğun şekilde hasara uğrarlar. Geniş eğik kesme çatlakları bu kısımlarda yoğunlaşır, ayrıca boşluk köşelerinden dışarıya doğru geniş eğik çatlaklar meydana gelir (Şekil 2.7b) [9].



Şekil 2.7 : Ağır hasarlı duvar örnekleri [9]

2.5.5 Göçmüş yığma yapılar

Taşıyıcı duvarlarının önemli bölümü yıkılmış, döşemeleri birbiri üstüne yığılmış ya da oturdukları duvarların yıkılması sonucu kendilerinde de çatlaklar ve kırılmalar olmuş döşemeleri olan yığma yapılardır, onarılamazlar. Yığma yapıların hasar düzeyi ve onarılıp onarılamayacağı ya da güçlendirmenin gerekip gerekmediği yine yapıdaki hasar ile oluşan depremin şiddeti arasındaki ilişkiden gidilerek yapılmalıdır. A ve B düzeyindeki hasar yığma yapılarda VI-VII şiddetindeki depremlerde beklenmelidir. C ve D düzeyindeki hasar VIII-IX şiddetlerinde ve E düzeyindeki hasar ise IX' dan büyük şiddetlerde oluşması beklenen hasar düzeyleridir. Eğer ulaşılan hasar düzeyi beklenenden daha küçük bir şiddet düzeyinde olmuş ise güçlendirme, yeni yapıyı

deprem öncesinden daha yüksek dayanımlı bir duruma getirmek gerekir. Öte yandan eğer yığma yapının ekonomik ömrü bitmiş ise yıkılarak yeniden yapılması daha doğru olur. Yapı yakın bir gelecekte yıkılarak örneğin betonarme karkas olarak yapılacaksa onarımın düzeyi düşük tutulabilir [6,10].

Yığma yapıların hasar düzeyleri belirlenirken duvarların yatay yükleri taşıma gücü göz önünde tutulmalıdır. Başlangıçta dayanım tuğla ile harç arasındaki yapışma ile sağlanmaktadır. Derzlerin çatlaması ile aderansın sağladığı dayanım ortadan kalkmakta, geriye tuğla ile harç arasındaki çatlak yüzeylerindeki sürtünme kuvvetinin sağladığı kesme kuvveti taşıma gücü kalmaktadır. Ötelenme ile gelişen kesme kuvveti taşıma gücü, tuğla ya da beton blokların birbiri üzerinden kayması, çatlakların genişlemesi ile giderek azalmaktadır. Tuğlaların ve beton blokları arasındaki kayma düşey yüklerin taşındığı net alanın da azalmasına yol açtığı için düşey yüklere karşı emniyet payı da azalmaktadır. Duvarları çatlamış bir yığma yapının hasar değerlendirmesinde çatlakların genişliği duvarda kalan kesme ve düşey yük taşıma gücünün göstergesi olmaktadır [9].

2.6 Yığma Yapılar İçin Hasar Ölçüt Tablosu

Yığma yapılarda deprem hasarlarının belirtileri taşıyıcı duvarlarda meydana gelen çatlaklardır. Çatlağın meydana gelmesinden hemen sonra çatlağın genişliği, ara yüzeydeki sürtünme kuvvetlerine ve depremde meydana gelen kayma gerilmelerinin etkime süresine bağlıdır. Çatlak genişliklerine göre hasar ölçüt tablosu aşağıda verilmiştir (Şekil 2.8) [9,10].

Çatlak genişliği	Hasar Derecesi	Açıklamalar
0.1'den az	Önemsiz	Yapıya ve kullanıma etkisi yoktur
0.1-0.3 mm	Önemsiz, az	Taşıyıcı sisteme ve yapının kullanımına bir etkisi yoktur
0.3-1.0 mm	Az	Taşıyıcı sisteme bir etkisi yoktur. Estetik açıdan sakıncalı olabilir.Dış cephe elemanlarının yıpranmasını hızlandırır.
Buraya kadar olan çatlaklar kılcal çatlaklardır. Çoğu zaman gözden kaçabilir. 1 mm yakın çatlarda duvar kağıtlarında buruşukluklar gözlenebilir.		
Çatlak genişliği	**Hasar Derecesi**	**Açıklamalar**
1.0-2.0 mm	Orta	Taşıyıcı sisteme bir etkisi yoktur. Estetik açıdan sakıncalı olabilir. Dış cephe elemanlarının yıpranmasını hızlandırır.Bu düzeydeki çatlaklar ve briketleri, pencere kapı lentolarını çatlatabilir.Birkaç metre uzaktan fark edilebilirler. Bu düzeyden daha ileri düzeydeki çatlaklar yapıda oturanları önlem alınması için harekete geçebilir.
2-5 mm	Orta	Taşıyıcı sistemi etkilemeye başlar.Dış duvarlardan içeriye hava akımları duyumsanmaya başlar, pencere ve kapalar sıkışır ve kapanmamaya başlar. Yapının kullanımı eklenmeye başlar.
5.0-15.0 mm	Orta-Ağır	Kapı ve pencereler sıkışabilir.Su ve kanal bağlantıları kırılabilir.Binaya su ve soğuk hava girer. Pencere camları çatlar ve kırılabilir, sıvılar dökülmeye başlar. Tuğla duvarlar parçalanır. Yığma kemerler çökebilir.Bu boyutlardaki çatlaklar kabul edilemez çatlak sınırı oluşturur.
15.0-25.0 mm	Ağır	Ciddi onarım ve güçlendirme gerektirir.Yapının stabilitesi çok büyük bir tehlike altındadır.
25.0mm'den çok	Çok ağır ve çok tehlikeli	Yapıda ağır hasar,ciddi onarım ya da yeniden yapım gerekir

Şekil 2.8 : Yığma yapılar için hasar ölçüt tablosu

3. YIĞMA YAPILARIN GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ

Yığma yapılarda taşıyıcı sistem malzemesinin düşey yüklere karşı yetersizliği, yanlış inşaat uygulamaları, binanın ilk tasarımdan zamanla farklı fonksiyonlar kazanması; ek duvarlar yapılması veya iç duvarların yıkılması gibi kullanıcıdan kaynaklanan hatalar, son deprem yönetmeliğine göre yapıların yeni standartlarının belirlenmesi başlıklarında sıralayabileceğimiz bir dizi koşullar nedeniyle yapıların güçlendirilmesi gereklidir. Son dönemlerde ortaya çıkan uygulamalarda onarım ve güçlendirme işlemlerinde, yöntem ve malzemelerin etkin kullanımları açısından bir takım bilgi eksiklikleri olduğu görülmektedir. Bu eksikliklerden dolayı hatalar içeren güçlendirme uygulamalarında büyük ekonomik kayıplar meydana gelmektedir [9].

Yığma yapıların onarım ve güçlendirilmesinde çeşitli yöntemler kullanılabilir. Bu tip yapılardaki onarım ve güçlendirmenin ana ilkeleri şu şekilde özetlenebilir.

- Yapıdaki yüklerin kaldırılması ya da azaltılması,

- Yapıda köşelere yakın kapı ve pencere boşluklarının kapatılması yada küçültülmesi,

- Kütle ve rijitlik merkezini birbirine yaklaştırmak üzere yeni duvarlar eklenmesi,

- Onarım yönteminin malzeme ve işçilik açısından hasarlı yapının bulunduğu bölgede uygulanabilir olması,

- Onarım sırasında yapının kesinlikle deprem dayanımının öncesine göre daha sağlam bir duruma getirilmesi,

- Yapının simetrik olamaması ya da tek katlı bir yapının iki katlı bir yapıya bağlı olması halinde yapının iki ayrı bölüme ayrılarak daha basit iki ayrı yapıya dönüştürülmesi,

- Yapıda iç ve dış duvarların kesme ve düşey gerilme taşıma güçlerinin artırılması [10].

Yığma binalarda güçlendirmeyi çatlaklarda güçlendirme ve yığma duvarlarda güçlendirme olarak iki kategoriye ayırabiliriz.

3.1 Çatlaklarda Onarım Yöntemleri

3.1.1 Küçük çatlakların onarılması

Derine inmeyen küçük ve 2 mm genişlikli çatlakların üzerindeki sıva kaldırılır. Çatlaklar epoksi reçineleri, çimento şerbeti, priz sırasında genleşen özel katkı maddeli harçlar ve ince kumlu, yüksek çimento dozlu harçlar ile doldurulur. Çok ince çatlakların doldurulmasında dolgu malzemeleri basınçlı olarak verilir. Bu yöntemlerin uygulanması zor ve gerekli özen, zaman isteyen pahalı yöntemlerdir. Derinliği fazla olmayan çatlaklarda, yüzey temizlenir, yüksek dozlu çimento harcı ile ve gereken yerlere bağ levhaları yerleştirilerek doldurulur. Gerekirse çatlat bölgelerine donatılar yerleştirilerek çatlakların büyümesi önlenir. Düşey ve yatay donatılı takviye bantlar yapılır. Çatlak genişliği fazla ise bağ elemanları kullanılır. Düşey çatlak duvarın her iki yüzünde varsa, sıvalar sökülür, çatlağın sağ ve solundaki tuğlalar sökülür, yüksek dozlu çimento ile tuğla yeniden örülür. Çatlak tuğla duvarda düşey konumda ise, çatlağın her iki yanında bir tuğla boyundaki kısım sökülerek, yeniden yüksek dayanımlı harç ile örülür. Yığma yapı duvarında "x" şeklinde eğik çekme çatlakları var ise duvarlar güçlendirilir, çatlakları kesen ve duvara yarı gömülü şekilde güçlendirme bantları beton içine donatı konularak yapılır [10,11].

3.1.2 Çimento şerbeti ile onarım

Çimento standardına göre çimento tanelerinin %95'inin 0.74 mm' den daha büyük olması gerekmektedir. Bu ise genellikle küçük çatlaklarda çimento şerbetinin basınç altında uygulanmasını gerektirir. Çimento şerbeti ya da harç yapımında ilk dayanımı yüksek portlant çimentosu ve genleşen harç kullanılması daha iyidir. Genleşen çimento ise çatlakların içine giren harcın yada şerbetin genişleyip bütün boşlukları doldurmasını sağlar. Genleşen çimento içinde sülfo-alüminat konulmuş bir çimentodur. Normal portlant çimentosunda da çok ince öğütülmüş alüminyum tozu katılması ile de genleşen çimento elde edilmektedir [11].

3.1.3 Çimento enjeksiyonu ile onarım

Yığma yapı duvarlarında çimento enjeksiyonu özellikle taşıma gücü zayıf olan moloz taş duvarlarda düşük basınçlar altında uygulanır. Bunun için duvarın içine kadar ince borular yerleştirilir. Duvarın iç ve dış yüzeyi 2-3 cm kalınlığında sıva ile

kaplanır. Daha sonra altlardaki deliklerden başlayarak düşük basınç altında çimento şerbeti enjeksiyonu yapılır. Herhangi bir borudan çimento pompalama, yandaki borulardan çimento şerbeti taşımaya başlayıncaya kadar sürdürülür. Çimento yedirilmiş delikler kapatılır. Bu işlem her bir sıradaki delik doluncaya kadar sürdürülür. Daha sonra aynı işlemler bir üst sıradaki enjeksiyon deliklerine uygulanır. Delik arasında 30-40 cm kadar aralık olabilir. Bu deliklerin duvardaki taş ya da tuğla ve benzeri malzeme arasındaki derz durumlarına göre yerleştirilmesi gerekir. Deliklere takılacak borular kullanılacak pompanın hortum ucu boyutuna göre seçilir. Çimento enjeksiyonu yöntemi ile çok zayıf ve düşük dirençli moloz taş duvarların direncinin yükseltildiği ve daha sağlam bir duvar oluşturulduğu gözlenmiştir. Yöntem yavaş, zaman alıcı, çimento pompalama donanımı gerektirmektedir. Kullanılan çimento genleşen ve ilk direnci yüksek çimento olmalıdır [11].

3.1.4 Epoksi reçineleri ile onarım

Çatlak onarımında epoksi reçinesi iki biçimde kullanılmaktadır.

- Epoksi enjeksiyon yöntemi, 0.2-0.3 mm genişliğindeki çatlakların onarımı için uygundur. Düşük viskositeli epoksi reçinesi sürekli bir düşük basınç altında içirilmektedir. Bu yöntemle betondaki ince ve kılcal eğilme çatlakları kapatılmakta ve çatlak yüzeyinde çekme kuvveti aktarımı gerçekleşmektedir. Aynı zamanda epoksi reçinesi donatı ile beton arasında açılmaları doldurarak donatı ile beton arasındaki yapışmayı (aderansı) artırmaktadır.

- Epoksi harcı ile doldurma, ezilmiş ve paralanmış ve de dökülmüş betonları doldurmak için kullanılır. Epoksinin içine çok ince agrega katılarak bir tür “beton” elde edilir ve tahrip edilmiş betonun yerine konulmaktadır.

Düşük basınç altında epoksi enjeksiyonunda düşük viskositeli epoksi kullanılmaktadır. Enjeksiyon düşük bir basınç altında yapılmakta ve uzun süre beklenmektedir. Bu işlemde önce çatlak üzerine belirli aralıklarla borular yerleştirilmekte ve çatlak boruların çevresi epoksi harcı ile kapatılmaktadır. Daha sonra epoksi ile doldurulmuş tüpler borulara takılmaktadır. Tüplere diğer bilyalı uçlarında basınç uygulanmakta ve bu basınç altında tüpteki epoksinin çatlağın içine doğru yavaşça akması beklenmektedir [11].

3.1.5 Sıvama ile onarım

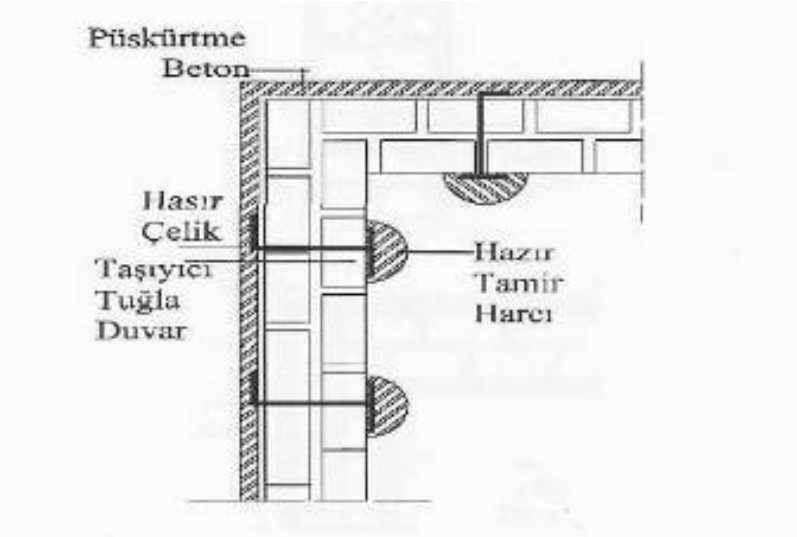
Sıvama daha çok bir yüzey ayrışması onarımıdır. Ancak çatlakları ağ şeklinde ince olması halinde çatlak onarımında da kullanılır. Aktif çatlaklar halinde sıvanan uzayabilir tipte olması şarttır. Bazı durumlarda bu dahi yetersizdir. Bu takdirde cam elyafla takviye edilmiş bitüm emdirilmiş membranlar kullanılır ve kat kat yapıştırılır. Ancak bu membranların bir tuğla duvarla, bir beton asfalt dal ile veya çakılla korunması şarttır. Enine yöndeki hareketler ondülasyona ve yırtılmalara yol açar [12].

3.2 Yığma Duvarlarda Güçlendirme

Bodrum hariç en fazla üç katlı binalarda var olan ve temel üstünden yukarıya kadar üst üste süreklilik gösteren betonarme çerçeve içindeki yığma dolgu duvarların rijitliği ve kesme dayanımı, duvar yüzüne uygulanan ve aşağıda tanımlanan güçlendirme yöntemleri ile arttırılır [9].

3.2.1 Püskürtme beton ile taşıyıcı yığma duvarların güçlendirilmesi

Yığma yapılarda iç ve dış duvarların güçlendirilmesinde kullanılır. Püskürtme beton basınçlı hava ile uygulanan betondur. Kalıp yapmanın zor olduğu veya ekonomik olmadığı durumlarda, betonun ince bir tabaka olarak uygulanması gerektiğinde yapılır. Taşıyıcı duvara epoksi ile ankraj çubukları yerleştirilir, hasır çelik donatı bu ankraj çubuklarına sabitlenir. Öngörülen yerlere özenle yerleştirilen donatılar aderansı zayıflatacak her türlü kirden arındırılmış, temiz olmalıdır. Hasır çeliklerde binmeler bir veya bir buçuk göz olacak şekilde tespit edilmelidir. Daha sonra püskürtme beton uygulanır [9].

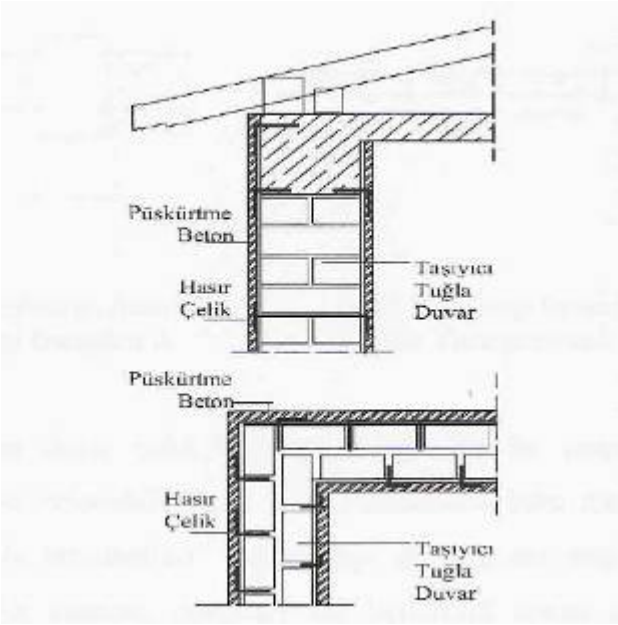


Şekil 3.1 : Tek taraflı hasır çelik ve püskürtme beton uygulaması [4]

Güçlendirmenin duvarın iki tarafında yapılaması tercih edilmelidir (Şekil 3.2). Ancak, üst katlarda kat kesme kuvveti azaldığı için, güçlendirme boyları azaltılabilir ve duvarların bir taraflı güçlendirilmesi de kabul edilebilir (Şekil 3.1). Püskürtme betonu yapacak kişinin tecrübeli olması, uygulamanın başarılı olmasında son derece önemlidir. Püskürtme tabancası yüzeye imkan nispetinde dik ve 1 - 1.5m uzaklıkta tutulmalıdır. Uzak tutulan tabanca, donatının arkasını yeterli betonla dolduramayacağı için, yüzeyde kesitler meydana getirilebilir ve ileride çatlak oluşumuna sebep olabilir. Yakın tutulan tabancada ise yüzeye yapışma tam olarak sağlanamaz ve beton zayiatı meydana gelir. Püskürtme beton uygulamasında yüzeye çarparak sıçrayan beton tekrar kullanılmamalıdır. Püskürtme betonu üzerine yaklaşık 2.5cm kalınlığında sıva yapılarak yüzey düzgünlüğü sağlanmalıdır [9].

Püskürtme beton tabakalar halinde uygulanmalıdır. Alt tabakanın tamamen sertleşmesini beklemeden ikinci tabakaya geçilmelidir. Yeni tabaka püskürtülmeden önce alt tabakadaki şüpheli yerler kontrol edilerek iyi kaynamamış kısımlar uzaklaştırılıp yüzey nemlenmelidir [9].

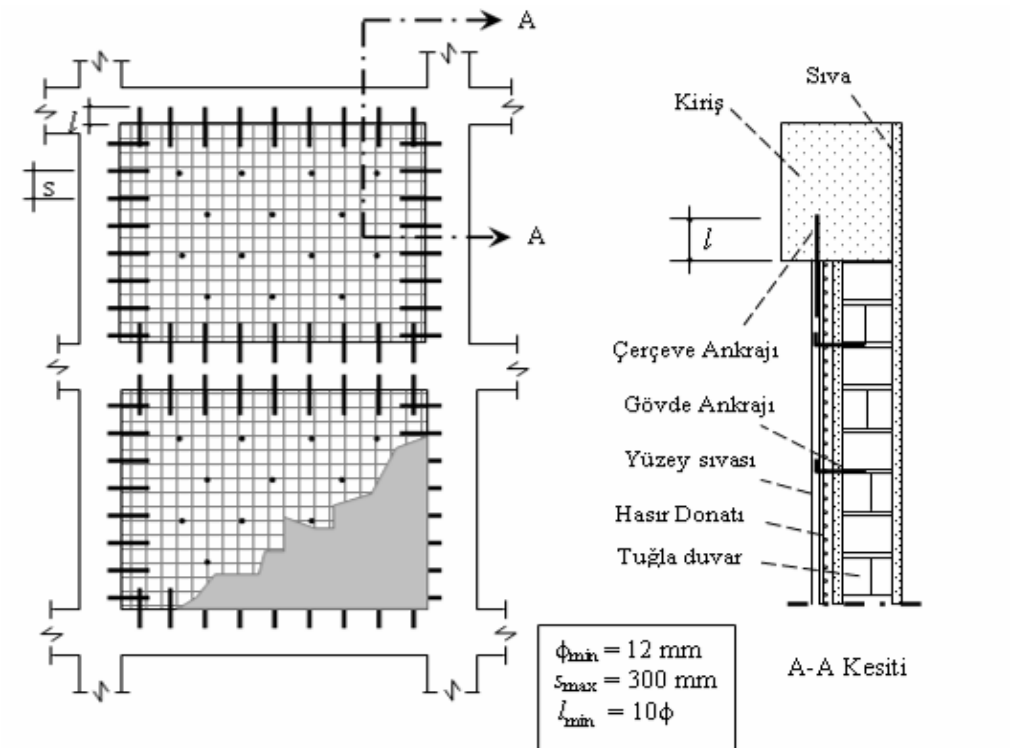
Sahada püskürtülerek oluşturulan her beton panonun bir köşesinde, mala ile küçük bir bölgenin yüzeyi düzgün hale getirilip Schmidt çekici okumaları yapılmalıdır. Okumalar her istasyonda 12 adet civarı olmalı, betonun kaç günlük olduğu ve okumanın yapıldığı ve okumanın yapıldığı yer yazılmalıdır [9].



Şekil 3.2 : İki taraflı hasır çelik ve püskürtme beton uygulaması [9]

Püskürtme beton kuru karışım ve ıslak karışım olmak üzere iki şekilde uygulanır. Kuru sistemde çimento, kum ve agrega homojen olarak karıştırılır, bu karışım dağıtım elemanına gönderilir ve basınçlı hava ile büyük bir hızla uygulama yüzeyine püskürtülür. Islak püskürtme de pompalanarak püskürtme başlığa gelen beton/harç, burada basınçlı hava ve katkı ilave edilerek yüzeye püskürtülür. Yığma yapıların püskürtme beton ile güçlendirilmesinde; binalar arası mesafenin dar olmasından ve uygulanan yüzeyle olan aderansını sağlamadaki zorluklardan dolayı uygulamada sorunlar yaşanabilmektedir. Yığma dolgu duvarların rijitliği ve kesme dayanımı, duvar yüzüne uygulanan hasır çelik donatılı sıva tabakası ile arttırılır. Sıva kalınlığı en az 30 mm, hasır donatı pas payı ise en az 20 mm olmalıdır. Uygulanacak sıva 4 hacim kum, 1 hacim çimento ve 1 hacim kireç karışımı ile yapılacaktır. Bu karışımla yapılan sıvanın basınç dayanımı 5 MPa, kayma dayanımı ise 0.5 MPa alınacaktır. Güçlendirilecek duvarların köşegen uzunluğunun güçlendirme öncesi kalınlığına oranı 30'dan küçük olmalıdır. Bu türlü uygulamalarda mevcut çerçeve içinde basınç çubuğu oluşumu sağlanmalı ve çerçeveye yük aktarımı için gerekli ankrajlar düzenlenmelidir. Bunun için uygulamanın yapılacağı duvar yüzü ile çerçeve elemanları dış yüzü arasında en az 30 mm derinliğinde boşluk olmalıdır. Donatılı sıva tabakası ile çerçeve elemanları arasında kullanılacak çerçeve ankraj çubuğunun en küçük çapı 12 mm, en az ankraj derinliği çubuk çapının on katı ve en geniş çubuk aralığı 300 mm olmalıdır. Ayrıca donatılı sıva tabakası ile mevcut dolgu duvarın birlikte çalışmasının sağlanması için duvar düzlemine dik yönde, her bir metrekare

duvar alanında dört adet gövde ankrajı yapılacaktır. Duvara dik yönde yapılacak gövde ankraj çubukları yığma dolgu duvarın harç derzleri içine gömülecek ve çubuk çapı en az 8 mm, ankraj derinliği çubuk çapının en az on katı olacaktır. Duvar düzlemine paralel ve dik doğrultuda yapılacak tüm ankraj çubukları açılacak deliklere epoksi esaslı bir malzeme ile ekilecek ve uçları L şeklinde 90 derece bükülerek hasır donatının içine geçirilecektir. Uygulama detayları Şekil 3.3'de gösterilmektedir. Güçlendirilen dolgu duvarlarda oluşan kuvvetlerin zemine güvenle aktarılması için gerekli olan temel düzenlemesi yapılmalıdır. Hasır çelik donatı ile güçlendirilen duvarlar Şekil 3.3'de verilen esaslara göre yapı modeline katılacaktır [9].



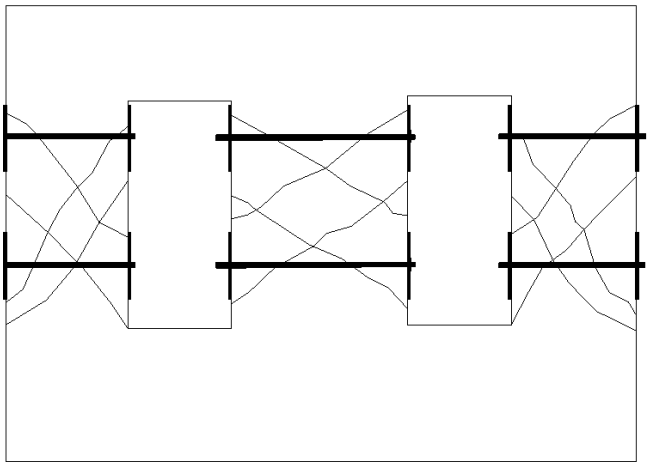
Şekil 3.3 : Hasır çelik donatı ile güçlendirilen duvarlar [9]

3.2.2 Taşıyıcı yığma duvarların çelik elemanlarla güçlendirilmesi

Bu yöntemde, duvarlar kuşaklanarak veya duvarın her yüzünde çatıya veya döşeme diyaframlarına monte edilerek kullanılan çelik levhalarla güçlendirilir [9].

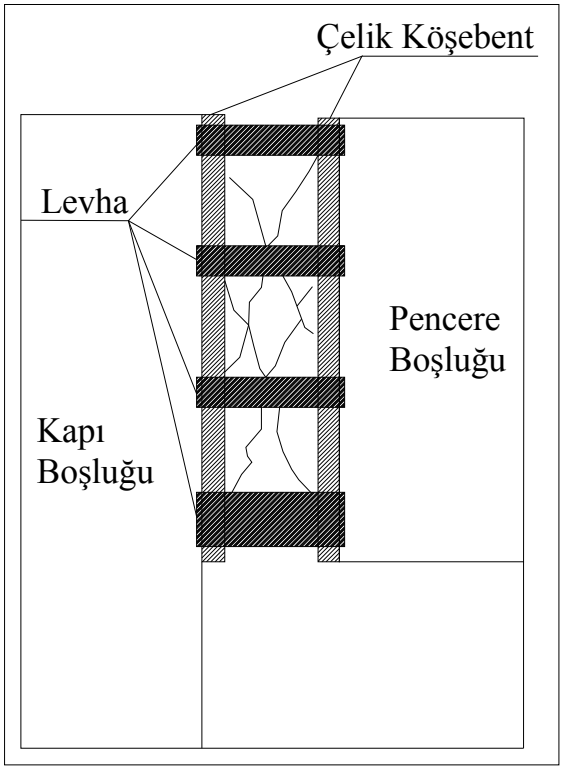
Yığma yapı duvarlarındaki çatlakların büyümesini önlemek için, çatlakları kesen donatılar yerleştirilir. Şekil 3.4'de depremde pencere boşlukları arasında oluşmuş eğik çekme çatlaklarını kesen donatılarda yapılan bir sağlamlaştırma işlemi gösterilmiştir. Burada dolu duvarda açılan deliklerden çapı 16 mm olan donatılar

geçirilmekte ve donatıların uçlarında acılan dişlere somunlar geçirilmekte ve duvarlar sıkıştırılarak çatlağın büyümesi önlenmektedir. Sıkıştırma işleminin yapılmaması durumlarında, donatılar duvarın iç ve dış yüzüne yerleştirilir. Uçlarına çelik levhalar konularak bulonlarla sıkıştırılabilir [9].



Şekil 3.4 : Pencere boşlukları arasında kalan duvarların gergi demirleri ile güçlendirilmesi

Ayrıca boşluk arası duvar çelik ve köşebentlerle de bir çerçeve oluşturularak çatlakların büyümesi önlenebilir (Şekil 3.5). Paslanmaya karsı tüm çelik elemanlar bir sıva tabakası ile örtülmelidir. Yığma yapı duvarlarının sağlamlaştırılmasında kullanılan bir başka yöntem, duvarların üst başlarının donatı bağlanmasıdır. Bu yöntemde, kullanılan gergi demirlerinin uçlarındaki bulonlar iyice sıkılarak donatıya bir gerilme verilmektedir. Gerilmenin en az çeliğin akma gerilmesinin yarısı kadar olması önerilir. Bu yöntemde duvarda bir yuva açılarak donatı yerleştirilir ve duvarı kestiği yerde duvar delinir [9].



Şekil 3.5 : Hasarlı duvar bölümünün çelik gergi demirleri ile güçlendirilmesi [9]

Duvara yerleştirilen bu gergi demirlerinin depremde oluşacak çekme gerilmelerinin belli bir bölümünü alabileceği kabul edilir Böylece duvara bir (art gerilme) verilmiş olmaktadır [9].

Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'de çevre duvarları taşıyıcı tuğladan yapılmış bir yalıda çelik kiriş ve kolonlarla güçlendirme çalışması yapılmıştır.



Şekil 3.6 : Çelik kirişin kaldıraç sistemi ile yerleştirilmesi



Şekil 3.7 : Çelik çerçevelerle güçlendirme örneği

3.2.3 Taşıyıcı yığma duvarların kendiliğinden yerleşen beton (self levelling) ile güçlendirilmesi

Ülkemizde güçlendirme uygulamalarında son yıllarda kullanılmaya başlanan bir tekniktir. Halen bu konu hakkında çalışmalar devam etmektedir. Kendiliğinden yerleşen beton kurulan kalıba homojen bir şekilde dağılarak, vibratör kullanılmaksızın dökülebilmektedir. Özellikle donatı oranının yoğun olduğu projelendirmelerde tercih edilir. Ayrıca püskürtme betonun uygulama zorluğundan dolayı bazı güçlendirme çalışmalarında kendiliğinden yerleşen beton kullanılmaktadır. Yığma duvarın yüzeyine hasır çelik konulması ve projede hesaplanan derinlikte kalıp kurularak betonun döküm işlemi gerçekleştirilir. Ancak uygulamalarda; kalıp kurma işlemi, beton dökülmesi, binanın askıya alınması gibi kullanıcıyı etkileyen rahatsızlıklar verebilmektedir. Güçlendirme esnasında yanlış projelendirme, uygulamayı yürütenlerin de uzman kişiler olmaması durumunda sorunlar yaşanabilmektedir. Ayrıca uygulanacak yüzey ile betonun aderansının araştırılması gereklidir [9].



Şekil 3.8 : Self-levelling uygulaması [14]

3.2.4 Taşıyıcı yığma duvarların FRP ile güçlendirilmesi

Fiber takviyeli plastik (FRP) kompozitlerinin yığma yapıların güçlendirilmesinde kullanımı son zamanlarda hızla artmaktadır. Bu kompozit malzemeler karbon, cam, aramid fiberleriyle takviye edilmiş reçine karışımından oluşurlar. Fiberler yük taşıyan elemanlardır, reçine karışımı fiberlerin arasına yükün dağılması sağlar ve ayrıca fiberleri çevresel etkenlerden korur. 1940'larda; savunmada, uzay endüstrisi çalışmalarında bu tür kompozit malzemelerin üretimi, uygulaması ve de gelişimi hız kazanmıştır. Uzay mekiği inşasında bu tür malzemeler dayanıklılığı ve hafifliği

sebebiyle kullanılmıştır. Günümüzde; özellikle mühendislik uygulamalarında bu türde kompozit malzemeler avantajlarından ötürü kullanılmaktadır. Düşük oranlarına rağmen yüksek dayanım göstermeleri, yorulmaya karşı olan dirençleri, karmaşık şekillerde uygulanabilirliği gibi avantajları vardır [9].

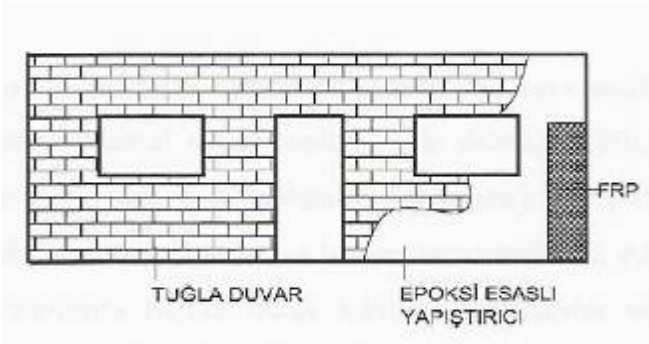
FRP çeliğe göre daha yüksek çekme mukavemeti, ebat ve şekle bağlı çok seçeneklilik, hafiflik, korozyona dayanıklılık gibi özellikleri vardır. FRP malzemesini uygulamak çok kolaydır, çünkü sadece yapının yüzeyine yapıştın İmal arıyla uygulama tamamlanır. Sakıncalı yönleri de vardır halen araştırmakla birlikte, yüksek elastisite modülü, sünmede ve yorulmada yetersiz davranış olarak sayılabilir [9].

Levha ve dokuma şeklinde üretilen FRP'ler duvar yüzeyine epoksi esaslı yapıştırıcıyla uygulanır. Epoksi esaslı yapıştırıcı sürülmeden önce astar malzemesi duvar yüzeyine uygulanır. Böylece epoksi, FRP ve duvar yüzeyi ile olan aderans arttırılmış olur. Yüzey hazırlığı önemli aşamalardan biridir. Bina sistemi içerisinde deprem sırasında davranışı incelenerek, sistemin çeşitli yerlerine FRP'ler uygulanır. Çekme ve eğilme mukavemetlerini alacak şekilde FRP'ler yerleştirilmelidir. Levha FRP'ler 5 ve 10 cm genişliğinde plakalardır, dokumalar tek yönde kuvvetli 50cm genişliğinde malzemelerdir. Bina içinde boyutlandırılması bu esaslara göre belirlenmelidir [9].



Şekil 3.9 : Yığma yapıda bant FRP uygulaması [15]

FRP (Fiber Takviyeli Polimerler) isimli kompozitler ile güçlendirme ülkemizde de yaygınlaşmaktadır. Daha çok karbon fiber (karbon lifi) adıyla tanınan bu malzemeler hafif, yüksek mukavemetli, liflerin dizilim yönleri değiştirilerek mukavemeti ayarlanabilen, beton ve çeliğin giremeyeceği yerlere girebilen, ince, uygulaması hızlı ve pratik, korozyona dayanıklı, uzun ömürlü yeni nesil malzemelerdir. Yapı kullanım durumundayken de çevreye zarar vermeden uygulaması yapılabilir. Uygulandığı kesitin formuna olumsuz bir etkisi olmaz. Ancak bu malzemelerin üretim yöntemlerinin zorluğundan dolayı maliyetleri yüksektir. Uygulama uzman kişilerin denetiminde ve uzman ustalar ile yapılmalıdır. Şekil 3.8 ve Şekil 3.9'de yığma bir yapıya FRP bantlarla güçlendirme uygulaması görülebilir [9].



Şekil 3.10 : Taşıyıcı tuğla duvarda FRP uygulaması [9]

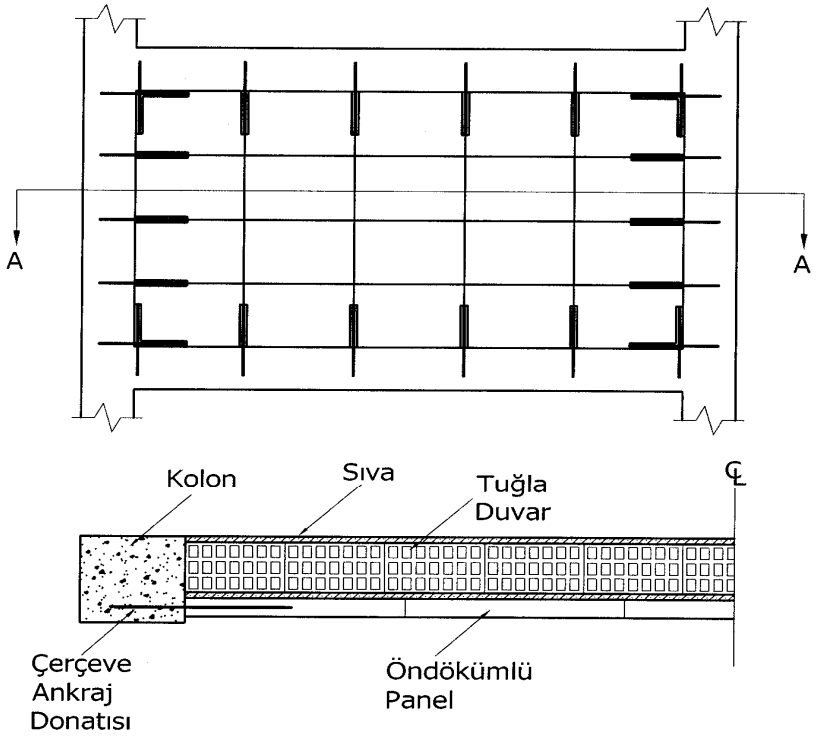
FRP uygulanarak güçlendirilen duvarın yüzeyine daha sonra sıva, boya gibi uygulamalar yapılabilir. FRP uygulamasından 7 gün sonra tam mukavemetine ulaşacaktır. 7 günlük zamanda FRP yüzey dik gelen UV dalgalarından korunmalıdır. Bu süreçte FRP yüzeyine uygulama yapılmamalıdır [9].

Uygulamada FRP levha ve dokuma çeşitleri kemer, kubbe gibi yapı elemanlarının güçlendirilmesinde de kullanılmaktadırlar.

3.2.5 Yığma dolgu duvarların prefabrike beton paneller ile güçlendirilmesi

Binada var olan ve temel üstünden yukarıya kadar üst üste süreklilik gösteren betonarme çerçeve içindeki yığma bölme duvarların kesme dayanımı ve rijitliği, öndökümlü beton panel elemanlar kullanılarak arttırılabilir. Öndökümlü panellerle güçlendirme, uzunluğunun yüksekliğine oranı 0.5 ile 2 arasında değişen duvarlara uygulanmalıdır. Öndökümlü paneller mutlaka çerçevenin içinde kalacak şekilde yerleştirilecek, dışmerkezli olarak yerleştirilmeyecektir. Bu türlü uygulamalarda mevcut çerçeve içinde basınç çubuğu oluşumu sağlanmalı ve çerçeveye yük aktarımı için gerekli ankrajlar düzenlenmelidir. Bunun için uygulamanın yapılacağı duvar yüzü ile çerçeve elemanları dış yüzü arasında en az panel kalınlığına eşit derinlikte boşluk olmalıdır (Şekil 7.6). Prefabrike beton paneller ile güçlendirilecek duvarların köşegen uzunluğunun güçlendirme öncesi kalınlığına oranı 30'dan küçük olmalıdır. Öndökümlü panel betonu basınç dayanımı minimum 40 MPa olacaktır. Büzülme çatlaklarını ve taşıma sırasında oluşabilecek çatlakları en aza indirmek için panel ortasına tek düzlemde hasır donatı konacaktır. Hasır donatı oranı her iki doğrultuda 0.001'in altında olmayacaktır. Panelin minimum kalınlığı 40 mm ve maksimum kalınlığı 60 mm olacaktır. Paneller duvara epoksi esaslı bir yapıştırıcıyla tutturulacaktır. Yapıştırıcı, panel elemanları birbirine yapıştırmak için elemanların

arasına da uygulanacaktır. Kullanılacak epoksi esaslı yapıştırıcının betona yapışma dayanımı en az 2.5 MPa olacaktır. Öndökümlü paneller ile çerçeve elemanları arasında kullanılacak en küçük ankraj çubuğu çapı 12 mm, en az ankraj derinliği çubuk çapının on katı olacaktır. Ankrajlar panellerin çerçeveye değen her köşesinde yapılmalı ve epoksi esaslı bir yapıştırıcıyla çerçeveye tutturulacaktır. Panellerin ankraja değecek kenarları, ankraj çubuğuna yer açacak şekilde dişli imal edilmelidir. Prefabrike beton paneller, iki kişinin rahatlıkla taşıyıp uygulayabileceği ağırlık sınırları içinde kaldığı sürece kare veya kareye yakın dikdörtgen şeklinde olabildiği gibi kat yüksekliği boyunca yer alan şeritler halinde de üretilebilir. Güçlendirilen dolgu duvarlarda oluşan kuvvetlerin zemine güvenle aktarılması için gerekli olan temel düzenlemesi yapılmalıdır. Prefabrike beton paneller ile güçlendirilen duvarlar aşağıda verilen esaslara göre yapı modeline katılacaktır. Yapı modelinde betonarme çerçeve içinde düzenlenmiş ve köşegen uzunluğunun güçlendirme öncesi kalınlığına oranı 30'dan küçük olan dolgu duvarlar göz önüne alınacaktır. Prefabrike beton paneller ile güçlendirilmiş dolgu duvarlar uygulanan deprem yönünde basınç kuvveti alan eşdeğer köşegen çubuk elemanları ile temsil edilecektir (Şekil 3.10) [13].



Şekil 3.11 : Yığma dolgu duvarların prefabrike beton paneller ile güçlendirilmesi [13]

4. ÖRNEK BİR YIĞMA YAPIDA GÜÇLENDİRME ANALİZİ

4.1 Yapının Özellikleri

Bu bölümde deprem bölgelerinde yapılacak olan, hem düşey hem yatay yükler için tüm taşıyıcı sistemi doğal veya yapay malzemeli taşıyıcı duvarlar ile oluşturulmuş bir yığma yapının analizi ve güçlendirilmesi bu konuda yürürlükte olan ilgili standart ve yönetmeliklerle uyularak yapılacaktır.

Hazırlanan mimari plan uyarınca binamız üç katlı olup bodrum kat 33 cm, zemin ve 1. katta 22 cm kalınlıklı tuğla duvarlardan oluşmuştur (Şekil4.1). Mimari yapı dış boyutları 18.11 m × 17.10 m olan yapımız 1. derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Uygulama aşamasında gerekecek diğer bilgilerde Çizelge 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1 : İncelenen yığma yapı

Analizde Sta4-CAD programından faydalanılmıştır.

Çizelge 4.1 : Yapı özellikleri

Yapı Özelliği	Değer
Zemin Grubu	Z3
Kat Adedi	3
Deprem Katsayısı (Ao)	0,4
Yapı Tipi Katsayısı (R)	2
Zemin Hakim Titreşim Periyodu.(Ta/Tb)	0,15/0,6
Hareketli Yük Katsayısı	0.6
Zemin Emniyet Gerilmesi (t/m²)	15.0
Zemin Yatak Katsayısı (t/m³)	1500.0
Beton Yoğunluğu (t/m³)	2,5
Deprem Standardı	TDY2007

4.2 Malzeme Özellikleri

Tuğla yığma yapılarda düşey ve yatay yükleri taşıyan duvarların basınç ve kesme dayanımları çok önemlidir. Bu dayanımlar duvarlarda kullanılan tuğla ve harcın basınç dayanımlarına, tuğlanın delik oranı, harcın çekme ve tuğlayla aderansı ve işçilik önemli bir rol oynamaktadır. İncelediğimiz yapı 22 cm ve 33 cm'lik yığma tuğla ile yapılmıştır.



Şekil 4.2 : İncelenen yığma yapıdaki örnek bir duvar

Duvarlarda kullanılan malzemelerin cinsine göre kesme ve basınç dayanımları verilmiştir. Dolu fabrika tuğlası için belirlenen özellikler Çizelge 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.2 : Dolu fabrika tuğlasının özellikleri [6]

Birim Hacim Ağırlığı	Basınç Dayanımı	Kesme Dayanımı
2 t/m3	300-400 t/m2	20-30 t/m2

Dolu fabrika tuğlasının özelliklerine bakılarak basınç dayanımını güvenli bir tarafta kalmak için bu örnekte (fu)=300 t/m2 kabul edilecektir. Tuğla serbest basınç dayanımının 0.50'si (fd) duvar basınç dayanımı ve bu dayanımın 0.25'i (fem) duvar basınç emniyet gerilmesidir. Yığma duvarda kullanılan elemanların elastisite

modülü (Ed) ise (200 x fd) olarak belirlenmiştir. Buna göre duvar basınç emniyet gerilmesi, duvarın basınç dayanımı ve elastisite modülü hesaplanmıştır [6] (4.1).

fem=0,25. fu=0,25.300=75 t/m2 (4.1a)

fd=0,5. fu=0,5.300=150 t/m2 (4.1b)

Yığma tuğla E=200. fd =200.150=30000 t/m2 =3000 kg/cm2 (4.1c)

Yığma tuğla fu =300 t/m2 = 30 kg/cm2

Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'de yapıdaki ahşap döşeme detayı verilmiştir. Yapıdaki ahşap döşeme ağırlığı aşağıdaki denklemlerden hesaplanır (4.2):

Ahşap elastisite modulü E= 100.000 kg/cm2 [16]

Ahşap çekme gerilmesi = 110 kg/cm2

Ahşap birim hacim ağırlığı= 0,7 t/m3

Ahşap döşeme ölü yükü = 2 x 0,03 x 0,7 = 0,042 t/m2 (4.2a)

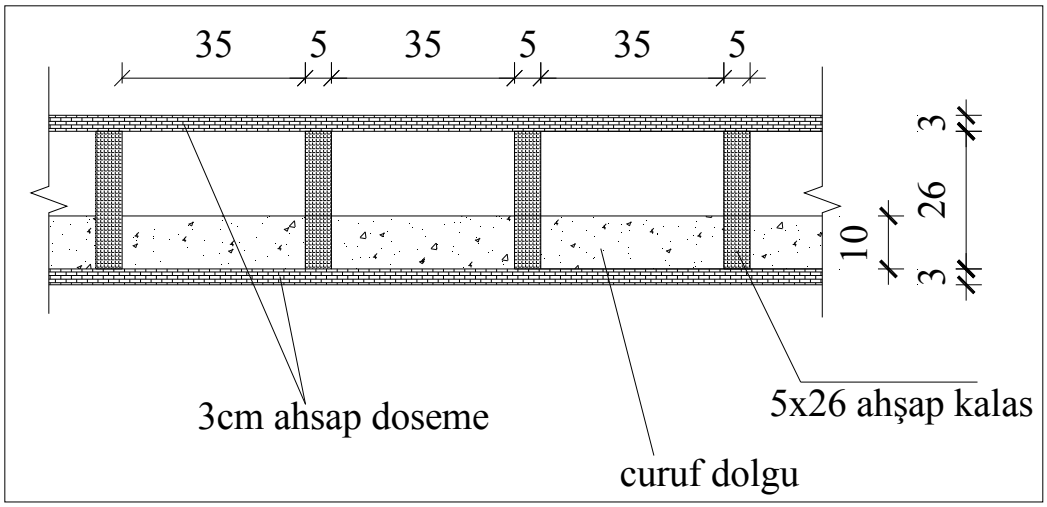
Ahşap kalas ölü yükü = 0,05 x 0,26 x 0,7 x 100/40 = 0,02275 t/m2 (4.2b)

Cüruf dolgu hacim ağırlığı = 0,8 t/m3

Cüruf dolgu ölü yükü = 0,8 x 0,1 = 0,08 t/m2 (4.2c)

Toplam ölü yük = 0,042 + 0,02275 + 0,08 = 0,14475 t/m2 =0,150 t/m2 (4.2d)

Hareketli yük = 0,350 t/m2



Şekil 4.3 : Mevcut ahşap döşeme detayı



Şekil 4.4 : Ahşap döşeme detayı

4.3 Mevcut Yığma Yapının Analizi

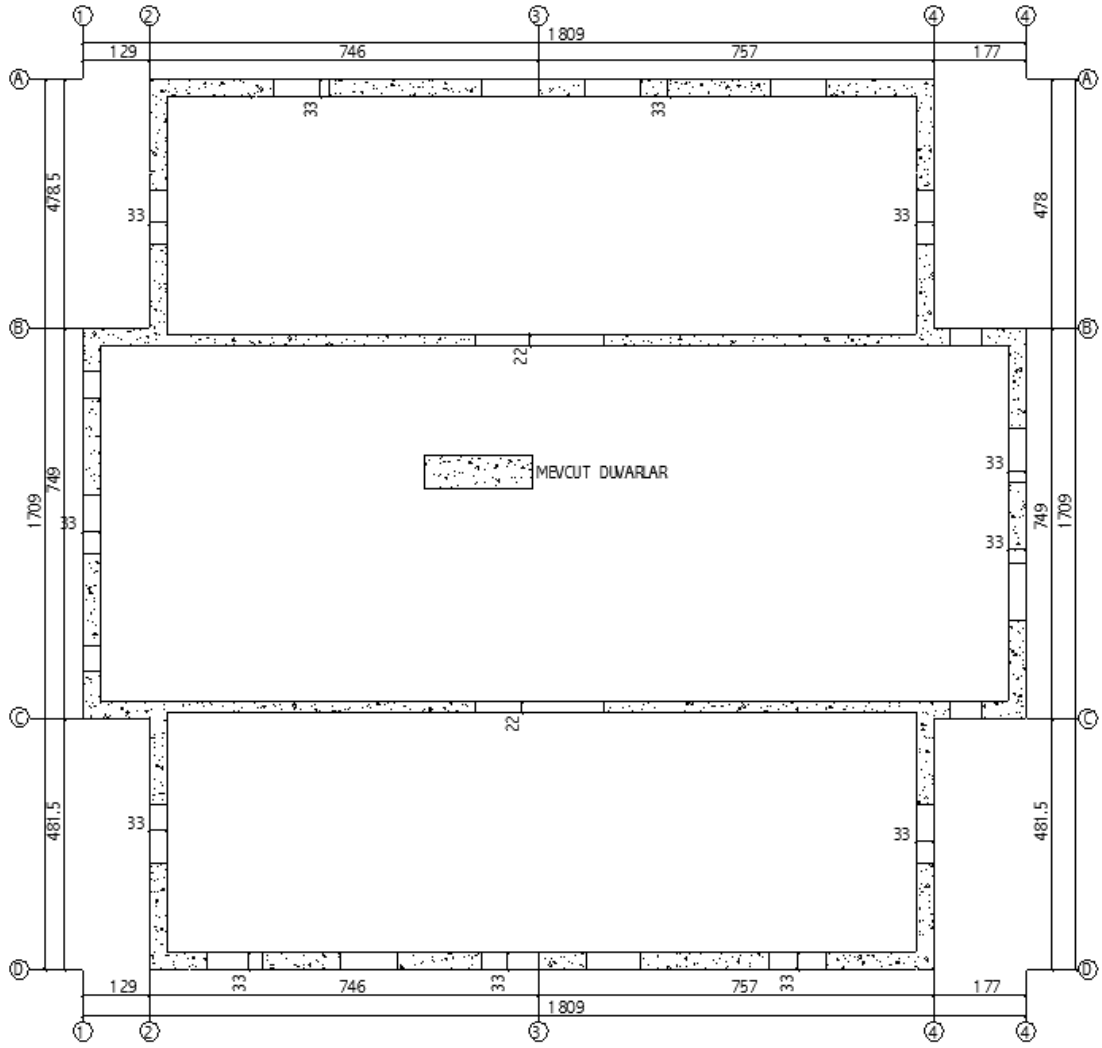
Öncelikle mevcut yapı sistemi statik programına girilerek çözüm yapılmış ve çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir. Yığma yapılar için kullanılan Spektrum katsayısı, S(T)=2.5 olarak belirtilmiştir. Bu değer bina doğal periyodu, T, yerel zemin koşullarına göre belirlenen spektrum karakteristik periyotlarının (Ta,Tb), aralığında bir değer olmalıdır [13].

S(T)=2.5 (Ta < T < Tb)

Bina doğal periyodunun, spektrum karakteristik peryodu Ta'dan küçük olması durumunda deprem yükü azaltma katsayısı, Ra(t), Taşıyıcı sistem davranış katsayısı, R, değerine eşit olmaktadır. Yığma yapılar için Ra(t) değeri 2 olarak alınmaktadır [13].

Ra(t)=R=2 (Ta < T)

Mevcut yığma yapının planı Şekil 4.5'de gösterilmiştir.



Şekil 4.5 : Mevcut yapı normal kat kalıp planı

Şekil 4.6'da eşdeğer deprem bağıntısı kullanılarak yapıya her iki yönde etki eden deprem kuvveti bulunmuştur (4.3) [13].

Eşdeğer Deprem Yükü $$Fdi = (Vt - Ft)\frac{Wi.Hi}{\sum_{j=1}^{N} Wi.Hi} \qquad (4.3)$$

	X YÖNÜ				Y YÖNÜ			
Kat no	Modal Analiz	Eşdeğer dep.yön.	Deprem yükü	Kat tipi	Modal Analiz	Eşdeğer dep.yön.	Deprem yükü	Kat tipi
4	731.542	884.220	999.754	UST KAT	720.916	884.220	955.692	UST KAT
3	441.902	663.165	603.921	NORMAL	469.258	663.165	622.078	NORMAL
2	247.205	456.650	337.840	NORMAL	261.444	456.650	346.587	NORMAL
1	67.023	254.976	91.596	NORMAL	82.037	254.976	108.754	NORMAL
Σ	1487.672	2259.012	2033.111	GENEL	1533.656	2259.012	2033.111	GENEL

Şekil 4.6 : Deprem kuvveti (t)

X ve y yönlerindeki eşdeğer deprem kuvvetleri bulunmuştur (4.4).

Vtx=W.A(t)/Ra(t)> 0,10. Ao.I.W 2259.01 > 180.72 t (4.4a)

Vty=W.A(t)/Ra(t)> 0,10. Ao.I.W 2259.01 > 180.72 t (4.4b)

Modal analiz minimum yük oranı eşdeğer deprem yükü sonucu bulunan değerle çarpılır. Sonuçta çıkan değerle modal analiz sonucu bulunan değerden büyük olanı deprem yükü olarak alınır (4.5) [13].

X Deprem kontrol: 0.90 × 2259.012 = 2033.111 > 1487.672 → 2033.111 t (4.5a)

Y Deprem kontrol: 0.90 × 2259.012 = 2033.111 > 1533.656 → 2033.111 t (4.5b)

Kat deprem deplasmanları bulunmuştur (Şekil 4.7).

Kat	9. yükleme		10. yükleme		11. yükleme		12. yükleme	
(dyf)	δx (m)	θz (rad)	δx (m)	θz (rad)	δy (m)	θz (rad)	δy (m)	θz (rad)
4	0.1487000	0.0000026	0.1487000	0.0000026	-0.258344	-0.000106	-0.258344	-0.000106
3	0.0988657	0.0000021	0.0988657	0.0000021	-0.183651	-0.000057	-0.183651	-0.000057
2	0.0456890	0.0000012	0.0456890	0.0000012	-0.088422	-0.000020	-0.088422	-0.000020
1	0.0033021	0.0000001	0.0033021	0.0000001	-0.006277	-0.000001	-0.006277	-0.000001

Şekil 4.7 : Kat deprem deplasmanları

Max. yer değiştirme : δx = 0.1487000, δy = 0.2583440 m

Mevcut yapının yığma duvar moment ve kapasite kontrolleri yapılmıştır. Taşıyıcı duvar üzerine gelen toplam hesap momenti (∑Mr), taşıyıcı duvarın toplam moment taşıma kapasitesi (∑Md) ile karşılaştırılmıştır.

∑Mr < ∑Md koşulunu sağlayan yığma duvarlar yeterli olarak kabul edilmiştir.

Binanın tamamındaki taşıyıcı yığma duvarlarda moment yetersizliği görülmüştür (Ek.A).

4.4 Betonarme Perdelerle Güçlendirilmiş Yığma Yapının Analizi

Sisteme x ve y yönlerinde 30 cm'lik güçlendirme perdeleri tanımlanmıştır. Güçlendirme sisteminde BÇIII betonarme demiri ve BS30 betonu kullanılmıştır

BS30 için E =318.000 kg/cm2

fu =300 kg/cm2

BÇIII çekme gerilmesi = 4200 kg/cm2

Statik programda betonarme ve tuğla duvarın beraber çalıştıkları yerlerde, daha önce yapılmış deney sonuçlarında bulunan kırılma yükleri kullanılarak eşdeğer betonarme kesiti ve elastisite modulü bulunmuştur [9].

Yalın tuğla duvar kırılma yükü = F_T = 29 kN

Betonarme perde ile güçlendirilmiş duvar kırılma yükü = F_B= 68 kN

$k_1 = F_B / F_T = 68 / 29 = 2.34$

$E_{eş1} = E_T + E_B/2.34 = 3000 + 318000/2.34 = 138897$ kg/cm^2

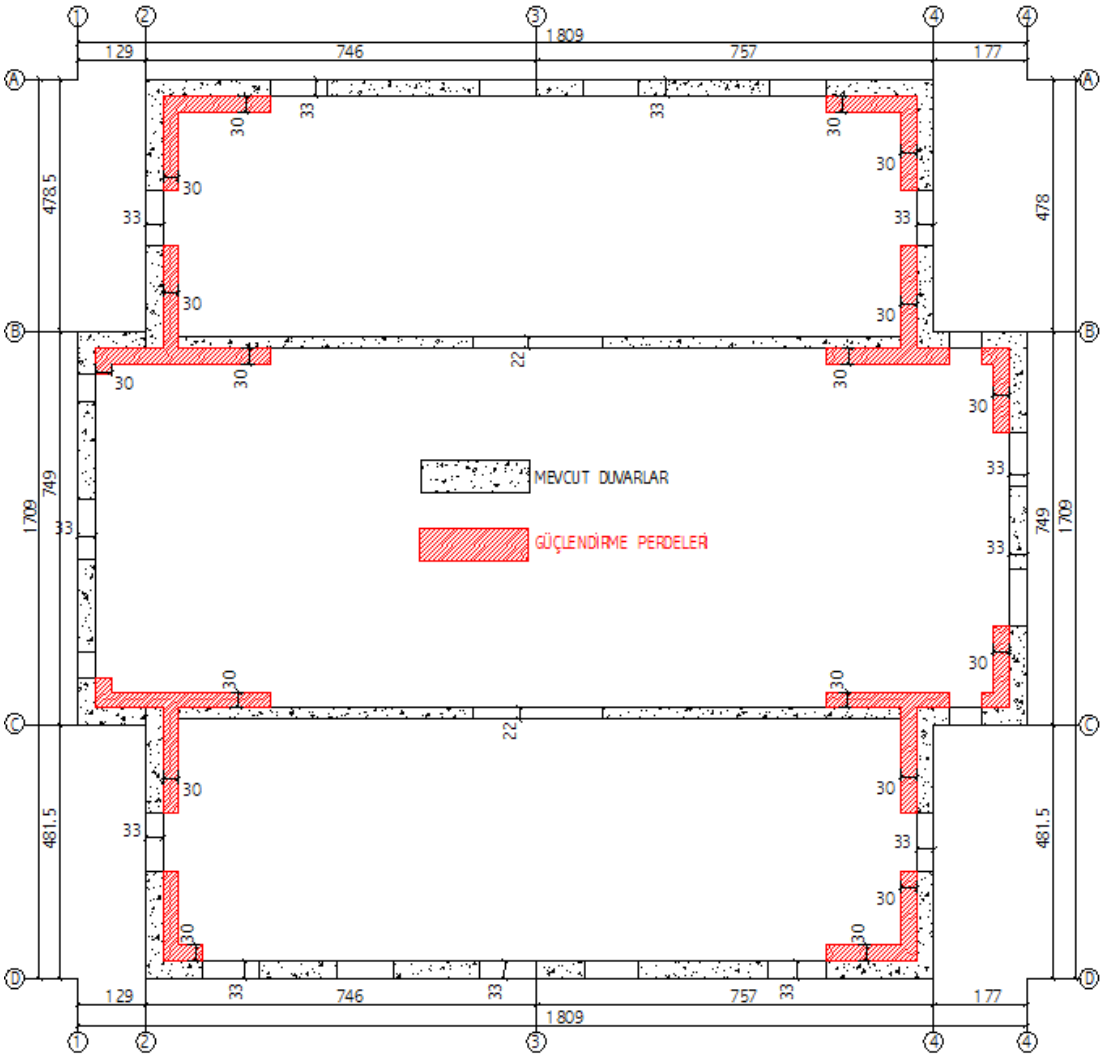
$b_{eş1} = b_T + b_B / 2.34 = 33 + 30 / 2.34 = 45$ cm

Bulunan eşdeğer kesit ve elastisite modulü kullanılarak statik programında tekrar çözüm yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Yığma yapılar için Ra(t) değeri 2 olarak alınmaktadır [13].

Ra(t)=R=2 (Ta < T)

Güçlendirilmiş yığma yapının planı Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8 : Güçlendirilmiş yapı normal kat kalıp planı (betonarme)

Şekil 4.9'da eşdeğer deprem bağıntısı kullanılarak yapıya her iki yönde etki eden deprem kuvveti bulunmuştur (4.6) [13].

Eşdeğer Deprem yükü $Fdi = (Vt - Ft)\dfrac{Wi.Hi}{\sum_{j=1}^{N} Wi.Hi}$ (4.6)

	X YÖNÜ				Y YÖNÜ			
Kat no	Modal Analiz	Eşdeğer dep.yön.	Deprem yükü	Kat tipi	Modal Analiz	Eşdeğer dep.yön.	Deprem yükü	Kat tipi
4	911.157	1072.399	1154.314	UST KAT	897.992	1072.399	1031.559	UST KAT
3	561.887	804.300	711.836	NORMAL	632.785	804.300	726.905	NORMAL
2	322.033	536.200	407.973	NORMAL	397.884	536.200	457.065	NORMAL
1	118.793	281.120	150.495	NORMAL	182.015	281.120	209.088	NORMAL
Σ	1913.870	2694.018	2424.617	GENEL	2110.676	2694.018	2424.617	GENEL

Şekil 4.9 : Deprem kuvveti (t)

X ve y yönlerindeki eşdeğer deprem kuvvetleri bulunmuştur (4.7).

Vtx=W.A(t)/Ra(t) > 0,10.Ao.I.W 2694.02 > 215.52 (4.4a)

Vty=W.A(t)/Ra(t) > 0,10.Ao.I.W 2694.02 > 215.52 (4.4b)

Modal analiz minimum yük oranı eşdeğer deprem yükü sonucu bulunan değerle çarpılır. Sonuçta çıkan değerle modal analiz sonucu bulunan değerden büyük olanı deprem yükü olarak alınır (4.8) [13].

X Deprem kontrol: 0.90 × 2694.018 = 2424.617 > 1913.870 → 2424.617 t (4.5a)

Y Deprem kontrol: 0.90 × 2694.018 = 2424.617 > 2110.676 → 2424.617 t (4.5b)

Kat deprem deplasmanları bulunmuştur (Şekil 4.10).

Kat	9. yükleme		10. yükleme		11. yükleme		12. yükleme	
(dyf)	δx (m)	θz (rad)	δx (m)	θz (rad)	δy (m)	θz (rad)	δy (m)	θz (rad)
4	0.0383761	0.0002163	0.0383761	0.0002163	-0.028532	0.0004148	-0.028532	0.0004148
3	0.0262679	0.0001638	0.0262679	0.0001638	-0.021903	0.0003142	-0.021903	0.0003142
2	0.0133390	0.0000967	0.0133390	0.0000967	-0.013202	0.0002061	-0.013202	0.0002061
1	0.0032673	0.0000352	0.0032673	0.0000352	-0.004790	0.0000842	-0.004790	0.0000842

Şekil 4.10 : Kat deprem deplasmanları

Max. Deplasman: δx = 0.0383761, δy = 0.0285320 t

Betonarme perdelerle güçlendirilmiş yapının yığma duvar moment ve kapasite kontrolleri yapılmıştır. Taşıyıcı duvar üzerine gelen toplam hesap momenti (∑Mr), taşıyıcı duvarın toplam moment taşıma kapasitesi (∑Md) ile karşılaştırılmıştır.

∑Mr < ∑Md koşulunu sağlayan yığma duvarlar yeterli olarak kabul edilmiştir.

Betonarme perdelerle güçlendirilmiş binada 129 yığma duvardan sadece 8 tanesinin moment taşıma kapasitesinde düzelme olmuştur (Ek.B).

4.5 Cam Lifli Polimerle (GFRP) Güçlendirilmiş Yığma Yapının Analizi

Sisteme x ve y yönlerinde tanımlanan güçlendirme perdeleri yerine yığma duvarın tüm yüzünü kaplayacak şekilde iki taraflı GFRP uygulaması yapılmıştır Çizelge 4.3'de özellikleri gösterilen MbraceFibre C1-30 örgülü cam lifli elyafı kullanılmıştır.

Çizelge 4.3 : Kullanınlan GFRP özellikleri [18]

GFRP Tipi	Çekme Dayanımı (kg/cm2)	Elastisite Modulü (kg/cm2)	Kopma Uzaması (%)
MbraceFibre C1-30	34300	2300000	1.5

Şekil 4.11'de kullanılan lifli polimer örneği gösterilmiştir.



Şekil 4.11 : MbraceFibre C1-30 cam lifli elyaf [18]

Statik programda GFRP uygulaması yapılmış tuğla duvarın daha önce yapılmış deney sonuçlarında bulunan kırılma yükleri kullanılarak eşdeğer duvar kesiti ve eşdeğer elastisite modulü bulunmuştur [9].

Yalın tuğla duvar kırılma yükü = F_T = 11.33 kN

GFRP ile güçlendirilmiş duvar kırılma yükü = F_F = 29.33 kN

$k_2 = F_F / F_T = 29.33 / 11.33 = 2.59$

$E_{eş2} = E_T + E_F / 2.59 = 3000 + 2300000 / 2.59 = 891000$ kg/cm^2

$b_{eş2} = b_T + b_F / 2.59 = 33 + (0{,}2x2) / 2.59 = 34$ cm

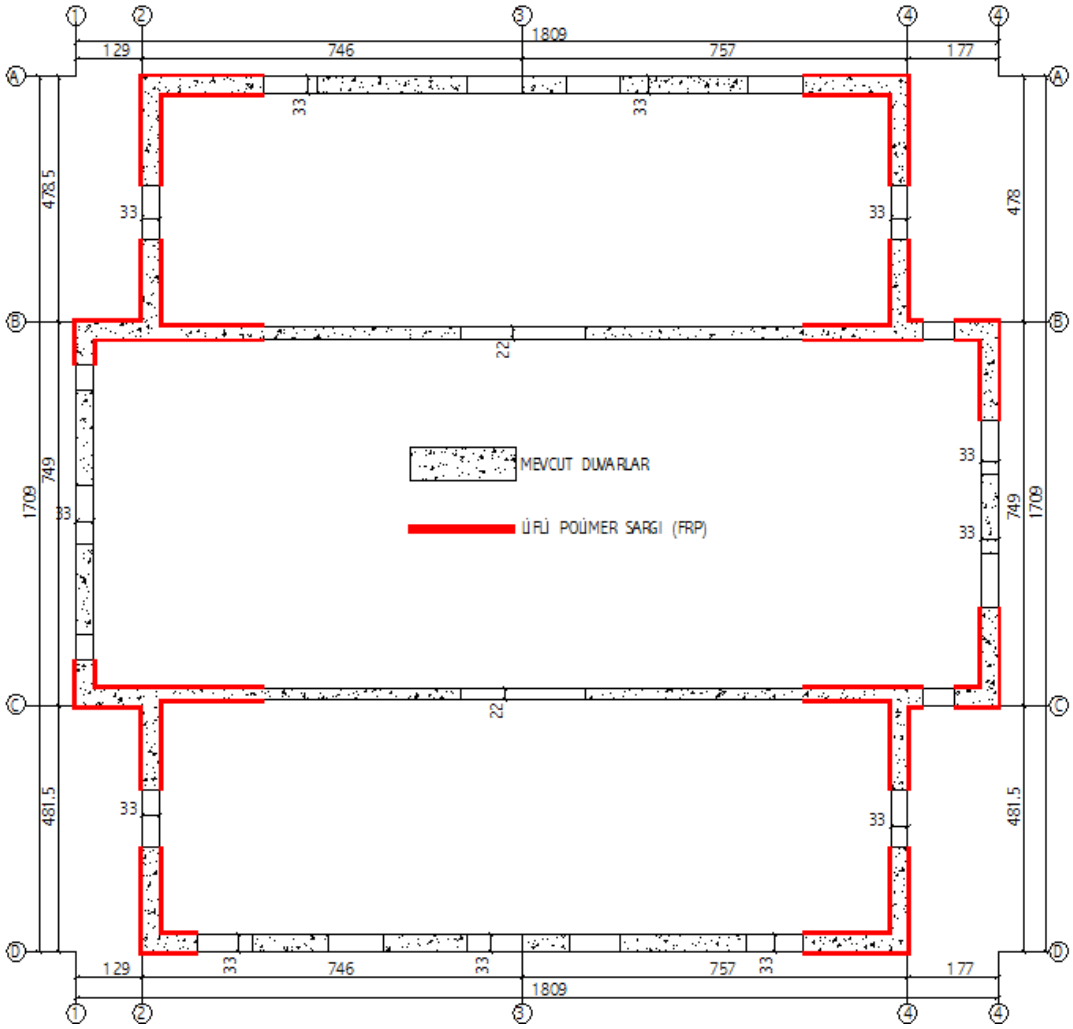
Bulunan eşdeğer kesit ve elastisite modulü kullanılarak statik programında tekrar çözüm yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Tekrar çözüm yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Yığma yapılar için Ra(t) değeri 2 olarak alınmaktadır [13].

Ra(t)=R=2 (Ta < T)

Güçlendirilmiş yığma yapının planı Şekil 4.12'de gösterilmiştir.



Şekil 4.12 : Güçlendirilmiş yapı normal kat kalıp planı (GFRP)

Şekil 4.13'de eşdeğer deprem bağıntısı kullanılarak yapıya her iki yönde etki eden deprem kuvveti bulunmuştur (4.9) [13].

Eşdeğer Deprem yükü $Fdi = (Vt - Ft)\dfrac{Wi.Hi}{\sum_{j=1}^{N} Wi.Hi}$ (4.9)

	X YÖNÜ				Y YÖNÜ			
Kat no	Modal Analiz	Eşdeğer dep.yön.	Deprem yükü	Kat tipi	Modal Analiz	Eşdeğer dep.yön.	Deprem yükü	Kat tipi
4	761.018	899.608	950.879	UST KAT	747.109	899.608	892.406	UST KAT
3	492.426	674.706	615.277	NORMAL	528.351	674.706	631.104	NORMAL
2	273.660	449.804	341.933	NORMAL	306.615	449.804	366.246	NORMAL
1	100.847	235.988	126.006	NORMAL	120.840	235.988	144.341	NORMAL
Σ	1627.951	2260.106	2034.096	GENEL	1702.915	2260.106	2034.096	GENEL

Şekil 4.13 : Deprem kuvveti (t)

X ve y yönlerindeki eşdeğer deprem kuvvetleri bulunmuştur (4.10).

Vtx=W.A(t)/Ra(t)> 0,10. Ao.I.W 2260.11 > 180.81 t (4.10a)

Vty=W.A(t)/Ra(t)> 0,10. Ao.I.W 2260.11 > 180.81 t (4.10b)

Modal analiz minimum yük oranı eşdeğer deprem yükü sonucu bulunan değerle çarpılır. Sonuçta çıkan değerle modal analiz sonucu bulunan değerden büyük olanı deprem yükü olarak alınır (4.11) [13].

X Deprem kontrol: 0.90 × 2260.106 = 2034.096 > 1627.951 → 2034.096 t (4.11a)

Y Deprem kontrol: 0.90 × 2260.106 = 2034.096 > 1702.915 → 2034.096 t (4.11b)

Kat deprem deplasmanları bulunmuştur (Şekil 4.14).

Kat	9. yükleme		10. yükleme		11. yükleme		12. yükleme	
(dyf)	δx (m)	θz (rad)	δx (m)	θz (rad)	δy (m)	θz (rad)	δy (m)	θz (rad)
4	0.0946083	0.0006067	0.0946083	0.0006067	-0.062306	0.0004859	-0.062306	0.0004859
3	0.0645475	0.0004544	0.0645475	0.0004544	-0.046252	0.0003993	-0.046252	0.0003993
2	0.0339478	0.0002673	0.0339478	0.0002673	-0.026059	0.0002765	-0.026059	0.0002765
1	0.0099263	0.0001049	0.0099263	0.0001049	-0.008675	0.0001222	-0.008675	0.0001222

Şekil 4.14 : Kat deprem deplasmanları

Deprem yapı salınımı: δx = 0.0946083, δy = 0.0623060 m

Lifli polimer (FRP) ile güçlendirilmiş yapının yığma duvar moment ve kapasite kontrolleri yapılmıştır. Taşıyıcı duvar üzerine gelen toplam hesap momenti (∑Mr), taşıyıcı duvarın toplam moment taşıma kapasitesi (∑Md) ile karşılaştırılmıştır.

∑Mr < ∑Md koşulunu sağlayan yığma duvarlar yeterli olarak kabul edilmiştir.

Binanın tamamındaki taşıyıcı yığma duvarlarda moment yetersizliği görülmüştür (Ek.C).

5. SONUÇ

Yığma yapıların onarım ve güçlendirilmesinde ana ilkeleri şu şekilde özetlenebilir:

- Yapıdaki yüklerin kaldırılması ya da azaltılması,

-Yapıda köşelere yakın kapı ve pencere boşluklarının kapatılması ya da küçültülmesi, kütle ve rijitlik merkezlerini birbirlerine yaklaştırmak üzere yeni duvarlar eklenmesi,

- Güçlendirme yönteminin malzeme ve işçilik açısından hasarlı yapının bulunduğu coğrafi bölgede uygulanabilir olması,

- Güçlendirme sonrasında yapının deprem dayanımının güçlendirme öncesine göre daha güvenli duruma getirilmesi,

- Yapının simetrik olmaması ya da tek katlı bir yapının iki katlı bir yapıya bağlı olması halinde yapının iki ayrı bölüme ayrılarak daha basit yapılara dönüştürülmesi,

- Yapıda iç ve dış duvarların kesme ve düşey kuvvetlerin doğurduğu gerilmelerin taşıma güçlerinin arttırılması.

İncelenen yığma yapının mevcut durumdaki analizi, betonarme perdelerle güçlendirilmiş durumdaki analizi ve lifli polimerle güçlendirilmiş durumdaki analizi yapılmıştır. Yapının üç durum için aldığı deprem yükleri hesaplanmıştır.

Mevcut durumda hesaplanan deprem yükleri:

$F_x = 2033.111$ t

$F_y = 2033.111$ t

Betonarme perdelerle güçlendirilmiş durumda hesaplanan deprem yükleri:

$F_x = 2424.617$ t

$F_y = 2424.617$ t

Lifli polimerle güçlendirilmiş durumda hesaplanan deprem yükleri:

$F_x = 2034.096$ t

F_y = 2034.096 t

Bu üç durumda elde edilen yer değiştirmeler karşılaştırılmıştır.

Mevcut durumda elde edilen yer değiştirmeler:

δx= 0.1487, δy= 0.2583 m

Betonarme perdelerle güçlendirilmiş durumda elde edilen yer değiştirmeler:

δx= 0.0383, δy= 0.0285 m

Lifli polimerle güçlendirilmiş durumdaki elde edilen yer değiştirmeler:

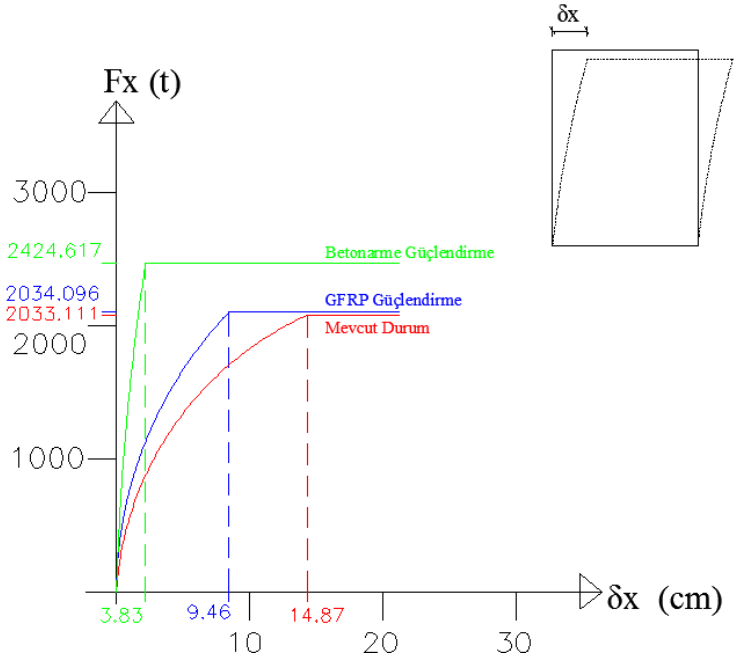
δx= 0.0946, δy= 0.0623 m

3 değişik sistem için bulunan max. yer değiştirmeler çizelge 5.1'de gösterilmiştir.

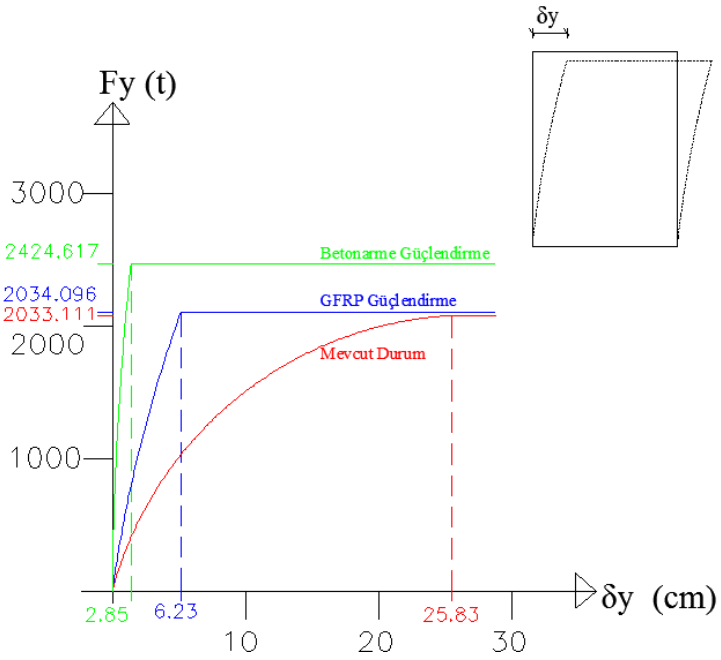
Çizelge 5.1 : Maximum yer değiştirmeler

Güçlendirme şekli	Yığma tuğla duvarlı mevcut durum (cm)	Betonarme perdelerle güçlendirilmiş durum (cm)	Cam lifli polimerle güçlendirilmiş durum (cm)
δx	14.87	3.83	9.46
δy	25.83	2.85	6.23

Buna göre farklı durumlar için elde edilen deprem kuvvetleri ve yer değiştirmeler arasındaki ilişki şekil 5.1 ve şekil 5.2' deki grafikler üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 5.1 : Deprem kuvveti-X doğrultusu yer değiştirme eğrisi



Şekil 5.2 : Deprem kuvveti-Y doğrultusu yer değiştirme eğrisi

İlk olarak mevcut sistemle betonarme perdeli sistemin yer değiştirmeleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucu betonarme perdeli sistemin X doğrultusundaki yer değiştirmesinde mevcut yapının yer değiştirmesine göre yaklaşık 4 kat, Y doğrultusundaki yer değiştirmesinde mevcut yapının yer değiştirmesine göre yaklaşık 9 kat düşüş olmuştur.

İkinci olarak Mevcut sistemle GFRP'li güçlendirme sisteminin yer değiştirmeleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucu GFRP'li güçlendirme sisteminin X doğrultusundaki yer değiştirmesinde mevcut yapının yer değiştirmesine göre yaklaşık 1.5 kat, Y doğrultusundaki yer değiştirmesinde mevcut yapının yer değiştirmesine göre yaklaşık 4 kat düşüş olmuştur.

Betonarme perdeyle güçlendirilmiş yapı ile mevcut yapının moment kapasiteleri incelendiğinde, bina genelinde mevcut sisteme göre 8 yığma duvarın moment taşıma kapasitesinde düzelme olmuştur.

Lifli polimerle (GFRP) güçlendirilmiş yapının tamamındaki taşıyıcı yığma duvarlarda moment yetersizliği görülmüştür

Yer değiştirmeler açısından incelendiğinde GFRP güçlendirme sistemi, beklendiği gibi betonarme perdelerle yapılan güçlendirme sistemine göre binada daha fazla yer değiştirme oluşturmuştur. Moment kapasiteleri açısından incelendiğinde betonarme

perdelerle güçlendirilmiş sistem yığma duvarların moment kapasitesini olumlu yönde etkilemiştir.

Betonarme perdelerle güçlendirme sistemi yapının deprem dayanımını arttırmış, yapının diğer sistemlere göre daha az yer değiştirme yapmasını sağlamıştır. Betonarme perdelerle yapılan güçlendirme sistemi binanın iç kısımlarından yapılarak, binanın tarihi dokusu korunmuştur. İç taraflardaki betonarme perdelerden dolayı yığma duvar deseninin kapanmış olması her ne kadar mimari olarak tercih edilmese de statik açıdan zorunlu olmaktadır.

Yapılan GFRP güçlendirme sisteminin deprem kuvvetine karşı eğer bitişik bir bina yoksa yığma duvarların iki yüzüne de uygulanması zorunluluğu vardır. Binanın dış duvarlarında iki yüzde de bu uygulamayı yapmak binanın tarihi dokusunu büyük ölçekte kapatmak anlamına gelmektedir. GFRP ile güçlendirilmiş yığma duvarlı sistemin moment kapasitelerine olumlu yönde etkisi betonarme sistemin altındadır. Ayrıca betonarme ile güçlendirilmiş sisteme göre daha fazla yer değiştirme yapmaktadır. Bu durumun statik açıdan yeterli olması halinde özellikle tarihi yapılarda tercih edilmektedir.

KAYNAKLAR

[1]**Erol, G.** 2001.Yüksek Mukavemetli Özel Tuğlalardan Yapılmış Duvarlarda Kayma Dayanımı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[2]**Köse, M.** 2003.Betonarme Yapı Elemanlarının Çelik Lamalarla Güçlendirilmesi ve Birleştirilmesi; Deneysel İnceleme, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

[3]**Bayülke , N**. 2001.Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı.İzmir İMO, İzmir

[4]**Bayülke, N.** 1992. Yığma Yapılar. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.

[5]**Bayülke, N**. 1998. Depreme Dayanıklı Betonarme ve Yığma Yapı Tasarımı. İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayın No: 27, İzmir.

[6]**Batur, N**. 2006. Yığma Yapı Tasarımı Ve Analizi. İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü. İstanbul.

[7]**Bayülke, N.** 1978. Tuğla Yığma Yapıların Depremdeki Davranışları, Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni, İstanbul

[8]**Çamlıbel, N.** 2000. Yapıların Taşıma Gücünün İyileştirilmesi, İstanbul.

[9]**Özsaraç, S.** 2008. Yığma Yapılarda Taşıyıcı Tuğla Duvarların GFRP ile Güçlendirilmesinin Deneysel Olarak İncelenmesi, M.S., İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Anabilim Dalı Yapı Mühendisliği Programı, İstanbul

[10]**Bayülke, N.** 2001. Depremde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi, İzmir

[11]**Önal, M., Koçak A.** 2003. Yığma Yapı Hasarları, Onarım Ve Güçlendirme Yöntemlerinin Ayrıntıları, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

[12]**Akman, S.** 2000. Yapı Hasarları ve Onarım İlkeleri, TMMOB İstanbul Şubesi, İstanbul

[13]**DBYBHY.** 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara

[14] **Url-1** <*http://www.cokgenmuhendislik.com*> alındığı tarih 03.12.2008

[15]**Bayraktar, A.** 2005. Tarihi Yığma Yapıların Depreme Karşı Güçlendirilmesi, Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı (YDGA2005), Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara

[16]**Bayülke, N.** 2001. TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 414 - 2001/4

[17] **Franklin, S., Lynch J., Abrams D,** 2001. Performance of Rehabilitated URM Shear Walls: Flexural Behavior of Piers, Department of Civil Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign, Illinois

[18]**Ürün Bröşürü,** BASF Yapı Kimyasalları,2005

EKLER

EK A : Mevcut yapının yığma duvar moment ve kapasite tablosu
EK B : Betonarme perdelerle güçlendirilmiş yapının perde ve yığma duvar moment ve kapasite tablosu
EK C : Cam lifli polimerle (GFRP) güçlendirilmiş yapının yığma duvar moment ve kapasite tablosu

EK A.1

Panel	Mp	Mrp	∑Md	∑Mr	Vd	Vr	✓,×
PB01	-35.39	17.54	35.39	17.54	24.98	93.57	×
PB03	-235.96	54.12	235.96	54.12	54.46	145.79	×
PB05	17.81	8.03	17.81	8.03	9.90	43.73	×
PB07	196.40	36.48	196.40	36.48	40.26	125.33	×
PB09	23.13	12.54	23.13	12.54	18.18	77.65	×
PB10	-13.05	7.84	13.05	7.84	14.25	39.31	×
PB15	9.80	4.21	9.80	4.21	0.44	15.30	×
PB17	-6.30	2.65	6.30	2.65	0.27	16.98	×
PB18	-11.75	5.89	11.75	5.89	15.23	39.31	×
PB23	10.08	5.27	10.08	5.27	0.44	15.30	×
PB25	-6.23	2.68	6.23	2.68	0.27	16.98	×
PB26	-4.16	2.55	4.16	2.55	3.90	29.44	×
PB28	61.18	12.19	61.18	12.19	18.42	73.71	×
PB30	-66.44	21.41	66.44	21.41	21.89	81.61	×
PB32	23.06	3.17	23.06	3.17	12.04	45.82	×
PB34	231.76	39.98	231.76	39.98	47.81	123.52	×
PB36	20.57	10.54	20.57	10.54	22.97	77.65	×
PB37	14.82	7.66	14.82	7.66	7.52	27.84	×
PB39	83.03	19.90	83.03	19.90	23.79	87.66	×
PB41	-92.24	25.97	92.24	25.97	25.32	92.14	×
PB43	-11.55	6.11	11.55	6.11	0.70	24.85	×
PB44	9.18	2.91	9.18	2.91	16.29	76.65	×
PB46	95.39	138.70	95.39	138.70	38.96	88.11	×
PB47	-90.39	124.08	90.39	124.08	38.73	86.12	×
PB49	-70.69	35.72	70.69	35.72	24.30	81.13	×
PB52	27.61	13.55	27.61	13.55	22.08	76.65	×
PB54	69.96	168.70	69.96	168.70	33.82	74.16	×
PB55	-67.29	156.92	67.29	156.92	33.87	72.17	×
PB57	-25.22	12.56	25.22	12.56	25.81	81.13	×
PB58	69.29	33.69	69.29	33.69	25.49	77.94	×
PB60	-66.47	4.85	66.47	4.85	22.41	77.62	×
PB62	-72.84	31.69	72.84	31.69	26.48	79.44	×
PZ01	-18.53	8.44	18.53	8.44	19.83	21.30	×
PZ03	-126.69	33.74	126.69	33.74	36.35	30.43	×
PZ05	10.46	4.49	10.46	4.49	4.15	9.13	×
PZ07	122.41	22.06	122.41	22.06	26.30	26.16	×
PZ09	14.67	7.39	14.67	7.39	13.68	17.97	×
PZ10	-13.52	5.99	13.52	5.99	10.00	9.97	×
PZ15	7.34	2.91	7.34	2.91	0.08	3.19	×
PZ17	-10.46	5.66	10.46	5.66	4.58	5.31	×
PZ18	-12.73	4.76	12.73	4.76	10.64	9.97	×
PZ23	7.51	2.86	7.51	2.86	0.08	3.19	×
PZ25	-10.35	4.83	10.35	4.83	4.57	5.31	×
PZ26	-2.83	1.22	2.83	1.22	3.29	7.91	×
PZ28	38.38	8.34	38.38	8.34	10.53	15.38	×
PZ30	49.74	16.56	49.74	16.56	13.03	17.03	×
PZ32	13.71	2.08	13.71	2.08	5.21	9.56	×
PZ34	145.74	23.58	145.74	23.58	32.27	25.78	×
PZ36	13.63	8.56	13.63	8.56	17.70	17.97	×

EK A.2

Panel	Mp	Mrp	∑Md	∑Mr	Vd	Vr	✓,×
PZ37	8.16	3.65	8.16	3.65	3.14	5.81	×
PZ39	48.26	7.84	48.26	7.84	12.98	18.30	×
PZ41	-52.51	11.20	52.51	11.20	14.28	19.23	×
PZ43	-6.13	4.59	6.13	4.59	2.33	5.19	×
PZ44	8.99	3.65	8.99	3.65	13.71	17.77	×
PZ46	58.86	26.54	58.86	26.54	20.29	18.39	×
PZ47	-54.78	28.24	54.78	28.24	19.56	17.97	×
PZ49	-54.84	26.43	54.84	26.43	17.59	18.70	×
PZ52	17.06	8.32	17.06	8.32	15.55	17.77	×
PZ54	7.33	4.79	7.33	4.79	22.36	17.25	×
PZ55	9.33	5.25	9.33	5.25	22.09	16.83	×
PZ57	-57.78	20.88	57.78	20.88	18.12	18.70	×
PZ58	39.03	18.19	39.03	18.19	11.95	16.27	×
PZ60	-37.62	11.24	37.62	11.24	11.04	16.20	×
PZ62	-41.43	25.83	41.43	25.83	12.63	16.58	×
P101	-8.40	0.33	8.40	0.33	18.41	21.30	×
P103	-46.49	22.83	46.49	22.83	27.16	30.43	×
P105	13.44	3.05	13.44	3.05	6.34	9.13	×
P107	52.68	14.08	52.68	14.08	20.33	26.16	×
P109	24.21	0.20	24.21	0.20	12.93	17.97	×
P110	-34.62	6.03	34.62	6.03	20.22	9.97	×
P115	7.33	0.06	7.33	0.06	0.12	3.19	×
P117	-14.45	5.88	14.45	5.88	8.70	5.31	×
P118	-36.26	5.69	36.26	5.69	19.58	9.97	×
P123	7.45	0.07	7.45	0.07	0.12	3.19	×
P125	-14.25	4.13	14.25	4.13	8.66	5.31	×
P126	-2.05	0.78	2.05	0.78	4.35	7.91	×
P128	21.66	5.96	21.66	5.96	9.80	15.38	×
P130	25.44	11.03	25.44	11.03	11.34	17.03	×
P132	15.48	1.45	15.48	1.45	7.29	9.56	×
P134	58.32	14.78	58.32	14.78	23.91	25.78	×
P136	23.05	0.22	23.05	0.22	16.13	17.97	×
P137	7.66	3.45	7.66	3.45	3.37	5.81	×
P139	27.41	0.34	27.41	0.34	11.51	18.30	×
P141	-27.43	2.95	27.43	2.95	11.06	19.23	×
P143	-5.73	2.41	5.73	2.41	2.47	5.19	×
P144	15.11	2.22	15.11	2.22	12.16	17.77	×
P146	42.05	31.02	42.05	31.02	18.53	18.39	×
P147	-40.03	28.29	40.03	28.29	18.01	17.97	×
P149	-18.88	7.83	18.88	7.83	16.60	18.70	×
P152	20.46	11.99	20.46	11.99	14.20	17.77	×
P154	57.65	15.51	57.65	15.51	28.52	17.25	×
P155	-58.14	16.10	58.14	16.10	28.41	16.83	×
P157	-35.32	22.92	35.32	22.92	16.99	18.70	×
P158	40.90	22.65	40.90	22.65	16.70	16.27	×
P160	-19.39	10.13	19.39	10.13	9.04	16.20	×
P162	-42.42	23.44	42.42	23.44	17.39	16.58	×
P401	26.58	0.30	26.58	0.30	16.75	14.96	×

EK A.3

Panel	Mp	Mrp	∑Md	∑Mr	Vd	Vr	✓,×
P403	38.88	17.04	38.88	17.04	21.58	20.29	×
P405	14.30	1.44	14.30	1.44	8.88	6.09	×
P407	32.88	5.82	32.88	5.82	18.48	17.44	×
P409	16.57	4.56	16.57	4.56	13.23	12.74	×
P410	-56.13	0.53	56.13	0.53	43.29	7.41	×
P415	12.10	0.11	12.10	0.11	8.55	2.13	×
P417	-24.11	1.34	24.11	1.34	20.77	4.30	×
P418	-54.85	0.63	54.85	0.63	41.86	7.41	×
P423	12.09	0.17	12.09	0.17	8.59	2.13	×
P425	-24.22	10.45	24.22	10.45	20.62	4.30	×
P426	9.44	3.67	9.44	3.67	6.22	6.04	×
P428	19.46	2.87	19.46	2.87	11.22	10.26	×
P430	21.02	4.97	21.02	4.97	12.01	11.35	×
P432	15.38	0.86	15.38	0.86	9.49	6.38	×
P434	36.48	5.90	36.48	5.90	19.13	17.19	×
P436	-4.18	0.06	4.18	0.06	13.95	12.74	×
P437	9.87	3.67	9.87	3.67	6.11	3.87	×
P439	20.02	2.37	20.02	2.37	10.67	12.20	×
P441	-18.22	3.15	18.22	3.15	8.98	12.82	×
P443	-7.62	2.60	7.62	2.60	4.72	3.46	×

EK B.1

Panel	Mp	Mrp	∑Md	∑Mr	Vd	Vr	✓,×
PB01	-243.07	123.45	243.07	123.45	58.86	93.57	×
PB02	-357.02	13.93	357.02	13.93	466.34	527.92	×
PB03	157.82	50.59	157.82	50.59	51.16	77.65	×
PB04	28.91	12.79	28.91	12.79	13.50	39.31	×
PB05	-290.88	168.93	290.88	168.93	111.45	93.57	×
PB06	-305.64	268.78	305.64	268.78	135.60	193.00	×
PB08	211.50	168.45	211.50	168.45	101.79	158.84	×
PB09	639.60	457.33	639.60	457.33	192.93	130.94	×
PB10	-2.06	0.20	2.06	0.20	1.49	15.30	×
PB11	-3.69	1.56	3.69	1.56	1.98	30.88	×
PB12	-3.09	1.67	3.09	1.67	1.62	16.98	×
PB13	31.73	23.61	31.73	23.61	15.19	39.31	×
PB14	-316.06	213.81	316.06	213.81	123.45	93.57	×
PB15	-330.59	269.18	330.59	269.18	145.48	193.00	×
PB17	227.37	176.36	227.37	176.36	109.23	158.84	×
PB18	689.21	372.56	689.21	372.56	214.57	130.94	×
PB19	-2.27	1.67	2.27	1.67	1.49	15.30	×
PB20	-4.07	2.70	4.07	2.70	2.19	30.88	×
PB21	-3.42	1.60	3.42	1.60	1.62	16.98	×
PB22	-16.18	17.81	16.18	17.81	13.10	29.44	×
PB23	713.93	460.28	713.93	460.28	647.92	592.05	×
PB24	192.10	109.56	192.10	109.56	64.99	77.65	×
PB25	32.14	15.90	32.14	15.90	18.72	27.84	×
PB26	1076.04	88.27	1076.04	88.27	424.90	287.29	×
PB27	-23.44	12.90	23.44	12.90	1.85	24.85	×
PB28	-346.82	165.59	346.82	165.59	174.97	215.82	×
PB29	-35.84	14.76	35.84	14.76	19.80	55.73	×
PB30	328.14	364.18	328.14	364.18	173.94	208.82	✓
PB31	-315.19	176.93	315.19	176.93	171.60	72.17	×
PB32	1.09	0.84	1.09	0.84	17.09	51.75	×
PB33	403.44	204.98	403.44	204.98	207.13	81.13	×
PB34	-267.94	157.92	267.94	157.92	138.14	169.43	×
PB35	-28.03	12.98	28.03	12.98	15.87	55.73	×
PB36	257.75	285.05	257.75	285.05	140.62	163.93	✓
PB37	-241.62	36.96	241.62	36.96	134.73	72.17	×
PB38	23.19	13.60	23.19	13.60	13.11	51.75	×
PB39	305.63	147.92	305.63	147.92	154.05	81.13	×
PB40	62.24	26.87	62.24	26.87	153.27	77.94	×
PB41	20.53	8.47	20.53	8.47	187.80	182.61	×
PB42	-31.03	17.93	31.03	17.93	159.15	79.44	×
PZ01	-471.19	265.92	471.19	265.92	169.06	86.45	×
PZ02	-23.55	12.26	23.55	12.26	80.65	110.18	×
PZ03	336.71	176.98	336.71	176.98	132.48	72.12	×
PZ04	74.38	37.95	74.38	37.95	40.95	37.62	×
PZ05	-641.79	365.37	641.79	365.37	279.25	86.45	×
PZ06	-57.39	23.76	57.39	23.76	23.09	40.28	×
PZ08	39.47	21.87	39.47	21.87	16.83	33.15	×

EK B.2

Panel	Mp	Mrp	∑Md	∑Mr	Vd	Vr	✓,×
PZ09	283.74	145.34	283.74	145.34	473.81	120.09	×
PZ10	-5.95	2.56	5.95	2.56	2.04	13.77	×
PZ11	-0.92	0.34	0.92	0.34	0.55	6.45	×
PZ12	-18.38	12.74	18.38	12.74	2.56	17.53	×
PZ13	78.39	37.46	78.39	37.46	43.72	37.62	×
PZ14	-672.38	354.89	672.38	354.89	294.74	86.45	×
PZ15	-59.60	23.56	59.60	23.56	23.90	40.28	×
PZ17	40.78	21.78	40.78	21.78	17.37	33.15	×
PZ18	331.67	132.63	331.67	132.63	493.60	120.09	×
PZ19	-6.24	3.67	6.24	3.67	2.04	13.77	×
PZ20	-0.97	0.45	0.97	0.45	0.58	6.45	×
PZ21	-19.75	13.60	19.75	13.60	2.56	17.53	×
PZ22	-66.99	32.83	66.99	32.83	38.04	28.73	×
PZ23	724.66	45.86	724.66	45.86	103.86	123.57	×
PZ24	361.16	143.65	361.16	143.65	143.89	72.12	×
PZ25	54.24	21.93	54.24	21.93	31.12	25.06	×
PZ26	-10.97	3.73	10.97	3.73	39.20	59.96	×
PZ27	-41.48	26.98	41.48	26.98	23.54	22.37	×
PZ28	-417.31	215.87	417.31	215.87	213.11	214.92	×
PZ29	-4.30	2.29	4.30	2.29	2.49	11.63	×
PZ30	-441.53	68.32	441.53	68.32	241.79	316.41	×
PZ31	-441.09	25.83	441.09	25.83	247.39	67.20	×
PZ32	3.80	0.14	3.80	0.14	2.19	10.80	×
PZ33	508.62	265.92	508.62	265.92	270.18	75.26	×
PZ34	-363.26	217.48	363.26	217.48	191.91	214.92	×
PZ35	-3.83	1.34	3.83	1.34	2.20	11.63	×
PZ36	-383.51	427.09	383.51	427.09	210.38	316.41	✓
PZ37	28.67	12.43	28.67	12.43	206.81	67.20	×
PZ38	3.13	1.39	3.13	1.39	1.80	10.80	×
PZ39	406.83	232.62	406.83	232.62	213.81	75.26	×
PZ40	346.93	143.77	346.93	143.77	156.55	70.15	×
PZ41	1.86	0.39	1.86	0.39	23.58	38.11	×
PZ42	-356.31	187.38	356.31	187.38	160.19	71.49	×
P101	-254.71	143.67	254.71	143.67	132.57	86.45	×
P102	-6.14	4.39	6.14	4.39	77.38	110.18	×
P103	193.35	78.27	193.35	78.27	104.32	72.12	×
P104	-0.76	0.34	0.76	0.34	39.78	37.62	×
P105	-454.92	287.45	454.92	287.45	246.73	86.45	×
P106	-43.93	25.84	43.93	25.84	22.84	40.28	×
P108	30.49	14.87	30.49	14.87	15.95	33.15	×
P109	798.36	376.93	798.36	376.93	412.53	120.09	×
P110	-7.82	4.35	7.82	4.35	2.14	13.77	×
P111	-1.16	0.74	1.16	0.74	0.70	6.45	×
P112	-21.86	17.48	21.86	17.48	2.70	17.53	×
P113	60.42	2.77	60.42	2.77	42.53	37.62	×
P114	-478.26	265.38	478.26	265.38	261.07	86.45	×
P115	-44.98	21.48	44.98	21.48	23.42	40.28	×

EK B.3

Panel	Mp	Mrp	∑Md	∑Mr	Vd	Vr	✓,×
P117	31.12	13.56	31.12	13.56	16.30	33.15	×
P118	819.68	487.36	819.68	487.36	426.29	120.09	×
P119	-8.15	3.78	8.15	3.78	2.14	13.77	×
P120	-1.21	0.62	1.21	0.62	0.72	6.45	×
P121	-23.05	12.76	23.05	12.76	2.70	17.53	×
P122	-63.01	36.87	63.01	36.87	42.14	28.73	×
P123	428.39	34.82	428.39	34.82	98.18	123.57	×
P124	207.50	108.48	207.50	108.48	113.33	72.12	×
P125	54.87	25.76	54.87	25.76	31.50	25.06	×
P126	-5.72	2.27	5.72	2.27	31.15	59.96	×
P127	-42.64	27.38	42.64	27.38	24.14	22.37	×
P128	-274.09	326.40	274.09	326.40	159.12	167.02	✓
P129	-4.40	1.87	4.40	1.87	2.56	11.63	×
P130	-328.34	351.39	328.34	351.39	193.78	124.66	×
P131	-343.16	7.94	343.16	7.94	209.41	67.20	×
P132	3.95	1.54	3.95	1.54	2.32	10.80	×
P133	360.01	176.46	360.01	176.46	215.09	75.26	×
P134	-278.50	296.21	278.50	296.21	163.77	167.02	✓
P135	-4.12	2.78	4.12	2.78	2.42	11.63	×
P136	-303.02	321.67	303.02	321.67	180.43	124.66	×
P137	304.56	24.83	304.56	24.83	181.09	67.20	×
P138	3.37	1.68	3.37	1.68	1.98	10.80	×
P139	308.74	154.94	308.74	154.94	182.43	75.26	×
P140	175.03	76.78	175.03	76.78	94.38	70.15	×
P141	1.84	0.73	1.84	0.73	25.37	38.11	×
P142	-179.78	102.57	179.78	102.57	96.24	71.49	×
P401	-151.94	76.24	151.94	76.24	81.88	86.45	×
P402	-3.60	1.83	3.60	1.83	55.67	110.18	×
P403	118.45	5.76	118.45	5.76	77.75	72.12	×
P404	-50.03	23.68	50.03	23.68	29.24	37.62	×
P405	-326.85	154.87	326.85	154.87	179.28	86.45	×
P406	-39.03	21.95	39.03	21.95	19.99	40.28	×
P408	24.23	11.73	24.23	11.73	13.09	33.15	×
P409	601.54	303.71	601.54	303.71	304.38	120.09	×
P410	-7.24	3.83	7.24	3.83	1.61	13.77	×
P411	-1.05	0.34	1.05	0.34	0.62	6.45	×
P412	-18.85	7.49	18.85	7.49	2.02	17.53	×
P413	-54.19	30.48	54.19	30.48	31.62	37.62	×
P414	-351.72	176.39	351.72	176.39	192.06	86.45	×
P415	-39.71	21.90	39.71	21.90	20.30	40.28	×
P417	24.41	12.61	24.41	12.61	13.15	33.15	×
P418	612.24	312.84	612.24	312.84	308.08	120.09	×
P419	-7.50	1.76	7.50	1.76	1.61	13.77	×
P420	-1.08	0.43	1.08	0.43	0.63	6.45	×
P421	-19.57	9.37	19.57	9.37	2.02	17.53	×
P422	-67.86	7.63	67.86	7.63	46.93	28.73	×
P423	162.32	23.00	162.32	23.00	67.59	123.57	×

EK B.4

Panel	Mp	Mrp	∑Md	∑Mr	Vd	Vr	✓,×
P424	129.31	11.79	129.31	11.79	79.40	72.12	×
P425	45.00	27.54	45.00	27.54	25.53	25.06	×
P426	-5.34	1.68	5.34	1.68	22.11	59.96	×
P427	-35.68	18.49	35.68	18.49	19.93	22.37	×
P428	-151.85	187.48	151.85	187.48	86.88	167.02	✓
P429	-2.65	0.94	2.65	0.94	1.50	11.63	×
P430	-203.65	239.62	203.65	239.62	114.99	161.77	✓
P431	77.02	38.48	77.02	38.48	135.47	67.20	×
P432	-0.46	0.23	0.46	0.23	1.45	10.80	×
P433	222.28	132.87	222.28	132.87	126.19	75.26	×
P434	-162.31	205.70	162.31	205.70	92.50	167.02	✓
P435	0.54	0.12	0.54	0.12	1.47	11.63	×
P436	-197.32	164.45	197.32	164.45	110.31	161.77	×
P437	96.54	34.67	96.54	34.67	115.20	67.20	×
P438	-0.37	0.12	0.37	0.12	1.21	10.80	×
P439	178.57	87.37	178.57	87.37	101.32	75.26	×
P440	65.32	36.76	65.32	36.76	76.31	70.15	×
P441	1.46	0.45	1.46	0.45	20.55	38.11	×
P442	-55.81	26.78	55.81	26.78	75.27	71.49	×

EK C.1

Panel	Mp	Mrp	∑Md	∑Mr	Vd	Vr	✓,×
PB01	-87.46	47.48	87.46	47.48	88.28	3.89	×
PB03	-58.42	66.91	58.42	66.91	20.40	145.79	×
PB05	3.65	8.27	3.65	8.27	2.05	43.73	×
PB07	41.92	50.25	41.92	50.25	15.31	125.33	×
PB09	54.57	25.65	54.57	25.65	62.32	3.28	×
PB10	13.46	5.69	13.46	5.69	27.42	1.82	×
PB11	-97.47	51.24	97.47	51.24	143.75	3.89	×
PB13	-9.70	1.39	9.70	1.39	4.08	26.85	×
PB14	240.58	117.83	240.58	117.83	210.91	5.31	×
PB15	0.45	0.05	0.45	0.05	1.28	0.58	×
PB17	2.79	1.12	2.79	1.12	3.82	0.97	×
PB18	12.58	5.83	12.58	5.83	29.01	1.82	×
PB19	-126.79	70.36	126.79	70.36	151.64	3.89	×
PB21	6.55	2.73	6.55	2.73	3.06	22.10	×
PB22	273.62	168.31	273.62	168.31	224.57	5.31	×
PB23	0.58	0.04	0.58	0.04	1.28	0.58	×
PB25	2.68	0.83	2.68	0.83	5.51	0.97	×
PB26	7.38	2.94	7.38	2.94	12.69	1.44	×
PB28	-13.84	18.74	13.84	18.74	6.24	73.71	×
PB30	-16.76	26.22	16.76	26.22	6.53	81.61	×
PB32	4.62	8.76	4.62	8.76	2.52	45.82	×
PB34	46.63	49.76	46.63	49.76	16.98	123.52	×
PB36	64.98	35.26	64.98	35.26	75.83	3.28	×
PB37	12.51	7.78	12.51	7.78	23.84	1.06	×
PB39	35.26	9.73	35.26	9.73	16.14	87.66	×
PB41	-39.33	11.69	39.33	11.69	17.43	92.14	×
PB43	-5.92	1.79	5.92	1.79	17.66	0.95	×
PB44	84.92	39.48	84.92	39.48	94.51	3.24	×
PB46	-90.37	51.26	90.37	51.26	117.00	3.15	×
PB47	81.13	46.05	81.13	46.05	113.16	3.07	×
PB49	-109.48	65.47	109.48	65.47	119.29	3.41	×
PB50	6.55	3.73	6.55	3.73	3.07	22.10	×
PB51	-9.64	0.24	9.64	0.24	4.09	26.85	×
PB52	90.37	49.01	90.37	49.01	99.50	3.24	×
PB54	-87.36	39.42	87.36	39.42	105.81	3.15	×
PB55	83.92	43.02	83.92	43.02	100.57	3.07	×
PB57	-109.41	62.03	109.41	62.03	115.32	3.41	×
PB58	83.72	52.93	83.72	52.93	55.97	2.97	×
PB60	-26.01	19.46	26.01	19.46	12.03	77.62	×
PB62	-66.06	31.83	66.06	31.83	56.85	3.03	×
PZ01	-69.31	35.14	69.31	35.14	67.38	3.89	×
PZ03	-5.17	40.67	5.17	40.67	1.71	30.43	×
PZ05	0.41	4.68	0.41	4.68	0.18	9.13	×
PZ07	3.70	30.46	3.70	30.46	1.33	26.16	×
PZ09	47.91	26.81	47.91	26.81	56.58	3.28	×
PZ10	11.73	6.28	11.73	6.28	28.08	1.82	×
PZ11	-131.69	68.25	131.69	68.25	3.89	1.38	×
PZ13	-15.72	7.24	15.72	7.24	7.74	26.85	×
PZ14	222.23	117.82	222.23	117.82	231.03	5.31	×

EK C.2

Panel	Mp	Mrp	∑Md	∑Mr	Vd	Vr	✓,×
PZ15	-1.25	0.58	1.25	0.58	1.72	0.58	×
PZ17	-0.86	0.28	0.86	0.28	5.98	0.97	×
PZ18	12.27	8.48	12.27	8.48	26.10	1.82	×
PZ19	-123.15	69.32	123.15	69.32	164.03	3.89	×
PZ21	10.89	0.00	10.89	0.00	5.26	22.10	×
PZ22	232.14	93.58	232.14	93.58	242.11	5.31	×
PZ23	-1.82	0.64	1.82	0.64	1.72	0.58	×
PZ25	3.58	2.04	3.58	2.04	7.64	0.97	×
PZ26	-14.62	6.93	14.62	6.93	16.02	1.44	×
PZ28	-1.53	11.06	1.53	11.06	0.68	15.38	×
PZ30	-1.27	15.26	1.27	15.26	0.46	17.03	×
PZ32	0.52	5.08	0.52	5.08	0.23	9.56	×
PZ34	3.95	29.94	3.95	29.94	1.41	25.78	×
PZ36	56.91	21.82	56.91	21.82	59.46	3.28	×
PZ37	15.61	8.26	15.61	8.26	25.06	1.06	×
PZ39	4.42	8.18	4.42	8.18	1.96	18.30	×
PZ41	-4.65	9.22	4.65	9.22	2.09	19.23	×
PZ43	-16.31	9.30	16.31	9.30	16.57	0.95	×
PZ44	82.57	39.02	82.57	39.02	102.80	3.24	×
PZ46	-92.51	39.03	92.51	39.03	107.85	3.15	×
PZ47	87.28	39.81	87.28	39.81	120.65	3.07	×
PZ49	-93.06	47.92	93.06	47.92	105.34	3.41	×
PZ50	11.08	5.08	11.08	5.08	5.27	22.10	×
PZ51	-16.01	9.31	16.01	9.31	7.76	26.85	×
PZ52	78.40	59.82	78.40	59.82	85.27	3.24	×
PZ54	-83.86	34.72	83.86	34.72	127.91	3.15	×
PZ55	75.62	25.37	75.62	25.37	87.78	3.07	×
PZ57	-93.58	46.12	93.58	46.12	121.77	3.41	×
PZ58	65.81	31.82	65.81	31.82	49.14	2.97	×
PZ60	-2.46	11.45	2.46	11.45	0.90	16.20	×
PZ62	-75.61	34.26	75.61	34.26	73.20	3.03	×
P101	-31.84	13.63	31.84	13.63	61.58	3.89	×
P103	-2.72	1.32	2.72	1.32	1.32	27.00	×
P105	0.13	0.03	0.13	0.03	0.06	5.70	×
P107	2.18	0.54	2.18	0.54	1.05	22.73	×
P109	16.72	5.82	16.72	5.82	28.46	2.66	×
P110	6.37	2.74	6.37	2.74	21.85	1.82	×
P111	-98.47	54.79	98.47	54.79	137.91	3.89	×
P113	-17.25	9.31	17.25	9.31	9.97	26.85	×
P114	45.73	23.80	45.73	23.80	182.07	5.31	×
P115	-0.07	0.02	0.07	0.02	0.84	0.21	×
P117	-1.27	0.13	1.27	0.13	9.57	0.97	×
P118	-11.69	5.07	11.69	5.07	28.41	1.82	×
P119	2.81	1.24	2.81	1.24	171.10	3.89	×
P121	10.47	6.72	10.47	6.72	6.38	22.10	×
P122	129.63	58.41	129.63	58.41	216.29	5.31	×
P123	-1.56	0.48	1.56	0.48	2.37	0.58	×
P125	16.81	6.47	16.81	6.47	0.26	0.35	×
P126	1.31	0.25	1.31	0.25	4.08	0.82	×

EK C.3

Panel	Mp	Mrp	∑Md	∑Mr	Vd	Vr	✓,×
P128	-1.02	0.02	1.02	0.02	0.49	11.95	×
P130	-0.52	0.04	0.52	0.04	0.25	13.60	×
P132	0.18	0.06	0.18	0.06	0.09	6.13	×
P134	2.11	0.50	2.11	0.50	1.02	22.35	×
P136	-21.38	10.39	21.38	10.39	48.82	3.28	×
P137	1.62	0.40	1.62	0.40	0.95	0.44	×
P139	3.51	0.03	3.51	0.03	1.69	14.87	×
P141	-3.83	0.04	3.83	0.04	1.85	15.80	×
P143	-15.94	6.82	15.94	6.82	24.23	0.95	×
P144	20.48	9.49	20.48	9.49	55.62	2.62	×
P146	79.47	35.82	79.47	35.82	114.56	3.15	×
P147	34.61	10.49	34.61	10.49	65.40	2.45	×
P149	52.69	22.41	52.69	22.41	109.15	3.41	×
P150	10.62	2.54	10.62	2.54	6.40	22.10	×
P151	-17.11	8.29	17.11	8.29	9.99	26.85	×
P152	-38.03	12.41	38.03	12.41	91.50	3.24	×
P154	-34.59	16.40	34.59	16.40	69.49	2.52	×
P155	-62.41	23.51	62.41	23.51	107.14	3.07	×
P157	-18.46	10.27	18.46	10.27	65.84	2.79	×
P158	-27.48	12.49	27.48	12.49	73.62	2.97	×
P160	-1.03	0.02	1.03	0.02	0.50	12.77	×
P162	-32.41	13.50	32.41	13.50	47.22	2.40	×
P401	-26.74	16.94	26.74	16.94	15.29	3.89	×
P403	-2.63	0.07	2.63	0.07	1.69	30.43	×
P405	0.60	0.18	0.60	0.18	0.40	9.13	×
P407	2.37	0.02	2.37	0.02	1.55	26.16	×
P409	15.69	5.98	15.69	5.98	20.95	3.28	×
P410	-9.37	4.21	9.37	4.21	21.08	1.82	×
P411	-58.30	27.78	58.30	27.78	106.89	3.89	×
P413	-17.01	0.76	17.01	0.76	14.42	26.85	×
P414	53.41	20.48	53.41	20.48	94.76	5.31	×
P415	-1.62	0.63	1.62	0.63	4.20	0.58	×
P417	3.62	1.32	3.62	1.32	15.28	0.97	×
P418	-9.37	3.69	9.37	3.69	30.09	1.82	×
P419	-79.31	36.31	0.00	0.00	141.51	3.89	×
P421	10.58	0.07	10.58	0.07	9.21	22.10	×
P422	89.48	34.31	89.48	34.31	120.65	5.31	×
P423	-2.45	0.78	2.45	0.78	4.20	0.58	×
P425	4.28	1.57	4.28	1.57	17.48	0.97	×
P426	-17.51	8.30	17.51	8.30	28.33	1.44	×
P428	-1.98	0.83	1.98	0.83	1.38	15.38	×
P430	-0.70	0.25	0.70	0.25	0.46	17.03	×
P432	0.73	0.40	0.73	0.40	0.49	9.56	×
P434	2.17	0.02	2.17	0.02	1.42	25.78	×
P436	32.37	18.39	32.37	18.39	7.45	3.28	×
P437	28.43	15.40	28.43	15.40	58.05	1.06	×
P439	5.57	3.69	5.57	3.69	3.70	18.30	×
P441	-5.72	3.84	5.72	3.84	3.80	19.23	×
P443	-17.41	9.47	17.41	9.47	39.04	0.95	×

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad:	**Volkan ÖZTAŞ**
Doğum Yeri ve Tarihi:	**Malatya 12-01-1980**
Adres:	**Ördekkasap mah. Bezmialem Cad. Yeşilköşk apt. No: 1/9 Çapa/Fatih/İSTANBUL**
Lisans Üniversite:	**Gaziantep Üniversitesi**