



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YIĞMA YAPILARIN DEPREM PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE BİR GÜÇLENDİRME ÖRNEĞİ

MEHMET UZUN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ağustos - 2017
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YIĞMA YAPILARIN DEPREM PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE BİR GÜÇLENDİRME ÖRNEĞİ

Mehmet UZUN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hasan Hüsnü KORKMAZ

2017, 78 Sayfa

Jüri
Doç. Dr. Atilla Özütok
Prof. Dr. Hasan Hüsnü Korkmaz
Yrd. Doç. Dr. Mustafa Tolga Çöğürcü

Çağımızın yapı türü olma özelliğiyle betonarme akademik çalışmalarda çok fazla üzerine düşülen bir konu olmaktadır. Ancak yığma yapılar gerek gevrek davranış sergilemesi gerekse önemli ölçüde tercih edilen bir yapı türü olması nedeniyle üzerine düşülmesi gereken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle yığma yapıların tasarımlarında deprem gibi dinamik yükler altında yapı güvenliği son derece önemlidir.

Türkiye deprem kuşağında yer alan bir ülkedir. Genel yapı stoğunda ise önemli ölçüde yığma yapı bulunmaktadır. Yığma yapılar hakkındaki yönetmelik şartlarının yerine tam olarak getirilmemesi, uygulama da yapılan hatalar, uygulama sırasında kontrollerin yetersizliği gibi nedenlerle yığma yapıların deprem davranışında çok ciddi zayıflıklar ortaya çıkmaktadır. Bu sorunların çözümü için ise mevcut yapıların analizleri çok önemlidir. Doğru analiz yönteminin belirlenmesi ile yığma yapının deprem davranışı gerçeğe en yakın şekilde elde edilecektir. Deprem davranışının doğru bir şekilde belirlenmesi ise yapının güçlendirilmesi sırasında doğru yöntemler kullanılması açısından son derece önemlidir.

Bu çalışmada mevcut bir yığma yapının farklı yöntemler ile deprem performansı analiz edilmiştir. Analiz sonucu güçlendirme gerektiğine karar verilerek, yapıya güçlendirme perdeleri eklenmiş ve analizler tekrarlanmıştır. Yığma yapının deprem performansı yönetmelik hükümlerine göre yeterli seviyeye çıkarılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yığma yapılar, deprem performansı, TDY – 2007, Yığma duvar, düzlem içi davranış, Sonlu eleman metodu.

ABSTRACT

MS THESIS

SEİSMİC PERFORMANCE EVALUATİON OF MASONRY STRUCTURES AND A STRENGTHENİNG APPLİCATİON

Mehmet UZUN

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN CIVIL ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Hasan Hüsnü KORKMAZ

2017, 78 Pages

Jury
Assoc. Prof. Dr. Atilla Özütok
Prof. Dr. Hasan Hüsnü Korkmaz
Assis. Prof. Dr. Mustafa Tolga Çöğürcü

Reinforced concrete structures and members are well studied in academic research activities. On the other hand, masonry structures and their related problems are not handled too much in academic research's. There are several reasons for that, firstly, masonry structures displays brittle behavior and testing methodology's and analyses methods are highly complex. Besides, masonry structures are remain preferred in rural and urban parts of the country. For that reason, safety of masonry structures under lateral loads, like earthquakes are very important.

Turkey is situated in a very active earthquake zone of the worlds. Building stock contains high amount of masonry structures. Past earthquakes showed that, masonry structures displayed poor performance during earthquakes. There are several reasons for that, not obeying code regulations during design procedure, mistakes during the construction process, low control mechanism can be listed. To determine the safety of available masonry structures, reliable and simple analyses methods are required. These methods must simulate the real behavior as well. The anaylse method is also important for the strengthening procedure of the buildings.

In this study, a sample masonry structure in the 1st earthquake zone is handled. The building is analysed with different methods. The shear forces in masonry walls are compared and precisions of the methods are evaluated. The analyse results are showed that, the structure needs earthquake strengthening. Reinforced concrete walls are added to the external corners of the structure. The anslyse results showed that, the applied strengthening methods is satisfactory.

Keywords: Masonry structure, TSC - 2007, In – plane behaviour, Masonry pier, Seismic performance, Finite element method.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans süreci boyunca aldığım dersler ve bana sağladığı katkılar yadsınamaz düzeydedir. Ders sorumlusu öğretim üyelerinin tecrübe ve bilgi birikimlerinden yararlanarak yaptığımız tez çalışmasına bir altlık oluşturmuş ve İnşaat Mühendisliğine bakış ufkumu genişletmiş oldum. Her ders için ders sorumlusu öğretim üyelerine ayrı ayrı teşekkürü bir borç bilirim.

Tez dönemi boyunca karşılaştığımız her türlü zorlukta yanımda olan ve katkılarını hiç esirgemeyen başta danışmanım Prof. Dr. Hasan Hüsnü KORKMAZ olmak üzere bölüm başkanımız Prof. Dr. Özcan TAN, Doç Dr. Mehmet KAMANLI ve tüm öğretim üyelerine ve son olarak bugüne kadar ki eğitim hayatım boyunca bıkmadan usanmadan yanımda olan değerli aileme sonsuz teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Mehmet UZUN
KONYA-2017

İçindekiler

ÖZET iv
ABSTRACT v
ÖNSÖZ vi
ŞEKİLLER DİZİNİ ix
TABLOLAR DİZİNİ xi
1. GİRİŞ 12
1.1. Yığma Yapıların Deprem Etkisi Altındaki Davranışları 12
1.2. Yığma Yapılarda Oluşan Hasar Türleri ve Düzeyleri 14
1.2.1. Hasarsız yığma yapılar 16
1.2.2. Az hasarlı yapılar 16
1.2.3. Orta hasarlı yığma yapılar 17
1.2.4. Ağır hasarlı yığma yapılar 18
1.2.5. Göçme düzeyinde yığma yapılar 19
1.3. Yığma Yapılarda Onarım ve Güçlendirme Yöntemleri 19
1.3.1. Derine inmeyen küçük çatlakların onarımı 20
1.3.2. Çimento şerbeti ile onarım 20
1.3.3. Çimento enjeksiyonu ile onarım 20
1.3.4. Epoksi reçineleri ile onarım 21
1.3.5. Sıvama ile onarım 21
1.3.6. Yığma duvarların güçlendirilmesi 21
1.3.7. Püskürtme beton güçlendirme 21
1.3.8. Çelik elemanlar ile güçlendirme 23
1.3.9. Kendiliğinden yerleşen beton ile güçlendirme 24
1.3.10. FRP ile güçlendirme 24
1.4. Türk Deprem Yönetmeliğinde Yığma Yapılar ile İlgili Koşullar 25
1.5. Tezin Amaç ve Kapsamı 27
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI 28
3. MATERYAL VE YÖNTEM 33
3.3. Prototip Model 33
3.4. Gerçek Model 42
3.4.1. Excel hesaplamaları 42
3.4.2. ETABS hesaplamaları 44
3.4.3. Güçlendirilmiş Modelin Oluşturulması 50
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA 53
4.3. Güçlendirilmemiş Model Analiz Sonuçları 53

4.4. Güçlendirilmiş Model Analiz Sonuçları 64
4.5. Güçlendirme Perdeleri Analiz Sonuçları.....66
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 73
6. KAYNAKLAR.....76
ÖZGEÇMİŞ 78

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Yapıların deprem kuvveti etkisinde davranışı (Bayülke, 1978) 13
Şekil 1.2. Yığma yapılarda tipik hasar türleri (Sucuoğlu, 1997).....15
Şekil 1.3. Yığma yapılarda kesme hasarı (Doğangün, 2008).....15
Şekil 1.4. Yığma yapılarda birleşim bölgelerinde ayrışma (Kumsar, 2003).....16
Şekil 1.5. Az hasarlı yığma yapılarda çatlak türleri (Özsaraç, 2008) 17
Şekil 1.6. Orta hasar düzeyinde çatlak tipleri (Özsaraç, 2008) 18
Şekil 1.7. Ağır hasar düzeyinde çatlak tipleri (Özsaraç, 2008).....18
Şekil 1.8. Yığma yapı hasar düzeyleri (Öztaş, 2009).....19
Şekil 1.9. Tek taraflı püskürtme beton uygulaması (Bayülke, 1980) 22
Şekil 1.10. İki yönlü püskürtme beton uygulaması (Özsaraç, 2008).....23
Şekil 1.11. Eğik kesme çatlakları için yerleştirilen donatılar.....23
Şekil 1.12. Kendiliğinden yerleşen beton güçlendirme örneği (Öztaş, 2009).....24
Şekil 1.13. FRP ile güçlendirme uygulaması (Özsaraç, 2008).....25
Şekil 1.14. TDY – 2007 yığma duvar boşluk boyutları 26
Şekil 3.1. Tipik kat planı 34
Şekil 3.2. Boşluk kenarında kalan duvarlarda kesme hasarları (Bayülke, 2011) 35
Şekil 3.3. Üç boyutlu model 36
Şekil 3.4. Yük Aktarımı için duvarların bölünmesi.....37
Şekil 3.5. Boşluklar etrafındaki karelerin bölünmesi; 4 bölmeli(a), 8 bölmeli (b).....38
Şekil 3.6. ETABS programından elde edilen kesme diyagramı (birimler ton) 39
Şekil 3.7. ETABS programında kabuk elemanlarda kuvvet dağılışı 40
3.8. 4 bölme yapılması durumunda kesme diyagramı.....41
Şekil 3.9. 8 bölme yapılması durumunda kesme diyagramı.....41
Şekil 3.10. Yapının rölevesi ile çizilen kat planı 43
Şekil 3.11. Yapının üç boyutlu modeli.....44
Şekil 3.12. ETABS yükleme durumları 45
Şekil 3.13. User load yüklerin katlara dağılışı.....45
Şekil 3.14. User coefficient yönteminde alınan katsayı.....46
Şekil 3.15. Spektrum eğrisi 47
Şekil 3.16. Response Spectrum'da alınan katsayılar 48
Şekil 3.17. Perde kesiti.....51

Şekil 3.18. Güçlendirilmiş model kat planı.....52
Şekil 3.19. Güçlendirilmiş üç boyutlu model.....52
Şekil 4.1. Taşıyıcı elemanın dinamik etki altında yük – yer değiştirme grafiği (Furtado, 2016).....70

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. En fazla kat adedi....26
Tablo 2.1. Malzeme türüne göre duvar kalınlıkları....27
Tablo 3.1 Deprem hesabı sonuçları....35
Tablo 3.2. ETABS eşdeğer deprem yükü hesabı....39
Tablo 3.3. Kesme kuvveti karşılaştırma tablosu....42
Tablo 3.4. Excel tablosu ile hesaplanan deprem kuvveti ve katlara dağılışı....43
Tablo 3.5. ETABS user load deprem yükü tablosu....49
Tablo 3.6. ETABS coefficient load deprem yükü tablosu....49
Tablo 3.7. ETABS mod birleştirme deprem yükü tablosu....50
Tablo 4.1. Excel tablosu normal gerilme sonuçları....53
Tablo 4.2. Excel tablosu kayma gerilmesi sonuçları....54
Tablo 4.3. User load normal gerilme sonuçları....55
Tablo 4.4. User load kayma gerilmesi sonuçları....56
Tablo 4.5. User coefficient normal gerilme sonuçları....57
Tablo 4.6. User coefficient kayma gerilmesi sonuçları....58
Tablo 4.7. Mod birleştirme normal gerilme sonuçları....59
Tablo 4.8. Mod birleştirme kayma gerilmesi sonuçları....60
Tablo 4.9. Normal gerilme genel analiz sonuçları....62
Tablo 4.10. Kayma gerilmesi genel analiz sonuçları....63
Tablo 4.11. Güçlendirilmiş model user load kayma gerilmesi sonuçları....64
Tablo 4.12. Güçlendirilmiş model user coefficient kayma gerilmesi sonuçları....65
Tablo 4.13. Güçlendirilmiş model mod birleştirme kayma gerilmesi sonuçları....66
Tablo 4.14. Perdelerin aldığı kesme kuvvetleri....67
Tablo 4.15. Güçlendirme yapılmış sistemde genel kayma gerilmesi analiz sonuçları....68

1. GİRİŞ

Yığma yapılar, yapının imal edileceği bölgedeki doğal malzemeler yardımı ile kolay ve düşük maliyetli olarak üretilebilmesi sayesinde yaygın bir şekilde tercih edilen yapı türlerindendir. Yığma yapıların yapı türü olarak tercih edilmesinde birçok önemli faktör bulunmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir:

- Yapıda ısı ve ses yalıtımı sağlaması
- Yangın dayanımı sağlaması
- Bölgesel malzemeler sayesinde düşük maliyetler oluşması
- İmalatının diğer yapı türlerine göre daha kısa sürede tamamlanabilmesi

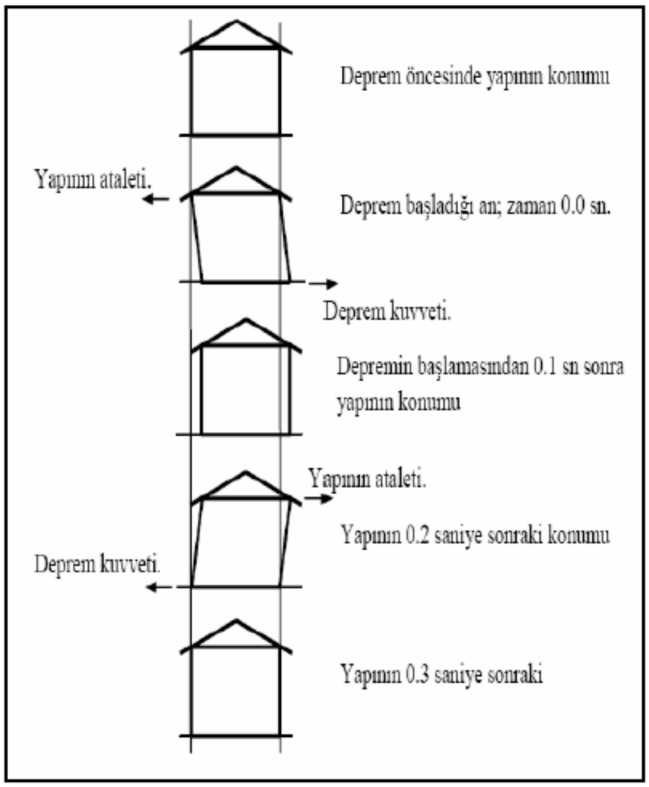
Deprem kuşağındaki bir ülke olarak Türkiye depreme dayanıklı yapı tasarımının hayati öneme sahip olduğu bir ülkedir. Ancak ülkemizde depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunda genellikle çalışmalar betonarme yapılar üzerine yoğunlaşmaktadır. Ülkenin yapı stoğu incelendiğinde halen önemli bir yığma yapı stoğu olduğu görülmektedir. Yeni yapılacak yapılarda halen kırsal bölgelerde yığma yapı sistemi tercih edilmektedir. Özellikle bölgedeki doğal malzemeler, düşük maliyetli bir yapının üretilebilmesine olanak sağlamaktadır. Bu durum yığma yapıların deprem performansının ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

1.1. Yığma Yapıların Deprem Etkisi Altındaki Davranışları

Yığma yapılar, tuğla ve taş gibi malzemelerin taşıyıcı olacak şekilde aralarına bağlayıcı malzeme sürülerek üst üste koyulması ile oluşturulan yapılardır. Duvarların tamamının taşıyıcı özelliğe sahip olması yığma yapıları oldukça rijit hale getirir. Ancak yapı da kullanılan bağlayıcı malzeme ve tuğla veya taşın mekanik özelliklerine bağlı olarak çok gevrek bir davranış sergiler. Bu nedenle yığma yapılar deprem esnasında esnek bir davranış sergileyemeden, yeterince yer değiştirme oluşmadan hasar alırlar. Bu duruma istinaden 1. derece deprem bölgelerinde en çok iki katlı, 2. ve 3. derece deprem bölgelerinde en fazla 3 katlı ve 4. derece deprem bölgelerinde ise en fazla 4 katlı yığma yapı yapılabilmektedir. Bunun yanı sıra konut dışında insanların kısa süreli yığıldıkları yapılarda (okul, cami, sağlık ocağı v.b.) yığma yapı türünün tercih edilmemesi gibi hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir.

Yığma yapıların davranışının gevrek olması deprem performansı açısından kötü bir etki olsa da yapının doğru bir şekilde modellenmesi ve yapı da kullanılacak malzemelerin uygulama esnasında yeterince denetlenmesi yapılarda oluşacak hasar seviyelerinin azalmasına yardımcı olacaktır.

Eylemsizlik kanununda olduğu hareket eden veya durağan haldeki bir cisme dışarıdan etki eden herhangi bir kuvvete karşı cisim belirli bir direnç gösterir. Yapılarda da aynı şekilde deprem kuvvetinin etki etmesi durumunda yapı deprem kuvvetine ters yönde bir direnç gösterecektir. Oluşan bu dirence atalet kuvveti denilir (Batur, 2006). Yapılarda deprem esnasındaki davranış Şekil 1.1' de Bayülke tarafından şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Yapıların deprem kuvveti etkisinde davranışı (Bayülke, 1978)

Şekilde görüldüğü gibi deprem kuvvetinin etkisi ile zeminin yapacağı harekete karşılık yapı konumunu korumak için tersi yönde bir atalet kuvveti oluşturmaktadır. Bu durum sonucunda yapı elemanlarında bir iç kuvvet oluşmaktadır. Eğer yapı elemanları arasında önemli bir bağlılık var ise bu iç kuvvetleri sönümleyerek depremin atlatılması sağlanacaktır. Yapı elemanları arasında bu kuvveti sönümleyecek ölçüde bir bağlılık

olmaması durumunda ise yapı elemanlarında çatlaklar oluşarak hasar almaya başlayacak ve hasarın önemli bir seviyeye gelmesi durumunda ise çökme gerçekleşecektir.

1.2. Yığma Yapılarda Oluşan Hasar Türleri ve Düzeyleri

Yığma yapılarda hasarlar genelde duvarlarda çatlaklar, temellerde oturmalar ve malzeme bozulması şeklinde ortaya çıkmaktadır (Çırak, 2011). Yığma yapılarda hasar oluşmasının birçok farklı sebebi olabilmektedir. En çok hasar oluşturan sebepler aşağıdaki gibi sıralanmıştır (Bayülke, 2001; Özsaraç, 2008):

- Duvar birleşim detaylarının iyi bir şekilde yapılmaması
- Yapının tasarımı sırasında hesap edilen deprem kuvvetinden daha büyük bir deprem kuvvetinin yapıya etki etmesi
- Yapının basit simetrik bir şekilde planlanmaması
- Yapıda kullanılan malzemelerin dayanımlarının düşük olması ve deprem davranışının gevrek olması
- Yapıda kullanılan harcın çekme mukavemetinin düşük olması
- Yapı tasarımında yönetmelik ve şartnamelere yeterince uyulmaması
- Yapının ağır olmasından dolayı çok fazla yatay yük alması
- Yapının kütle merkezi ve rijitlik merkezinin farklı olmasından dolayı yapının burulmaya maruz kalması
- Temel oturmaları gerçekleşmesi

Yığma yapılarda yukarıda verilen sebeplerden dolayı tipik hasarlar meydana gelmektedir. Şekil 1.2'de yığma yapılarda görülebilecek hasar türleri verilmiştir (Sucuoğlu, 1997). Yığma yapılarda yatay yüklerden dolayı çekme mukavemeti zayıf olmasından kaynaklı Şekil 1.3'de de görüldüğü gibi kesme çatlakları oluşabilmektedir (Doğangün, 2008).



Şekil 1.2. Yığma yapılarda tipik hasar türleri (Sucuoğlu, 1997)



Şekil 1.3. Yığma yapılarda kesme hasarı (Doğangün, 2008)

Ayrıca yatay yüklere maruz kalan yığma yapılarda Şekil 1.4'de görüldüğü gibi duvar birleşim bölgelerinde ayrışmalarında oluşması mümkündür (Kumsar, 2003).



Şekil 1.4. Yığma yapılarda birleşim bölgelerinde ayrışma (Kumsar, 2003)

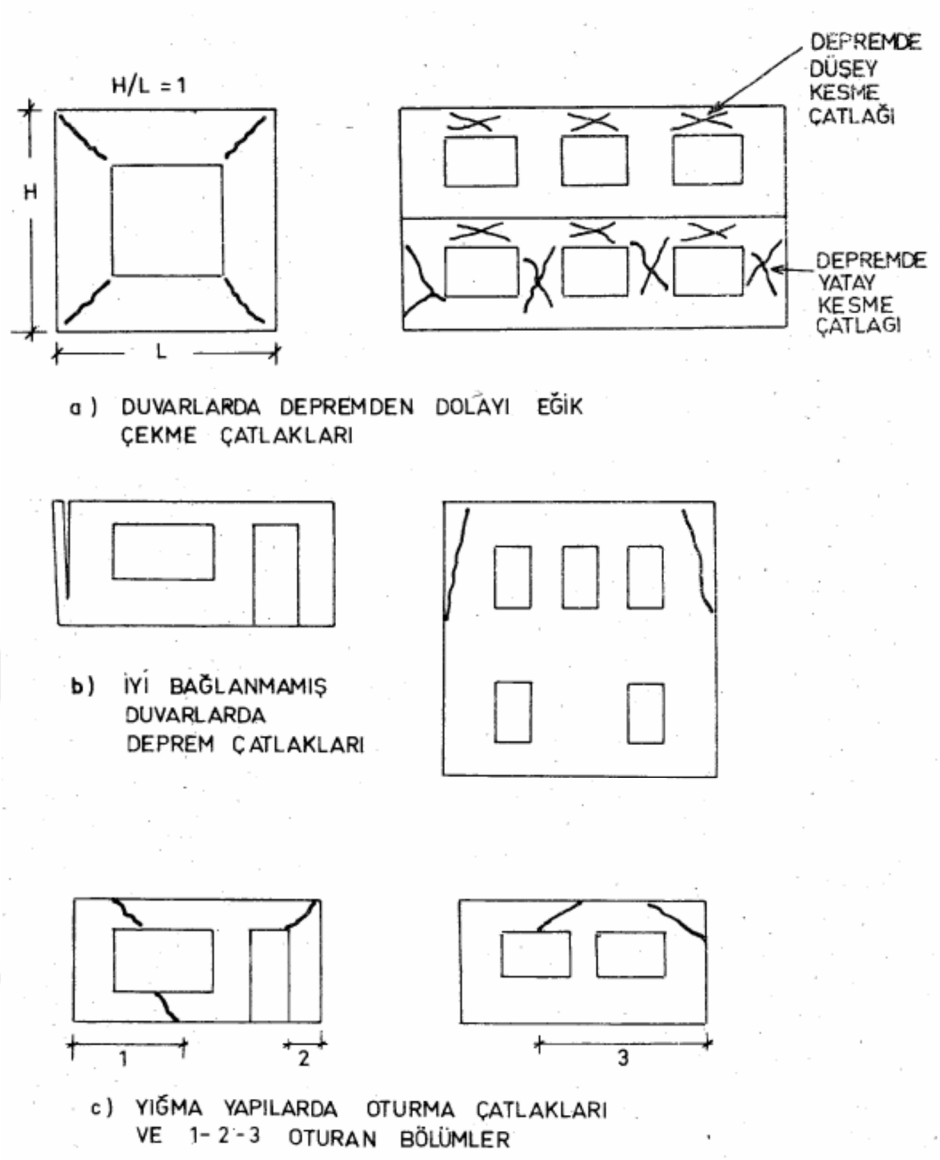
Yığma yapılarda hasar düzeyleri toplamda 5 başlık altında toplanabilir:

1.2.1. Hasarsız yığma yapılar

Bu hasar düzeyinde yapıda oluşan çatlaklar sıva düzeyinde kalmıştır ve yüzeyseldir. Çatlak genişlikleri kılcal düzeyde 1 mm'den daha azdır. Bu hasar düzeyinde güçlendirme ve onarım gerekmez (Bayülke, 1980).

1.2.2. Az hasarlı yapılar

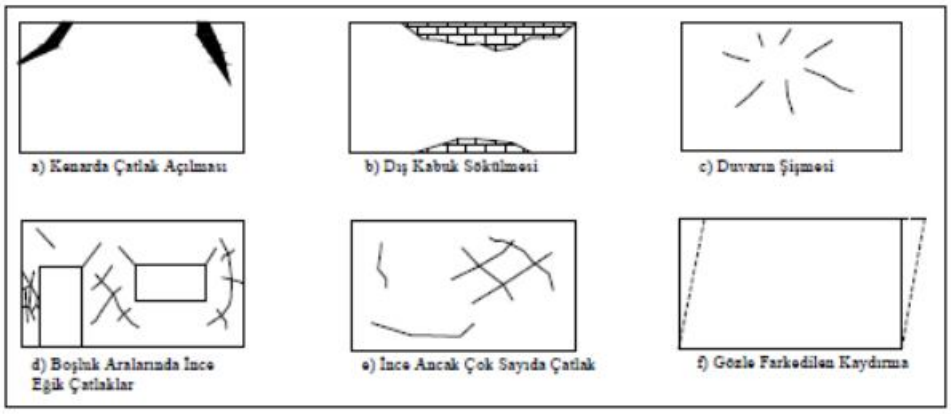
Bu hasar düzeyinde yapıya elastik sınırları aşan seviye de yatay kuvvet gelmiştir ve yatay kuvvet sonucu yapıda "X" şeklinde kesme çatlakları oluşmuştur. Çatlak genişliği 1 – 10 mm civarındadır ve çatlak büyük ihtimalle duvarın içine kadar uzanmaktadır (Bayülke, 2001; Batur, 2006). Yapıda muhtemel oluşabilecek çatlaklar Özsaraç'ın 2008 yılındaki çalışmasında Şekil 1.5'de verildiği gibi gösterilmiştir (Özsaraç, 2008).



Şekil 1.5. Az hasarlı yığma yapılarda çatlak türleri (Özsaraç, 2008)

1.2.3. Orta hasarlı yığma yapılar

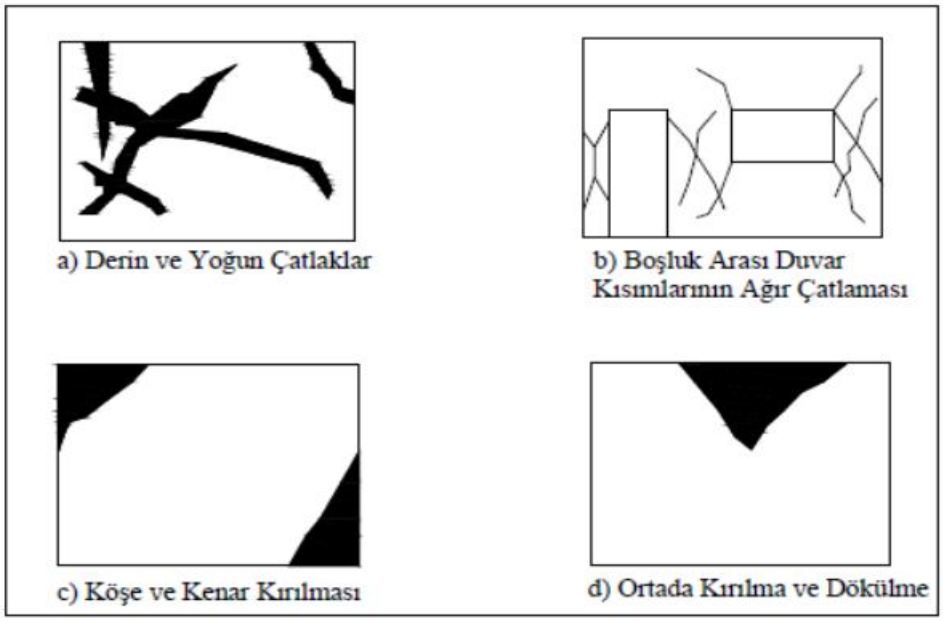
Bu hasar seviyesinde az hasarlı seviyede olduğu gibi "X" şeklinde çatlaklar oluşurken çatlak genişliği daha fazla olmaktadır. Çatlak genişlikleri 10 – 25 mm civarındadır. Duvarların genel olarak boyutlarında değişme gözlenmez ve duvarlarda düzlem dışı şekil değiştirme görülmez (Bayülke, 2001; Batur, 2006). Bu hasar düzeyinde oluşabilecek çatlak tipleri Şekil 1.6'da verilmiştir (Özsaraç, 2008).



Şekil 1.6. Orta hasar düzeyinde çatlak tipleri (Özsaraç, 2008)

1.2.4. Ağır hasarlı yığma yapılar

Bu hasar düzeyinde duvarlarda ayrışma, duvardan düzlemden uzaklaşmalar, duvardaki çatlaklardan dolayı düşey yükleri dahi taşıyamaz hale gelmesi gibi deformasyonlar ortaya çıkmıştır. Çatlak genişlikleri 25 mm'den daha fazladır (Bayülke, 2001; Batur, 2006). Duvarlarda oluşabilecek çatlak tipleri Şekil 1.7'de verilmiştir (Özsaraç, 2008).



Şekil 1.7. Ağır hasar düzeyinde çatlak tipleri (Özsaraç, 2008)

1.2.5. Göçme düzeyinde yığma yapılar

Taşıyıcı duvarlarda yıkılma, döşemelerin birbiri üstüne yığılması gibi hasarlar görülmektedir. Yapıda güçlendirme yapılması yapının ekonomik ömrüne bağlı olmakla birlikte yıkılıp yeniden yapılması daha uygun olacaktır (Bayülke, 2001; Batur, 2006).

Öztaş 2009 yılında yaptığı çalışmada, hasar düzeylerini şekil 1.8'de verildiği gibi tablo haline getirmiştir (Öztaş, 2009).

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 1.8. Yığma yapı hasar düzeyleri (Öztaş, 2009)

1.3. Yığma Yapılarda Onarım ve Güçlendirme Yöntemleri

Yığma yapıların onarım ve güçlendirmesinde çatlak boyutuna göre değişik onarım ve güçlendirme yöntemleri kullanılmaktadır. Özellikle çatlakların büyüklüğü dış hava koşuluna açık duvarlarda zamanla taşıma gücünü yitirmeye yol açacaktır.

1.3.1. Derine inmeyen küçük çatlakların onarımı

Derine inmeyen küçük çatlakların onarımında çatlaklar üzerindeki sıva tabakası kaldırılarak onarım yöntemleri uygulanır. Çatlakların doldurulmasında epoksi reçineleri, çimento şerbeti, priz sırasında genleşen özel katkı maddeli harçlar ve ince kumlu yüksek çimento dozajlı harçlar kullanılır. Eğer çatlak boyutları çok ince ise bu çatlakların doldurulmasında dolgu malzemesi basınçlı olarak çatlağa verilir. Derinliği fazla olmayan çatlaklarda yüzey sıvadan temizlenerek dolgu malzemesi çatlağa verilir gerekli olan yerlerde ise bağ levhaları kullanılır. Çatlakların büyümesini önlemek amacıyla gerekli yerlerde donatılarda kullanılabilir. Çatlak genişliği fazla olması durumunda ise takviye bantları kullanılır (Önal, 2008).

1.3.2. Çimento şerbeti ile onarım

Çimento taneleri %95 oranda 0.74 mm'den daha büyük olmalıdır. Bu nedenle çimento şerbeti küçük çatlaklara genelde basınç ile verilir. Çimento şerbetinin hazırlanmasında ilk dayanımı yüksek portland çimentosu ve genleşen harç kullanılması daha iyi olmaktadır. Bu sayede basınç ile verilen çimento şerbeti çatlak içerisinde genişleyerek bütün çatlağı doldurabilmektedir (Önal, 2008).

1.3.3. Çimento enjeksiyonu ile onarım

Çimento enjeksiyonu özellikle taşıma gücü düşük moloz taş duvarlarda düşük basınç ile uygulanır. Duvar içerisine yerleştirilen ince borulardan açılan deliklerden düşük basınçta çimento enjeksiyonu yapılır. Enjeksiyon işlemi bir sonraki delikten çimento gelene kadar devam edilir. Daha sonra delik yüzeyi sıyrılarak bir üstteki deliğe geçilir. Her bir dleik arası ortalama 30 – 40 cm civarında olmalıdır. Bu yöntem zaman alıcı ve emek gerektiren bir yöntemdir. Yapılacak onarımda duvarın taşıma gücünde önemli artışlar meydana gelmektedir. Çimento şerbeti hazırlanırken ilk dayanımı yüksek ve genleşen çimento kullanılması uygundur (Önal, 2008).

1.3.4. Epoksi reçineleri ile onarım

Epoksi reçineleri 0.2 – 0.3 mm genişliğinde çatlaklara düşük basınç altında uygulanmaktadır. Çatlaklar etrafına yerleştirilecek boruların ucuna epoksi reçinesi doldurulmuş tüpler takılır ve tüpe uygulanacak düşük basınç sayesinde epoksi reçinesinin çatlağın içine akması beklenir (Önal, 2008).

1.3.5. Sıvama ile onarım

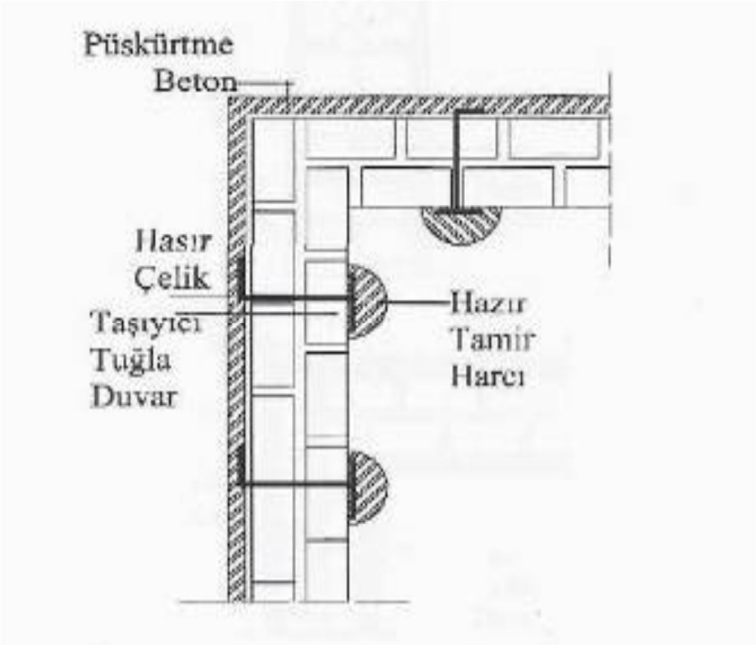
Sıvama daha çok bir yüzey ayrışması onarımıdır. Ancak çatlakları ağ şeklinde ince olması halinde çatlak onarımında da kullanılır. Aktif çatlaklar halinde sıvanan uzayabilir tipte olması şarttır. Bazı durumlarda bu dahi yetersizdir. Bu takdirde cam elyafla takviye edilmiş bitüm emdirilmiş membranlar kullanılır 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 (Akman, 2000).

1.3.6. Yığma duvarların güçlendirilmesi

Bodrum hariç en fazla üç katlı olan yığma yapıların güçlendirilmesi aşağıdaki yöntemler ile yapılmaktadır (Özsaraç, 2008).

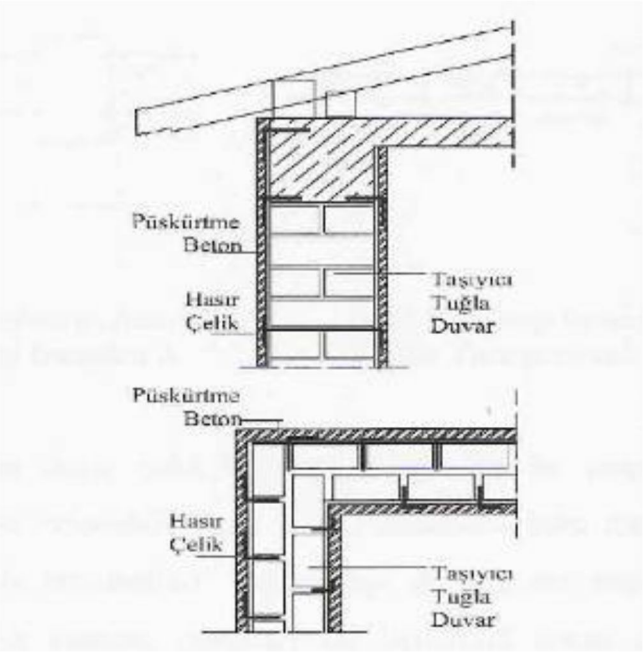
1.3.7. Püskürtme beton güçlendirme

Bu yöntem iç ve dış taşıyıcı duvarlara uygulanabilmektedir. Özellikle kalıp kurmanın zor ve maliyetli olduğu yüzeylerde uygulanır. Taşıyıcı duvar yüzeyindeki sıva sıyrılır. Duvar içerisine epoksi yardımı ile ankraj çubukları yerleştirilir. Ankraj çubuklarına hasır çelik bağlanıp daha sonra püskürtme beton yüzeye basınçla uygulanır. Tek taraflı püskürtme beton uygulaması Şekil 1.9'da verilmiştir.



Şekil 1.9. Tek taraflı püskürtme beton uygulaması (Bayülke, 1980)

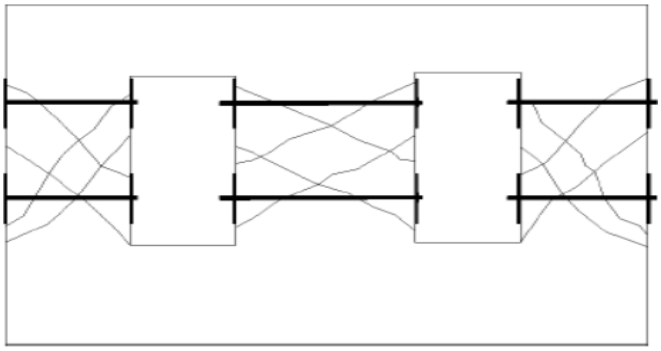
Ancak güçlendirmenin Şekil 1.10'da görüldüğü duvarın iki yüzüne yapılması tercih edilmelidir. Püskürtmeyi yapacak kişinin tecrübeli olması uygulamanın sağlıklı olması açısından önemlidir. Püskürtme yüzeye dik ve 1 – 1.5 m uzaklıktan yapılmalıdır. Uzaklığın artırılması betonun yüzeye yapışmasını azaltacaktır. Bu da ileride betonda çatlaklara yol açacaktır. Tabancanın çok yakın tutulması ise duvardan sıçrayarak yere düşen beton miktarını artırarak malzeme zayiatının artmasına neden olacaktır. Duvardan sıçrayarak yere düşen betonun tekrardan kullanılması uygulamanın sağlıklı olması açısından uygun değildir. Püskürtme işlemi tamamlandıktan sonra beton yüzeyine 2.5 cm kalınlığında yüzey pürüzünü düzeltmek için sıva yapılmalıdır (Özsaraç, 2008).



Şekil 1.10. İki yönlü püskürtme beton uygulaması (Özsaraç, 2008)

1.3.8. Çelik elemanlar ile güçlendirme

Duvarlar kuşaklanarak veya duvarın her yüzünde çatıya veya döşeme diyaframlarına çelik levha monte edilerek güçlendirme yapılır. Duvarlarda oluşan çatlakların büyümesini önlemek için çatlakları dik kesen donatılar yerleştirilir. Duvarlardaki kapı ve pencere boşluklarına komşu duvarlarda oluşan eğik kesme çatlaklarına karşı sağlamlaştırma amacıyla yerleştirilmiş bir donatı örneği Şekil 1.11'de verilmiştir (Özsaraç, 2008).



Şekil 1.11. Eğik kesme çatlakları için yerleştirilen donatılar

1.3.9. Kendiliğinden yerleşen beton ile güçlendirme

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 (Özsaraç, 2008). Şekil 1.12'de kendiliğinden yerleşen beton ile yapılmış bir güçlendirme uygulaması verilmiştir.

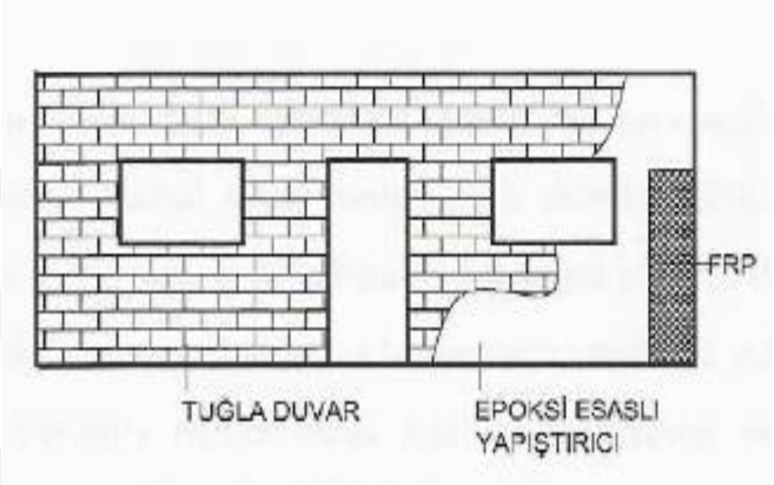


Şekil 1.12. Kendiliğinden yerleşen beton güçlendirme örneği (Öztaş, 2009)

1.3.10. FRP ile güçlendirme

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 (Özsaraç, 2008). Taşıyıcı duvarlarda FRP uygulaması Şekil 1.13'de verilmiştir.



Şekil 1.13. FRP ile güçlendirme uygulaması (Özsaraç, 2008)

1.4.Türk Deprem Yönetmeliğinde Yığma Yapılar ile İlgili Koşullar

Yığma yapıların boyutlandırılması ve kesme kapasitesi hesabı gibi analizler TDY – 2007 Bölüm 5 ilkelerine uygun olarak yapılmaktadır. Buradaki kriterlere göre bir yığma yapıya etki edecek deprem kuvveti hesaplanırken yapının taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R_a) 2,0 alınmalı, spektral ivme katsayısı (S(T)) ise doğal titreşim periyodu hesabı yapılmadan her durumda 2,5 alınmalıdır.

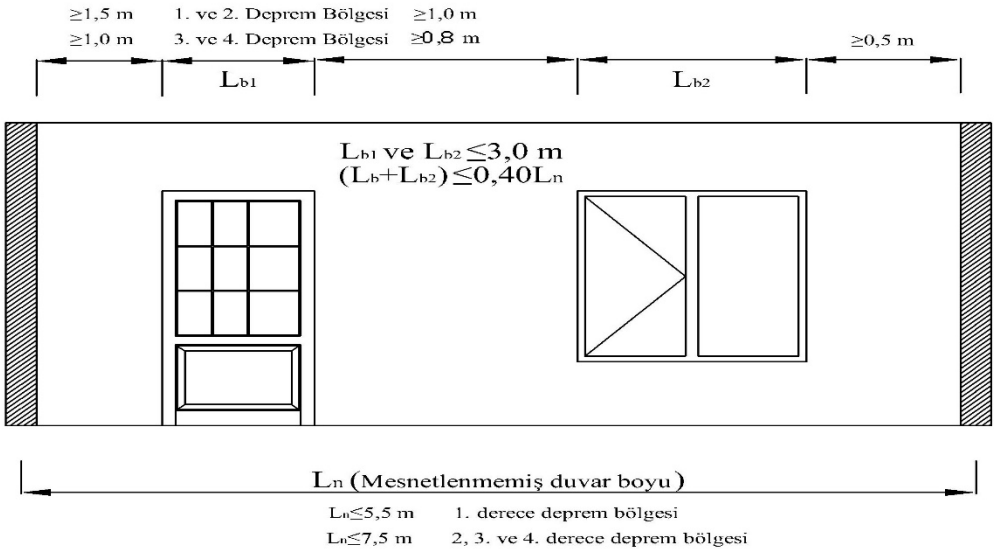
Yığma yapılar için sınırlandırıcı birçok kriter konularak yapıların güvenliği sağlanmaya çalışılmıştır. Bunlardan biri de kat adedinin sınırlandırılmasıdır. Kat adedini sınırları Tablo 1.1' de verilmiştir.

Tablo 1.1. En fazla kat adedi

Deprem Bölgesi	Yapılabilecek en fazla kat adedi
1	2
2,3	3
4	4

Kat yükseklikleri ise en fazla 3,0 m olarak belirlenmiştir. Bu değer malzeme kerpiç ise normal katta 2,70 m, bodrum katta ise 2,40 m değerine düşmektedir.

Duvarların taşıyıcı eleman görevi görmesinden dolayı duvarlarda açılacak boşlukların boyutları da son derece önem kazanmaktadır. Bu nedenle TDY – 2007' de konu ile ilgili detaylı bilgi mevcuttur. Şekil 1.14'de verilen şematik gösterim üzerinde bu değerler verilmiştir.



Şekil 1.14. TDY – 2007 yığma duvar boşluk boyutları

Taşıyıcı duvarların yatay ve düşey yükler altında gerekli emniyeti sağlayabilmesi için kalınlığının ise belirli bir değerin altında olmaması gerekmektedir. TDY – 2007 5. Bölümde konu ile ilgili verilen değerler Tablo 1.2' de verilmiştir. Tabloda verilen tuğla ve gazbeton malzeme kalınlığı değerleri bir kerpiç boyu olarak belirlenmiştir. Bir kerpiç boyu ise mm olarak 120x300x400 olarak alınmıştır.

Tablo 2.1. Malzeme türüne göre duvar kalınlıkları

Deprem Bölgesi	İzin Verilen Katlar	Doğal Taş (mm)	Beton (mm)	Tuğla ve Gazbeton	Diğerleri (mm)
1,2,3 ve 4	Bodrum Kat	500	250	1	200
	Zemin Kat	500	-	1	200
1,2,3 ve 4	Bodrum Kat	500	250	1,5	300
	Zemin Kat	500	-	1	200
	Birinci Kat	-	-	1	200
2,3 ve 4	Bodrum Kat	500	250	1,5	300
	Zemin Kat	500	-	1,5	300
	Birinci Kat	-	-	1	200
	İkinci Kat	-	-	1	200
4	Bodrum Kat	500	250	1,5	300
	Zemin Kat	500	-	1,5	300
	Birinci Kat	-	-	1,5	300
	İkinci Kat	-	-	1	200
	Üçüncü Kat	-	-	1	200

1.5. Tezin Amaç ve Kapsamı

Bu çalışmada yığma yapıların deprem davranışları irdelenerek yapıların analiz edilmesinde kullanılan bazı metotlar arasında mukayese yapılmıştır.

Yığma yapıların ülkemizde çok yaygın bir şekilde kullanılıyor olması ve bu yapıların çoğunluğunun deprem yönetmeliği standartlarına uygun olmaması yığma yapıların güçlendirilmesi konusunu daha önemli hale getirmektedir. Yığma yapı elemanlarının homojen olmaması ve bağlayıcı karşımın taşıma gücünün olumlu ya da olumsuz olmasında çok etkili olması, yığma yapıların mevcut analiz programları ile incelenmesini güçleştirmektedir. Yapılan analizlerin sağlıklı olması adına geliştirilmiş birçok yöntem literatürde mevcuttur.

Mevcut yöntemler ile elde edilen analiz sonuçları doğrultusunda yapıda uygulanabilir güçlendirme teknikleri incelenerek uygulanabilir bir tekniğe karar verme konusu da son derece önem arz etmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Yığma yapıların incelenmesi, güçlendirme teknikleri konularında lüteratürde daha önce yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır.

Çöğürcü M. T. tarafından 2007 yılında yapılmış olan "Yığma Yapıların Yatay Derz Güçlendirme Yöntemiyle Güçlendirilmesi" adlı çalışmada, aynı geometrik özelliklere sahip 2 adet yığma duvar deprem benzeştiren tersinir – tekrarlanır yatay yük etkisi altında düzlem dışı yüklenerek test edilmiştir. Deney numunelerinden ilki dolu harman tuğlası ile normal örülmüş, ikinci numune ise dolu harman tuğlası ile örüldükten sonra FRP ile güçlendirilmiştir. Yapılan deney sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Düzlem dışı tersinir tekrarlanır yükler, yük taşıyan yığma duvarları çökmelere karşı çok dayanılmaz hale getirmektedir.
- Düzlem dışı yüklenen duvarlarda çok büyük ivme artışları olur (2 katı) ve buda yıkmaya zorlayan kuvvetleri çok artırır.
- Düzlem dışı yüklenen duvarlarda, 2 yönlü betonarme döşemelerin kırılmalarına benzer çatlaklar oluşur ve bu çatlaklar akım çizgilerine dönüşerek duvarın yıkılmamasına sebep olur. Test edilen model yığma duvarın 65 kN'luk bir tersinir yük altında kırılmakta iken güçlendirilmiş duvarın kırılma yükü 80 kN olmuştur. Yani başka bir deyişle 1,25'lik daha fazla kırılma yüküne dayanabilmektedir.
- İyi hazırlanmış sıva sürekli yük iletim vasıtası oluşmasına yardımcı olur. Böylece yığma duvarlarda deprem güvenliğini artırmak için her iki yüzü sıvanmalıdır.
- Deney duvarının düzlem dışı kırılması kesme kırılmasını andıracak şekilde gevrek olmuştur. Bu yönden çok az sismik enerji tüketebilmiştir. Bu sebepten düzlem dışı yüklenen duvarlar deprem yıkılmasına karşı çok dayanıksızdırlar.
- Test edilen duvarın dayanımı 0,4g'lik yer ivmeli bir depremin gerekli kılacağı sismik dayanıma karşılık gelmektedir. Ancak bu durumun belirli boyutlara ve malzeme özelliklerine sahip bir test duvarı için söz konusu olduğu unutulmamalıdır.
- Yatay derzleri epoksi reçineli FRP ile güçlendirilen duvarın 1,44g'lik yer ivmeli bir depremin sismik dayanımına dayanabileceği görülmüştür. Bu durumda uygulanan güçlendirme yönteminin duvarın sismik dayanım performansını yaklaşık 3 kat arttırdığı söylenebilir(Çöğürcü, 2007).

Döndüren M. S. tarafından 2008 yılında yapılmış olan "Bağlayıcı Özelliği Artırılan Duvar ve Sıva Harcının Düzlem Dışı Yüklenen Tuğla Duvarların Mekaniksel Davranışına Etkisi" adlı çalışmada, aynı geometrik özelliklere sahip 2 adet yığma duvar, depremi benzeştiren tersinir – tekrarlanır yatay yük etkisi altında düzlem dışı yüklenerek test edilmiştir. Deney numunelerinden ilki dolu harman tuğlası ile normal har kullanılarak örülmüş, ikinci numune ise dolu harman tuğlası ile bağlayıcı özelliği artırılan harç kullanılarak örülmüştür. Yapılan deney sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- İyi hazırlamış sıva sürekli yük iletim vasıtası oluşmasına yardımcı olur. Yığma duvarlarda deprem güvenliğini artırmak için duvarın her iki yüzü sıvanmalıdır. Sıva yapılırken bağlayıcı özelliği artırılmış harç malzemesi kullanılması kırılmayı geciktirmektedir.
- Referans duvarda ilk çatlama 40 kN'da meydana gelmişken, model duvarda ilk çatlama 55 Kn'da meydana gelmiştir. Ayrıca, referans duvar 65 kN'luk düzlem dışı tekrarlanır yük altında kırılmışken, bağlayıcı özelliği artırılmış harçla oluşturulmuş model duvarın kırılma yükü 80 kN olmuştur. Buna göre %25'lik bir dayanım artışı sağlanmıştır.
- Referans duvarın sünekliği 23 mm iken, model duvarın sünekliği 14 mm olmuştur. Süneklik % 41 azalmıştır. Buna göre yapışma özelliği artırılan katkı maddelerinin duvar ve sıva harçlarında kullanılmasının duvarı daha rijit hale getirdiği düşünülmektedir.
- Referans duvar ile model duvar enerji yutma kapasiteleri bakımından karşılaştırıldığında (Şekil 8.1, Şekil 8.2) referans duvarın yaklaşık 1080 kNmm, bağlayıcı özelliği artırılmış harçla oluşturulan model duvarın ise, yaklaşık 750 kN.mm enerji tükettiği görülmektedir. Buda model duvarın %25 oranda daha az enerji tükettiği anlamına gelmektedir (Döndüren, 2008).

Korkmaz K. A. ve ark. tarafından 2014 yılında yapılmış olan "Farklı Yapısal Malzeme Özelliklerinin Yığma Yapı Davranışına Etkisi" adlı çalışmada, yığma yapılarda kullanılan 4 farklı malzeme türünün deprem davranışına olan etkileri irdelenmiştir. Kullanılan malzemelere göre SAP2000 programında oluşturulan dört farklı model zaman tanım alanında analiz yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz için 12 farklı deprem ivme kaydı kullanılmış ve analiz sonucunda modellerde oluşan yer değiştirmeler incelenmiştir. Sonuç olarak elastisite modülünün artmasının yer değiştirmeleri azalttığı sonucuna varılmıştır. Tuğla malzemesi kullanılan malzemeler içerisinde elastisite modülü

en küçük olan olduğu için yer değiştirme değerleri en yüksek tuğla malzemesi kullanılan modelde elde edilmiştir (Korkmaz, 2014).

Can H. ve ark. tarafından 2012 yılında yapılmış olan "Düzensiz Geometrik Şekile Sahip Tarihi Yığma Binaların Sismik Davranışı" adlı çalışmada, tarihi Küçük Mustafa Paşa Hamamı'nın modeli SAP2000 programında oluşturularak ölü yükler ve deprem etkisi altında analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapının gerçek boyutları üzerinden çıkarılan röleve sayesinde oluşturulan modelde malzeme sabitleri literatürde önerilen bağıntılar ve Türk Deprem Yönetmeliği'nde önerilen değerler dikkate alınarak kabul edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda deprem performansı analizi için en iyi yöntemin sonlu elemanlar metodu olacağı, düzensiz geometrik şekle sahip yapılarda doğrusal hesap yöntemleri ile doğru sonuçlar elde etmenin zor olacağı kanısına varılmıştır. Doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin malzeme özelliklerinin ayrıntılı bir şekilde tanımlanması sayesinde daha doğru sonuçlar vereceği dile getirilmiştir (Can, 2012).

Kanıt R. Tarafından 2007 yılında yapılmış olan "Düzlem Dışı Yüklere Maruz Yığma Duvarların Deprem Davranışlarının Analitik ve Deneysel Değerlendirilmesi" adlı çalışmada, bir yığma duvar prototipi oluşturularak düzlem dışı yüke maruz bırakılmış ve sonuçları incelenmiştir. Yapılan çalışmada bir kriko yardımı ile tersinir tekrarlanır yük uygulanmaya çalışılmıştır. Deney sonucunda düzlem dışı yüklere maruz yığma duvarların kırılma şekline göre taşıyıcı duvarların hasar almaya çok açık olduğu gözlenmiştir. Yığma duvarlarda yük aktarımının kaliteli bir sıva yardımı ile sağlanacağı öngörülmüş ve yığma duvarların her iki yüzüne de sıva yapılması tavsiye edilmiştir. Ayrıca Türk Deprem Yönetmeliği'nde yığma yapılar için verilen yapı davranış katsayısının deney numunesi incelendiğinde gerekli sünekliği göstermekte yetersiz olduğu görülmüştür (Kanıt, 2007).

Tokgöz H. ve ark. tarafından 2011 yılında yapılmış olan "Dıştan Perde Duvarla Güçlendirmede Perde – Hatıl Birleşim Yerlerinde Kullanılan Blon Sayısının Araştırılması" adlı çalışmada, hazırlanan deney numunesinde döşemeler C16 beton sınıfında, perde de ise C25 beton sınıfında tercih edilmiştir. Hatıl yüksekliği 200 mm ve döşeme kalınlığı ise 100 mm olarak alınmıştır. Döşemelerde Φ8 donatı, hatıllarda Φ14 donatı seçilmiş ve hatıllarda etriyeler ise Φ8/15 olarak seçilmiştir. Donatılarda nervürlü çelik kullanılmıştır. Üç ayrı deney numunesinde Φ18 bulonlar kullanılmıştır. Numunelerde 4,5 ve 6 sayıda bulon kullanılarak bulon sayısının etkisi incelenmiştir. Deney sonucunda tüm numunelerde bağlantı çubuklarının akma dayanımına ulaşmadan döşeme hatılında ezilme ve çatlaklar gözlenmiş ve deney durdurulmuştur. Birleşimde

kullanılan bağlantı çubuklarının sayısı arttıkça numunenin yük taşıma kapasitesinin de arttığı gözlemlenmiştir. Deney numunelerinin ötelenmelerinde ise çubuk sayısına bağlı olarak bir farklılık gözlemlenmemiştir (Tokgöz, 2011).

Ay Z. ve ark. tarafından 2012 yılında yapılmış olan "Yığma Yapıların Yapısal Davranışının İncelenmesi" adlı çalışmada, örnek bir yığma yapının sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak dinamik analizi yapılmıştır. 2 katlı toplamda 90 m^2 oturum alanına sahip, toplam yüksekliği 8 m olan mevcut bir yığma yapı ele alınmıştır. SAP 2000 programı ile oluşturulan modelde perde ve duvarlar katı olarak, döşemeler plak olarak ve hatıllar ise çerçeve eleman olarak modellenmiştir. Dört farklı zemin sınıfı, dört farklı deprem bölgesi ve üç farklı süneklik düzeyi kullanılarak yığma yapının deprem etkisi altındaki davranışı mod birleştirme yöntemi ile incelenmiştir. Sonuç olarak zemin sınıfı Z_1'den Z_4'e gittikçe duvarlardaki ve perdedeki maksimum gerilmelerde artış olduğu görülmüştür. Deprem bölgesi açısından ise 1. Bölgeden 4. Bölgeye gittikçe gerilmelerde azalma olduğu görülmüştür (Ay, 2012).

Erberik M. A. ve ark. tarafından 2008 yılında yapılmış olan "A Critique on the Turkish Earthquake Code Regulations Regarding Masonry Consruction" adlı çalışmada, yapılarda oluşan hasarların yetersiz bilgi veya teknolojiden değil yetersiz tasarım ve yönetmeliklerin önemsenmemesinden kaynaklandığına değinilmiştir. Çalışmada yığma yapılar hakkındaki ulusal ve uluslararası yönetmelik hükümlerine değinilmiştir. Eurocode 6, Eurocode 8, Türk Deprem Yönetmeliği 1975, Türk Deprem Yönetmeliği 1998 ve Türk Deprem Yönetmeliği 2007 hükümleri kıyaslanmış ve ülkemizdeki yığma yapılar konusunda yönetmelik gelişimi maddeler incelenerek gösterilmiştir (Erberik, 2008).

Ural A. ve ark tarafından 2009 yılında yapılmış olan "Geliştirilen Bir Yapısal Analiz Programıyla Yığma Yapıların Analizi" adlı çalışmada, Matlab programı yardımıyla geliştirilmiş olan bir yapısal analiz programında yapılmış olan bir doğrusal analiz sonuçları ile programın sonuçları literatürdeki ve LUSAS programındaki sonuçlar ile kıyaslanmıştır. Geliştirilen programdan elde edilen sonuçların LUSAS programı ile ihmal edilebilir düzeyde farklılıklar gösterdiği sonuç olarak yakın sonuçlar elde edildiği vurgulanmıştır (Ural, 2009).

Bayülke N. tarafından 2011 yılında yapılmış olan "Yığma Yapıların Deprem Davranışı ve Güvenliği" adlı çalışmada, yığma yapıların deprem hasar ve davranışları ile ilgili bilgi verilmiştir. Depreme dayanıklı yığma yapı tasarımı ile ilgili neler yapılması gerektiği konusunda bilgiler verilmiştir. Geçmiş yıllardaki depremlerde ülkemizde incelenen binaların analiz sonuçları ile değerlendirmeler yapılmıştır. Ayrıca kullanılacak

malzemeler ile ilgili davranış ve mekanik özellikleri hakkında detaylı bilgiler verilmiştir. Sonuç olarak ise anıtsal değeri olmayan yapıların yıkılarak daha dayanıklı betonarme yapılar ile değiştirilebilmesinin kolay ve ekonomik olduğu ancak anıtsal değeri olan yapıların korunabilmesi için bir inşaat mühendisinin güçlendirme konusunda da yeterli bilgiye sahip olması gerektiği ve bu tür yapıları iyi tanıması gerektiği noktasında tavsiyelerde bulunulmuştur (Bayülke, 2011).

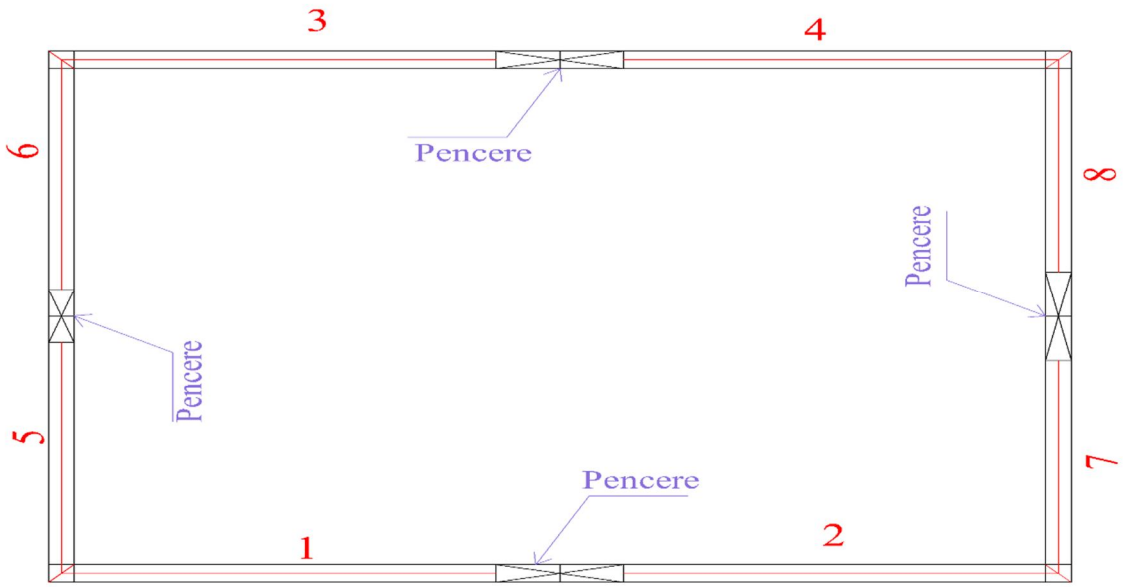
3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma kapsamında Konya ili sınırları içerisinde bulunan bir yurt binası ele alınmıştır. Bina bodrum kat dahil toplamda üç kattan oluşmaktadır. Taşıyıcı duvarlar düzensiz ve rijitlik merkezini ağırlık merkezinden uzaklaştıracak şekilde dengesiz yerleştirilmiş karmaşık bir geometriye sahiptir. Yapının yerinde gerçek ölçüler üzerinden rölevesi çıkarılmış ve analizlerde bu ölçüler dikkate alınmıştır. Yapı öncelikle elde analize edilmiştir. Elde yapılan hesaplamalarda TDY – 2007'de yığma yapılar için verilmiş dayanım hesapları dikkate alınarak bir excel tablosu oluşturulmuştur. Bundan sonraki kısımlarda bu hesap yöntemi excel yöntemi olarak yer almıştır. Diğer analiz yönteminde ise ETABS programı kullanılarak yapı shell eleman olarak tanımlanmış tuğlanın elastisite modülü dikkate alınarak malzeme tanımı yapılmıştır. Yapının yatay yük analizinde ise TDY – 2007 uyarınca depreme esas yapı ağırlığına bağlı olarak hesaplanan deprem kuvvetinin yapıda katlara etki ettirilmesi yöntemi kullanılmış ve bu yöntem "User Load" olarak bahsedilmiştir. ETABS programında kullanılan ikinci yöntemide ise TDY – 2007'de Eşdeğer Deprem Yükü yönteminde belirtilen katsayılar programa girilerek deprem yükü hesabı yaptırılmış ve bu yöntemden "User Coefficient" olarak bahsedilmiştir. ETABS programında kullanılan son yöntemde ise Spektral İvme diyagramı programa tanımlanarak ve katsayılar girilerek deprem yükü hesaplanmış ve bu yöntemden ise "Mod Birleştirme" olarak bahsedilmiştir. Yapılacak analiz kapsamlı ve son derece karmaşık olduğundan dolayı yapılacak analizin daha iyi anlaşılması ve olası hataların öngürülebilmesi için yapının analizinden önce belirlenen bir prototip üzerinde analizler yapılmış ve sonuçlar irdelenmiştir.

3.3. Prototip Model

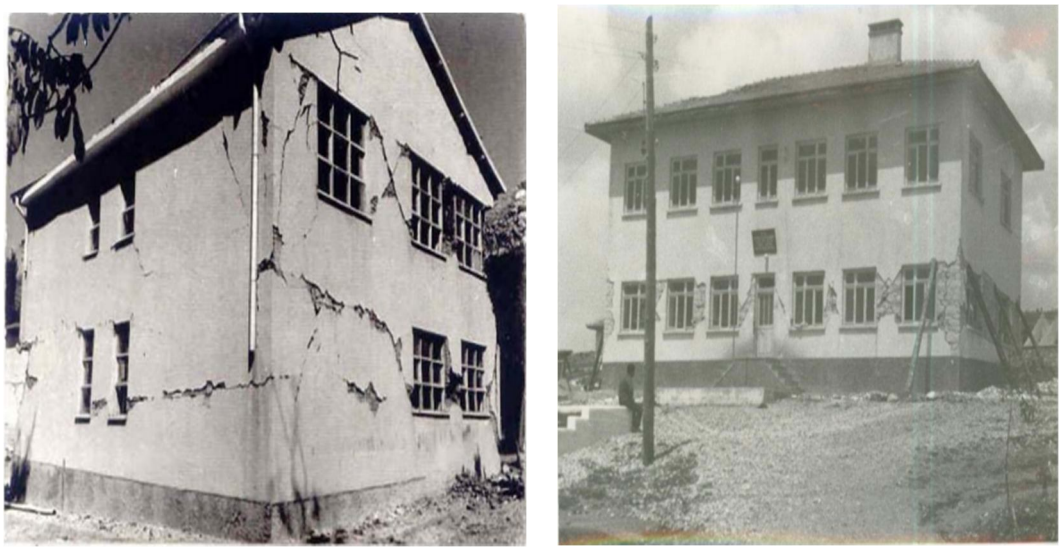
Prototip modelde yapı üç kattan oluşan bir bina olarak seçilmiştir. Yapının dıştan dışa ölçüleri 8x6 m olarak belirlenmiştir. Pencere ve kapı boşlukları duvarları ortadan ikiye bölecek şekilde yerleştirilmiştir. Duvar kalınlığı 20 cm ve kullanılan malzemenin dolu blok tuğla olduğu kabul edilmiştir. Yapının 1. derece deprem bölgesinde yer aldığı ve bir yurt binası olduğu kabul edilmiştir. Yapı da duvarlar üzerinde 40 cm hatıl ve 10 cm döşeme olduğu düşünülmüş, beton sınıfı C20, çelik sınıfı S420 olarak alınmıştır. Son

kat döşemesinde 0,400 t/m^2 ölü yük (zati yük dahil), 0,150 t/m^2 hareketli yük bulunduğu diğer katlarda ise 0,400 t/m^2 ölü yük (zati yük dahil), 0,200 t/m^2 hareketli yük bulunduğu varsayılmıştır. Yapının planı Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Tipik kat planı

Yığma yapılarda taşıyıcı sistemi duvarlar oluşturmaktadır. Bu nedenle de yapıdaki her bir duvar son derece önem kazanmaktadır. Taşıyıcı elemanların yani duvarların sürekliliği de son derece önemlidir. Duvarlarda açılacak kapı ve pencere boşlukları taşıyıcı sistem elemanlarının bir bütün olarak çalışmasını önleyecek yani sürekliliğini engelleyecektir. Boşluklar etrafında süreklilik engellendiği için gerilme yığılmaları meydana gelmektedir. Bu nedenle Şekil 3.2'de görüldüğü gibi deprem hareketi esnasında boşlukların kenarında kalan duvar parçaları sürekliliği bozulmamış duvar parçalarına göre daha çok kesme kuvvetine maruz kalmaktadır.



Şekil 3.2. Boşluk kenarında kalan duvarlarda kesme hasarları (Bayülke, 2011)

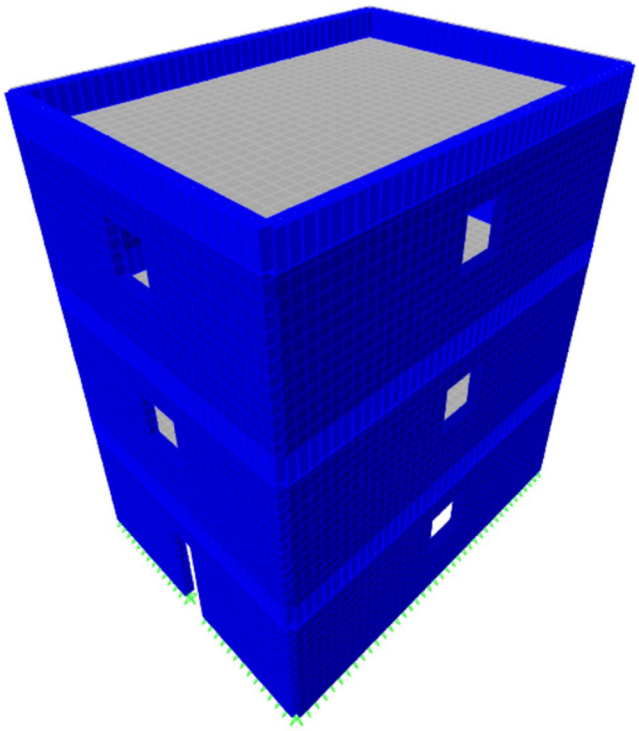
Duvarların boşluklardan dolayı iki ayrı parça gibi çalışması nedeniyle Şekil 3.1'de görüldüğü gibi boşlukların etrafındaki duvarlar farklı iki duvar gibi kabul edilmiştir.

Yapılan kabuller doğrultusunda yapının depreme esas ağırlığı hesaplanmıştır. Depreme esas yapı ağırlığı kullanılarak yapıya etki etmesi beklenen deprem kuvveti TDY – 2007'de tanımlanan Eşdeğer Deprem Yükü yöntemine göre hesaplanmıştır. Hesaplamalar sırasında TDY – 2007'de verilen yığma yapılar hakkındaki kurallardan faydalanarak periyot hesabı yapmadan yapının spektral ivme katsayısı S(T) 2.50 olarak alınmıştır. Yapının taşıyıcı sistem davranış katsayısı ise 2 olarak kabul edilmiştir. Yapılan hesaplar sonucundaki deprem kuvveti Tablo 3.1'de görüldüğü gibi katlara TDY – 2007 ilkelerine uygun olarak dağıtılmıştır. Duvarlara gelen kesme kuvveti ise duvarların rijitlikleri oranında duvarlara dağıtılmıştır. Bu hesapların yapılmasını kolaylaştırmak adına bir excel tablosu oluşturulmuştur.

Tablo 3.1 Deprem hesabı sonuçları

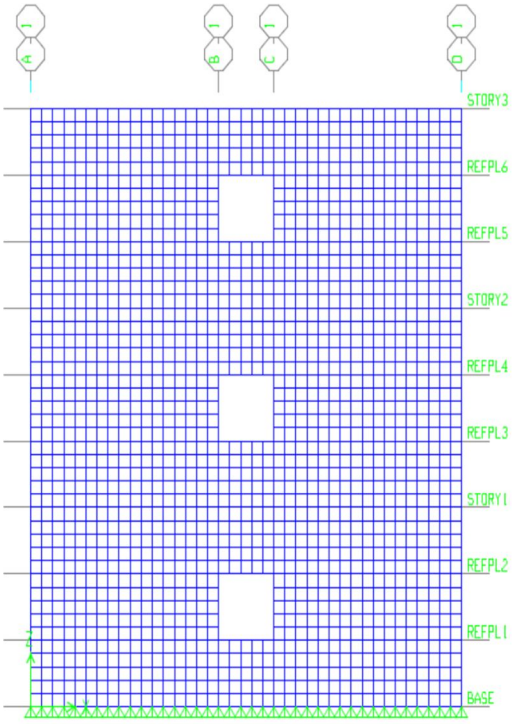
DEPREM HESABI										
KATLAR	X yönü ağırlıkları	Y yönü ağırlıkları	Bina Toplam Ağırlığı (ΣW)	Taban Kesme Kuvveti $V_t=\Sigma W^*A_{(T)}/Ra_{(T)}$	W_i	H_i	Wi^*Hi	(Wi*Hi)/ ΣWi*Hi	Katlardaki kesme kuvveti Vi	Katlardaki toplam kesme kuvveti Vti=Σvi
	ton	ton	ton	ton	ton	m			ton	ton
3.KAT	0,00	0,00	169,52	127,14	0,00	15,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.KAT	0,00	0,00			0,00	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1.KAT	33,74	22,79			56,53	9,00	508,78	0,50	63,58	63,58
ZEMİN	33,74	22,79			56,53	6,00	339,19	0,33	42,39	105,97
BODRUM	33,74	22,72			56,46	3	169,38	0,17	21,17	127,14
TOPLAM	101,21	68,31					1017,35	1	127,14	

Bir diğer çözüm yönteminde ise ETABS programı kullanılarak yapının üç boyutlu modeli oluşturulmuştur. Yapının üç boyutlu modeli Şekil 3.3'de verilmiştir. Oluşturulan modelde yapının duvarları shell eleman olarak modellenmiş ve elastisite modülü 1000 MPa olarak alınmıştır. Hatıllar ve döşeme ise betonarme olarak tanımlanmıştır.



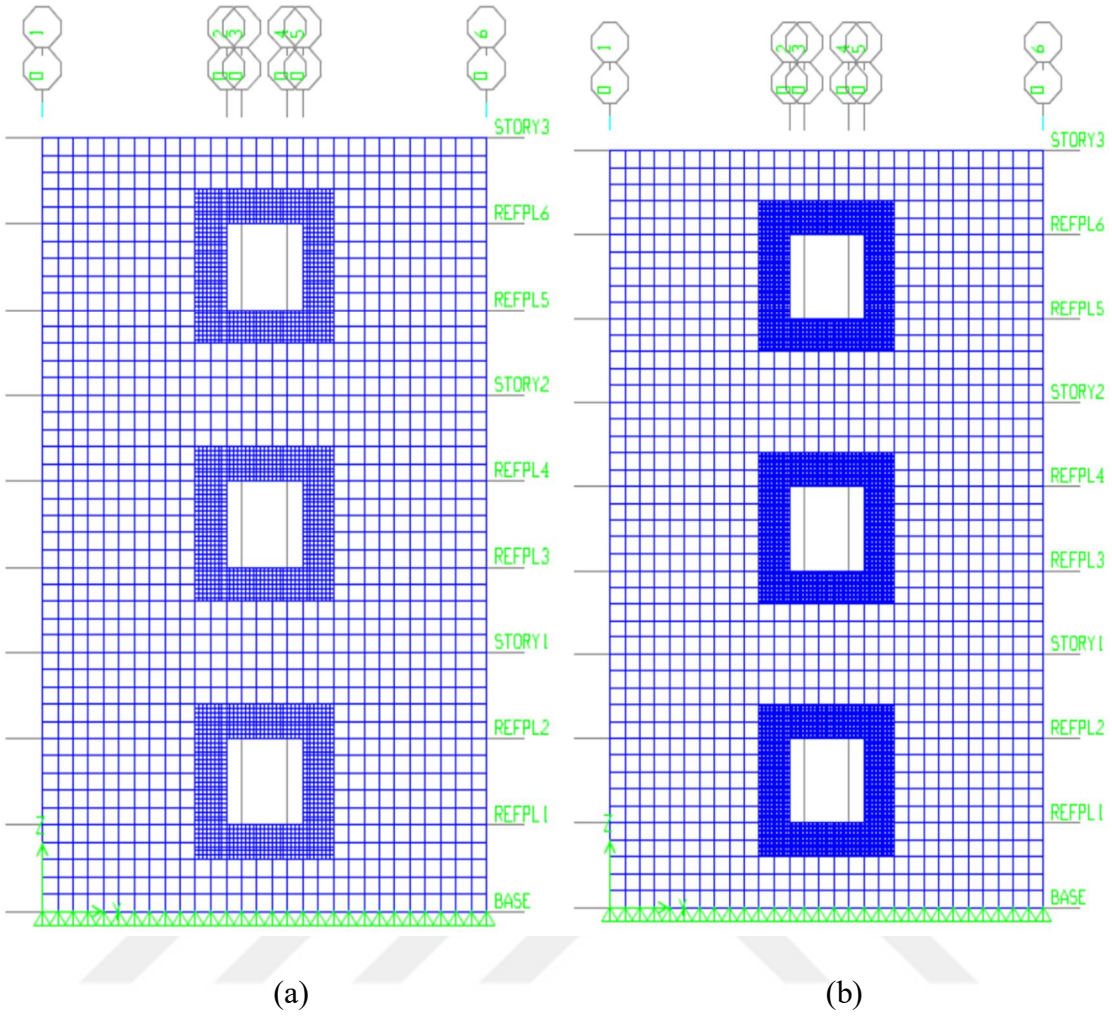
Şekil 3.3. Üç boyutlu model

Pencere boşluğu altındaki ve üstündeki duvarların boşlukların başlangıç ve bitiş noktalarında komşu duvarlara yük aktarımı sağlayabilmesi için boşlukların düşeyde başlangıç ve bitiş noktalarından geçen referans çizgileri oluşturularak duvarlar yatay düzlemde bölünmüştür. Şekil 3.4'de referans çizgileri ile bölünen duvarlar görülmektedir.



Şekil 3.4. Yük Aktarımı için duvarların bölünmesi

Duvarlara etki ettirilen her tip yüklemenin duvarlar içerisinde paylaşımını görebilmek için her bir duvara etiket (Pier) atanmıştır. Yapılan Pier ataması sayesinde duvarlara gelen kesme ve moment değerleri görülebilmektedir. Ayrıca her bir Pier eleman kendi içinde 20x20 cm'lik parçalara bölünmüştür. Pencere kenarındaki parçalar ise kendi içerisinde tekrardan 4 ve 8 parça olmak üzere Şekil 3.5'de görüldüğü gibi yeniden bölünerek analizler tekrar edilmiştir.



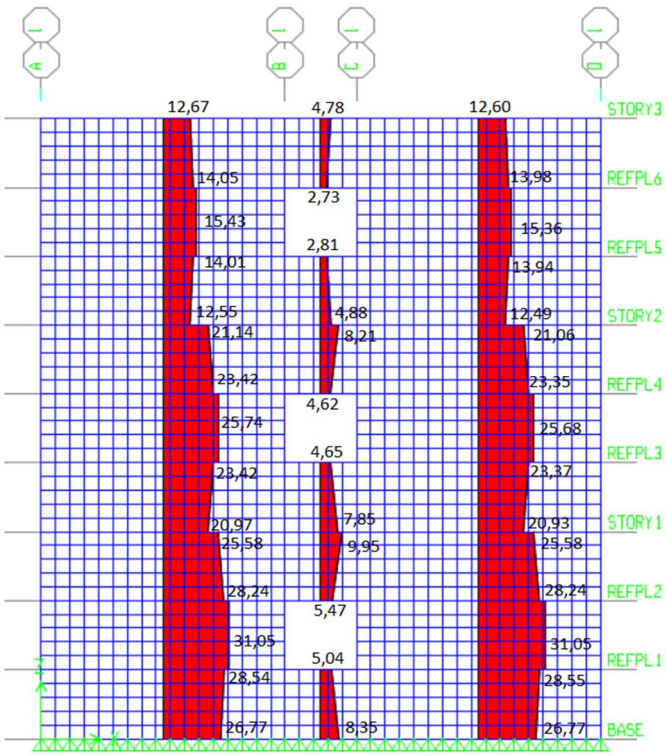
Şekil 3.5. Boşluklar etrafındaki karelerin bölünmesi; 4 bölmeli(a), 8 bölmeli (b)

Yapının depreme esas ağırlığı ETABS programından alınarak eşdeğer deprem yükü yöntemi ile deprem kuvveti hesaplanmıştır. Deprem kuvveti hesabında excel tablosu kullanılarak katlara düşen deprem kuvveti Tablo 3.2'de olduğu gibi hesaplanmıştır. Katlara gelen deprem kuvveti ETABS'da her bir kat kendi içerisinde rijit diyafram olarak kabul edilerek, rijit diyaframın ağırlık merkezine etki ettirilmiştir.

Tablo 3.2. ETABS eşdeğer deprem yükü hesabı

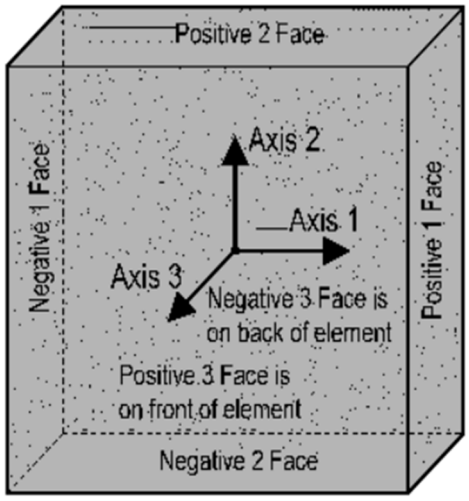
ETABS DEPREM HESABI									
KATLAR	Kat ağırlıkları	Bina Toplam Ağırlığı (ΣW)	Taban Kesme Kuvveti $V_t=\Sigma W^*A_{(T)}/Ra_{(T)}$	W_i	H_i	Wi^*Hi	(Wi*Hi)/ ΣWi*Hi	Katlardaki kesme kuvveti Vi	Katlardaki toplam kesme kuvveti Vti=Σvi
	ton	ton	ton	ton	m			ton	ton
3.KAT	0,00	174,71	131,03	0,00	15,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.KAT	0,00			0,00	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1.KAT	58,26			58,26	9,00	524,34	0,50	65,53	65,53
ZEMİN	58,26			58,26	6,00	349,56	0,33	43,69	109,22
BODRUM	58,19			58,19	3,00	174,57	0,17	21,82	131,03
TOPLAM	174,71					1048,47	1	131,03	

Excel tablosu yardımı ile duvarlara kesme kuvveti dağıtılırken boşlukların altında ve üstünde kalan duvarların kesme kuvveti almadığı kabul edilmiştir. Ancak ETABS programı ile yapılan analizde açılan boşlukların altında ve üstünde kalan duvar parçalarının da kesme kuvveti taşıdığı görülmüştür. Boşlukların altında ve üstünde kalan duvar parçaları aldıkları kesme kuvvetini boşlukların başlangıç noktalarında komşu duvarlara aktarmaktadır. Bu nedenle de boşluk etrafındaki duvarlarda kesme kuvvetinde bir yığılma oluşmaktadır. Bu duvarlar daha çok zorlanmaktadır. Şekil 3.6'da bir aks da kesme kuvveti diyagramı verilmiştir. Diyagramda boşluklara komşu duvarlardaki kesme kuvveti yığılmaları görülmektedir.



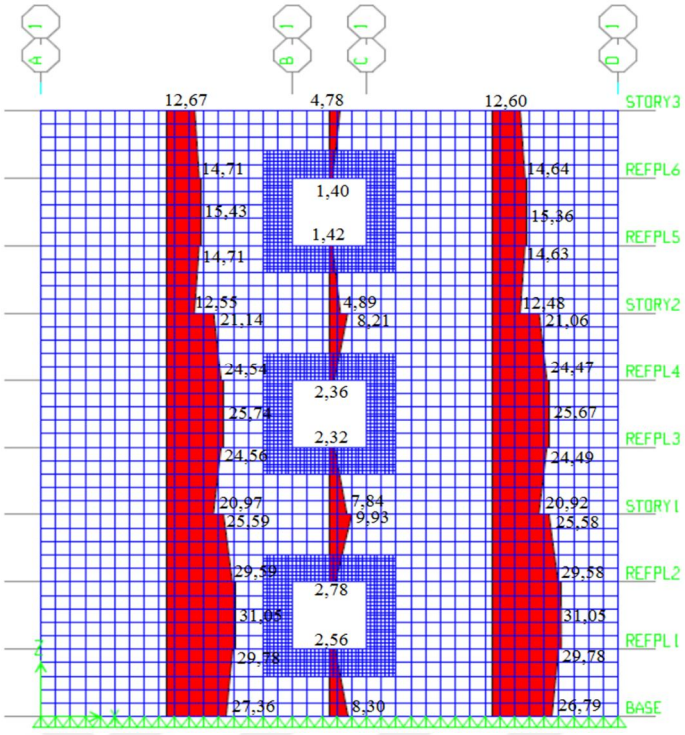
Şekil 3.6. ETABS programından elde edilen kesme diyagramı (birimler ton)

Yapı statiği ilkelerine göre boşlukların olduğu noktalarda kesme kuvvetinin sıfırlanması gerekirken Şekil 3.6'da görüldüğü gibi boşlukların başlangıç noktalarında kesme kuvvetinin belirli bir değer aldığı görülmektedir. Bu durum ETABS programının shell elemanlarda alana etki eden birim uzunluktaki kuvvetin yüzeyin ortasından geçtiğini kabul etmesinden kaynaklanmaktadır. Şekil 3.7'de ETABS programının shell elemanlarda kabul ettiği pozitif ve negatif yönler ve kuvvetlerin geçtiğini kabul ettiği yerler verilmektedir.

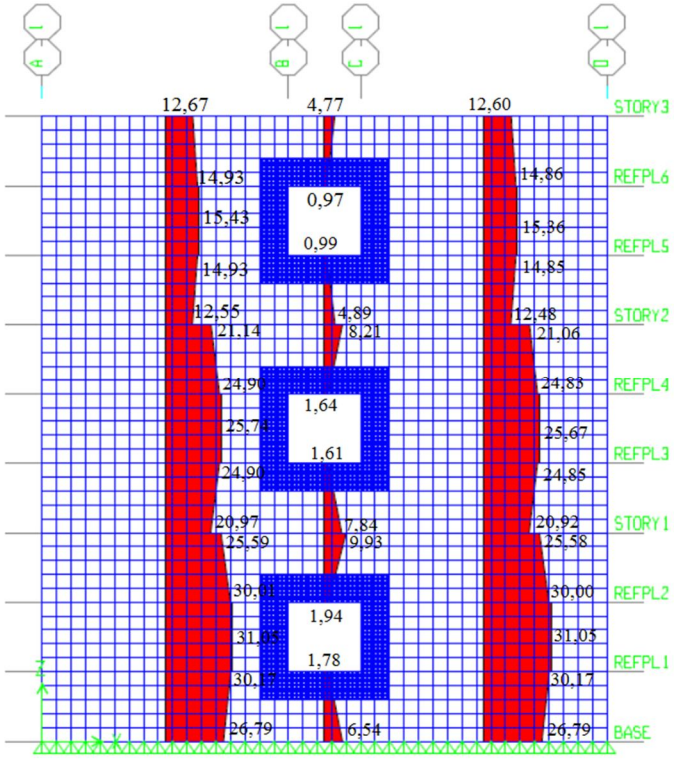


Şekil 3.7. ETABS programında kabuk elemanlarda kuvvet dağılışı

Boşlukların üstündeki ve altındaki duvar parçaları daha küçük elemanlara bölünerek bu kuvvetlerin sıfıra yaklaşması sağlanabilmektedir. Bu durum boşlukların etrafındaki duvar parçalarının kendi içerisinde 4 ve 8 parçaya bölünerek analizin tekrarlanması ile gösterilmiştir. Şekil 3.8 ve Şekil 3.9'da sırası ile 4 bölmeli ve 8 bölmeli durumlar için ayrı ayrı kesme diyagramları verilmiştir.



3.8. 4 bölme yapılması durumunda kesme diyagramı



Şekil 3.9. 8 bölme yapılması durumunda kesme diyagramı

Şekil 3.8 ve Şekil 3.9'da görüldüğü gibi bölme sayısı arttıkça boşlukların başlangıç noktasındaki kesme değerleri sıfıra yaklaşmaktadır. ETABS programı kullanılarak yapılan analizde boşlukların altında ve üstünde kalan duvarların kesme kuvveti taşıyor olması diğer duvar parçalarında oluşan kesme kuvveti dağılışını azaltmıştır. Tablo 3.3'de excel ve ETABS ile elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 3.3. Kesme kuvveti karşılaştırma tablosu

DUVAR KESME KUVVETLERİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU						
KATLAR	Duvar Adı	Duvar Yönü	Duvara Gelen Toplam Kesme Kuvveti (ton)		Toplam Kat Kesme Kuvveti (ton)	
			ETABS	EXCEL	ETABS	EXCEL
BODRUM	1	X	31,05	32,94	130,26	131,76
	2	X	31,05	32,94		
	3	X	34,08	32,94		
	4	X	34,08	32,94		
	5	Y	34,35	34,41	129,65	132,74
	6	Y	34,35	34,41		
	7	Y	30,51	31,96		
	8	Y	30,44	31,96		
ZEMİN	1	X	25,74	28,09	107,99	112,36
	2	X	25,68	28,09		
	3	X	28,31	28,09		
	4	X	28,26	28,09		
	5	Y	28,06	27,64	106,78	110,56
	6	Y	28,06	27,64		
	7	Y	25,36	27,64		
	8	Y	25,3	27,64		
1. KAT	1	X	15,43	16,76	64,81	67,04
	2	X	15,36	16,76		
	3	X	17,04	16,76		
	4	X	16,98	16,76		
	5	Y	16,8	16,64	64,05	66,56
	6	Y	16,8	16,64		
	7	Y	15,23	16,64		
	8	Y	15,22	16,64		

3.4.Gerçek Model

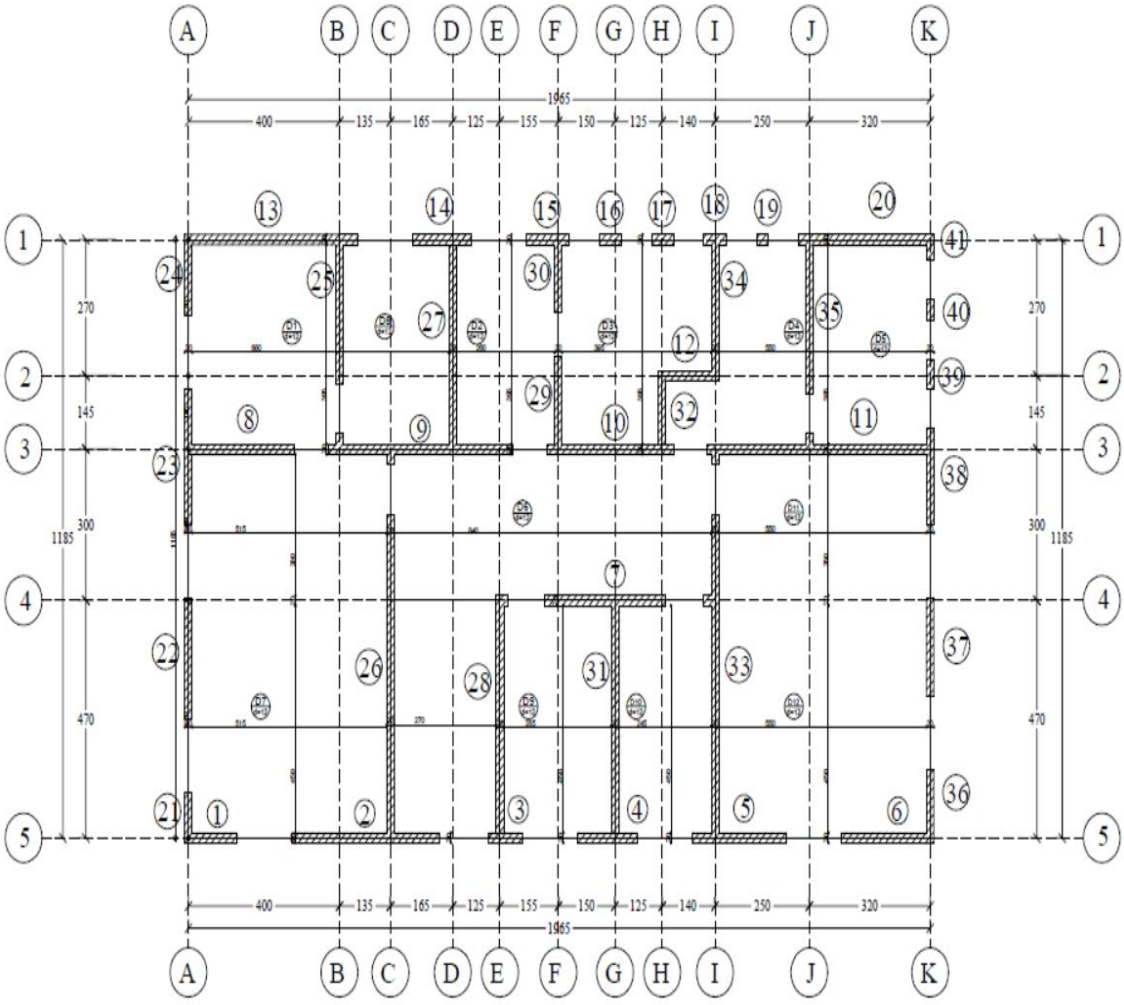
3.4.1. Excel hesaplamaları

Prototip modelde yapılan analizlerde elde edilen bilgiler doğrultusunda gerçek yapı excel ve ETABS programı ile ayrı ayrı analiz edilmiştir. Yapının depreme esas ağırlığı hesaplanarak TDY – 2007 Eşdeğer Deprem Yükü yöntemi kullanılarak yapıya etki etmesi beklenen deprem kuvveti hesaplanmıştır. Hesaplamalarda yapı 1. derece deprem bölgesinde ve zemin sınıfı Z3 alınmıştır. 3 katlı konut türü bir yapı olarak hesaplamalar yapılmıştır. Yapının rölevesi ile çizilmiş kat planı Şekil 3.10'da verilmiştir. Hesaplanan

deprem kuvveti TDY – 2007 ilkelerine uygun olarak Tablo 3.4'de olduğu gibi katlara dağıtılmıştır.

Tablo 3.4. Excel tablosu ile hesaplanan deprem kuvveti ve katlara dağılışı

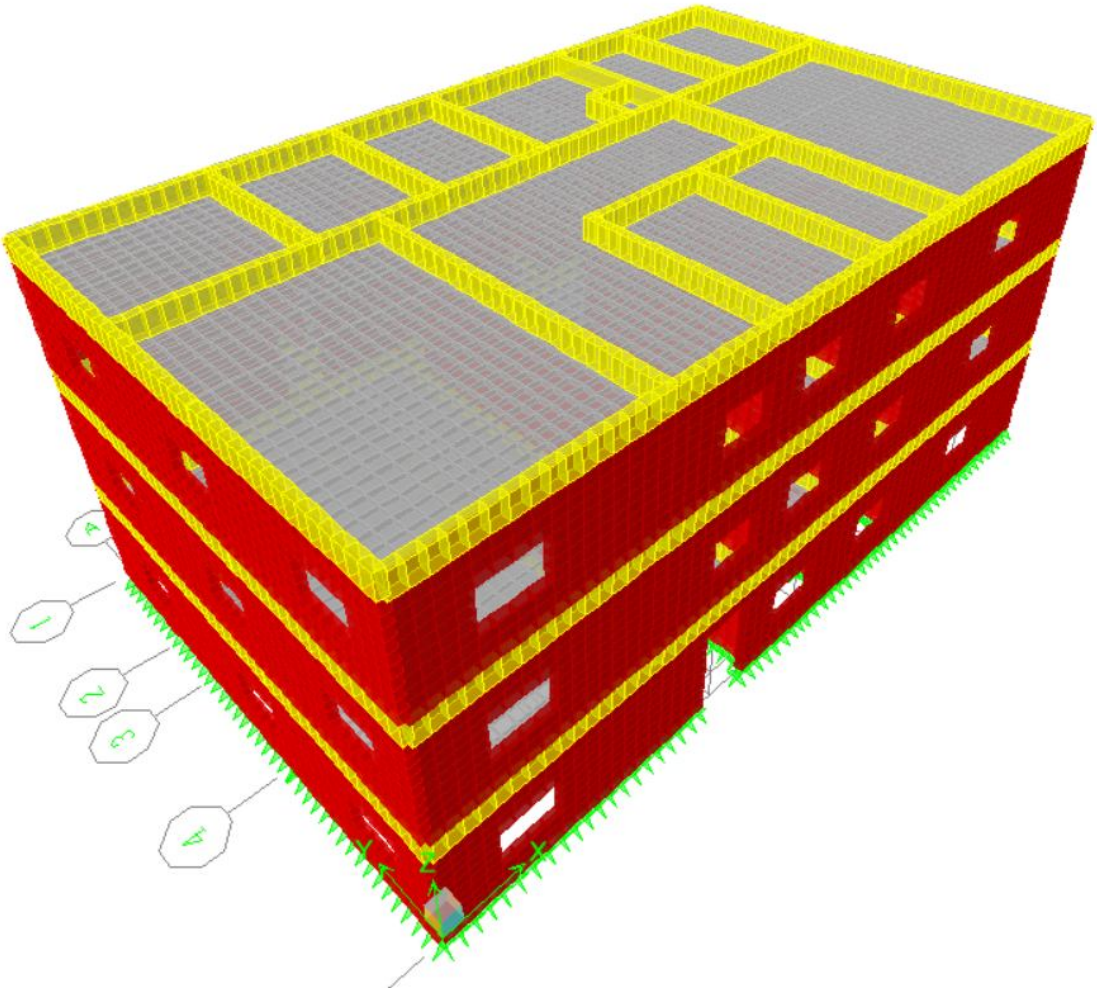
DEPREM HESABI										
KATLAR	X yönü ağırlıkları	Y yönü ağırlıkları	Bina Toplam Ağırlığı (ΣW)	Taban Kesme Kuvveti $V_t=\Sigma W^*A_{(T)}/Ra_{(T)}$	W_i	H_i	Wi^*Hi	$(Wi^*Hi)/\Sigma Wi^*Hi$	Katlardaki kesme kuvveti Vi	Katlardaki toplam kesme kuvveti Vti=Σvi
	ton	ton	ton	ton	ton	m			ton	ton
3.KAT	0.00	0.00	796.15	597.11	0.00	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.KAT	0.00	0.00			0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.KAT	114.70	143.76			258.47	9.00	2326.19	0.49	292.68	292.68
ZEMİN	118.93	149.91			268.84	6.00	1613.06	0.34	202.95	495.64
BODRUM	118.93	149.91			268.84	3	806.53	0.17	101.48	597.11
TOPLAM	352.56	443.59					4745.77	1	597.11	



Şekil 3.10. Yapının rölevesi ile çizilen kat planı

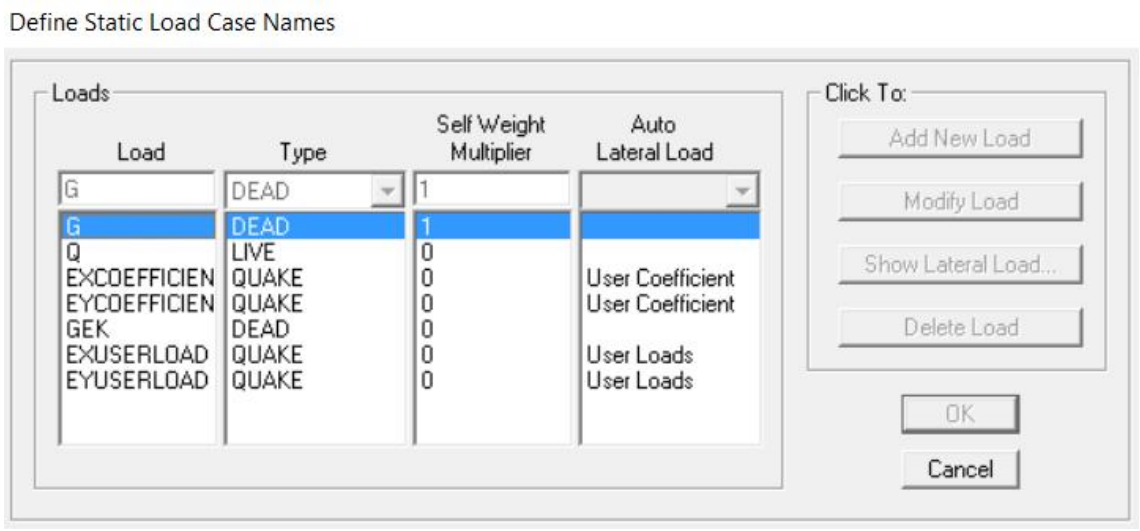
3.4.2. ETABS hesaplamaları

ETABS programında yapının modeli prototip modelde olduğu gibi duvarlar shell (kabuk) eleman olarak tanımlanmıştır. Hatıl ve döşemeler ise betonarme olarak tanımlanmıştır. Yapının modeli rölevedeki ölçüler dikkate alınarak hazırlanmıştır. Shell eleman kabulünde malzeme olarak dolu blok tuğla dayanımı esas alınmış elastisite modülü olarak ise 1000 MPa alınmıştır. Yapının üç boyutlu modeli Şekil 3.11'de verilmiştir.



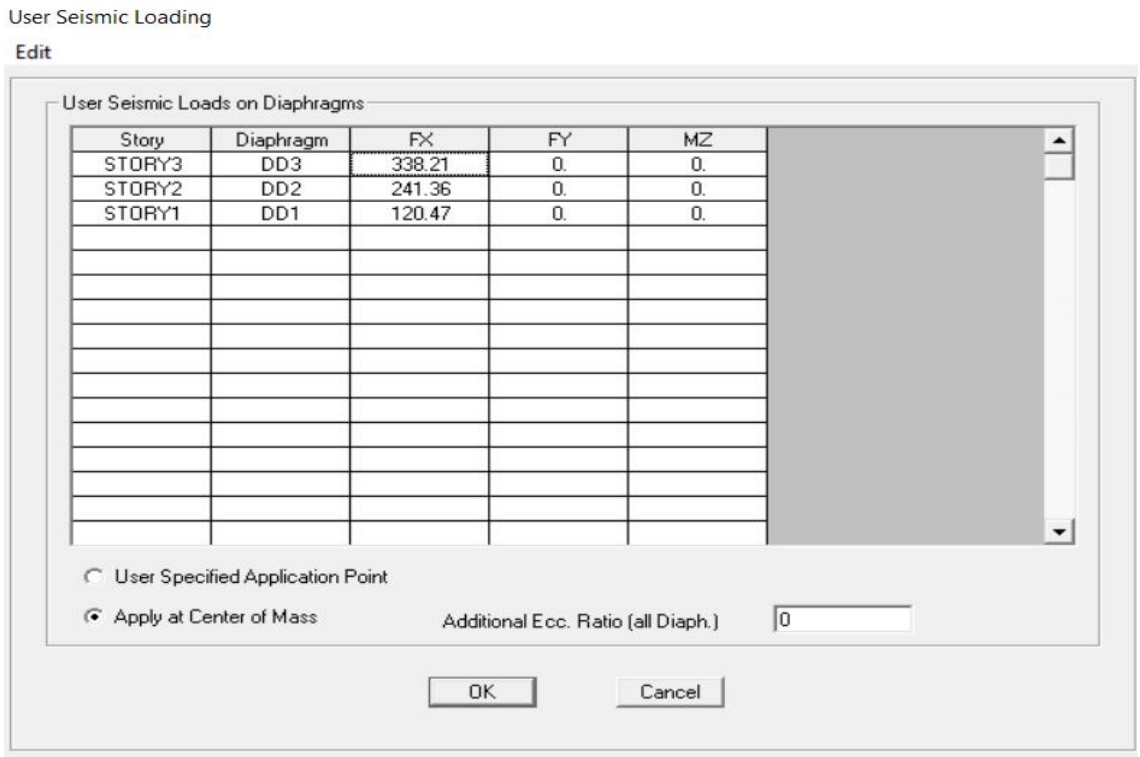
Şekil 3.11. Yapının üç boyutlu modeli

Yapıya etki edecek deprem kuvveti "User Load" yöntemi, "User Coefficient" yöntemi ve "Mod Birleştirme" yöntemleri kullanılarak ayrı ayrı hesaplanmıştır. Şekil 3.12' de alınan deprem kuvvetleri verilmiştir.



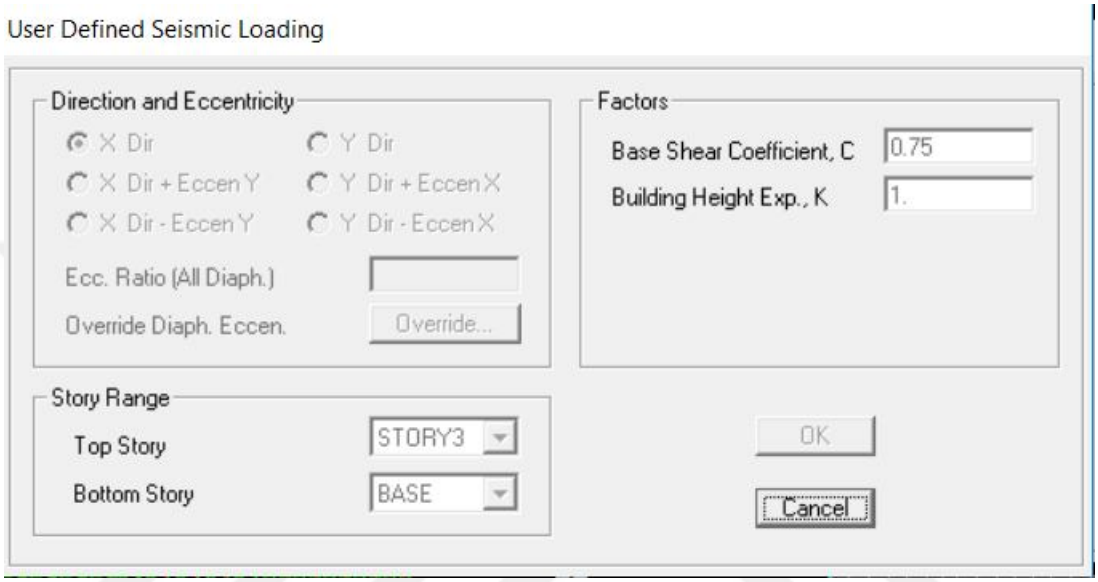
Şekil 3.12. ETABS yükleme durumları

"User Load" yönteminde yapının depreme esas ağırlığı programdan alınarak yapıya etki edecek deprem kuvveti excel yardımıyla hesaplanmış ve katlara dağıtılmıştır. Yüklerin katlara dağılışı Şekil 3.13'de verilmiştir.



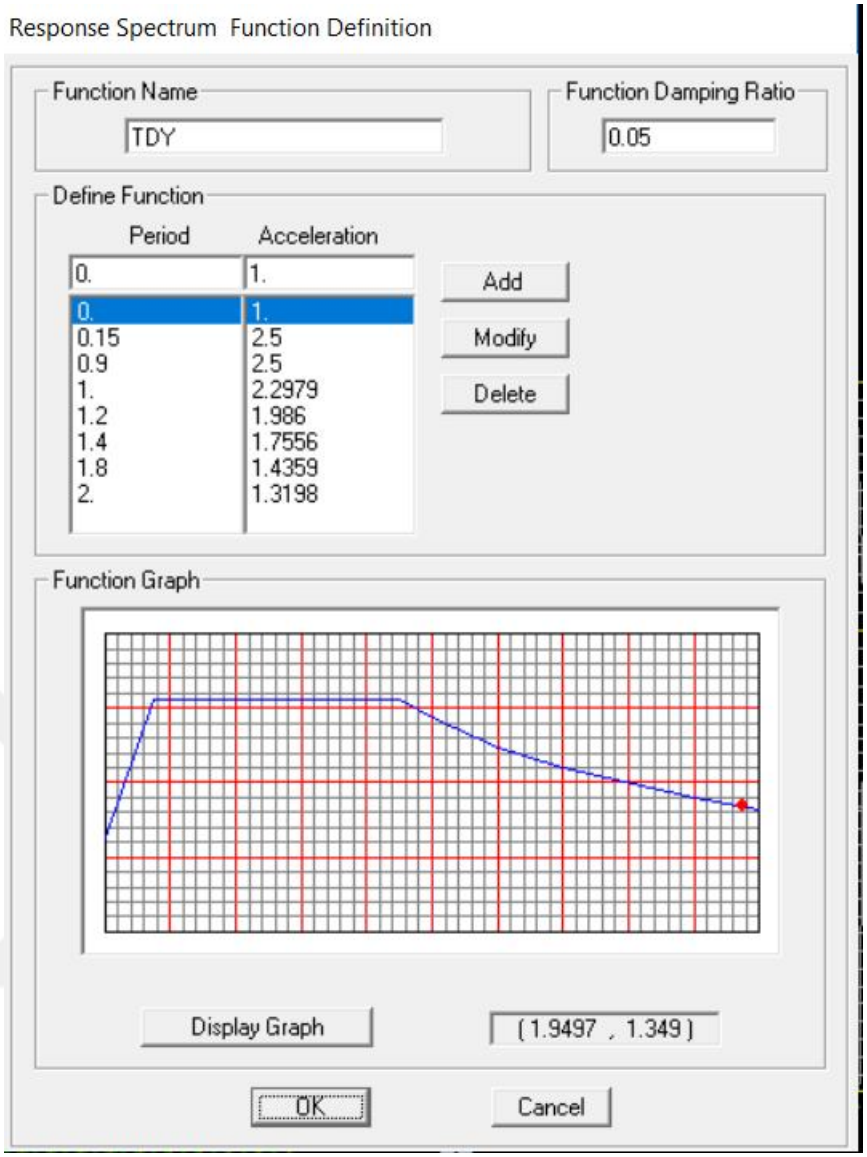
Şekil 3.13. User load yüklerin katlara dağılışı

"User Coefficient" yönteminde ise zemin sınıfı, deprem bölgesi, taşıyıcı sistem davranış katsayısı, spektral ivme katsayısı, yapı önem katsayısı gibi Eşdeğer Deprem Yükü yönteminde kullanılan katsayılar programa girilerek deprem yükünün hesaplanması ve katlara dağılışının program tarafından yaptırılmıştır. Girilen katsayılar Şekil 3.14'de verilmiştir.



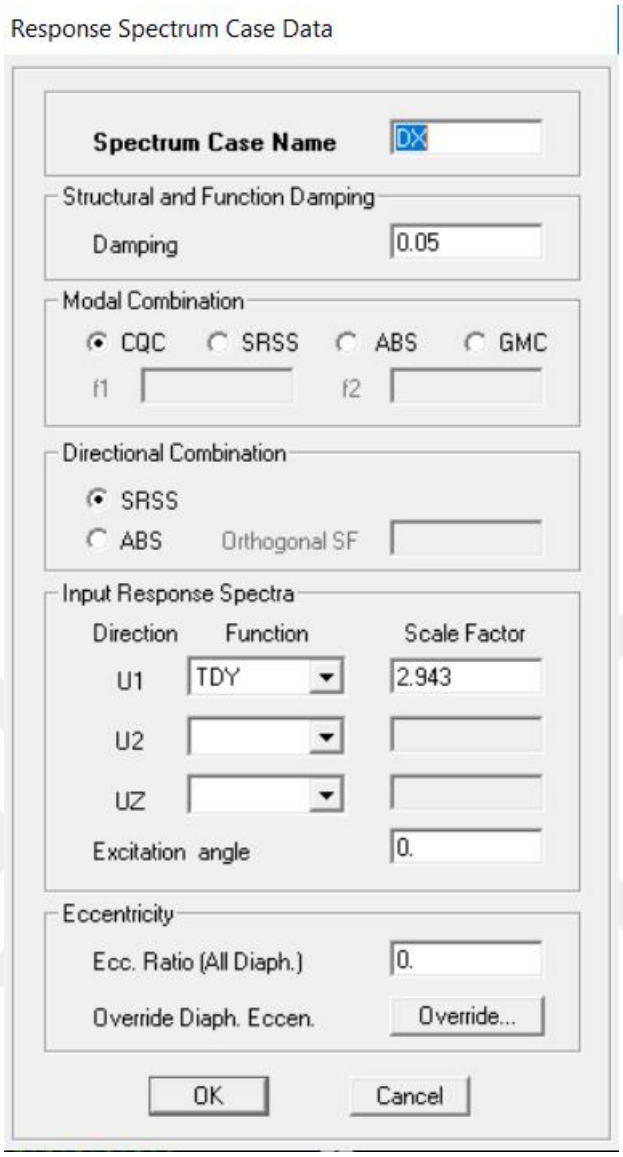
Şekil 3.14. User coefficient yönteminde alınan katsayı

"Mod Birleştirme" yönteminde ise TDY – 2007'de tanımlanan spektrum eğrisi programa girilerek yapının doğal titreşim periyoduna bağlı olarak spektral ivme katsayısını program spektrum eğrisinden kendisi almıştır. Alınan değer kullanılarak deprem yükünün hesabı da program tarafından yapılmış ve katlara dağıtılmıştır. Tanımlanan spektrum eğrisi Şekil 3.15'de verilmiştir.



Şekil 3.15. Spektrum eğrisi

Deprem yükü hesabında kullanılacak katsayılar ise Şekil 3.16'da verilmiştir.



Şekil 3.16. Response Spectrum'da alınan katsayılar

Yapının depreme esas ağırlığı ETABS programından alınarak TDY – 2007 Eşdeğer Deprem Yükü yöntemi ile hazırlanan excel tablosunda etkimesi beklenen deprem kuvveti hesaplanmıştır. Hesaplanan deprem kuvveti TDY – 2007 ilkelerine uygun olarak katlara dağıtılmış ve User Load şeklinde yapının ağırlık merkezine etki ettirilmiştir. Ayrıca zemin, yapı türü, taşıyıcı sistem davranış katsayısı, deprem bölgesi gibi parametrelerin katsayıları ETABS programına girilerek User Coefficient şeklinde yapıya deprem kuvveti verilmiştir. Yapıya etki eden deprem kuvveti ETABS programı yardımı ile mod birleştirme yöntemi ile de yapıya etki ettirilmiştir. Hesaplanan deprem kuvveti ve katlara dağılışı Tablo 3.5'de verilmiştir.

Tablo 3.5. ETABS user load deprem yükü tablosu

ETABS USER DEPREM HESABI											
KATLAR	G	Q	Kat ağırlıkları	Bina Toplam Ağırlığı (ΣW)	Taban Kesme Kuvveti $V_i=\Sigma W^*A_{(T)}/Ra_{(T)}$	W_i	H_i	Wi^*Hi	(Wi*Hi)/ ΣWi*Hi	Katlardaki kesme kuvveti Vi	Katlardaki toplam kesme kuvveti Vti=Σvi
	ton	ton	ton	ton	ton	ton	m			ton	ton
3.KAT	0.00	0.00	0.00	870.52	652.89	0.00	15.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.KAT	0.00	0.00	0.00			0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.KAT	269.40	46.57	283.37			283.37	9.00	2550.34	0.49	320.62	320.62
ZEMİN	269.40	81.50	293.85			293.85	6.00	1763.10	0.34	221.65	542.27
BODRUM	268.85	81.50	293.30			293.30	3.00	879.90	0.17	110.62	652.89
TOPLAM	807.65	209.57	870.52					5193.34	1	652.89	

ETABS programına katsayılar girilerek elde edilen deprem kuvveti ise Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6. ETABS coefficient load deprem yükü tablosu

ETABS COEFFİCİENT DEPREM HESABI											
KATLAR	G	Q	Kat ağırlıkları	ina Toplaı ğırlığı (ΣW)	Taban Kesme Kuvveti $V_i=\Sigma W^*A_{(T)}/Ra_{(T)}$	W_i	H_i	Wi^*Hi	(Wi*Hi)/ ΣWi*Hi	Katlardaki kesme kuvveti Vi	Katlardaki toplam kesme kuvveti Vti=Σvi
	ton	ton	ton	ton	ton	ton	m			ton	ton
3.KAT					605.78						
2.KAT											
1.KAT										259.29	259.29
ZEMİN										230.97	490.26
BODRUM										115.52	605.78
TOPLAM										605.78	

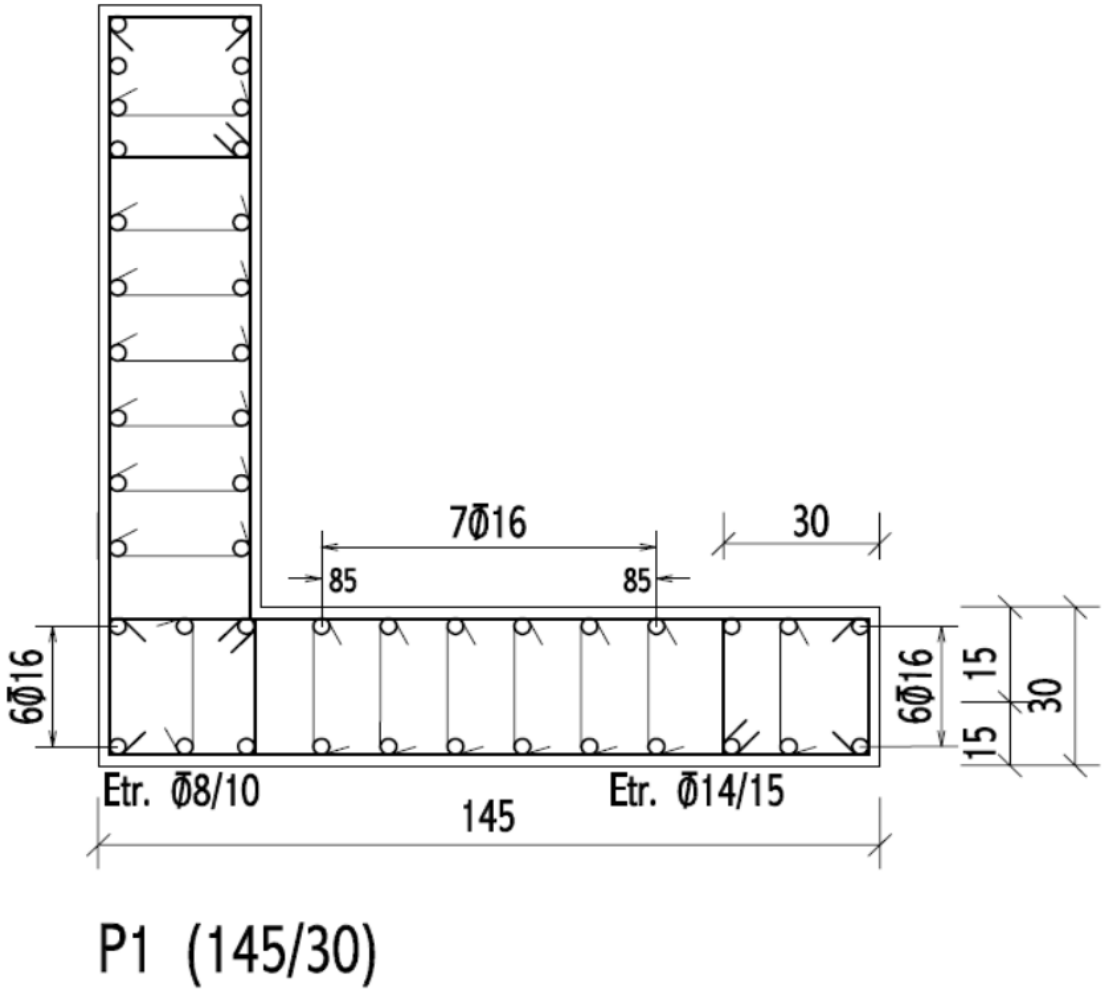
ETABS programında hesaplanan mod birleştirme deprem yükü Tablo 3.7'de verilmiştir.

Tablo 3.7. ETABS mod birleştirme deprem yükü tablosu

ETABS RESPONSE SPECTRA DEPREM HESABI											
KATLAR	G	Q	Kat ağırlıkları	ina Toplar ğırlığı (ΣW)	Taban Kesme Kuvveti $V_t=\Sigma W^*A_{(T)}/Ra_{(T)}$	W_i	H_i	Wi^*Hi	(Wi*Hi)/ ΣWi*Hi	Katlardaki kesme kuvveti Vi	Katlardaki toplam kesme kuvveti Vti=Σvi
	ton	ton	ton	ton	ton	ton	m			ton	ton
3.KAT											
2.KAT											
1.KAT					582.37					227.23	227.23
ZEMİN										227.67	454.90
BODRUM										127.47	582.37
TOPLAM										582.37	

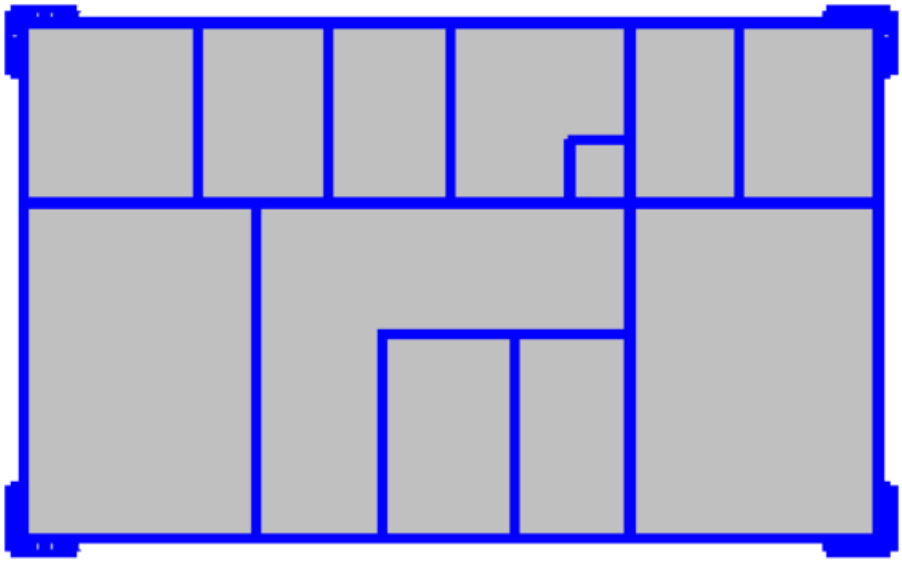
3.4.3. Güçlendirilmiş Modelin Oluşturulması

Yapıya etki etmesi beklenen deprem kuvveti ile yapılan analizler sonucu duvarların aldığı kesme kuvvetleri ve momentler değerlendirilerek yapı elemanlarının yeterli olup olmadığı her bir yöntem için ayrı ayrı irdelenmiştir. Yapılan analizler sonucu yapıdaki çoğu taşıyıcı duvar elemanın yetersiz olduğu görülmüştür. Yapının kullanıma devam edebilmesi için yapıda bir güçlendirme yapılması gerektiğine karar verilmiştir. Literatür de yığma yapıların güçlendirilmesi ile ilgili birçok yöntem mevcuttur. Yapılan bu çalışma da yöntemler içerisinden dışarıdan perde ile güçlendirme yöntemi tercih edilmiştir. Yapının dört köşesine yapıyı "L" şeklinde saracak 300x1450 mm boyutlarında perdeler yerleştirilmiştir. Perdeler her kat hizasında hatıllara ankrajlar yardımı ile tutturularak yapı ile bir bütün olarak çalışması sağlanmıştır. Bu sayede yapıya etki edecek deprem kuvvetinin ve kesme kuvvetlerini perdenin alması sağlanmış olacaktır. Yapıya etki edecek kesme kuvvetleri azaltıldığında yapı elemanlarının kesme kapasiteleri sabit kalırken üzerine gelen kesme kuvvetleri azaldığından dolayı yapı güvenli hale getirilmiş olacaktır. Yapılacak perdelerde 19Φ16 boyuna donatı, Φ14/15 yatay donatı kullanılmıştır. Başlık bölgelerinde ise Φ8/10 etriye kullanılmıştır. Perdelerin kesiti Şekil 3.17'de verilmiştir.

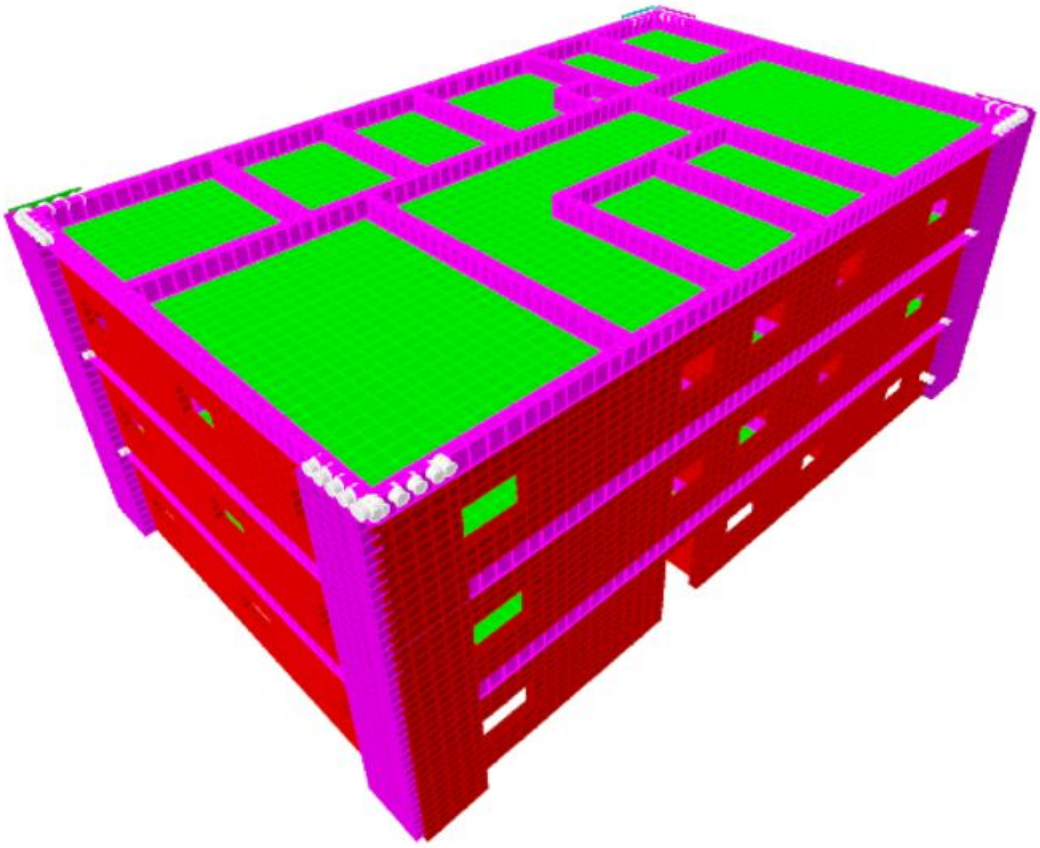


Şekil 3.17. Perde kesiti

Güçlendirmenin yapıdan bağımsız olması ve yapıdan kesme kuvvetlerini ankrajlar ile alması için yapı ile perde arasında boşluk bırakılmış ve tek bağlantı noktası ankraj olacak şekle getirilmiştir. Güçlendirilmiş yapının plan görüntüsü ve üç boyutlu modeli sırasıyla Şekil 3.18 ve Şekil 3.19'da verilmiştir.



Şekil 3.18. Güçlendirilmiş model kat planı



Şekil 3.19. Güçlendirilmiş üç boyutlu model

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Yapılan analizler sonucu duvarlara etki eden kesme ve momentlerden dolayı oluşan kayma ve normal gerilmeler dikkate alınarak yapı elemanlarının dayanımlarının yeterli olup olmadığı incelenmiştir. Yapı üç katlı olmasına rağmen kontroller bodrum kat için yapılmıştır. Çünkü kesme ve normal kuvvetler alt kata indikçe toplanarak indiği için en alt katta maksimum değerlerine ulaşarak en elverişsiz durumu oluşturacaklardır. Excel de hazırlanan tablolar yardımı ile yapılan analiz sonuçları Tablo 4.1'de ve Tablo 4.2'de verilmiştir.

4.3. Güçlendirilmemiş Model Analiz Sonuçları

Tablo 4.1. Excel tablosu normal gerilme sonuçları

Excel Tablosu Normal Gerilme Sonuçları								
KATLAR	Duvar Ad	Duvar Yönü	Duvar Boyutları (m)		Duvara Gelen Toplam Normal Kuvvet (ton)	Oluşan Basınç Gerilmeleri (t/m2)	Basınç Emniyet Gerilmesi (t/m2)	Basınç Gerilmesi Kontrolü
			Duvar Uzunluğu	Duvar Kalınlığı				
BODRUM	1	X	1.4	0.2	13.56	48.43	80.00	YETERLİ
	2	X	3.9	0.2	30.85	39.55	80.00	YETERLİ
	3	X	0.9	0.2	9.79	54.39	80.00	YETERLİ
	4	X	1.6	0.2	14.51	45.34	80.00	YETERLİ
	5	X	2.5	0.2	23.55	47.10	80.00	YETERLİ
	6	X	2.45	0.2	21.22	43.31	80.00	YETERLİ
	7	X	3.2	0.2	42.38	66.22	80.00	YETERLİ
	8	X	2.7	0.2	30.13	55.80	80.00	YETERLİ
	9	X	4.9	0.2	46.3	47.24	80.00	YETERLİ
	10	X	3.35	0.2	33.62	50.18	80.00	YETERLİ
	11	X	5.8	0.2	51.91	44.75	80.00	YETERLİ
	12	X	1.4	0.2	12.61	45.04	80.00	YETERLİ
	13	X	4.6	0.2	31.01	33.71	80.00	YETERLİ
	14	X	1.55	0.2	14.29	46.10	80.00	YETERLİ
	15	X	1.15	0.2	10.56	45.91	80.00	YETERLİ
	16	X	0.6	0.2	7.34	61.17	80.00	YETERLİ
	17	X	0.6	0.2	7.32	61.00	80.00	YETERLİ
	18	X	0.6	0.2	6.19	51.58	80.00	YETERLİ
	19	X	0.3	0.2	4.5	75.00	80.00	YETERLİ
	20	X	3.4	0.2	21.19	31.16	80.00	YETERLİ
	21	Y	1	0.2	10.46	52.30	80.00	YETERLİ
	22	Y	2.4	0.2	31.4	65.42	80.00	YETERLİ
	23	Y	2.7	0.2	25.15	46.57	80.00	YETERLİ
	24	Y	1.6	0.2	13.15	41.09	80.00	YETERLİ
	25	Y	2.75	0.2	30.27	55.04	80.00	YETERLİ
	26	Y	6.3	0.2	76.43	60.66	80.00	YETERLİ
	27	Y	3.95	0.2	33.38	42.25	80.00	YETERLİ
	28	Y	4.7	0.2	45.81	48.73	80.00	YETERLİ
	29	Y	1.75	0.2	16.85	48.14	80.00	YETERLİ
	30	Y	1.35	0.2	14.02	51.93	80.00	YETERLİ
	31	Y	4.5	0.2	38.9	43.22	80.00	YETERLİ
	32	Y	1.45	0.2	11.43	39.41	80.00	YETERLİ
	33	Y	6.3	0.2	67.6	53.65	80.00	YETERLİ
	34	Y	2.7	0.2	21.73	40.24	80.00	YETERLİ
	35	Y	2.95	0.2	30.37	51.47	80.00	YETERLİ
	36	Y	1.45	0.2	14.03	48.38	80.00	YETERLİ
	37	Y	1.95	0.2	28.28	72.51	80.00	YETERLİ
	38	Y	1.9	0.2	18.62	49.00	80.00	YETERLİ
	39	Y	0.55	0.2	7.1	64.55	80.00	YETERLİ
	40	Y	0.4	0.2	6.5	81.25	80.00	?
	41	Y	0.5	0.2	4.31	43.10	80.00	YETERLİ

Tablo 4.2. Excel tablosu kayma gerilmesi sonuçları

Excel Tablosu Kayma Gerilmesi Sonuçları								
KATLAR	Duvar Ad	Duvar Yönü	Duvar Boyutları (m)		Duvara Gelen Toplam Kesme Kuvveti (ton)	Oluşan Kayma Gerilmeleri (t/m2)	Kayma Emniyet Gerilmesi (t/m2)	Kayma Gerilmesi Kontrolü
			Duvar Uzunluğu	Duvar Kalınlığı				
BODRUM	1	X	1.4	0.2	19.66	70.21	39.21	?
	2	X	3.9	0.2	54.78	70.23	34.78	?
	3	X	0.9	0.2	12.64	70.22	42.19	?
	4	X	1.6	0.2	22.47	70.22	37.67	?
	5	X	2.5	0.2	35.12	70.24	38.55	?
	6	X	2.45	0.2	34.41	70.22	36.65	?
	7	X	3.2	0.2	41.94	65.53	48.11	?
	8	X	2.7	0.2	34.98	64.78	42.90	?
	9	X	4.9	0.2	63.48	64.78	38.62	?
	10	X	3.35	0.2	43.4	64.78	40.09	?
	11	X	5.8	0.2	75.14	64.78	37.38	?
	12	X	1.4	0.2	18.54	66.21	37.52	?
	13	X	4.6	0.2	63.41	68.92	31.85	?
	14	X	1.55	0.2	21.37	68.94	38.05	?
	15	X	1.15	0.2	15.85	68.91	37.96	?
	16	X	0.6	0.2	8.27	68.92	45.58	?
	17	X	0.6	0.2	8.27	68.92	45.50	?
	18	X	0.6	0.2	8.27	68.92	40.79	?
	19	X	0.3	0.2	4.14	69.00	52.50	?
	20	X	3.4	0.2	46.87	68.93	30.58	?
	21	Y	1	0.2	12.77	63.85	41.15	?
	22	Y	2.4	0.2	30.65	63.85	47.71	?
	23	Y	2.7	0.2	34.48	63.85	38.29	?
	24	Y	1.6	0.2	20.43	63.84	35.55	?
	25	Y	2.75	0.2	33.38	60.69	42.52	?
	26	Y	6.3	0.2	75.13	59.63	45.33	?
	27	Y	3.95	0.2	46.08	58.33	36.13	?
	28	Y	4.7	0.2	53.9	57.34	39.37	?
	29	Y	1.75	0.2	19.68	56.23	39.07	?
	30	Y	1.35	0.2	15.18	56.22	40.96	?
	31	Y	4.5	0.2	51.67	57.41	36.61	?
	32	Y	1.45	0.2	16.93	58.38	34.71	?
	33	Y	6.3	0.2	74.97	59.50	41.83	?
	34	Y	2.7	0.2	32.13	59.50	35.12	?
	35	Y	2.95	0.2	36.27	61.47	40.74	?
	36	Y	1.45	0.2	18.56	64.00	39.19	?
	37	Y	1.95	0.2	24.96	64.00	51.26	?
	38	Y	1.9	0.2	24.32	64.00	39.50	?
	39	Y	0.55	0.2	7.04	64.00	47.27	?
	40	Y	0.4	0.2	5.12	64.00	55.63	?
	41	Y	0.5	0.2	6.4	64.00	36.55	?

Etabs programında “User Load” yöntemi kullanılarak elde edilen duvarlardaki normal ve kayma gerilmesi sonuçları sırası ile Tablo 4.3 ve 4.4’de verilmiştir.

Tablo 4.3. User load normal gerilme sonuçları

User Load Normal Gerilme Sonuçları								
KATLAR	Duvar Ad	Duvar Yönü	Duvar Boyutları (m)		Duvara Gelen Toplam Normal Kuvvet (ton)	Oluşan Basınç Gerilmeleri (t/m2)	Basınç Emniyet Gerilmesi (t/m2)	Basınç Gerilmesi Kontrolü
			Duvar Uzunluğu	Duvar Kalınlığı				
BODRUM	1	X	1.4	0.2	12.66	45.21	80.00	YETERLİ
	2	X	3.9	0.2	37.62	48.23	80.00	YETERLİ
	3	X	0.9	0.2	8.96	49.78	80.00	YETERLİ
	4	X	1.6	0.2	16.02	50.06	80.00	YETERLİ
	5	X	2.5	0.2	25.36	50.72	80.00	YETERLİ
	6	X	2.45	0.2	22.19	45.29	80.00	YETERLİ
	7	X	3.2	0.2	31.86	49.78	80.00	YETERLİ
	8	X	2.7	0.2	27.97	51.80	80.00	YETERLİ
	9	X	4.9	0.2	50.04	51.06	80.00	YETERLİ
	10	X	3.35	0.2	32.48	48.48	80.00	YETERLİ
	11	X	5.8	0.2	58.82	50.71	80.00	YETERLİ
	12	X	1.4	0.2	12.61	45.04	80.00	YETERLİ
	13	X	4.6	0.2	35.55	38.64	80.00	YETERLİ
	14	X	1.55	0.2	14.73	47.52	80.00	YETERLİ
	15	X	1.15	0.2	11.78	51.22	80.00	YETERLİ
	16	X	0.6	0.2	6.88	57.33	80.00	YETERLİ
	17	X	0.6	0.2	6.66	55.50	80.00	YETERLİ
	18	X	0.6	0.2	6.54	54.50	80.00	YETERLİ
	19	X	0.3	0.2	3.94	65.67	80.00	YETERLİ
	20	X	3.4	0.2	26.59	39.10	80.00	YETERLİ
	21	Y	1	0.2	8.86	44.30	80.00	YETERLİ
	22	Y	2.4	0.2	27.41	57.10	80.00	YETERLİ
	23	Y	2.7	0.2	27.11	50.20	80.00	YETERLİ
	24	Y	1.6	0.2	12.22	38.19	80.00	YETERLİ
	25	Y	2.75	0.2	25.02	45.49	80.00	YETERLİ
	26	Y	6.3	0.2	70.06	55.60	80.00	YETERLİ
	27	Y	3.95	0.2	36.89	46.70	80.00	YETERLİ
	28	Y	4.7	0.2	46.49	49.46	80.00	YETERLİ
	29	Y	1.75	0.2	17.5	50.00	80.00	YETERLİ
	30	Y	1.35	0.2	12.59	46.63	80.00	YETERLİ
	31	Y	4.5	0.2	43.9	48.78	80.00	YETERLİ
	32	Y	1.45	0.2	13.24	45.66	80.00	YETERLİ
	33	Y	6.3	0.2	68.03	53.99	80.00	YETERLİ
	34	Y	2.7	0.2	22.74	42.11	80.00	YETERLİ
	35	Y	2.95	0.2	25.58	43.36	80.00	YETERLİ
	36	Y	1.45	0.2	12.9	44.48	80.00	YETERLİ
	37	Y	1.95	0.2	22.96	58.87	80.00	YETERLİ
	38	Y	1.9	0.2	19.7	51.84	80.00	YETERLİ
	39	Y	0.55	0.2	6.52	59.27	80.00	YETERLİ
	40	Y	0.4	0.2	4.92	61.50	80.00	YETERLİ
	41	Y	0.5	0.2	3.32	33.20	80.00	YETERLİ

Tablo 4.4. User load kayma gerilmesi sonuçları

User Load Kayma Gerilmesi Sonuçları								
KATLAR	Duvar Ad	Duvar Yönü	Duvar Boyutları (m)		Duvara Gelen Toplam Kesme Kuvveti (ton)	Oluşan Kayma Gerilmeleri (t/m2)	Kayma Emniyet Gerilmesi (t/m2)	Kayma Gerilmesi Kontrolü
			Duvar Uzunluğu	Duvar Kalınlığı				
BODRUM	1	X	1.4	0.2	31.02	110.79	37.61	?
	2	X	3.9	0.2	89.29	114.47	39.12	?
	3	X	0.9	0.2	16.31	90.61	39.89	?
	4	X	1.6	0.2	43.61	136.28	40.03	?
	5	X	2.5	0.2	66.15	132.30	40.36	?
	6	X	2.45	0.2	56.51	115.33	37.64	?
	7	X	3.2	0.2	42.43	66.30	39.89	?
	8	X	2.7	0.2	29.43	54.50	40.90	?
	9	X	4.9	0.2	61.12	62.37	40.53	?
	10	X	3.35	0.2	42.47	63.39	39.24	?
	11	X	5.8	0.2	72.11	62.16	40.35	?
	12	X	1.4	0.2	13.42	47.93	37.52	?
	13	X	4.6	0.2	24.32	26.43	34.32	YETERLİ
	14	X	1.55	0.2	11.09	35.77	38.76	YETERLİ
	15	X	1.15	0.2	7.69	33.43	40.61	YETERLİ
	16	X	0.6	0.2	2.84	23.67	43.67	YETERLİ
	17	X	0.6	0.2	2.79	23.25	42.75	YETERLİ
	18	X	0.6	0.2	3.09	25.75	42.25	YETERLİ
	19	X	0.3	0.2	0.79	13.17	47.83	YETERLİ
	20	X	3.4	0.2	20.32	29.88	34.55	YETERLİ
	21	Y	1	0.2	28.64	143.20	37.15	?
	22	Y	2.4	0.2	89.69	186.85	43.55	?
	23	Y	2.7	0.2	99.85	184.91	40.10	?
	24	Y	1.6	0.2	48.27	150.84	34.09	?
	25	Y	2.75	0.2	53.26	96.84	37.75	?
	26	Y	6.3	0.2	135.89	107.85	42.80	?
	27	Y	3.95	0.2	69.66	88.18	38.35	?
	28	Y	4.7	0.2	61.05	64.95	39.73	?
	29	Y	1.75	0.2	15.6	44.57	40.00	?
	30	Y	1.35	0.2	9.87	36.56	38.31	YETERLİ
	31	Y	4.5	0.2	40.33	44.81	39.39	?
	32	Y	1.45	0.2	9.45	32.59	37.83	YETERLİ
	33	Y	6.3	0.2	27.97	22.20	42.00	YETERLİ
	34	Y	2.7	0.2	11.3	20.93	36.06	YETERLİ
	35	Y	2.95	0.2	0.75	1.27	36.68	YETERLİ
	36	Y	1.45	0.2	13.95	48.10	37.24	?
	37	Y	1.95	0.2	18.33	47.00	44.44	?
	38	Y	1.9	0.2	17.55	46.18	40.92	?
	39	Y	0.55	0.2	3.48	31.64	44.64	YETERLİ
	40	Y	0.4	0.2	2.14	26.75	45.75	YETERLİ
	41	Y	0.5	0.2	3.78	37.80	31.60	?

"User Coefficient" yöntemi ile kullanılarak ETABS programından elde edilen duvarlardaki normal ve kayma gerilmesi sonuçlar sırasıyla Tablo 4.5 ve 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.5. User coefficient normal gerilme sonuçları

User Coefficient Normal Gerilme Sonuçları								
KATLAR	Duvar Ad	Duvar Yönü	Duvar Boyutları (m)		Duvara Gelen Toplam Normal Kuvvet (ton)	Oluşan Basınç Gerilmeleri (t/m2)	Basınç Emniyet Gerilmesi (t/m2)	Basınç Gerilmesi Kontrolü
			Duvar Uzunluğu	Duvar Kalınlığı				
BODRUM	1	X	1.4	0.2	12.66	45.21	80.00	YETERLİ
	2	X	3.9	0.2	37.62	48.23	80.00	YETERLİ
	3	X	0.9	0.2	8.96	49.78	80.00	YETERLİ
	4	X	1.6	0.2	16.02	50.06	80.00	YETERLİ
	5	X	2.5	0.2	25.36	50.72	80.00	YETERLİ
	6	X	2.45	0.2	22.19	45.29	80.00	YETERLİ
	7	X	3.2	0.2	31.86	49.78	80.00	YETERLİ
	8	X	2.7	0.2	27.97	51.80	80.00	YETERLİ
	9	X	4.9	0.2	50.04	51.06	80.00	YETERLİ
	10	X	3.35	0.2	32.48	48.48	80.00	YETERLİ
	11	X	5.8	0.2	58.82	50.71	80.00	YETERLİ
	12	X	1.4	0.2	12.61	45.04	80.00	YETERLİ
	13	X	4.6	0.2	35.55	38.64	80.00	YETERLİ
	14	X	1.55	0.2	14.73	47.52	80.00	YETERLİ
	15	X	1.15	0.2	11.78	51.22	80.00	YETERLİ
	16	X	0.6	0.2	6.88	57.33	80.00	YETERLİ
	17	X	0.6	0.2	6.66	55.50	80.00	YETERLİ
	18	X	0.6	0.2	6.54	54.50	80.00	YETERLİ
	19	X	0.3	0.2	3.94	65.67	80.00	YETERLİ
	20	X	3.4	0.2	26.59	39.10	80.00	YETERLİ
	21	Y	1	0.2	8.86	44.30	80.00	YETERLİ
	22	Y	2.4	0.2	27.41	57.10	80.00	YETERLİ
	23	Y	2.7	0.2	27.11	50.20	80.00	YETERLİ
	24	Y	1.6	0.2	12.22	38.19	80.00	YETERLİ
	25	Y	2.75	0.2	25.02	45.49	80.00	YETERLİ
	26	Y	6.3	0.2	70.06	55.60	80.00	YETERLİ
	27	Y	3.95	0.2	36.89	46.70	80.00	YETERLİ
	28	Y	4.7	0.2	46.49	49.46	80.00	YETERLİ
	29	Y	1.75	0.2	17.5	50.00	80.00	YETERLİ
	30	Y	1.35	0.2	12.59	46.63	80.00	YETERLİ
	31	Y	4.5	0.2	43.9	48.78	80.00	YETERLİ
	32	Y	1.45	0.2	13.24	45.66	80.00	YETERLİ
	33	Y	6.3	0.2	68.03	53.99	80.00	YETERLİ
	34	Y	2.7	0.2	22.74	42.11	80.00	YETERLİ
	35	Y	2.95	0.2	25.58	43.36	80.00	YETERLİ
	36	Y	1.45	0.2	12.9	44.48	80.00	YETERLİ
	37	Y	1.95	0.2	22.96	58.87	80.00	YETERLİ
	38	Y	1.9	0.2	19.7	51.84	80.00	YETERLİ
	39	Y	0.55	0.2	6.52	59.27	80.00	YETERLİ
	40	Y	0.4	0.2	4.92	61.50	80.00	YETERLİ
	41	Y	0.5	0.2	3.32	33.20	80.00	YETERLİ

Tablo 4.6. User coefficient kayma gerilmesi sonuçları

User Coefficient Kayma Gerilmesi Sonuçları								
KATLAR	Duvar Ad	Duvar Yönü	Duvar Boyutları (m)		Duvara Gelen Toplam Kesme Kuvveti (ton)	Oluşan Kayma Gerilmeleri (t/m2)	Kayma Emniyet Gerilmesi (t/m2)	Kayma Gerilmesi Kontrolü
			Duvar Uzunluğu	Duvar Kalınlığı				
BODRUM	1	X	1.4	0.2	16.08	57.43	37.61	?
	2	X	3.9	0.2	51.91	66.55	39.12	?
	3	X	0.9	0.2	9.20	51.11	39.89	?
	4	X	1.6	0.2	24.81	77.53	40.03	?
	5	X	2.5	0.2	38.74	77.48	40.36	?
	6	X	2.45	0.2	30.45	62.14	37.64	?
	7	X	3.2	0.2	34.55	53.98	39.89	?
	8	X	2.7	0.2	31.40	58.15	40.90	?
	9	X	4.9	0.2	63.27	64.56	40.53	?
	10	X	3.35	0.2	43.75	65.30	39.24	?
	11	X	5.8	0.2	77.67	66.96	40.35	?
	12	X	1.4	0.2	12.99	46.39	37.52	?
	13	X	4.6	0.2	56.20	61.09	34.32	?
	14	X	1.55	0.2	22.35	72.10	38.76	?
	15	X	1.15	0.2	16.05	69.78	40.61	?
	16	X	0.6	0.2	6.00	50.00	43.67	?
	17	X	0.6	0.2	6.02	50.17	42.75	?
	18	X	0.6	0.2	6.47	53.92	42.25	?
	19	X	0.3	0.2	1.62	27.00	47.83	YETERLİ
	20	X	3.4	0.2	41.45	60.96	34.55	?
	21	Y	1	0.2	8.60	43.00	37.15	?
	22	Y	2.4	0.2	30.62	63.79	43.55	?
	23	Y	2.7	0.2	34.33	63.57	40.10	?
	24	Y	1.6	0.2	15.28	47.75	34.09	?
	25	Y	2.75	0.2	26.39	47.98	37.75	?
	26	Y	6.3	0.2	75.27	59.74	42.80	?
	27	Y	3.95	0.2	46.31	58.62	38.35	?
	28	Y	4.7	0.2	45.95	48.88	39.73	?
	29	Y	1.75	0.2	15.91	45.46	40.00	?
	30	Y	1.35	0.2	10.89	40.33	38.31	?
	31	Y	4.5	0.2	52.12	57.91	39.39	?
	32	Y	1.45	0.2	13.48	46.48	37.83	?
	33	Y	6.3	0.2	77.91	61.83	42.00	?
	34	Y	2.7	0.2	27.13	50.24	36.06	?
	35	Y	2.95	0.2	31.19	52.86	36.68	?
	36	Y	1.45	0.2	15.51	53.48	37.24	?
	37	Y	1.95	0.2	27.89	71.51	44.44	?
	38	Y	1.9	0.2	27.38	72.05	40.92	?
	39	Y	0.55	0.2	5.11	46.45	44.64	?
	40	Y	0.4	0.2	2.94	36.75	45.75	YETERLİ
	41	Y	0.5	0.2	3.41	34.10	31.60	?

"Mod Birleştirme" yöntemi kullanılarak ETABS programından elde edilen duvarlarda oluşan normal ve kayma gerilmesi sonuçları sırasıyla Tablo 4.7 ve 4.8 de verilmiştir.

Tablo 4.7. Mod birleştirme normal gerilme sonuçları

Response Spectrum Normal Gerilme Sonuçları								
KATLAR	Duvar Ad	Duvar Yönü	Duvar Boyutları (m)		Duvara Gelen Toplam Normal Kuvvet (ton)	Oluşan Basınç Gerilmeleri (t/m2)	Basınç Emniyet Gerilmesi (t/m2)	Basınç Gerilmesi Kontrolü
			Duvar Uzunluğu	Duvar Kalınlığı				
	1	X	1.4	0.2	12.66	45.21	80.00	YETERLİ
	2	X	3.9	0.2	37.62	48.23	80.00	YETERLİ
	3	X	0.9	0.2	8.96	49.78	80.00	YETERLİ
	4	X	1.6	0.2	16.02	50.06	80.00	YETERLİ
	5	X	2.5	0.2	25.36	50.72	80.00	YETERLİ
	6	X	2.45	0.2	22.19	45.29	80.00	YETERLİ
	7	X	3.2	0.2	31.86	49.78	80.00	YETERLİ
	8	X	2.7	0.2	27.97	51.80	80.00	YETERLİ
	9	X	4.9	0.2	50.04	51.06	80.00	YETERLİ
	10	X	3.35	0.2	32.48	48.48	80.00	YETERLİ
	11	X	5.8	0.2	58.82	50.71	80.00	YETERLİ
	12	X	1.4	0.2	12.61	45.04	80.00	YETERLİ
	13	X	4.6	0.2	35.55	38.64	80.00	YETERLİ
	14	X	1.55	0.2	14.73	47.52	80.00	YETERLİ
	15	X	1.15	0.2	11.78	51.22	80.00	YETERLİ
	16	X	0.6	0.2	6.88	57.33	80.00	YETERLİ
	17	X	0.6	0.2	6.66	55.50	80.00	YETERLİ
	18	X	0.6	0.2	6.54	54.50	80.00	YETERLİ
	19	X	0.3	0.2	3.94	65.67	80.00	YETERLİ
	20	X	3.4	0.2	26.59	39.10	80.00	YETERLİ
BODRUM	21	Y	1	0.2	8.86	44.30	80.00	YETERLİ
	22	Y	2.4	0.2	27.41	57.10	80.00	YETERLİ
	23	Y	2.7	0.2	27.11	50.20	80.00	YETERLİ
	24	Y	1.6	0.2	12.22	38.19	80.00	YETERLİ
	25	Y	2.75	0.2	25.02	45.49	80.00	YETERLİ
	26	Y	6.3	0.2	70.06	55.60	80.00	YETERLİ
	27	Y	3.95	0.2	36.89	46.70	80.00	YETERLİ
	28	Y	4.7	0.2	46.49	49.46	80.00	YETERLİ
	29	Y	1.75	0.2	17.5	50.00	80.00	YETERLİ
	30	Y	1.35	0.2	12.59	46.63	80.00	YETERLİ
	31	Y	4.5	0.2	43.9	48.78	80.00	YETERLİ
	32	Y	1.45	0.2	13.24	45.66	80.00	YETERLİ
	33	Y	6.3	0.2	68.03	53.99	80.00	YETERLİ
	34	Y	2.7	0.2	22.74	42.11	80.00	YETERLİ
	35	Y	2.95	0.2	25.58	43.36	80.00	YETERLİ
	36	Y	1.45	0.2	12.9	44.48	80.00	YETERLİ
	37	Y	1.95	0.2	22.96	58.87	80.00	YETERLİ
	38	Y	1.9	0.2	19.7	51.84	80.00	YETERLİ
	39	Y	0.55	0.2	6.52	59.27	80.00	YETERLİ
	40	Y	0.4	0.2	4.92	61.50	80.00	YETERLİ
	41	Y	0.5	0.2	3.32	33.20	80.00	YETERLİ

Tablo 4.8. Mod birleştirme kayma gerilmesi sonuçları

Response Spectrum Kayma Gerilmesi Sonuçları								
KATLAR	Duvar Ad	Duvar Yönü	Duvar Boyutları (m)		Duvara Gelen Toplam Kesme Kuvveti (ton)	Oluşan Kayma Gerilmeleri (t/m2)	Kayma Emniyet Gerilmesi (t/m2)	Kayma Gerilmesi Kontrolü
			Duvar Uzunluğu	Duvar Kalınlığı				
BODRUM	1	X	1.4	0.2	15.47	55.25	37.61	?
	2	X	3.9	0.2	49.07	62.91	39.12	?
	3	X	0.9	0.2	8.69	48.28	39.89	?
	4	X	1.6	0.2	23.42	73.19	40.03	?
	5	X	2.5	0.2	36.52	73.04	40.36	?
	6	X	2.45	0.2	29.16	59.51	37.64	?
	7	X	3.2	0.2	31.25	48.83	39.89	?
	8	X	2.7	0.2	27.70	51.30	40.90	?
	9	X	4.9	0.2	55.77	56.91	40.53	?
	10	X	3.35	0.2	38.52	57.49	39.24	?
	11	X	5.8	0.2	68.41	58.97	40.35	?
	12	X	1.4	0.2	11.55	41.25	37.52	?
	13	X	4.6	0.2	47.52	51.65	34.32	?
	14	X	1.55	0.2	18.91	61.00	38.76	?
	15	X	1.15	0.2	13.54	58.87	40.61	?
	16	X	0.6	0.2	5.06	42.17	43.67	YETERLİ
	17	X	0.6	0.2	5.07	42.25	42.75	YETERLİ
	18	X	0.6	0.2	5.46	45.50	42.25	?
	19	X	0.3	0.2	1.37	22.83	47.83	YETERLİ
	20	X	3.4	0.2	35.27	51.87	34.55	?
	21	Y	1	0.2	6.71	33.55	37.15	YETERLİ
	22	Y	2.4	0.2	24.19	50.40	43.55	?
	23	Y	2.7	0.2	27.12	50.22	40.10	?
	24	Y	1.6	0.2	11.90	37.19	34.09	?
	25	Y	2.75	0.2	21.91	39.84	37.75	?
	26	Y	6.3	0.2	62.91	49.93	42.80	?
	27	Y	3.95	0.2	39.41	49.89	38.35	?
	28	Y	4.7	0.2	39.81	42.35	39.73	?
	29	Y	1.75	0.2	13.96	39.89	40.00	YETERLİ
	30	Y	1.35	0.2	9.60	35.56	38.31	YETERLİ
	31	Y	4.5	0.2	46.23	51.37	39.39	?
	32	Y	1.45	0.2	11.89	41.00	37.83	?
	33	Y	6.3	0.2	70.50	55.95	42.00	?
	34	Y	2.7	0.2	24.47	45.31	36.06	?
	35	Y	2.95	0.2	28.84	48.88	36.68	?
	36	Y	1.45	0.2	14.97	51.62	37.24	?
	37	Y	1.95	0.2	26.65	68.33	44.44	?
	38	Y	1.9	0.2	26.18	68.89	40.92	?
	39	Y	0.55	0.2	4.89	44.45	44.64	YETERLİ
	40	Y	0.4	0.2	2.83	35.38	45.75	YETERLİ
	41	Y	0.5	0.2	3.37	33.70	31.60	?

Tablolarda görüldüğü gibi her farklı analiz için duvarlar genel anlamda normal gerilme yönünden güvenli sonuçlar vermektedir. Ancak kayma gerilmeleri dikkate alındığında duvarların çoğunluğunun kritik durumda olduğu emniyet gerilmesi değerlerini aşan kayma gerilmelerine maruz kaldıkları görülmektedir. Yapının genel anlamda kayma gerilmeleri açısından kritik durumda olduğu yani yetersiz olduğu rahatlıkla söylenebilir. Yapının kesme güvenliğinin sağlanamaması dinamik etkiler altında özellikle deprem etkisi altında yapının çok riskli durumda olduğunu göstermektedir. Yığma yapıların davranışlarının gevrek olduğu düşünüldüğünde kesme

yönünden yeterli emniyete sahip olmaması deprem esnasında habersiz ani yıkılmalara neden olabilecektir. Bu durumun engellenebilmesi için yapının kesme güvenliğini artırmak ya da yapı elemanlarında oluşan kesme kuvvetlerini azaltma yoluna gidilmelidir. Yapı elemanlarının güçlendirilmesi yerine yapının genel anlamda aldığı kesmeyi azaltacak yeni elemanların yapıya eklenmesi daha doğru olacaktır. Bu durumu sağlayabilmek için yapının dört köşesine de "L" şeklinde perdeler eklenmiştir. Eklenen perdeler sayesinde yapının alacağı deprem kuvveti sabit kalırken perdenin rijitliği sayesinde yapıya gelen kesme kuvvetlerini büyük ölçüde perdeler karşılayacak ve duvarlara etki eden kesme kuvvetleri azalmış olacaktır.

Yapılan analizler sonucu taşıyıcı elemanlarda oluşan normal ve kayma gerilmeleri her yöntemi içine alan şekilde sırasıyla Tablo 4.9 ve 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.9. Normal gerilme genel analiz sonuçları

DUVAR NORMAL KUVVET KARŞILAŞTIRMA TABLOSU																	
KATLAR	Duvar Ad	Duvar Yönü	Duvar Boyutları (m)		Duvara Gelen Toplam Normal Kuvvet (ton)				Oluşan Basınç Gerilmeleri (t/m2)				Basınç Emniyet Gerilmesi (t/m2)	Basınç Gerilmesi Kontrolü			
			Duvar Uzunluğu	Duvar Kalınlığı	Excel	User Load	User Coefficient	Response Spectrum	Excel	User Load	User Coefficient	Response Spectrum		Excel	User Load	User Coefficient	Response Spectrum
	1	X	1.4	0.2	13.56	12.66	12.66	12.66	48.43	45.21	45.21	45.21	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	2	X	3.9	0.2	30.85	37.62	37.62	37.62	39.55	48.23	48.23	48.23	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	3	X	0.9	0.2	9.79	8.96	8.96	8.96	54.39	49.78	49.78	49.78	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	4	X	1.6	0.2	14.51	16.02	16.02	16.02	45.34	50.06	50.06	50.06	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	5	X	2.5	0.2	23.55	25.36	25.36	25.36	47.10	50.72	50.72	50.72	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	6	X	2.45	0.2	21.22	22.19	22.19	22.19	43.31	45.29	45.29	45.29	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	7	X	3.2	0.2	42.38	31.86	31.86	31.86	66.22	49.78	49.78	49.78	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	8	X	2.7	0.2	30.13	27.97	27.97	27.97	55.80	51.80	51.80	51.80	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	9	X	4.9	0.2	46.3	50.04	50.04	50.04	47.24	51.06	51.06	51.06	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	10	X	3.35	0.2	33.62	32.48	32.48	32.48	50.18	48.48	48.48	48.48	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	11	X	5.8	0.2	51.91	58.82	58.82	58.82	44.75	50.71	50.71	50.71	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	12	X	1.4	0.2	12.61	12.61	12.61	12.61	45.04	45.04	45.04	45.04	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	13	X	4.6	0.2	31.01	35.55	35.55	35.55	33.71	38.64	38.64	38.64	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	14	X	1.55	0.2	14.29	14.73	14.73	14.73	46.10	47.52	47.52	47.52	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	15	X	1.15	0.2	10.56	11.78	11.78	11.78	45.91	51.22	51.22	51.22	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	16	X	0.6	0.2	7.34	6.88	6.88	6.88	61.17	57.33	57.33	57.33	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	17	X	0.6	0.2	7.32	6.66	6.66	6.66	61.00	55.50	55.50	55.50	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	18	X	0.6	0.2	6.19	6.54	6.54	6.54	51.58	54.50	54.50	54.50	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	19	X	0.3	0.2	4.5	3.94	3.94	3.94	75.00	65.67	65.67	65.67	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	20	X	3.4	0.2	21.19	26.59	26.59	26.59	31.16	39.10	39.10	39.10	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
BODRUM	21	Y	1	0.2	10.46	8.86	8.86	8.86	52.30	44.30	44.30	44.30	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	22	Y	2.4	0.2	31.4	27.41	27.41	27.41	65.42	57.10	57.10	57.10	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	23	Y	2.7	0.2	25.15	27.11	27.11	27.11	46.57	50.20	50.20	50.20	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	24	Y	1.6	0.2	13.15	12.22	12.22	12.22	41.09	38.19	38.19	38.19	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	25	Y	2.75	0.2	30.27	25.02	25.02	25.02	55.04	45.49	45.49	45.49	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	26	Y	6.3	0.2	76.43	70.06	70.06	70.06	60.66	55.60	55.60	55.60	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	27	Y	3.95	0.2	33.38	36.89	36.89	36.89	42.25	46.70	46.70	46.70	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	28	Y	4.7	0.2	45.81	46.49	46.49	46.49	48.73	49.46	49.46	49.46	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	29	Y	1.75	0.2	16.85	17.5	17.5	17.5	48.14	50.00	50.00	50.00	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	30	Y	1.35	0.2	14.02	12.59	12.59	12.59	51.93	46.63	46.63	46.63	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	31	Y	4.5	0.2	38.9	43.9	43.9	43.9	43.22	48.78	48.78	48.78	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	32	Y	1.45	0.2	11.43	13.24	13.24	13.24	39.41	45.66	45.66	45.66	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	33	Y	6.3	0.2	67.6	68.03	68.03	68.03	53.65	53.99	53.99	53.99	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	34	Y	2.7	0.2	21.73	22.74	22.74	22.74	40.24	42.11	42.11	42.11	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	35	Y	2.95	0.2	30.37	25.58	25.58	25.58	51.47	43.36	43.36	43.36	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	36	Y	1.45	0.2	14.03	12.9	12.9	12.9	48.38	44.48	44.48	44.48	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	37	Y	1.95	0.2	28.28	22.96	22.96	22.96	72.51	58.87	58.87	58.87	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	38	Y	1.9	0.2	18.62	19.7	19.7	19.7	49.00	51.84	51.84	51.84	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	39	Y	0.55	0.2	7.1	6.52	6.52	6.52	64.55	59.27	59.27	59.27	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	40	Y	0.4	0.2	6.5	4.92	4.92	4.92	81.25	61.50	61.50	61.50	80.00	?	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	41	Y	0.5	0.2	4.31	3.32	3.32	3.32	43.10	33.20	33.20	33.20	80.00	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ

Tablo 4.10. Kayma gerilmesi genel analiz sonuçları

DUVAR KESME KUVVETİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU																							
KATLAR	Duvar Adı	Duvar Yönü	Duvar Boyutları (m)		Duvara Gelen Toplam Kesme Kuvveti (ton)					Oluşan Kayma Gerilmeleri (t/m2)				Kayma Emniyet Gerilmesi (t/m2)				Kayma Gerilmesi Kontrolü			
			Duvar Uzunluğu	Duvar Kalınlığı	Excel	User Load	User Coefficient	Response Spectrum	Uzunluk Oranında	Excel	User Load	User Coefficient	Response Spectrum	Excel	User Load	User Coefficient	Response Spectrum	Excel	User Load	User Coefficient	Response Spectrum
BODRUM	1	X	1.4	0.2	19.66	31.02	16.08	15.47	18.27	70.21	110.79	57.43	55.25	39.21	37.61	37.61	37.61	?	?	?	?
	2	X	3.9	0.2	54.78	89.29	51.91	49.07	50.90	70.23	114.47	66.55	62.91	34.78	39.12	39.12	39.12	?	?	?	?
	3	X	0.9	0.2	12.64	16.31	9.2	8.69	11.75	70.22	90.61	51.11	48.28	42.19	39.89	39.89	39.89	?	?	?	?
	4	X	1.6	0.2	22.47	43.61	24.81	23.42	20.88	70.22	136.28	77.53	73.19	37.67	40.03	40.03	40.03	?	?	?	?
	5	X	2.5	0.2	35.12	66.15	38.74	36.52	32.63	70.24	132.30	77.48	73.04	38.55	40.36	40.36	40.36	?	?	?	?
	6	X	2.45	0.2	34.41	56.51	30.45	29.16	31.98	70.22	115.33	62.14	59.51	36.65	37.64	37.64	37.64	?	?	?	?
	7	X	3.2	0.2	41.94	42.43	34.55	31.25	41.76	65.53	66.30	53.98	48.83	48.11	39.89	39.89	39.89	?	?	?	?
	8	X	2.7	0.2	34.98	29.43	31.4	27.7	35.24	64.78	54.50	58.15	51.30	42.90	40.90	40.90	40.90	?	?	?	?
	9	X	4.9	0.2	63.48	61.12	63.27	55.77	63.95	64.78	62.37	64.56	56.91	38.62	40.53	40.53	40.53	?	?	?	?
	10	X	3.35	0.2	43.4	42.47	43.75	38.52	43.72	64.78	63.39	65.30	57.49	40.09	39.24	39.24	39.24	?	?	?	?
	11	X	5.8	0.2	75.14	72.11	77.67	68.41	75.70	64.78	62.16	66.96	58.97	37.38	40.35	40.35	40.35	?	?	?	?
	12	X	1.4	0.2	18.54	13.42	12.99	11.55	18.27	66.21	47.93	46.39	41.25	37.52	37.52	37.52	37.52	?	?	?	?
	13	X	4.6	0.2	63.41	24.32	56.2	47.52	60.04	68.92	26.43	61.09	51.65	31.85	34.32	34.32	34.32	?	YETERLİ	?	?
	14	X	1.55	0.2	21.37	11.09	22.35	18.91	20.23	68.94	35.77	72.10	61.00	38.05	38.76	38.76	38.76	?	YETERLİ	?	?
	15	X	1.15	0.2	15.85	7.69	16.05	13.54	15.01	68.91	33.43	69.78	58.87	37.96	40.61	40.61	40.61	?	YETERLİ	?	?
	16	X	0.6	0.2	8.27	2.84	6	5.06	7.83	68.92	23.67	50.00	42.17	45.58	43.67	43.67	43.67	?	YETERLİ	?	YETERLİ
	17	X	0.6	0.2	8.27	2.79	6.02	5.07	7.83	68.92	23.25	50.17	42.25	45.50	42.75	42.75	42.75	?	YETERLİ	?	YETERLİ
	18	X	0.6	0.2	8.27	3.09	6.47	5.46	7.83	68.92	25.75	53.92	45.50	40.79	42.25	42.25	42.25	?	YETERLİ	?	?
	19	X	0.3	0.2	4.14	0.79	1.62	1.37	3.92	69.00	13.17	27.00	22.83	52.50	47.83	47.83	47.83	?	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	20	X	3.4	0.2	46.87	20.32	41.45	35.27	44.37	68.93	29.88	60.96	51.87	30.58	34.55	34.55	34.55	?	YETERLİ	?	?
	21	Y	1	0.2	12.77	28.64	8.6	6.71	13.05	63.85	143.20	43.00	33.55	41.15	37.15	37.15	37.15	?	?	?	YETERLİ
	22	Y	2.4	0.2	30.65	89.69	30.62	24.19	31.32	63.85	186.85	63.79	50.40	47.71	43.55	43.55	43.55	?	?	?	?
	23	Y	2.7	0.2	34.48	99.85	34.33	27.12	35.24	63.85	184.91	63.57	50.22	38.29	40.10	40.10	40.10	?	?	?	?
	24	Y	1.6	0.2	20.43	48.27	15.28	11.9	20.88	63.84	150.84	47.75	37.19	35.55	34.09	34.09	34.09	?	?	?	?
	25	Y	2.75	0.2	33.38	53.26	26.39	21.91	35.89	60.69	96.84	47.98	39.84	42.52	37.75	37.75	37.75	?	?	?	?
	26	Y	6.3	0.2	75.13	135.09	75.27	62.91	82.22	59.63	107.85	59.74	49.93	45.33	42.80	42.80	42.80	?	?	?	?
	27	Y	3.95	0.2	46.08	69.66	46.31	39.41	51.55	58.33	88.18	58.62	49.89	36.13	38.35	38.35	38.35	?	?	?	?
	28	Y	4.7	0.2	53.9	61.05	45.95	39.81	61.34	57.34	64.95	48.88	42.35	39.37	39.73	39.73	39.73	?	?	?	?
	29	Y	1.75	0.2	19.68	15.6	15.91	13.96	22.84	56.23	44.57	45.46	39.89	39.07	40.00	40.00	40.00	?	?	?	YETERLİ
	30	Y	1.35	0.2	15.18	9.87	10.89	9.6	17.62	56.22	36.56	40.33	35.56	40.96	38.31	38.31	38.31	?	YETERLİ	?	YETERLİ
	31	Y	4.5	0.2	51.67	40.33	52.12	46.23	58.73	57.41	44.81	57.91	51.37	36.61	39.39	39.39	39.39	?	?	?	?
	32	Y	1.45	0.2	16.93	9.45	13.48	11.89	18.92	58.38	32.59	46.48	41.00	34.71	37.83	37.83	37.83	?	YETERLİ	?	?
	33	Y	6.3	0.2	74.97	27.97	77.91	70.5	82.22	59.50	22.20	61.83	55.95	41.83	42.00	42.00	42.00	?	YETERLİ	?	?
	34	Y	2.7	0.2	32.13	11.3	27.13	24.47	35.24	59.50	20.93	50.24	45.31	35.12	36.06	36.06	36.06	?	YETERLİ	?	?
	35	Y	2.95	0.2	36.27	0.75	31.19	28.84	38.50	61.47	1.27	52.86	48.88	40.74	36.68	36.68	36.68	?	YETERLİ	?	?
	36	Y	1.45	0.2	18.56	13.95	15.51	14.97	18.92	64.00	48.10	53.48	51.62	39.19	37.24	37.24	37.24	?	?	?	?
	37	Y	1.95	0.2	24.96	18.33	27.89	26.65	25.45	64.00	47.00	71.51	68.33	51.26	44.44	44.44	44.44	?	?	?	?
	38	Y	1.9	0.2	24.32	17.55	27.38	26.18	24.80	64.00	46.18	72.05	68.89	39.50	40.92	40.92	40.92	?	?	?	?
	39	Y	0.55	0.2	7.04	3.48	5.11	4.89	7.18	64.00	31.64	46.45	44.45	47.27	44.64	44.64	44.64	?	YETERLİ	?	YETERLİ
	40	Y	0.4	0.2	5.12	2.14	2.94	2.83	5.22	64.00	26.75	36.75	35.38	55.63	45.75	45.75	45.75	?	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	41	Y	0.5	0.2	6.4	3.78	3.41	3.37	6.53	64.00	37.80	34.10	33.70	36.55	31.60	31.60	31.60	?	?	?	?

4.4. Güçlendirilmiş Model Analiz Sonuçları

Yapıya perdenin eklenmesi sonucu yapılan analizde her yöntem için yeniden değerlendirmeler yapılmıştır. Yapıda düşey yük yönünden herhangi bir düzenleme yapılmadığı için normal gerilme sonuçları güçlendirilmemiş modelle aynı çıkmıştır. Bu nedenle bu bölümde yalnızca kayma gerilmesi sonuçları verilmiştir. ETABS programında "User Load" yöntemi ile elde edilen kayma gerilmeleri sonuçları Tablo 4.11'de verilmiştir.

Tablo 4.11. Güçlendirilmiş model user load kayma gerilmesi sonuçları

User Load Kayma Gerilmesi Sonuçları								
KATLAR	Duvar Ad	Duvar Yönü	Duvar Boyutları (m)		Duvara Gelen Toplam Kesme Kuvveti (ton)	Oluşan Kayma Gerilmeleri (t/m2)	Kayma Emniyet Gerilmesi (t/m2)	Kayma Gerilmesi Kontrolü
			Duvar Uzunluğu	Duvar Kalınlığı				
BODRUM	1	X	1.4	0.2	8.36	29.86	37.61	YETERLİ
	2	X	3.9	0.2	30.49	39.09	39.12	YETERLİ
	3	X	0.9	0.2	6.52	36.22	39.89	YETERLİ
	4	X	1.6	0.2	12.68	39.63	40.03	YETERLİ
	5	X	2.5	0.2	19.93	39.86	40.36	YETERLİ
	6	X	2.45	0.2	18.37	37.49	37.64	YETERLİ
	7	X	3.2	0.2	15.78	24.66	39.89	YETERLİ
	8	X	2.7	0.2	13.76	25.48	40.90	YETERLİ
	9	X	4.9	0.2	28.43	29.01	40.53	YETERLİ
	10	X	3.35	0.2	20.22	30.18	39.24	YETERLİ
	11	X	5.8	0.2	34.37	29.63	40.35	YETERLİ
	12	X	1.4	0.2	5.8	20.71	37.52	YETERLİ
	13	X	4.6	0.2	22.03	23.95	34.32	YETERLİ
	14	X	1.55	0.2	8.04	25.94	38.76	YETERLİ
	15	X	1.15	0.2	5.41	23.52	40.61	YETERLİ
	16	X	0.6	0.2	2.02	16.83	43.67	YETERLİ
	17	X	0.6	0.2	2.07	17.25	42.75	YETERLİ
	18	X	0.6	0.2	2.43	20.25	42.25	YETERLİ
	19	X	0.3	0.2	0.67	11.17	47.83	YETERLİ
	20	X	3.4	0.2	17.1	25.15	34.55	YETERLİ
	21	Y	1	0.2	6.68	33.40	37.15	YETERLİ
	22	Y	2.4	0.2	20.36	42.42	43.55	YETERLİ
	23	Y	2.7	0.2	21.58	39.96	40.10	YETERLİ
	24	Y	1.6	0.2	10.84	33.88	34.09	YETERLİ
	25	Y	2.75	0.2	17.77	32.31	37.75	YETERLİ
	26	Y	6.3	0.2	51.55	40.91	42.80	YETERLİ
	27	Y	3.95	0.2	27.28	34.53	38.35	YETERLİ
	28	Y	4.7	0.2	23.46	24.96	39.73	YETERLİ
	29	Y	1.75	0.2	6.91	19.74	40.00	YETERLİ
	30	Y	1.35	0.2	4.65	17.22	38.31	YETERLİ
	31	Y	4.5	0.2	21.48	23.87	39.39	YETERLİ
	32	Y	1.45	0.2	5.39	18.59	37.83	YETERLİ
	33	Y	6.3	0.2	26.09	20.71	42.00	YETERLİ
	34	Y	2.7	0.2	9.28	17.19	36.06	YETERLİ
	35	Y	2.95	0.2	8.47	14.36	36.68	YETERLİ
	36	Y	1.45	0.2	0.8	2.76	37.24	YETERLİ
	37	Y	1.95	0.2	2.7	6.92	44.44	YETERLİ
	38	Y	1.9	0.2	2.6	6.84	40.92	YETERLİ
	39	Y	0.55	0.2	0.58	5.27	44.64	YETERLİ
	40	Y	0.4	0.2	0.28	3.50	45.75	YETERLİ
	41	Y	0.5	0.2	0.16	1.60	31.60	YETERLİ

Güçlendirilmiş modelde "User Coefficient" yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları Tablo 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.12. Güçlendirilmiş model user coefficient kayma gerilmesi sonuçları

User Coefficient Kayma Gerilmesi Sonuçları								
KATLAR	Duvar Ad	Duvar Yönü	Duvar Boyutları (m)		Duvara Gelen Toplam Kesme Kuvveti (ton)	Oluşan Kayma Gerilmeleri (t/m2)	Kayma Emniyet Gerilmesi (t/m2)	Kayma Gerilmesi Kontrolü
			Duvar Uzunluğu	Duvar Kalınlığı				
BODRUM	1	X	1.4	0.2	6.14	21.93	37.61	YETERLİ
	2	X	3.9	0.2	26.78	34.33	39.12	YETERLİ
	3	X	0.9	0.2	4.63	25.72	39.89	YETERLİ
	4	X	1.6	0.2	11.84	37.00	40.03	YETERLİ
	5	X	2.5	0.2	19.92	39.84	40.36	YETERLİ
	6	X	2.45	0.2	14.12	28.82	37.64	YETERLİ
	7	X	3.2	0.2	14.96	23.38	39.89	YETERLİ
	8	X	2.7	0.2	14.76	27.33	40.90	YETERLİ
	9	X	4.9	0.2	30.34	30.96	40.53	YETERLİ
	10	X	3.35	0.2	21.55	32.16	39.24	YETERLİ
	11	X	5.8	0.2	37.17	32.04	40.35	YETERLİ
	12	X	1.4	0.2	5.87	20.96	37.52	YETERLİ
	13	X	4.6	0.2	30.55	33.21	34.32	YETERLİ
	14	X	1.55	0.2	11.74	37.87	38.76	YETERLİ
	15	X	1.15	0.2	8.14	35.39	40.61	YETERLİ
	16	X	0.6	0.2	3.08	25.67	43.67	YETERLİ
	17	X	0.6	0.2	3.18	26.50	42.75	YETERLİ
	18	X	0.6	0.2	3.59	29.92	42.25	YETERLİ
	19	X	0.3	0.2	0.96	16.00	47.83	YETERLİ
	20	X	3.4	0.2	22.57	33.19	34.55	YETERLİ
	21	Y	1	0.2	3.46	17.30	37.15	YETERLİ
	22	Y	2.4	0.2	20.05	41.77	43.55	YETERLİ
	23	Y	2.7	0.2	21.56	39.93	40.10	YETERLİ
	24	Y	1.6	0.2	7.30	22.81	34.09	YETERLİ
	25	Y	2.75	0.2	12.90	23.45	37.75	YETERLİ
	26	Y	6.3	0.2	38.57	30.61	42.80	YETERLİ
	27	Y	3.95	0.2	22.73	28.77	38.35	YETERLİ
	28	Y	4.7	0.2	21.29	22.65	39.73	YETERLİ
	29	Y	1.75	0.2	7.36	21.03	40.00	YETERLİ
	30	Y	1.35	0.2	5.16	19.11	38.31	YETERLİ
	31	Y	4.5	0.2	24.65	27.39	39.39	YETERLİ
	32	Y	1.45	0.2	6.33	21.83	37.83	YETERLİ
	33	Y	6.3	0.2	38.39	30.47	42.00	YETERLİ
	34	Y	2.7	0.2	12.74	23.59	36.06	YETERLİ
	35	Y	2.95	0.2	15.05	25.51	36.68	YETERLİ
	36	Y	1.45	0.2	6.35	21.90	37.24	YETERLİ
	37	Y	1.95	0.2	16.96	43.49	44.44	YETERLİ
	38	Y	1.9	0.2	15.43	40.61	40.92	YETERLİ
	39	Y	0.55	0.2	3.26	29.64	44.64	YETERLİ
	40	Y	0.4	0.2	1.48	18.50	45.75	YETERLİ
	41	Y	0.5	0.2	1.24	12.40	31.60	YETERLİ

Güçlendirilmiş modelde yapılan “Mod Birleştirme” yöntemi analizi sonucunda elde edilen kayma gerilmesi değerleri Tablo 4.13’de verilmiştir.

Tablo 4.13. Güçlendirilmiş model mod birleştirme kayma gerilmesi sonuçları

Response Spectrum Kayma Gerilmesi Sonuçları								
KATLAR	Duvar Ad	Duvar Yönü	Duvar Boyutları (m)		Duvara Gelen Toplam Kesme Kuvveti (ton)	Oluşan Kayma Gerilmeleri (t/m2)	Kayma Emniyet Gerilmesi (t/m2)	Kayma Gerilmesi Kontrolü
			Duvar Uzunluğu	Duvar Kalınlığı				
BODRUM	1	X	1.4	0.2	5.14	18.36	37.61	YETERLİ
	2	X	3.9	0.2	22.55	28.91	39.12	YETERLİ
	3	X	0.9	0.2	3.88	21.56	39.89	YETERLİ
	4	X	1.6	0.2	9.95	31.09	40.03	YETERLİ
	5	X	2.5	0.2	16.65	33.30	40.36	YETERLİ
	6	X	2.45	0.2	11.83	24.14	37.64	YETERLİ
	7	X	3.2	0.2	12.50	19.53	39.89	YETERLİ
	8	X	2.7	0.2	12.28	22.74	40.90	YETERLİ
	9	X	4.9	0.2	25.18	25.69	40.53	YETERLİ
	10	X	3.35	0.2	17.91	26.73	39.24	YETERLİ
	11	X	5.8	0.2	30.91	26.65	40.35	YETERLİ
	12	X	1.4	0.2	4.99	17.82	37.52	YETERLİ
	13	X	4.6	0.2	25.24	27.43	34.32	YETERLİ
	14	X	1.55	0.2	9.70	31.29	38.76	YETERLİ
	15	X	1.15	0.2	6.74	29.30	40.61	YETERLİ
	16	X	0.6	0.2	2.55	21.25	43.67	YETERLİ
	17	X	0.6	0.2	2.63	21.92	42.75	YETERLİ
	18	X	0.6	0.2	2.98	24.83	42.25	YETERLİ
	19	X	0.3	0.2	0.79	13.17	47.83	YETERLİ
	20	X	3.4	0.2	18.78	27.62	34.55	YETERLİ
	21	Y	1	0.2	2.79	13.95	37.15	YETERLİ
	22	Y	2.4	0.2	16.10	33.54	43.55	YETERLİ
	23	Y	2.7	0.2	17.76	32.89	40.10	YETERLİ
	24	Y	1.6	0.2	5.84	18.25	34.09	YETERLİ
	25	Y	2.75	0.2	10.53	19.15	37.75	YETERLİ
	26	Y	6.3	0.2	31.32	24.86	42.80	YETERLİ
	27	Y	3.95	0.2	18.54	23.47	38.35	YETERLİ
	28	Y	4.7	0.2	17.34	18.45	39.73	YETERLİ
	29	Y	1.75	0.2	6.08	17.37	40.00	YETERLİ
	30	Y	1.35	0.2	4.26	15.78	38.31	YETERLİ
	31	Y	4.5	0.2	20.27	22.52	39.39	YETERLİ
	32	Y	1.45	0.2	5.15	17.76	37.83	YETERLİ
	33	Y	6.3	0.2	31.79	25.23	42.00	YETERLİ
	34	Y	2.7	0.2	10.45	19.35	36.06	YETERLİ
	35	Y	2.95	0.2	12.42	21.05	36.68	YETERLİ
	36	Y	1.45	0.2	5.30	18.28	37.24	YETERLİ
	37	Y	1.95	0.2	14.28	36.62	44.44	YETERLİ
	38	Y	1.9	0.2	13.60	35.79	40.92	YETERLİ
	39	Y	0.55	0.2	2.73	24.82	44.64	YETERLİ
	40	Y	0.4	0.2	1.24	15.50	45.75	YETERLİ
	41	Y	0.5	0.2	1.05	10.50	31.60	YETERLİ

4.5. Güçlendirme Perdeleri Analiz Sonuçları

Yapıya güçlendirme amacı ile yerleştirilen perdeler yapıya etki eden deprem kuvvetinin büyük bir çoğunluğunu almıştır. Bu sayede yapıdaki taşıyıcı duvar üzerindeki kesme kuvveti azalmış ve güçlendirme öncesi yetersiz olan duvar kesitleri yeterli hale gelmiştir. Bütün yöntemler için perdelerin aldığı kesme kuvveti Tablo 4.14'de verilmiştir.

Tablo 4.14. Perdelerin aldığı kesme kuvvetleri

Perde No	Perde Yönü	Perdenin Aldığı Kesme Kuvveti (Ton)			Perdenin Aldığı Kesme Kuvvetinin Toplam Kesme Kuvvetine Oranı (%)		
		User Load	User Coefficient	Mod Birleştirme	User Load	User Coefficient	Mod Birleştirme
P1	X	134.51	93.6	77.81	20.6	15.45	13.36
P2	X	136.87	95.37	80.74	21	15.74	13.86
P3	X	51.63	92.12	76.62	7.91	15.21	13.16
P4	X	51.67	92.36	75.42	7.91	15.25	12.95
P5	Y	161.43	88.99	71.57	24.73	14.69	12.29
P6	Y	159.81	87.91	69.34	24.48	14.51	11.91
P7	Y	71.87	90.96	75.39	11.01	15.02	12.95
P8	Y	73.65	92.12	77.69	11.28	15.21	13.34

Güçlendirme yapılmış sistemde bütün yöntemler için analiz sonuçları toplu olarak Tablo 4.15'de verilmiştir.

Tablo 4.15. Güçlendirme yapılmış sistemde genel kayma gerilmesi analiz sonuçları

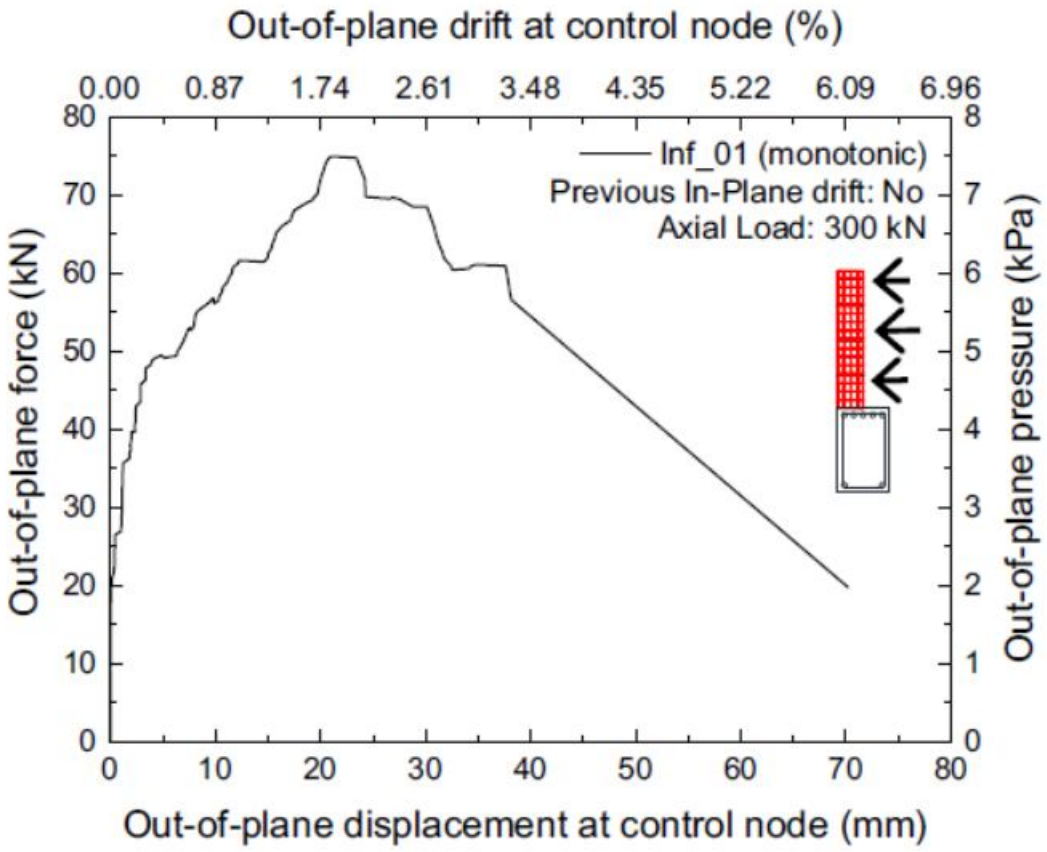
DUVAR KESME KUVVETİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU																					
KATLAR	Duvar Adı	Duvar Yönü	Duvar Boyutları (m)		Duvara Gelen Toplam Kesme Kuvveti (ton)					Oluşan Kayma Gerilmeleri (t/m2)				Kayma Emniyet Gerilmesi (t/m2)				Kayma Gerilmesi Kontrolü			
			Duvar Uzunluğu	Duvar Kalınlığı	Excel	User Load	User Coefficient	Response Spectrum	Uzunluk Oranında	Excel	User Load	User Coefficient	Response Spectrum	Excel	User Load	User Coefficient	Response Spectrum	Excel	User Load	User Coefficient	Response Spectrum
BODRUM	1	X	1.4	0.2	-	8.36	6.14	5.14	253.90	-	29.86	21.93	18.35714286	-	37.61	37.61	37.61	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	2	X	3.9	0.2	-	30.49	26.78	22.55	707.30	-	39.09	34.33	28.91	-	39.12	39.12	39.12	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	3	X	0.9	0.2	-	6.52	4.63	3.88	163.22	-	36.22	25.72	21.56	-	39.89	39.89	39.89	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	4	X	1.6	0.2	-	12.68	11.84	9.95	290.17	-	39.63	37.00	31.09	-	40.03	40.03	40.03	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	5	X	2.5	0.2	-	19.93	19.92	16.65	453.40	-	39.86	39.84	33.30	-	40.36	40.36	40.36	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	6	X	2.45	0.2	-	18.37	14.12	11.83	444.33	-	37.49	28.82	24.14	-	37.64	37.64	37.64	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	7	X	3.2	0.2	-	15.78	14.96	12.50	580.35	-	24.66	23.38	19.53	-	39.89	39.89	39.89	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	8	X	2.7	0.2	-	13.76	14.76	12.28	489.67	-	25.48	27.33	22.74	-	40.90	40.90	40.90	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	9	X	4.9	0.2	-	28.43	30.34	25.18	888.66	-	29.01	30.96	25.69	-	40.53	40.53	40.53	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	10	X	3.35	0.2	-	20.22	21.55	17.91	607.55	-	30.10	32.16	26.73	-	39.24	39.24	39.24	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	11	X	5.8	0.2	-	34.37	37.17	30.91	1051.88	-	29.63	32.04	26.65	-	40.35	40.35	40.35	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	12	X	1.4	0.2	-	5.8	5.87	4.99	253.90	-	20.71	20.96	17.82	-	37.52	37.52	37.52	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	13	X	4.6	0.2	-	22.03	30.55	25.24	834.25	-	23.95	33.21	27.43	-	34.32	34.32	34.32	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	14	X	1.55	0.2	-	8.04	11.74	9.70	281.11	-	25.94	37.87	31.29	-	38.76	38.76	38.76	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	15	X	1.15	0.2	-	5.41	8.14	6.74	208.56	-	23.52	35.39	29.30	-	40.61	40.61	40.61	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	16	X	0.6	0.2	-	2.02	3.08	2.55	108.82	-	16.83	25.67	21.25	-	43.67	43.67	43.67	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	17	X	0.6	0.2	-	2.07	3.18	2.63	108.82	-	17.25	26.50	21.92	-	42.75	42.75	42.75	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	18	X	0.6	0.2	-	2.43	3.59	2.98	108.82	-	20.25	29.92	24.83	-	42.25	42.25	42.25	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	19	X	0.3	0.2	-	0.67	0.96	0.79	54.41	-	11.17	16.00	13.17	-	47.83	47.83	47.83	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	20	X	3.4	0.2	-	17.1	22.57	18.78	616.62	-	25.15	33.19	27.62	-	34.55	34.55	34.55	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	21	Y	1	0.2	-	6.68	3.46	2.79	181.36	-	33.40	17.30	13.95	-	37.15	37.15	37.15	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	22	Y	2.4	0.2	-	20.36	20.05	16.10	435.26	-	42.42	41.77	33.54	-	43.55	43.55	43.55	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	23	Y	2.7	0.2	-	21.58	21.56	17.76	489.67	-	39.96	39.93	32.89	-	40.10	40.10	40.10	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	24	Y	1.6	0.2	-	10.84	7.30	5.94	290.17	-	33.88	22.81	18.25	-	34.09	34.09	34.09	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	25	Y	2.75	0.2	-	17.77	12.90	10.53	498.74	-	32.31	23.45	19.15	-	37.75	37.75	37.75	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	26	Y	6.3	0.2	-	51.55	38.57	31.32	1142.56	-	40.91	30.61	24.86	-	42.80	42.80	42.80	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	27	Y	3.95	0.2	-	27.28	22.73	18.54	716.37	-	34.53	28.77	23.47	-	38.35	38.35	38.35	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	28	Y	4.7	0.2	-	23.46	21.29	17.34	852.38	-	24.96	22.65	18.45	-	39.73	39.73	39.73	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	29	Y	1.75	0.2	-	6.91	7.36	6.08	317.38	-	19.74	21.03	17.37	-	40.00	40.00	40.00	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	30	Y	1.35	0.2	-	4.65	5.16	4.26	244.83	-	17.22	19.11	15.78	-	38.31	38.31	38.31	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	31	Y	4.5	0.2	-	21.48	24.65	20.27	816.11	-	23.87	27.39	22.52	-	39.39	39.39	39.39	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	32	Y	1.45	0.2	-	5.39	6.33	5.15	262.97	-	18.59	21.83	17.76	-	37.83	37.83	37.83	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	33	Y	6.3	0.2	-	26.09	38.39	31.79	1142.56	-	20.71	30.47	25.23	-	42.00	42.00	42.00	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	34	Y	2.7	0.2	-	9.28	12.74	10.45	489.67	-	17.19	23.59	19.35	-	36.06	36.06	36.06	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	35	Y	2.95	0.2	-	8.47	15.05	12.42	535.01	-	14.36	25.51	21.05	-	36.68	36.68	36.68	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	36	Y	1.45	0.2	-	0.8	6.35	5.30	262.97	-	2.76	21.90	18.28	-	37.24	37.24	37.24	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	37	Y	1.95	0.2	-	2.7	16.96	14.28	353.65	-	6.92	43.49	36.62	-	44.44	44.44	44.44	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	38	Y	1.9	0.2	-	2.6	15.43	13.60	344.58	-	6.84	40.61	35.79	-	40.92	40.92	40.92	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	39	Y	0.55	0.2	-	0.58	3.26	2.73	99.75	-	5.27	29.64	24.82	-	44.64	44.64	44.64	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	40	Y	0.4	0.2	-	0.28	1.48	1.24	72.54	-	3.50	18.50	15.50	-	45.75	45.75	45.75	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ
	41	Y	0.5	0.2	-	0.16	1.24	1.05	90.68	-	1.60	12.40	10.50	-	31.60	31.60	31.60	-	YETERLİ	YETERLİ	YETERLİ

Kayma gerilmesi sonuçları her yöntem için incelendiğinde, yapıda kesme açısından yetersiz eleman kalmamıştır. Güçlendirme perdeleri yapıya gelen deprem kuvvetinin önemli bir kısmını almıştır. Yapılan analizin lineer analiz yani elastik şekil değiştirme varsayımına uygun olarak yapıldığı düşünülürse güçlendirme perdelerinin gerçek davranışı son derece önem kazanmaktadır.

Herhangi bir taşıyıcı eleman dinamik etkilere maruz kaldığında hesaplarda kabul edildiği gibi elastik bir davranış göstermeyecektir. Taşıyıcı elemanın elastik olarak taşıyabileceği kuvvet aşıldığı andan itibaren kalıcı deformasyonlar ortaya çıkmaya başlayacaktır. Oluşacak hasarlar sonucu elemanda bazı bünyesel değişiklikler ortaya çıkmaya başlayacaktır. Kuvvetin etkisi ile kesit geometrisinde sapmalar, elemanda çatlaklar oluşacaktır. Özellikle yığma yapılarda taşıyıcı elemanlarda oluşacak çatlakların uzantı yönü, derinliği, genişliği son derece önemlidir. Giriş bölümünde bahsedildiği gibi yapının hasar seviyesinin değerlendirilmesinde son derece önemlidir. Elemanlarda oluşacak çatlaklar elemanın enerji yutmasını sağlarken aynı zamanda rijitliği azaldığı için daha fazla yer değiştirme yapmasına neden olacaktır. Potansiyel enerjinin korunumu düşünüldüğünde [1] formülünde olduğu gibi elemanın taşıyabileceği kuvvet, yutabileceği enerji yapacağı yer değiştirme ve rijitliğine bağlıdır.

$$F=k.u \qquad [1]$$

Görüldüğü gibi taşıyıcı elemanın rijitliğindeki azalma aynı kuvveti taşıyabilmesi için daha fazla yerdeğiştirme yapması anlamına gelmektedir. Taşıyıcı elemanın dinamik etki altında yük – yer değiştirme eğrisi 2016 yılında Furtado ve arkadaşları tarafından yapılan çalışma da Şekil 4.1'deki gibi verilmiştir.



Şekil 4.1. Taşıyıcı elemanın dinamik etki altında yük – yer değiştirme grafiği (Furtado, 2016)

Grafikten anlaşılacağı taşıyıcı elemanda dinamik etki altında zaman içerisinde oluşan kalıcı şekil değiştirmeler sonucu elemanda rijitliğin azaldığı bunun sonucu olarak daha fazla yer değiştirme yapmaya başladığı ve zaman içerisinde yer değiştirmenin ciddi anlamda azaldığı ve taşıdığı kuvvetin de azaldığı görülmektedir.

Yığma yapıya eklenen perdenin de dinamik etki altında zaman içerisinde kalıcı şekil değiştirmeler sonucu rijitliğinin azalacağı ve daha çok yer değiştirme yapacağı ortaya çıkmaktadır. Yığma yapıların gevrek bir davranışının olduğu düşünülürse yapıya eklenen perde gibi yer değiştirme yapması beklenemez. Sonuç olarak perdeden beklenen davranış ortaya çıkmadan yapının toptan göçmesi söz konusu olabilecektir. Bu durumu önlemek için yapıya eklenen perdelerin deprem kuvvetinden aldığı miktarlar belirlenerek perdenin kesme kapasitesi ile kıyaslanmalıdır. TDY – 2007'de perdelerin kesme kapasitesinin hesaplanabilmesi için [2] formülü tanımlanmıştır.

$$V_r = A_{ch}\,(0.65\,f_{ctd} + \rho_{sh} f_{ywd}) \qquad [2]$$

V_r=Perde kesme kapasitesi

A_{ch}= Boşluksuz perdenin, bağ kirişli perdede her bir perde parçasının, döşemenin veya boşluklu döşemede her bir döşeme parçasının brüt enkesit alanı

f_{ctd}=Betonun tasarım çekme dayanımı

ρ_{sh}=Perdede yatay gövde donatılarının hacimsel oranı

f_{ywd}=Enine donatının tasarım akma dayanımı

Perdenin beton sınıfı C30, boyuna donatılar 19Φ16, enine donatılar Φ14/15 olduğuna göre aşağıdaki gerekli değerler kullanılarak perdenin kesme kapasitesi hesaplanabilmektedir.

ρ_{sh}=7x2x1.54x145/(145x30x90)=0.00799

f_{ywd}=365 MPa

A_{ch}=1450*300=435000 mm^2

f_{ctd}=1.28 MPa

V_r=435000(0.65x1.28+0.00799x365)=1630532.25 N=163.05 ton

Hesap sonucu elde edilen perde kesme dayanımı analizlerde elde edilen perdelerin aldığı kesme kuvvetlerinden büyüktür. Dolayısıyla perdeler kesme açısından güvenlidir.

Elastik sınırlar içerisinde bir davranış sergileyecek olan perdelerde kalıcı şekil değiştirmeler oluşmayacağından dolayı perdeler aşırı yer değiştirme yapmayacaktır. Bu sayede yapı ile birlikte hareket ederek yapı elemanlarının beklenenden fazla kesme kuvvetine maruz kalması önlenmiş olacaktır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Prototip modelde yapılan analizler sonucu yığma yapılarda duvarlarda açılan boşlukların duvarların bir bütün olarak çalışmasına engel olduğu görülmüştür. Açılan boşlukların kenarında kalan duvarların ise boşluğun altındaki ve üstündeki duvarların aldığı kesme kuvvetlerinin aşağı katlara aktarılmasına yardımcı olmasından dolayı aşırı gerilme yığılmalarına maruz kaldığı görülmüştür. Boşluk kenarında kalan duvarların bu yığılmalardan kötü etkilenmelerini önlemek amacıyla bazı önlemler alınması gerekmektedir. Deprem yönetmeliğimiz bunun önüne geçmek için boşluklar etrafına düşey hatıl atılmasını uygun görmüştür. Bu sayede boşluklara komşu duvarların deprem esnasında fazla hasar görmesi önlenmiş olacaktır. Ayrıca boşlukların altında ve üstünde kalan duvarların kesme taşımadığı kabulü yapılarak excel çözümü yapılmış olmasına rağmen aslında boşluk üstünde kalan duvarlarında kesme taşıdığı ETABS analizleri sonucunda görülmüştür. Boşluk etrafındaki duvarların analiz sonucu yetersiz kalması boşluk üstündeki duvarlarında kesme taşıyacağı düşünüldüğünde deprem performansında güvenli olabilecek seviyede kesme azalmaları oluşması mümkün olacaktır.

Boşluklar etrafındaki duvarlar oluşan gerilme yığılmaları nedeni ile yapı içerisindeki en kritik taşıyıcı elemanlar olmaktadır. Bu nedenle deprem esnasında boşluklara komşu duvarlarda kalıcı hasarların oluşmasını önlemek amacı ile buralarda önlemler alınması en doğru davranış olacaktır.

Gerçek model üzerinde yapılan incelemelerde ise yapının normal gerilme yönünden güvenli olduğu ancak kayma gerilmeleri açısından son derece kritik durumda olduğu görülmektedir. Kayma gerilmeleri sonrası oluşacak hasarların ise gevrek davranışa neden olacağı düşünülürse yapının güçlendirilmesi gerektiği durumu ortaya çıkmıştır. Kullanılan yöntemler arasında toplam taban kesme kuvveti açısından farklılıklar çıksa da bu farklılıklar ihmal edilebilir seviyede küçük farklar olmuştur. TDY – 2007 yığma yapıların deprem analizinde doğal titreşim periyoduna bakılmaksızın spektral ivme katsayısının 2.50 alınmasını ön görmesi bunun en önemli nedenidir. Yapılan analizlerde doğal titreşim periyotlarında çıkacak farklılıklar bu sayede ihmal edilmiş ve en elverişsiz durum göz önüne alınmıştır.

Yapılan analizler sonucu yapıdaki taşıyıcı elemanlarının çoğunun kayma gerilmesi açısından yetersiz olduğuna karar verilmiştir. Bir güçlendirme yöntemi uygulanarak yapı

elemanlarının performanslarının yeterli seviyeye çıkarılması gerekmektedir. Güçlendirme yöntemleri dikkate alındığında taşıyıcı elemanların kayma kapasitelerini artıracak güçlendirme teknikleri yerine taşıyıcı elemana etki edecek kesme kuvvetini azaltacak bir yöntemin benimsenmesinin daha doğru olacağına karar verilmiştir. Bu nedenle yapıya etki eden kesme kuvvetini büyük oranda alacak dışarıdan perde ile güçlendirme yöntemi tercih edilmiştir.

Yapıya eklenecek perdeler öncesi yapının üç boyutlu bir modeli oluşturularak yapının sonlu elemanlar yöntemi ile analizi çok faydalı olmaktadır. Bu sayede yapıdaki düzensizlikler görülmektedir. Yapıdaki taşıyıcı elemanların düzensiz bir şekilde yapılmış olması yani yapının düzenli bir geometriye sahip olmaması yapının kütle merkezi ile rijitlik merkezinin çakışmasını önlemektedir. Bu durum ise yapıda burulma düzensizliğine neden olmaktadır. Yapının güçlendirmesine karar vermeden önce yapının üç boyutlu olarak statik analizinin yapılması yapı da burulma düzensizliği oluşup oluşmadığını kontrol etmek için önemlidir. Yapılan kontrol sonrası yapıda burulma düzensizliği var ise yapıya güçlendirme için eklenecek perdelerin yerlerinin tercih edilmesinde bu durum da göz önüne alınmalıdır. Bu sayede hem yapı gerekli deprem performansı seviyesine çıkarılmış hemde yapıdaki burulma düzensizliği giderilmiş olacaktır.

Yapıya eklenen perdeler ile yapılan analizlerde yapının mevcut duvarları gerekli deprem performansı seviyesine ulaştırılmıştır. ETABS programında sadece statik analiz yapıldığı için deprem esnasında yapıya etki edecek deprem kuvvetinden ne kadarının perde tarafından taşınacağı hesaplanmış ama perdenin bu deprem kuvvetini taşıyıp taşıyamayacağı yönünde bir analiz yapılmamıştır. Statik analiz sonucu perdeye etki eden kuvvetin perde tarafından güvenle taşınıp taşınamayacağı perdenin kesme kapasitesi hesaplanarak kontrol edilmelidir. Yapılan kontroller sonucu perdenin üzerine gelen deprem kuvvetini güvenle taşıdığı gözlenmiştir. Eğer perde üzerine gelen deprem kuvvetini elastik sınırlar içerisinde güvenle taşıyamaz ise sünek bir davranış gösterecek olan perde deprem esnasında kalıcı şekil değiştirmeler yaparak deprem enerjisini sönümlemeye çalışacaktır. Bunu yapabilmek için ise önemli ölçüde yer değiştirme yapması gerekecektir. Yapının yığma yapı olduğu ve rijit bir davranış sergilediği düşünülürse bu durumda yapı ile perdenin birlikte hareket etmesi imkansız hale gelecektir. Bu nedenle perdeden tam anlamıyla yararlanmadan yapı elemanlarında hasarlar oluşmaya başlayacak yer değiştirmelere karşı direnç gösterecektir. Bu durumun

önüne geçmek için yapıya eklenen perdelerin elastik sınırlar içerisinde kalacak bir davranış gösterecek şekilde boyutlandırılması çok önemlidir.

6. KAYNAKLAR

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

Ay, Z. v. a., 2012, Yığma Yapıların Yapısal Davranışının İncelenmesi, *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2 (2), 41-53.

Batur, N., 2006, Yığma Yapı Tasarımı ve Analizi, *İstanbul Üniversitesi*, İstanbul.

Bayülke, N., 1978, Tuğla Yığma Yapıların Depremdeki Davranışları, *Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni*.

Bayülke, N., 1980, Yığma Yapılar, *Ankara*, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, p.

Bayülke, N., 2001, Depremde Hasar Gören Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi, *İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi*.

Bayülke, N., 2011, Yığma Yapıların Deprem Davranışı ve Güvenliği. 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı Ankara.

Can, H. v. a., 2012, Düzensiz Geometrik Şekile Sahip Tarihi Yığma Binaların Sismik Davranışı, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27 (3), 679-686.

Çırak, İ. F., 2011, Yığma Yapılarda Oluşan Hasarlar, Nedenleri ve Öneriler, *SDU International Technologic Science*, 3 (2), 55-60.

Çöğürcü, M. T., 2007, Yığma Yapıların Yatay Derz Güçlendirme Yöntemiyle Güçlendirilmesi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Doğangün, A. v. a., 2008, Seismic Performance Of Masonry Buildings During Recent Earthquake in Turkey. The 14th World Conference on Earthquake Engineering Beijing, China.

Döndüren, M. S., 2008, Bağlayıcı Özelliği Artırılan Duvar ve Sıva Harcının Düzlem Dışı Yüklenen Tuğla Duvarların Mekaniksel Davranışına Etkisi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Erberik, M. A. v. a., 2008, A Critique on The Turkish Earthquake Code Regulations Regarding Masonry Construction. 8th International Seminar on Structural Masonry. İstanbul.

Furtado, A., 2016, Experimental Evaluation of Out-of-plane Capacity of Masonry Infill Walls, *Engineering Structures*, 1111, 48-63.

Kanıt, R., 2007, Düzlem Dışı Yüklere Maruz Yığma Duvarların Deprem Davranışlarının Analitik ve Deneysel Değerlendirilmesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22 (2), 441-449.

Korkmaz, K. A., 2014, Farklı Yapısal Malzeme Özelliklerinin Yığma Yapı Davranışına Etkisi, *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3, 69-78.

Kumsar, H. v. a., 2003, 23 – 26 Temmuz 2003 Buldan/Denizli Depremi Mühendislik Raporu, *Denizli*.

Önal, M. M., 2008, Yığma Yapı Hasarları ve ONarım ve Güçlendirme Yöntemlerinin Detayları, www.imo.org.tr: [19/06/2017].

Özsaraç, S., 2008, Yığma Yapılarda Taşıyıcı Tuğla Duvarların GFRP ile Güçlendirilmesinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Öztaş, V., 2009, Yığma Yapıların Güçlendirilmesi ve Bir Yığma Yapı Örneğinde Güçlendirme Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Sucuoğlu, H. v. a., 1997, Performance Evaluation Of A Three – Storey Unreinforced Masonry Building During The 1992 Erzincan Earthquake, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 26, 319-336.

Tokgöz, H. v. a., 2011, Dıştan Perde Duvarla Güçlendirmede Perde – Hatıl Birleşim Yerlerinde Kullanılan Blon Sayısının Araştırılması, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26 (3), 649-656.

Ural, A. v. a., 2009, Geliştirlen Bir Yapısal Analiz Programıyla Yığma Yapıların Analizi, *Engineering Science*, 4 (4), 579-588.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Mehmet UZUN
Uyruğu	**:**	TC
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Selçuklu / 26.08.1989
Telefon	**:**	0542 447 28 66
Faks	**:**	-
e-mail	**:**	mehmetuzun@selcuk.edu.tr

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Meram Konya Lisesi	2006
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü	2013

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2013-2014	Arba Yapı Denetim LTD. ŞTİ.	Kontrol Mühendisi
2014-2015	Saha Yapı Denetim LTD. ŞTİ.	Kontrol Mühendisi
2015-	Selçuk Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

UZMANLIK ALANI

Yığma Yapıların Analiz ve Tasarımı, Yapısal Analiz, Betonarme Yapı Tasarımı, Dinamik Analiz

YABANCI DİLLER

İngilizce