

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BETONARME ÇERÇEVELERİN BETONARME DOLGU
DUVARLARI İLE GÜÇLENDİRİLMESİ**

Ruken OKYAY ÇİÇEK

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2006**

Yrd. Doç. Dr. Mehmet GÜMÜŞÇÜ danışmanlığında, Ruken OKYAY ÇİÇEK'in hazırladığı "Betonarme Çerçevelerin Betonarme Dolgu Duvarları İle Güçlendirilmesi" konulu bu çalışma .../.../2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Mehmet GÜMÜŞÇÜ

Üye : Doç. Dr. Murat KISA

Üye : Yrd. Doç. Dr. M. Arif GÜREL

Bu Tezin İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım

Prof. Dr. İbrahim BOLAT
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1. Tübitak-ODTÜ-İmo Çalışmaları	19
2.1.1. Dolgulu çerçeve için ilkeler, detaylar ve öneriler	20
2.1.2. Perde uygulaması ve detayıyla ilgili örnek	22
2.1.3. Güçlendirilmiş dolgu çerçeve davranışı deney sonuçları	27
2.1.3.1. Kuvvetli çerçeveyle oluşturulan dolgulu çerçeveler	27
2.1.3.2. Delikli tuğla duvar dolgulu çerçeveler	28
2.1.3.3. Zayıf çerçeve ile oluşturulan dolgulu çerçeveler	29
2.2. Gazi üniversitesinde yapılan çalışmalar	30
3. MATERYAL ve YÖNTEM	32
3.1. Genel	32
3.1.1. Güçlendirme gereksiniminin nedenleri	34
3.1.2. Taşıyıcı sistemin yeni elemanlarla güçlendirilmesi	34
3.1.2.1. Betonarme perdeler	35
3.2 Materyal	39
3.2.1 Donatı	39
3.2.2 Beton	39
3.2.3 Kalıp	40
3.3. Yöntem	40
3.3.1. Güçlendirme kararı ve uygulanması	40
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	42
4.1. Araştırma bulguları	42
4.1.1 Şanlıurfa şehir merkezinde 5 katlı konut güçlendirmesi	42
4.1.1.1 Bina incelemesi	42
4.1.1.2 Hasar belirleme çalışmaları	42
4.1.1.3 Zemin araştırmaları	43
4.1.1.4 Malzeme özelliklerinin belirlenmesi	43
4.1.2 Güçlendirme yöntemi belirlenmesi	44
4.1.3 Uygulama projesi	44
4.1.3.2 Proje	44
4.1.4 Uygulama	47
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	58
6.1. Sonuçlar	58
6.2. Öneriler	59
KAYNAKLAR	60
ÖZGEÇMİŞ	64
ÖZET	65
SUMMARY	66

ÖZ

Yüksek Lisans Tezi

BETONARME ÇERÇEVELERİN BETONARME DOLGU DUVARLAR İLE GÜÇLENDİRİLMESİ

Ruken OKYAY ÇİÇEK

**Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mehmet GÜMÜŞÇÜ
Yıl:2006, Sayfa:66**

Yakın geçmişte yaşanan depremler çerçeve türü betonarme yapılarda, güçlendirme ihtiyacı doğurmuştur. Bu ihtiyaç güçlendirme konusunda yeni yaklaşımların gelişmesine sebep olmuştur. Çalışmada betonarme çerçevelerin betonarme dolgu duvarlarla güçlendirilmesi araştırma konusu olarak seçilmiştir. Çalışmada uygulamada sıkça karşılaşılan taşıyıcı sistemi betonarme çerçeveli binaların onarım ve güçlendirilmesinden kısaca bahsedilip, betonarme çerçevelerin betonarme dolgu duvarlarla güçlendirilmesi irdelenecektir. Ayrıca bu konuda yapılan deneylerle ilgili özet bilgi ve sayısal örnek verildikten sonra örnek yapının güçlendirilmesi anlatılacaktır.

ANAHTAR KELİMELEER: Güçlendirme, betonarme dolgu duvarı, dolgulu çerçeve, tersinen yükler.

ABSTRACT

MSc Thesis

**STRENGTHENING OF REINFORCED CONCRETE FRAMES BY REINFORCED
CONCRETE INFILL**

Ruken OKYAY ÇİÇEK

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering**

**Supervisor: Assist. Prof. Dr. Mehmet GÜMÜŞÇÜ
Year:2006, Page:66**

The recent earthquakes have caused the necessity of strengthening the reinforced concrete structure. This necessity has caused new approaches the improvemets about strenghening. The strenghening of reinforced concrete frames with infill has been chosen as the investigation subject in the study.This necessity, discussed rather short about reinforced concrete infill constructions which have to be seen rather frequently at apply, repairing and strengthening ; consided strengthening of reinforced concrete frames by reinforced concrete infill at length. Seperately, after describe the strengthening of model construction, give numerical example and summary information which done concerned experiments about this subject.

KEY WORDS: Strengthening, reinforced concrete infill, infilled frames, cyclic loads

TEŞEKKÜR

Tez konusunun seçilmesinde ve çalışmalarında yardımcı olan, danışman hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Mehmet GÜMÜŞÇÜ'ye, Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanı sayın Yrd. Doç. Dr. Kasım YENİGÜN'e, tezimin yürütülmesinde her türlü yardımı esirgemeyen ve yol gösteren sayın Yrd. Doç. Dr. M.Arif GÜREL'e , tüm yardımlarından dolayı sayın İnşaat mühendisi Adnan ÇAP ve sayın İnşaat mühendisi Dilek ÖZ'e, bütün desteğinden dolayı sayın eşim Çevre Yük. Müh. Nedim ÇİÇEK'e, varlığıyla bana her zaman mutluluk veren biricik oğlum Mervan ÇİÇEK'e, eğitimime olan çabalarından dolayı öncelikle annem Tevrat OKYAY'a ve tüm hoşgörüsünden dolayı canım babam Abdulmelik OKYAY'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

SİMGELER DİZİNİ

ΣA_w	O doğrultuda kuvvetli yönde olan perde duvarların toplam kesit alanı
ΣA_{pi}	Tüm katların plan alanlarının toplamı
A_{pt}	Binanın tabandaki plan alanı
ABYYHY	Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
d	Döşeme kalınlığı
ETR	Etriye
h	Dolgu duvar yüksekliği
İMO	İnşaat mühendisleri odası
L	Donatı uzunluğu
ODTÜ	Ortadoğu Teknik Üniversitesi
S _{duv}	Duvar rijitliği
S _{çer}	Çerçeve rijitliği
V _{duv}	Duvar dayanımı
V _{çer}	Çerçeve dayanımı
ϕ	Donatı çapı

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 2.1. ODTÜ dolgulu çerçeve deneyleri (ortalama değerler)	30
Çizelge 3.1. 1 m ³ beton için malzeme karışım oranları.....	40

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1.1. 1998 Adana-Ceyhan depremini hiçbir hasar görmeden atlatan yönetmelik şartlarına uygun bina	3
Şekil 1.2. 1998 Adana-Ceyhan depreminde kolonların yapı sistemiyle bütünleştirilememesinden dolayı ağır hasarla yıkılan bina	4
Şekil 2.1. Marmara depremi sonrası Adapazarı'nda bir yapının iki kolonunun perde duvarlarla güçlendirilmesi.....	21
Şekil 2.2. Betonarme perde kolonunun perde duvarla takviyesi	22
Şekil 2.3. Tipik kat planı	22
Şekil 2.4. Bina görünüşü	24
Şekil 2.5. Perde kolon giriş bağlantı detayı.....	25
Şekil 2.6. Güçlendirme perdesi donatı detayı.....	26
Şekil 2.7. Yatay yük yer değiştirme yerleri	28
Şekil 2.8. Kesme gerilmesi görelî kat ötelenmesi eğrileri	29
Şekil 3.1. Eksenel perde	38
Şekil 3.2. Dış merkez perde	38
Şekil 3.3. İnceleme yapılan sağlık apartmanı	39
Şekil 4.1. Binadaki oturmanın etkisiyle oluşan çatlaklar	43
Şekil 4.2. Uygulama projesi donatı detayı.....	45
Şekil 4.3. Uygulama projesi B-B kesiti donatı detayı	46
Şekil 4.4. Balkon döşemelerinin altındaki bina desteği.....	47
Şekil 4.5. Balkon döşemelerinin altındaki bina desteği.....	48
Şekil 4.6. Temel kazısı ve grobeton dökümü	48
Şekil 4.7. Donatı bağlanması ve delik açılması.....	49
Şekil 4.8. Bağlanan demir donatısı.....	50
Şekil 4.9. Bağlantı için dışarıda bırakılan donatılar	50
Şekil 4.10. Kalıp bağlanması.....	51
Şekil 4.11. Kalıp bağlanması.....	51
Şekil 4.12. Beton dökümü	52
Şekil 4.13. Ön cephe temel kazısı	52
Şekil 4.14. Temel altına grobeton serimi	53
Şekil 4.15. Kalıp bağlanması.....	53
Şekil 4.16. Beton dökümü	54
Şekil 4.17. Doldurulacak pencere boşluğu	55
Şekil 4.18. Güçlendirme perdeyle sağlanacak bağlantı için duvar	55
Şekil 4.19. Pencereye kalıp bağlanması	56
Şekil 4.20. Beton dökümü	56
Şekil 4.21. Perde donatısı	57

1. GİRİŞ

Ülkemiz nüfusunun büyük bir bölümü deprem olma riski yüksek olan bölgelerde yaşamaktadır. Bu durum mevcut yapı stokunun depreme karşı dayanıklılığının sorgulanmasını zorunlu hale getirmektedir.

Ülkemizdeki betonarme yapılar, mühendislik açısından incelendiğinde aşağıdaki kusurlarla sıkça karşılaşmaktadır.

- Tasarım hataları
- Yapım hataları

Yakın geçmişte yaşanan depremlerde birçok betonarme yapının ağır hasar gördüğü yada göçtüğü gözlenmiştir. Bu durumda ya bina güçlendirilecek, yada yıkılıp yeniden inşa edilecektir. Depreme karşı yeterli dayanımı olmayan bir yapının güçlendirilmesi bazen ekonomik ve elverişli bir yöntemdir. Güçlendirmede temel hedef, yapının mevcut yönetmelik şartlarını sağlaması ve yapının şiddetli bir depremi can kaybı olmadan karşılayabilmesidir. Yapının hiçbir hasar almaması bir amaç değildir (Ataman, 2002).

Afet yönetmeliğine göre depremde yapıdan beklenenler;

1. Hafif şiddetli depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda herhangi bir hasar oluşmaması ,
2. Orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın onarılabılır düzeyde kalması,
3. Şiddetli depremlerde ise can kaybını önlemek amacıyla binaların kısmen veya tamamen göçmesinin önlenmesidir (ABYYHY, 1998).

Şekil 1.1’de Adana - Ceyhan depreminde yönetmelik şartlarına uyulduğundan dolayı depremi hiç hasar görmeden atlatan yapım aşamasındaki bir bina ve Şekil 1.2 de yine aynı depremde yönetmelik şartlarına uymadığı için ağır hasarla zarar gören çok katlı bir bina görülmektedir.

Betonarme yapıların güçlendirilmesi için birçok teknik geliştirilmiş ve uygulanmaktadır. Yapıda rijitlik sorunu varsa ve güçlendirilecek eleman sayısı çok fazla ise yapıya betonarme perdeler ekleyerek güçlendirme ve yanal rijitliğini arttırma pratik bir yöntemdir. Ancak mimari ve üretim yönünden, yapıya betonarme perdelerin eklenmesi önemli sorunlar yaratabilir. Bu durumda varolan çerçevelere perde işlevi görecektir betonarme dolgu duvarları ekleyerek güçlendirmek gerçekçi ve ekonomik bir yaklaşımdır. Bu güçlendirme tekniği ülkemizde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Yapı taşıyıcı sistemine sonradan eklenen betonarme dolgu duvarlarının, yapının deprem davranışına önemli performans kazandırdığı geçmişte yapılan araştırmalarla ortaya konulmuştur. Önüretimli paneller bu tür güçlendirmelerde kullanıldığı gibi yerinde dökme betonarme dolgu duvarlar da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Şanlıurfa ilinde betonarme bir binanın betonarme dolgu duvarla güçlendirilmesi ile ilgili yapılan statik proje ve uygulama çalışması izlenmiş ve bu kısmi güçlendirme projesi detaylı uygulama fotoğraflarıyla anlatılmıştır. Bina Şanlıurfa ili sağlık müdürlüğüne ait lojman olup yine aynı ilin Bayındırlık Müdürlüğü tarafından binanın tamamı için geçerli olmayıp sadece zemin, ön cephe sağ ve solda bulunan, aşırı zarar görmüş kolonların güçlendirilmesi yapılmıştır. Hasarların ve oluşum nedenlerinin belirlenmesi ilk adım olarak verilmiştir. Yerinde yapılan araştırmada, dikkat edilmesi gereken konular açıklanmış, zemin araştırılmış, tüm sistemin güvenilirliğini sağlamak için betonarme dolgu duvarla güçlendirme sisteminin uygulanmasının anlatılması amaçlanmıştır.

Çalışmada betonarme çerçevelerin betonarme dolgu duvarlarla güçlendirilmesiyle ve yanal yükler altında dayanım ve davranışının deneysel olarak inceleyen çalışmalar araştırılmış, kısaca sonuçları irdelenmiş, konuyla ilgili örnekler verilmiştir. Ayrıca konuyla ilgili kapsamlı bilgi de çalışmamızda sunulmuştur.

Betonarme yapıların sonradan ilave edilen dolgu duvarlar ile güçlendirilmesi hakkındaki çalışmalar literatür özetinde verilmiştir. Yapılan

çalışmalarda kullanılan dolgu duvarın malzeme özellikleri önemli bir parametre olmuştur.

Güçlendirmenin güncel bir konu olması nedeniyle, tez konusu olarak “Betonarme Çerçevesinin Betonarme Dolgu Duvarlar ile Güçlendirilmesi” seçilmiştir.



Şekil 1.1. 1998 Adana-Ceyhan depremini hiçbir hasar görmeden atlatan yönetmelik şartlarına uygun bina



Şekil 1.2. 1998 Adana-Ceyhan depreminde kolonların yapı sistemiyle bütünleştirilememesinden dolayı ağır hasarla yıkılan bina

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Son 30 yılda betonarme dolgu duvarları ile güçlendirilen çerçevelerin deprem davranışı konusunda literatürde yer alan çalışmalar bu bölümde incelenmiştir. Literatürde yer alan çalışmalar deneysel ve analitik çalışmalar olarak iki ana başlıkta aşağıda özetlenmiştir. İlk yapılan deneysel çalışmalarda dolgulu çerçeveler tekdüze yatay yükler altında test edilmiştir. Daha sonraki çalışmalarda numuneler deprem yüklerini benzeştiren tersinir tekrarlanır yüklemeler altında test edilmişlerdir. Bu öncü çalışmalarda genel amaç betonarme dolgulu çerçevelerin davranışlarını belirlemek olmuştur. Daha sonra yürütülen çalışmalarda betonarme dolgunun davranışını etkileyen değişkenler incelenmeye başlanmıştır. Bu değişkenler ana başlıklar olarak; kolon eğilme kapasitesi, kolon ve kirişlerin kesme kapasiteleri, beton dayanımındaki değişim, dolgu ile çerçeve arasındaki bağlantı yöntemi, dolgu duvarının genişlik/yüksekliği arasındaki değişim ve dolgu duvarın donatı detaylandırmasıdır. Yapılan bu deneysel çalışmalarda çok farklı geometrik ölçekte deney elemanları seçilmiştir. Çalışmalarda kullanılan deney elemanları genel olarak bir katlı bir açıklıklı ve iki katlı bir açıklıklı elemanlardır.

Analitik çalışmalarda genelde sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemden elde edilen sonuçlar, deney sonuçları ile irdelenmiş, ampirik denklemler ile karşılaştırılmıştır. Çalışmalarda lineer ve non-lineer sonlu eleman programları kullanılmıştır. Bu analiz yönteminde karşılaşılan en büyük zorluklar, betonarme dolgu ile çerçeve sistemini birbirine bağlayan ara elemanları modellemek ve artan yükler altında yine bu ara yüzde oluşan sürtünme kuvveti, ayrılma ve kayma gibi etkileri analize katmaktır. Ayrıca bu etkilere ek olarak betonarme dolguların artan yükler altında çatlama ve ayrılmalarının analiz içerisinde yer alması, gerçek davranışın analitik modele yansıtılması bakımından önemlidir. Araştırmacılar mümkün olduğunca bu özelliklere dikkat ederek çeşitli analitik modeller oluşturmuş ve deney sonuçları ile bu modelleri test etmişlerdir.

Yukarıda genel olarak özetlenen çalışmalar tam dolu betonarme dolgulu çerçeveler ile ilgili çalışmalardır. Önüretim betonarme duvarlarda yer alan tek bir boşluğun davranışa olan etkisini inceleyen az sayıda araştırmaya literatürde rastlanmıştır. Yerinde dökme betonarme dolgulu çerçevelerin dolgularında boşluğun bulunması, boşluk alanın ve boşluk yerindeki değişimin davranışa etkisi ile ilgili çok az çalışmaya yurtiçi ve yurtdışı literatürde rastlanmıştır.

Betonarme dolgulu çerçevelerle ilgili çalışmaların literatür özeti kronolojik sıra içerisinde sunulmuştur. Yapılan çalışmalar kısaca özetlenmiş, incelenen değişkenler ve sonuçlarından kısaca bahsedilmiştir. Betonarme dolgulu olmayan kil veya gaz betonu gibi malzemelerden yapılmış tuğla dolgulu çerçeveler hakkında ise sadece daha geniş araştırma yapmak isteyenler için kaynak listesinde bu araştırmaların bulunabileceği yerler verilmiştir.

Benjamin ve Williams (1958) bir açıklıklı ve bir katlı betonarme dolgulu 45 adet çerçeve deney elemanı test etmişlerdir. Deney elemanlarının geometrik ölçeği 1/8-3/8 arasında değişim göstermektedir. Çalışmalarında dolgu duvarın geometrisi, dolgunun donatı oranı ve yönü, kolonların eğilme donatısındaki değişimi gibi değişkenlerin davranışa olan etkilerini incelemişlerdir. Deney elemanları tekdüze yükleme altında test edilmiştir. Test edilen deney elemanlarında önemli değişkenlerden biri olan duvar genişliğinin, duvar yüksekliğine oranı l'den 3'e kadar değişim göstermektedir. Bu oranı yüksek olan deney elemanları daha fazla dayanım göstermişlerdir. Tüm elemanların maksimum yük değerinde duvar tabanında ortalama kesme gerilmesi yaklaşık olarak aynı elde edilmiştir. Farklı donatı detaylarına sahip olan duvarlar farklı yük-deplasman ilişkileri sergilemişlerdir. En iyi davranışı ortogonal donatı yerleşimi sergilemiştir. Duvar donatı oranı yüksek olan deney elemanları az olanlara göre daha sünek bir davranış sergilemiştir. Ayrıca donatı oranındaki artış deney elemanlarının yatay yük taşıma kapasitesini de artırmıştır. Kolon boyuna donatısındaki değişim dolgunun yük taşıma kapasitesini çok etkilemiş, ancak kesit değişimi çok fazla etkili olmamıştır. Bu deneysel çalışma programında çerçeve sistemi ile bağlanmış ve bağlanmamış tuğla dolgular da incelenmiştir.

Smith (1969), çerçeve ve dolgu panel arasındaki yük paylaşımı ve yükün taşınma mekanizması konusunda önemli sonuçlara varan ilk araştırmacıdır. Smith,

çerçeve ve dolgu arasındaki yük taşıma mekanizmasının yükün geliş yönüne göre diagonal bir basınç çubuğu ile modellenebileceğini ortaya koymuştur. Dolgunun türüne ve dolgu ile çerçeve arasındaki bağlantı detayına bağlı olarak bu diagonal çubuğun kesit özelliklerinin ve çerçeve ile dolgu arasındaki ayrılma bölgesinin değişimi hakkında sonuçlar elde etmiştir. Smith yaptığı deney sonuçları ile diagonal basınç çubuğunun yüksekliğinin $L_d/4-L_d/11$ arasında değiştiğini %16'lık gibi bir hata payı ile bulmuştur. L_d çerçevenin diagonal uzunluğudur. Smith, çerçevenin köşelerinde dolgu ile ayrılmayan bölgelerin çok önemli olduğu ve çerçevenin yatay yük taşıma kapasitesini çok büyük oranda etkilediği bulgusunu da elde etmiştir. Bu bölgenin uzunluk değerini kullanarak Smith, çerçeve ve dolgudan oluşan sistemin sünekliği konusunda çeşitli sonuçlara varmış ve bunu denklem haline getirmiştir. Yapılan deneyler sonucunda çerçeve ve dolgudan oluşan bir sistemin optimum yük taşıma kapasitesinin yaklaşık olarak maksimum yük kapasitesinin yarısı olduğu bulgusu elde edilmiştir.

Mallick ve Severn'in (1967; 1968; 1971; 1980) çalışması, çerçeve ve dolguyu birbirinden ayrı iki elastik parça olarak, sonlu eleman yöntemi kullanılarak modellemiştir. Bu iki parça birbirleri ile sadece basınç ve kesme kuvveti aktarabilen bağlantı elemanları ile bağlanmıştır. Çerçeve elemanlarının sadece eğilme etkisi altında deforme olduğu ve panelin dikdörtgen sonlu eleman parçalarından oluştuğu varsayımı yapılmıştır. Deney sonuçları ile karşılaştırılan modelden iyi sonuçlar elde edilmiştir. Daha sonra aynı araştırmacılar bir başka analitik çalışmada çerçeve ve panelin dinamik karakteristikleri konusunda çalışma yapmış ve bu çalışma sonuçlarını deneysel ve teorik metodlar ile karşılaştırmışlardır.

Ersoy ve Uzsoy'un (1971) çalışmasında, farklı özelliklere sahip olan 1 açıklıklı 1 katlı 9 adet deney elemanı test edilmiştir. Bu deneylerden elde ettikleri sonuçları 1971 yılında yayınladıkları bir rapor ile ortaya koymuşlardır. Deneysel çalışmada tüm deney elemanları tekdüze yüklemeler altında test edilmiştir. Deneylerde değişken olarak dolgu kalınlığı, dolgu ve çerçeve arasındaki bağlantı detayı, yatay yükteki değişim, kiriş ve kolon rijitliklerinin oranındaki değişim gözönünde bulundurulmuştur. Deneylerin ışığında, dolgu duvarların çerçeve yatay yük taşıma kapasitesini %70 arttırdığı ve göçmedeki yatay deplasmanı ise

%15 azalttığı sonucunu ortaya koymuşlardır. Dolgunun boş çerçevenin elastik yanal rijitliğini %500 arttırdığı elde edilen diğer bir bulgudur. Ayrıca çerçeve ve dolgu arasındaki birleşimin yatay dayanım ve sünekliği çok fazla etkilemediği sonucuna ulaşılmıştır. Araştırmacılar deney sonuçlarını kullanarak çerçeve ve dolgulu sistemlerin elastik bölgede davranışı konusunda bir yargıya varabilmek amacıyla Smith'in yaklaşımından yararlanarak bir denklem geliştirmişlerdir.

Smolina'nın (1973) çalışmasında, kuvvet yöntemini kullanarak çerçeve ve dolgulu sistemlerin bir arada davranışını modellemek amacıyla bir analitik yaklaşımda bulunulmuştur.

Wasti ve Gülkan (1974), kısmi olarak yerleştirilen bir dolgu ile bir çerçevenin yanal rijitliğinde meydana gelen artışı belirlemek için analitik bir yaklaşımda bulunmuş ve bir eşitlik elde etmişlerdir. Bu analitik eşitlik sadece elastik sınırlar içerisinde deney sonuçları ile test edilmiş ve başarılı olduğu görülmüştür.

Klingner ve Bertero (1976; 1978), gerçek bir yapıdan alınan 1/3 geometrik ölçekli deney elemanları üzerinde deneysel bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada üç katlı ve bir açıklıklı deney elemanları kullanılmıştır. Çalışmada çerçeve elemanları için iki farklı dolgu malzemesi değişken olarak incelenmiştir. Birinci malzeme kil tuğlalar ikincisi ise betonarme dolgudur. Betonarme dolgu duvar çerçevelere eşit aralıklı filiz donatıları ile bağlanmış, dolguda yatay ve dikey yönde eşit aralıkla donatılar yerleştirilmiştir. Deney elemanları tersinir yükler altında test edilmiştir ve kolon elemanlarına aksel yük uygulanmıştır. Deney elemanları yüklemenin ilk aşamalarında birdöküm üretilmiş yüksek kiriş gibi davranış sergilemişlerdir. Artan yük aşamalarında çerçeve ile dolgu arasında köşe bölgeler haricinde ayrılmalar oluşmuştur. Ayrılmanın meydana gelmediği köşeler arasında diagonal bir basınç çubuğunun oluştuğu gözlenmiştir. Bu aşamadan sonra deney elemanları köşegen doğrultusunda çerçeveye mafsallar ile bağlı bir çubuğa sahip çerçeve gibi davranış sergilemişlerdir. Diagonal doğrultudaki basınç çubuğunda oluşan beton ezilmeleri ile deney elemanlarında çok büyük bir yük kaybı oluştuğu gözlenmiştir. Ayrıca dolgunun çerçeve sisteminin göçme anındaki yanal deplasmanını sınırlandırarak önemli ölçüde azalttığı görülmüştür. Dolgunun sistemin yanal dayanımını boş çerçevelere göre 4.5 kat

arttırdığı görülmüştür. Dolgu elemanların göreceli kat deplasmanını sınırladığı ve enerji tüketim kapasitesini de önemli ölçüde arttırdığı da elde edilen sonuçlar arasındadır. Araştırmacılar bu deney sonuçlarını kullanarak, Holmes'in (1972), eşdeğer basınç çubuğu konusundaki araştırmasından da yararlanarak matematik model oluşturmuşlar ve bir bilgisayar yazılımı geliştirmişlerdir.

Yüzüğüllü (1979; 1980), betonarme boş çerçeveleri güçlendirmek amacıyla önüretimli paneller kullanmıştır. Panelleri birbirleri ile bağlamak için çeşitli bağlantı tipleri araştırmıştır.

Liauw (1979; 1980; 1985), depremi benzeştiren dinamik bir yükleme ile bir seri deney elemanı üzerinde deneysel bir çalışma yapmıştır. Deneysel çalışmasında bir açıklıklı dört katlı çelik çerçeve ve betonarme dolgulu deney elemanları kullanmıştır. Bu çalışmada değişken olarak boşluk alan etkisi, çerçeve ve dolgu arasındaki bağlantı detayı ve çerçevenin yükseklik/genişlik oranının etkileri incelenmiştir. Bağlantı elemanı olan ve olmayan boşluksuz dolgular diagonal basınç çubuğundaki ezilme sonucunda göçmüşlerdir. Boşluk olan bağlantısız dolgularda, dolgunun üstündeki hatıl kirişinde oluşan eğilme kırılması ile göçme olurken, bağlantılı olan dolgularda ise yine hatıl kirişinde oluşan kesme kırılması ile göçme meydana gelmiştir. Çerçeve ve dolgu arasındaki bağlantı elemanlarının, boşluklu ve boşluksuz deney elemanlarında rijitlik ve dayanımı arttırdığı gözlenmiştir. Ayrıca boşluğun sistemdeki rijitlik ve dayanımı düşürdüğü sonucu elde edilmiştir.

Hayashi ve ark. (1980), daha önceden inşaa edilmiş betonarme yapıların güçlendirilmesine yönelik çalışmalar yapmış ve iki güçlendirme yöntemi incelemiştir. Yöntemlerden birincisi boş çerçevelerin yerinde üretim betonarme dolgular ile güçlendirilmesi, ikincisi ise kolonların hasır donatı sarılarak mantolanmasıdır. Deneysel çalışmada 6 adet 1/3 geometrik ölçekli, bir açıklıklı, bir katlı deney elemanları test edilmiştir. Deney elemanlarında dört farklı çerçeve ve dolgu birleşim detayı denenmiştir. Bağlantı detayları sırası ile beton kesme kilitleri, sadece yukarıdaki kirişe sabitlenen çelik parçalar, tüm iç kenarlara sabitlenen çelik bağlantı elemanları ve tüm iç kenarlara bağlanan çelik levhalar ve iç yüzlerin pürüzlendirilmesidir. Deney elemanlarını tersinir yüklemeler altında test etmişlerdir. Birdöküm deney elemanı tüm dolgu üzerine yayılmış kesme çatlakları ile göçmüştür.

Kesme kilitli elemanda, üst kirişe bağlantı amacıyla kullanılan kesme kilitlerinin kırılması sonucunda, çerçevenin kolonlarının uç kısmında oluşan kesme çatlakları ile eleman kesmeden göçmüştür. Çelik filiz donatılı elemanda ise üst kirişe bağlantı oluşturan çelik filizlerin kesilmesi ile göçme gelişmiştir. Güçlendirilen çerçeve elemanlarında yük taşıma kapasitesi, boş çerçeveye göre 3.5-5.0 kat daha fazla ve birdöküm elemanın kapasitesinin 0.55-0.72'si olarak elde edilmiştir. Araştırmacılar içlendirme metodu olarak bu yöntemin çok iyi sonuçlar verdiği kanısına varmışlardır.

Higashi ve Kokusho'nun (1980), çalışmasında, güçlendirme yöntemlerini incelemek amacıyla 1/3 geometrik ölçekli deney elemanları üzerinde çalışma yapmışlardır. Birinci yöntem olarak önceden imal edilmiş boş bir betonarme çerçeve içerisine dolgu yerleştirmişler ve çerçeve ile dolgu arasındaki bağlantıyı sağlamak için kesme kilidi kullanmışlardır. Bu sistemde göçme, kesme kilitlerindeki kırılmadan sonra kolonun kesmeden göçmesi ile meydana gelmiştir. İkinci yöntemde ise önüretimli dört dar panel, boş bir betonarme çerçevenin içerisine yerleştirilmiştir. Bu sistemin yanal dayanımı birdöküm üretilmiş betonarme perdenin dörtte biri değerine ulaşabilmiştir. Üçüncü deney elemanında sadece kolonlara birleşik tek kanat duvarlı önüretimli panel kullanılmıştır. Bu deney elemanındaki güçlendirme yöntemi yanal yük taşıma kapasitesine çok az bir katkıda bulunarak başarısız olmuştur. Dördüncü yöntem olarak boş çerçeve, iç tarafından kolon ve kirişlere ve birbirlerine iyi bir şekilde sabitlenmiş çelik elemanlar ile çevrilmiştir. Bu yöntemde başarılı sonuç elde edilerek çerçevenin sünekliği ve yanal dayanımının arttığı görülmüştür. Dayanımın birdöküm elemana göre 10 kat arttığı sonucuna varılmıştır.

Lawrance (1980), boş betonarme çerçeve sistemleri güçlendirmek amacıyla üç farklı yöntem üzerinde çalışmıştır. Deney programında 1/2 geometrik ölçekli, bir açıklıklı, bir katlı deney elemanları kullanılmıştır. Deney programında yer alan tüm deney elemanları tersinir yükler altında test edilmiştir. Programda yer alan kontrol elemanı boş bir çerçeve olarak, diğer 4 eleman ise çeşitli teknikler ile güçlendirilmek üzere üretilmiştir. İkinci eleman ise yine karşılaştırma amacı ile birdöküm olarak üretilen dolu perde duvardır. Daha sonra üretilen 3 adet deney elemanında yapılacak dolgu, çerçeve elemanları ile ara bağlantı elemanları

kullanılarak birleştirilmiştir. Güçlendirme yapmak amacıyla ilk olarak üretilen elemanda dolgu tek parça, diğer elemanda ise altı parçadan oluşmuştur ve bu parçalar birbirlerine, alt ve üst kirişle sabitlenmiştir. Tüm deney elemanları ve dolgularda boyutlar, donatılar aynıdır. Birdöküm olarak üretilen deney elemanı diğer elemanlara göre daha büyük yanal dayanım göstermiştir. Bu elemanda gevrek bir kırılma biçimi gözlenmiş, göçme anında akmada ölçülenin 1.5 katı yanal deplasman sergilemiştir. Bir parçadan oluşan panel ile üretilen dolgulu çerçeve, eğilme ve kesme davranışını bir arada sergilemiştir. Birdöküm eleman dayanımının ancak 3/4'üne ulaşabilmiştir. Fakat iki kat daha fazla sünek bir davranış sergilemiştir. Birden fazla panelin birleştirilmesi ile oluşan eleman, birbiri ile bağlı yüksek kirişler gibi bir davranış sergilemiştir. Bu eleman birdöküm elemanın dayanım değerinin ancak 1/2'sine ulaşabilmiştir. Elemanda akma deplasmanının üç katı değerinde toplam kesme deplasmanı gözlenmiştir. Araştırmacı son olarak elemanların dinamik davranışı için bir analitik yaklaşımda bulunmuştur.

Yoichi ve Toneo'nun (1980), çalışmalarında 13 adet 1/3 geometrik ölçekli, bir açıklıklı ve bir katlı çeşitli dolgular ile güçlendirilen betonarme çerçeve deney elemanı test etmişlerdir. Çalışmalarında çerçeveli betonarme yapıları güçlendirmeyi amaçlamışlardır. Bu amaca yönelik olarak yapıların dayanımını, sünekliğini ve enerji tüketim kapasitesini arttırabilmek için çerçeve sistemlere çeşitli dolgular ile güçlendirme yapmışlardır. Güçlendirme için kullanılan dolgu türleri; yerinde üretim tam dolu dolgu, önüretimli panellerin bir boşluk kalacak şekilde çerçeveye yerleştirilmesi, tam dolu önüretimli dolgu duvar, çelik gergi çubuklarının çerçeveye eklenmesi, betonarme çerçeveye çelik çerçeve yerleştirme ve betonarme çerçeve içerisine çelik kafes kiriş yerleştirilmesidir. Tüm deney elemanları tersinir yükleme altında test edilmiştir. Güçlendirilen deney elemanları çerçeve sistem ve birdöküm perde duvar arasında bir davranış sergilemiştir. Boşluklu ve boşluksuz önüretimli panelin ve yerinde dökme betonarme perdenin dayanımı boş çerçeve sisteme göre 3-4 kat daha fazla olmuştur. Çelik gergi ve çerçeve ile güçlendirilen elemanlar önüretimli deney elemanı kadar sünek bir davranış sergilemiştir. Tüm deney elemanlarının rijitlik ve

dayanımı elastik olmayan analitik çerçeve modellemesi ile hesaplanmış ve sonuçları deney sonuçlarıyla karşılaştırılarak iyi bir uyum gösterdiği görülmüştür.

Broken ve Bertero (1981), betonarme çerçeve ve dolgu sistemlerin dinamik davranışını incelemek amacıyla 18 adet deney elemanını tersinir yükler altında test etmişlerdir. Deney elemanları gerçek 11 katlı ve 3 açıklıklı bir yapı çerçevesinin bir bölümü gözönüne alınarak, 1/3 geometrik ölçekli olarak, Bertero ve Klingner'in (1976; 1978), deney elemanlarına özdeş olacak şekilde seçilmişlerdir. Çalışmada değişken olarak birbirinden farklı dört tip dolgu malzemesi seçilmiştir. Bunlar sırası ile kil ve beton tuğlalar, dışına hasır donatı yerleştirilmiş tuğlalar ve hafif beton paneller olarak sıralanabilir. Elde edilen sonuçlar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

- Donatı olsun veya olmasın dolgu, boş çerçeve sistemlerin yanal rijitlik ve dayanımını önemli ölçüde artırmaktadır.
- Yanal rijitlik ve dayanım yük geçmişi ile yakından ilgilidir. Tekdüze yüklemeler altında panel donatısının detaylandırması ve yerleşim düzeni davranışı fazla etkilememiştir. Fakat tekrarlanır yüklemelerde donatı detaylandırması, yerleşimi ve panel ile çerçeve arasındaki bağlantı şekli davranış üzerinde büyük etkiler yapmaktadır.
- Tüm deney elemanlarında hasar birinci katta yoğunlaşmıştır.
- Başlangıç yanal rijitliği olarak birdöküm perde duvar boş çerçeveye göre 4.8- 5.8 kat daha iyidir.
- Panel eklenmesi boş çerçevenin dinamik davranışını önemli bir şekilde değiştirmiştir.
- Panel eklenmesi, boş çerçeve sistemlere göre yanal deplasman yapmayı önemli ölçülerde azaltmıştır.

Kaldjian (1984), çerçeve ve dolgunun analitik olarak modellenebilmesi için sonlu eleman yöntemini kullanmıştır. Analiz sonuçları deneysel sonuçlarla uyumludur. Çerçeve ve dolgu, üçgen elemanlarla ayrı ayrı modellenmiş ve aradaki bağlantı elemanları olarak yaylar kullanılmıştır.

Yüzüğüllü ve Kaldjian (1984), birbirlerine bir kirişle bağlı, simetri ekseninde bir kolona sabitlenmiş, İki adet kanat şeklinde panel duvarlı 10 adet

deney elemanı test etmişlerdir. Deney elemanları 1/2 geometrik ölçeğe sahiptir. Sonuç olarak birdöküm duvara göre panel duvarların daha fazla deplasman yaptığı ve enerji tükettiği ve çelik bağlantı parçalarının bu konuda önemli rol oynadığı kanısına varılmıştır. Ayrıca çalışma sonuçları sonlu eleman yaklaşımı ile oluşturulan bir model ile karşılaştırılmıştır.

Liauw ve Kwan (1985), dolgulu betonarme çerçevelerin plastik analizi için bir analitik model geliştirmişlerdir. Geliştirilen yöntem deney sonuçları ile karşılaştırılarak test edilmiştir.

Achyutha ve diğerlerinin çalışması (1986), tuğla dolgulu çerçevelerin analizi için sonlu eleman yöntemi kullanılarak yapılan bir araştırmayı içermektedir. Ayrıca çalışma bir adet kapı veya pencere boşluğu olan veya tam dolu çerçevelerin analizini de kapsamaktadır. Boşluğun üstünde yer alan hatıl modele dahil edilmiştir. Sonlu eleman modelinde çerçeve ve dolgu arasındaki ayrılma, kayma ve sürtünme kaybı dikkate alınmıştır. Araştırmada dolguda yer alan bir adet boşluğun büyüklük olarak değişimi ve boşluk etrafına yerleştirilen rijit çubukların yerleşim şeklindeki değişimin, sistemin yanal rijitlik ve dolgu içindeki gerilme dağılımı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Model ve deneysel sonuçlar karşılaştırılarak modelin doğruluğu kontrol edilmiştir.

Saatçioğlu'nun (1990), çalışmasında betonarme kısa perdelerin deprem yükü altında davranışı deneysel olarak araştırılmıştır. Büyük ölçekli perde elemanlar tersinir yükler altında denenmiştir. Asal çekme kırılmalarının duvar donatısı ile önlediği elemanlarda, perde tabanı boyunca kesme kayması gözlemlenmiştir. Kesme kaymasının kısa duvarlarda kritik olduğu ve bu tür davranışın perde sünekliğini azalttığı deneylerle gösterilmiştir. Aynı araştırmada kaymayı önleyici özel donatı türü geliştirilmiştir. Bu donatı kritik kesite dik kısa çubuklardan oluşmaktadır. Çubuklar kritik kesit boyunca oluşan eğilme çatlağını bağlayıcı nitelikte olup, bu bölgedeki çatlak konumunu değiştirerek kritik yüzeyde beton kesme dişleri oluşturmaktadır. Bu tür donatının kullanıldığı deney elemanlarında kaymanın tamamen ortadan kalktığı gözlenmiştir.

Altın ve ark. (1990; 1992), 4 adet iki katlı ve bir açıklıklı, 1/3 geometrik ölçeğe sahip deney elemanları üzerinde deneysel bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada betonarme çerçevelerin betonarme dolgu duvarlar ile güçlendirilmesi

sonucunda ortaya çıkan davranış ve dayanım değişikliğini incelemiştir. Deney elemanları önceden hasar almamış boş çerçevelere sonradan eklenen betonarme dolgu duvarlar ile güçlendirilmiştir. Deneysel çalışmada incelenen değişkenler; betonarme dolguda donatı yerleşim biçimi, betonarme dolgu ile çerçeve sistemi arasındaki yük aktaran donatıların detaylandırılması, kolon eğilme kapasitesi, kolondaki eksenel yük miktarındaki değişim ve çerçevenin beton basınç dayanımıdır. Tüm deney elemanları tersinir yüklemeler altında test edilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

- Çerçeve ve betonarme dolgu duvarı arasındaki yük aktaran donatı detayının dayanım ve süneklik düzeyi üzerindeki etkisinin önemli olduğu sonucuna varılmıştır.
- Kolon eğilme kapasitesinin ve eksenel yükün artması, davranışın iyi yönde gelişmesini ve deney elemanının dayanımının artmasını sağlamıştır.
- Betonarme dolgu duvarı ile güçlendirilen deney elemanlarında davranışı en çok etkileyen faktörün çerçeve ile betonarme dolgu arasındaki yük aktarma mekanizmasında da en önemli rolü üstlenen, dolguyu çerçeve sisteme sabitleyen donatı detaylandırması olduğu genel kanısına varılmıştır.

Kato ve ark. (1995), genel olarak bir adet boşluk içeren önüretimli dolgu duvarların tasarımında taşıma gücü yönteminin uygulanması ve boşluk etrafındaki donatı detaylandırmasının davranışa olan etkisini analitik bir yaklaşımla incelemiştir. Çalışmada araştırılan boşluklu perdeler önüretimli olarak üretilen elemanlardır ve sadece dolgu ortasında yer alan pencere veya kapı boşluğu şeklindeki bir boşluğun yanal dayanım ve rijitlik üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu çalışmada dolguda yer alan boşluğun etrafına yerleştirilecek donatı detayları hakkında da bir araştırma yapılmıştır. Araştırmada sadece taşıma gücü yaklaşımı kullanılarak yukarıda ifade edilen tip duvarlar için bir analiz yönteminden bahsedilmiş ve çok sınırlı sayıda bu konuda yapılmış deney sonuçları ile yöntem kontrol edilmiştir.

Kato ve ark. (1996), birdöküm olarak üretilmiş betonarme perdelerde boşluk alanı büyüklüğü ve yerinin, perde yatay deplasman kapasitesi ve dayanımı

üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak üretilen 6 adet deney elemanı test edilmiştir. 4 adet deney elemanında perde ortasında yer alan pencere boşluğu ve boşluk alanı büyüklüğünün değişimi incelenmiştir. Diğer 2 elemenda ise merkezde olan ve olmayan kapı boşluğu üzerinde inceleme yapılmıştır. İncelenen diğer bir parametre ise kanat duvarlarında boşluk çevresine yerleştirilen donatı miktarının değişimidir. Deney sonuçlarında boşluklu perde tarafından taşınan kesme kuvvetinin sadece basınç etkisinde kalan kanat kısmı tarafından taşınmasına karşın, eğilme dayanımı ve deplasman kapasitesinin boşluksuz perdelerle göre çok fazla değişim göstermediği bulgularına ulaşılmıştır. Ancak eğer boşluk orta kısımda yer alıyor ve etki eden kesme kuvveti iki tarafta yer alan kanat duvarları tarafından taşınıyor ise eğilme dayanımı ve yatay deplasman kapasitesinde boşluk nedeniyle bir düzeltme yapılması gerekliliği sonucu elde edilmiştir.

Taylor ve ark. çalışması (1998), alt kısmında bir adet boşluğu olan, yüksekliği genişliğine göre çok büyük betonarme perdelerle ilgili deneysel ve analitik bir araştırmadır. Araştırmanın birinci amacı, düşey sınır donatılarının deplasmana bağlı bir metodla seçiminin incelenmesi ve yatay donatıların kafes giriş analogisi metodu ile seçiminin araştırılmasıdır. 1/4 ölçekli iki adet deney elemanı sabit aksenal yük altında tersinir tekrarlanır yükleme ile test edilmiştir. Deneysel sonuçlar, yukarıda önerilen analitik yöntemler kullanılarak donatılandırılan deney elemanlarının iyi bir davranış ve süneklik sergilediğini göstermiştir.

Buonopane ve White'nin (1999), çalışmasında 1/2 ölçekli, iki açıklıklı ve iki katlı tuğla dolgulu betonarme çerçeve deney elemanı üzerinde, dinamik yükleme altında test yapılarak bu sistemin deprem davranışı üzerinde bir araştırma yapılmıştır. İkinci kat tuğla dolgularında pencere boşluğu yer almaktadır. Çalışmada deney sonuçları kullanılarak sistemin yanal rijitlik ve deplasman kapasitesini tahmin etmek için farklı diagonal çubuk biçimleri analitik olarak incelenmiş ve sonuçlara en uygun olanı araştırılmıştır. Ayrıca kesme dayanımının tahmini için bir model oluşturulmaya çalışılmış ve model deney sonuçları ile karşılaştırmıştır.

Sittipunt (1995), çalışmasında yüksekliği genişliğine göre büyük olan betonarme perdelerin tersinir yüklemeler altındaki davranışına gövde donatısının etkisi incelenmiştir. Dört adet deney elemanı üzerinde deneysel bir araştırma yapılmıştır. Bu deney elemanlarından ikisi yaygın olarak kullanılan ortogonal donatı, diğer ikisi ise diagonal donatı yerleştirilen elemanlardır. İki tip donatı deteylandırma tekniği karşılaştırıldığı zaman yatay yük taşıma kapasitesi yönünden önemli farklılık gözlenmemiştir. Diagonal donatı detayına sahip elemanlar diğerlerine göre daha az kesme çatlak genişliği ve daha fazla enerji tüketim kapasitesi sergilemişlerdir.

Türk (1998), çalışmasında bir açıklıklı, iki katlı 1/3 geometrik ölçekli 9 adet deney elemanını test etmiştir. Çalışmada hasar görmüş çerçeve sistemlere sonradan eklenen yerinde dökme betonarme dolgu duvarların etkileri incelemiştir. Tüm deney elemanları tersinir yükleme altında test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda kısaca özetlenecektir.

- Betonarme dolgunun davranışını etkileyen en önemli parametre, çerçeve sistem ile dolgu arasındaki yük aktarma mekanizmasında en önemli role sahip olan, dolguyu çerçeve sisteme sabitleyen donatı detaydır. Bu birleşimin başarısı ise tamamen işçilikte gösterilen özene bağlıdır.
- Çerçeve kolonlarında katlar seviyesinde yapılan yetersiz uzunluktaki bindirme ekleri dolgulu deney elemanının dayanım ve sünekliğini son derece azaltmıştır.
- Boş çerçevedeki hasar miktarının değişiminin betonarme dolgu duvarın davranışını çok değiştirmediği gözlemlenmiştir.
- Betonarme dolgu duvarların yatay dayanımının boş çerçevelere göre 8-13 kat daha fazla olduğu ve başlangıç süneklik değerinin de 19-24 kat daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Canbay'ın (2001) çalışmasında, betonarme dolgu duvarı ile onarılmış olan boş çerçevelerin üç açıklıklı, iki katlı, 1/3 geometrik ölçeğe sahip bir deney elemanı üzerinde incelenmiştir. Gerçek yapılarda uygulanan onarım işlemi sonucunda, yapıyı oluşturan diğer çerçeve elemanları ile betonarme dolgu duvarı ile onarılmış olan çerçeve arasındaki etkileşimin ve yük paylaşımının gerçeğe daha uygun bir şekilde incelenmesi amaçlanmıştır. Bu paylaşımın takip edilebilmesi için

dolgu duvarının eklenmediği açıklıkların kolonları altına yatay deprem yükü uygulanması sonucunda gelen kesit tesiri değerlerinin izlenebilmesi için özel bir ölçüm aracı geliştirilmiş ve çeşitli deneyler ile kalibre edilmiştir. Aşağıda çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar kısaca özetlenecektir.

- Üretilen ve kalibre edilen özel amaçlı ölçme aracı uygulanan yatay yükün çerçeve kolonları ve çerçeveye sonradan eklenen betonarme dolgu duvarı arasındaki paylaşımı konusunda önemli veriler sağlamıştır.
- Yapılan ölçümler sonucunda, henüz kolon boyuna donatıları akmamış çerçevenin betonarme dolgu duvarı ile onarıldıktan sonra uygulanan yatay yükün yaklaşık %90'nını taşıdığı bulgusuna ulaşılmıştır.
- Betonarme dolgu duvarı eklenmesi sonucunda sistemin başlangıç rijitliğinin çerçeveye göre 15 kat daha fazla olduğu görülmüştür.
- Betonarme dolgu duvarı eklenmiş sistemin yatay yük taşıma kapasitesi boş çerçeveye göre 4 kat artmıştır.
- Analitik olarak yapılan hesaplamalarda, hasar görmemiş çerçeve kolonlarının moment-eğrilik ilişkisinin büyük bir doğrulukla yapılabildiği ancak hasar görmüş çerçeve kolonlarında analitik yaklaşımların iyi sonuç vermediği görülmüştür.
- 40φ filiz boyuna sahip iç kolonlarda aderans ve sıyrılma problemleri olduğu gözlenmiştir.

Deney sonuçları ve analitik analizler arasındaki yaklaşımları etkileyen en önemli değişkenlerin, donatı aderans boyu ve sıyrılma problemleri olduğu sonuçlarına varılmıştır.

Chai ve Hutchinson'ın (2001) çalışmasında, bir katlı, bir ve iki açıklıklı, çeşitli büyüklüklerde kapı ve pencere boşluğuna sahip önüretimli paneller tersinir yüklemeler altında test edilmiştir. Çalışmada panellerde yer alan boşluk alanı büyüklüğünün davranışa olan etkileri araştırılmıştır. Bir katlı, bir açıklıklı modelde tüm panel alanının %36'sı büyüklüğünde pencere ve kapı boşluğu, iki açıklıklı modelde ise %31'i büyüklüğünde pencere ve kapı boşluğu düzenlemesi yapılmıştır. Çalışma halen devam etmektedir.

Anıl (2002), çalışmasında 9 adet tek açıklıklı, tek katlı dolgulu çerçeve deney elemanı test etmiştir. Deney elemanları 1/3 geometrik ölçeklidir. Dalgulu çerçeve deney elemanları deprem etkilerini benzeştiren tersinen yükler altında test

edilmiştir. Çalışmanın amacı boşluklu dolgu duvarlı çerçevelerin davranışlarının deprem yükleri altında incelenmesidir. Dolgulu çerçevelerde boşluk alan büyüklüğü ve yeri incelenen ana değişkenlerdir. Deney sonuçları, boşluk alanı büyüklüğü ve yerindeki değişimin dolgulu çerçevelerin rijitlik, dayanım, deplasman, süneklik ve enerji tüketimi üzerindeki etkilerini ortaya koyacak şekilde değerlendirmiştir. Analitik sonuçları deneysel gözlemlerle karşılaştırmıştır. Güçlendirme amacıyla kullanılan boşluklu dolgu duvarlı çerçevelerin tasarımı ve detaylandırılması için öneriler oluşturmuştur.

Ataman'ın (2003) çalışmasında deney numuneleri, 4 adet bir açıklıklı ve iki katlı çerçeveler olarak modellenmiştir. Deney numuneleri 1/3 geometrik ölçekle tasarlanmıştır. Hazırlanan deney elemanları daha önceden belirlenmiş olan dolgu duvarla güçlendirildikten sonra test edilmiştir. Böylece, çerçeve taşıyıcı sistemine sonradan ilave edilen betonarme dolgu duvarların, çerçevenin yatay deprem yükleri etkisi altında davranışına olan etkileri, belirlenmeye çalışılmıştır.

Tüm deney elemanlarında çerçeve ile betonarme dolgu duvarı arasındaki bağlantı biçimi aynıdır. Epoksi kullanılarak çerçeveye kenetlenen filiz donatıları çerçeve ile betonarme dolgu duvarı arasındaki bağlantıyı sağlamıştır. 1 nolu deney elemanı boş çerçeve, 2 nolu deney elemanı birdöküm betonarme perdeli olarak üretilmiştir. Bu iki deney elemanı referans elemanları olarak düşünülmüştür. Çerçeve iç alanının %50 'si betonarme kanat dolgu duvarlı 3 nolu ve boşluksuz betonarme dolgu duvarı ile güçlendirilmiş 4 nolu iki deney elemanı daha üretilmiştir. Referans elemanı olan sistemler ve güçlendirilmiş yeni sistemler, deprem yüklerini benzeştiren tersinir ve tekrarlanır yükler altında test edilmiştir. Yapılan deneyler ile betonarme dolgu duvarlar üzerindeki süreksizliğin süneklik, rijitlik, enerji tüketimi ve dayanım gibi önemli sonuçları etkileme biçimi araştırılmıştır. Referans deney elemanları ile betonarme dolgulu çerçeveler karşılaştırılmış ve davranış farklılıkları incelenmiştir.

2.1. TÜBİTAK-ODTÜ-İMO Çalışmaları

Eğer yapının yanal rijitliği çok yetersizse ve kolon ve kirişlerin uç bölgeleri sık etriye ile sarılmamışsa eleman onarım/ güçlendirmesi pratik ve ekonomik olmaz. Bu gibi durumlarda çok sayıda kolon ve kirişe onarım/güçlendirme uygulama yerine, tüm deprem kuvvetini alabilecek yeni elemanlar oluşturarak sistemin iyileştirilmesi yoluna gidilir.

Sistem iyileştirmede temel ilke, bazı çerçevelerin kuvvetlendirilip, rijitleştirilmesidir. Bu işlem belirli çerçevelere konacak çelik çaprazlarla veya dolgu duvarla sağlanır. Dolgu duvar prefabrik panolardan veya yerinde dökme betonarmeden oluşabilir. Her iki durumda da dolgu ile çerçevenin bir perde oluşturabilmesi için, dolgu ile çerçeve elemanlarının etkili bir biçimde bağlanması gerekir.

Çelik çaprazlarla güçlendirme genelde ülkemizde yapılar için yeterli olmamaktadır. Bunun da nedeni, genelde binaların yanal rijitliklerinin çok düşük olması ve çelik çaprazlarla yeterli rijitlik sağlanamamasıdır. Çerçeve içine yerleştirilen ve çerçeve elemanlarına bağlanan betonarme dolgu duvarlarla oluşturulan perdeli sistemler, ülkemizde en yaygın kullanılan deprem onarım / güçlendirme yöntemidir.

Betonarme dolgu duvarla yapılan onarım / güçlendirmede, her iki doğrultuda tüm deprem etkisini karşılayacak kadar perde duvar oluşturulmaktadır. Böylece yanal rijitlik de istenen düzeye çıkarılmaktadır. Deprem yeni oluşturulan perdelerle karşılandığından, çerçevelerin salt düşey yük taşıdığı varsayılmaktadır. Bu nedenle genelde çerçevelerde onarım/güçlendirme gerekmemektedir. Ancak deprem sırasında ağır hasar görmüş elemanlar varsa bunlar da manto ile onarılmaktadır.

Dolgulu çerçeve ile onarım/güçlendirme ülkemizde deprem sonrası en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Genelde hasar gören yapılarda hemen tüm kiriş ve kolonların yetersiz olması ve yönetmelik koşullarını sağlamaması, binaların büyük bir çoğunluğunun yanal rijitliğinin düşük olması bu yöntemi çekici kılmaktadır. Dolgulu çerçeve ile onarım/güçlendirme, Erzincan, Dinar ve Ceyhan depremlerinden sonra yaygın olarak kullanılmıştır.

Dolgulu çerçevelerin davranışını anlayabilmek için ODTÜ’de 1970 yılından bu yana yoğun deneysel ve analitik araştırmalar yapılmaktadır. Bu araştırmaların ve

o zamandan beri yapılan uygulamaların ışığında geliştirilen yöntem ve ilkeler aşağıda özetlenmiştir.

2.1.1. Dolgulu çerçeve için ilkeler, detaylar ve öneriler

1. Her bir doğrultuda oluşturulacak dolgulu çerçeve duvarlarının kesit alanlarının (o doğrultuda yalnız kuvvetli yöndeki perdeler), bina katlarının toplam alanına oranı 0,0025'ten az olmamalıdır.

$$\Sigma A_w \geq 0.0025 \Sigma A_{pi}$$

$$\geq 0.01 A_{pt}$$

Taşıyıcı yapı zayıflıklar içeriyorsa (yumuşak veya zayıf kat, kısa kolon gibi)

$$\Sigma A_w \geq 0.003 \Sigma A_{pi}$$

alınmalıdır.

ΣA_w -o doğrultuda kuvvetli yönde olan perde duvarların toplam kesit alanı

ΣA_{pi} -tüm katların plan alanlarının toplamı

A_{pt} - binanın tabandaki plan alanı

2. Dolgulu çerçeveler (perde duvar) olabildiğince her iki doğrultuda simetriyi bozmayacak bir biçimde yerleştirilmelidir.
3. Oluşturulacak perdelerde yatay ve düşey yönde iki sıra donatı yerleştirilmeli ve donatı oranı 97 yönetmeliğinde sünek perdeler için öngörülenden az olmamalıdır.
4. Oluşturulacak perdeler, çerçeve kolon ve kirişlerine açılacak deliklere epoxy ile kenetlenen filizlerle bağlanmalıdır.
5. Filizlerin çerçeve elemanlarına gömülme boyu en az 10φ, tercihen 15φ olmalıdır. Delik çapı filiz çapından 5 mm büyük olmalıdır. Filizler nervürlü donatıdan oluşturulmalıdır. Filizler perde içine en az 35φ kadar uzatılmalıdır.
6. Kolon ve kirişe yerleştirilen filizlerin toplam kesit alanı, o yöndeki perde donatısı toplam kesit alanından az olmamalıdır. Bu amaçla genelde φ 20/500 filiz yerleştirilmektedir.

7. Perde mutlaka bir temele bağlanmalıdır. Perdenin altında sürekli temel varsa bunlara açılacak deliklere epoxy ile kenetlenen filizlerle bu perde mevcut temele bağlanmalıdır. Temele açılacak deliğin derinliği en az 20φ olmalıdır. Perdenin altında temel yoksa mutlaka temel yapılmalı ve bu temel dübellerle mevcut temel sistemine bağlanmalıdır.

Perdeyi temele bağlayan filizlerin toplam kesit alanı, perdenin düşey donatı alanı toplamının en az iki katı olmalıdır. Temel filizleri perde içine en az 35φ uzatılmalıdır.

Yukarıda öngörülen koşullara uygun dolgulu çerçeve oluşturulursa, hasarlı kolonların salt düşey yük taşıma kapasiteleri kontrol edilecek, gerekirse bu kolonlar güçlendirilecektir.

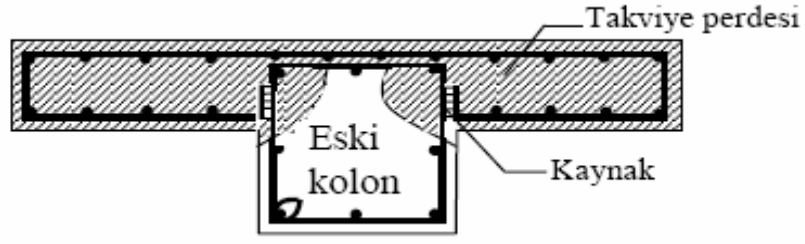
Perdeye (dolgulu çerçeve) gelen zorlamalar nedeniyle, kesme gerilmesi hiçbir zaman 1.5 MPa (15 kgf/cm²)'ı geçmemelidir.

Perde yerleştirilirken simetrisinin bozulmamasına olabildiğince dikkat edilmelidir.



Şekil 2.1. Marmara depremi sonrası Adapazarı'nda bir yapının iki kolonunun perde duvarlarla güçlendirilmesi.

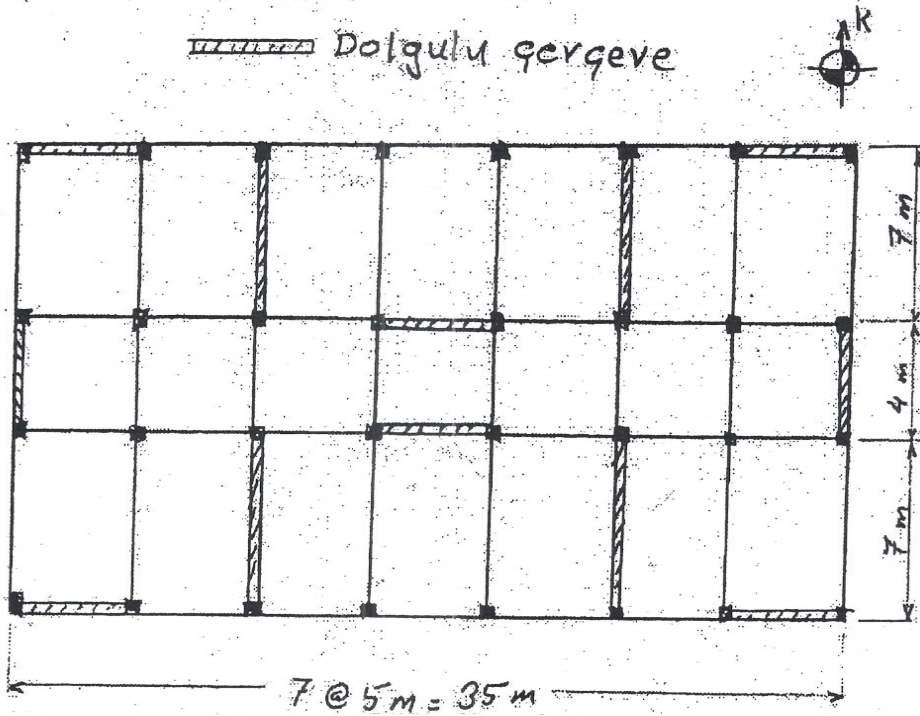
Betonarme perde güçlendirmesi çeşitli şekillerde olabilir. Betonarme kolonun perde duvarla takviyesi Şekil 2.2' de gösterilmiştir.



1.2. Betonarme kolonun perde duvarla takviyesi

uygulaması ve detayıyla ilgili örnek

de kat planı görülen bina için yapılan güçlendirme perdesinin
nadığı kontrol edilecektir.



Şekil 2.3. Tipik kat planı

Bina : 4 katlı (hepsi tipik kat)

$$A_{pt} = 18 \times 35 = 630 \text{ m}^2$$

$$\Sigma A_{pi} = 630 \times 4 = 2520 \text{ m}^2$$

Dolgu duvar kalınlığı = 250 mm

$$\text{Doğu- Batı yönünde } \Sigma A_w = 6 \times 5 \times 0.25 = 7.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Kuzey- Güney yönünde } \Sigma A_w = (4 \times 7 + 2 \times 4) \times 0.25 = 9.0 \text{ m}^2$$

Minimum :

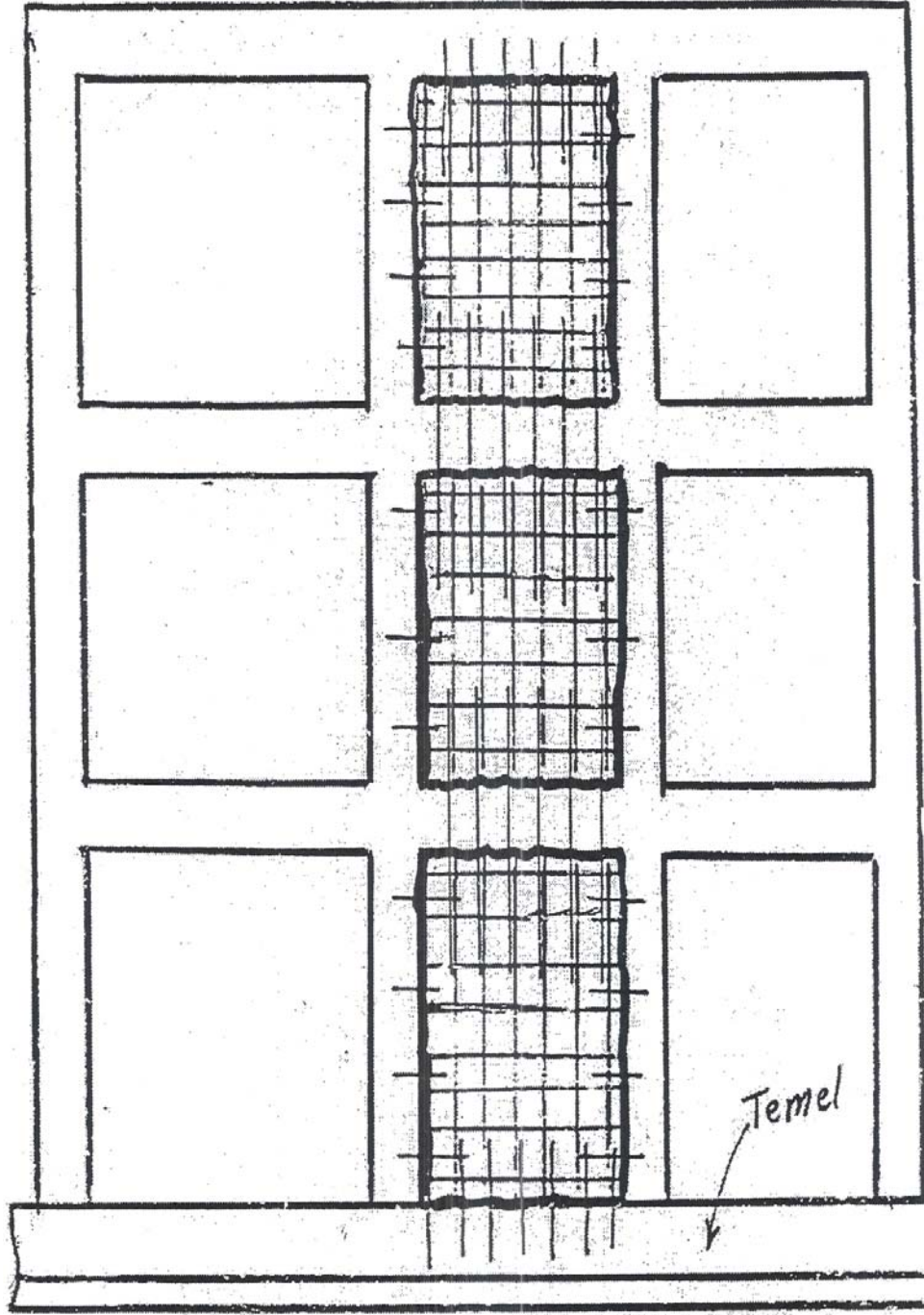
$$\Sigma A_w = 2520 \times 0.0025 = 6.3 \text{ m}^2$$

$$\Sigma A_w = 630 \times 0.01 = 6.3 \text{ m}^2$$

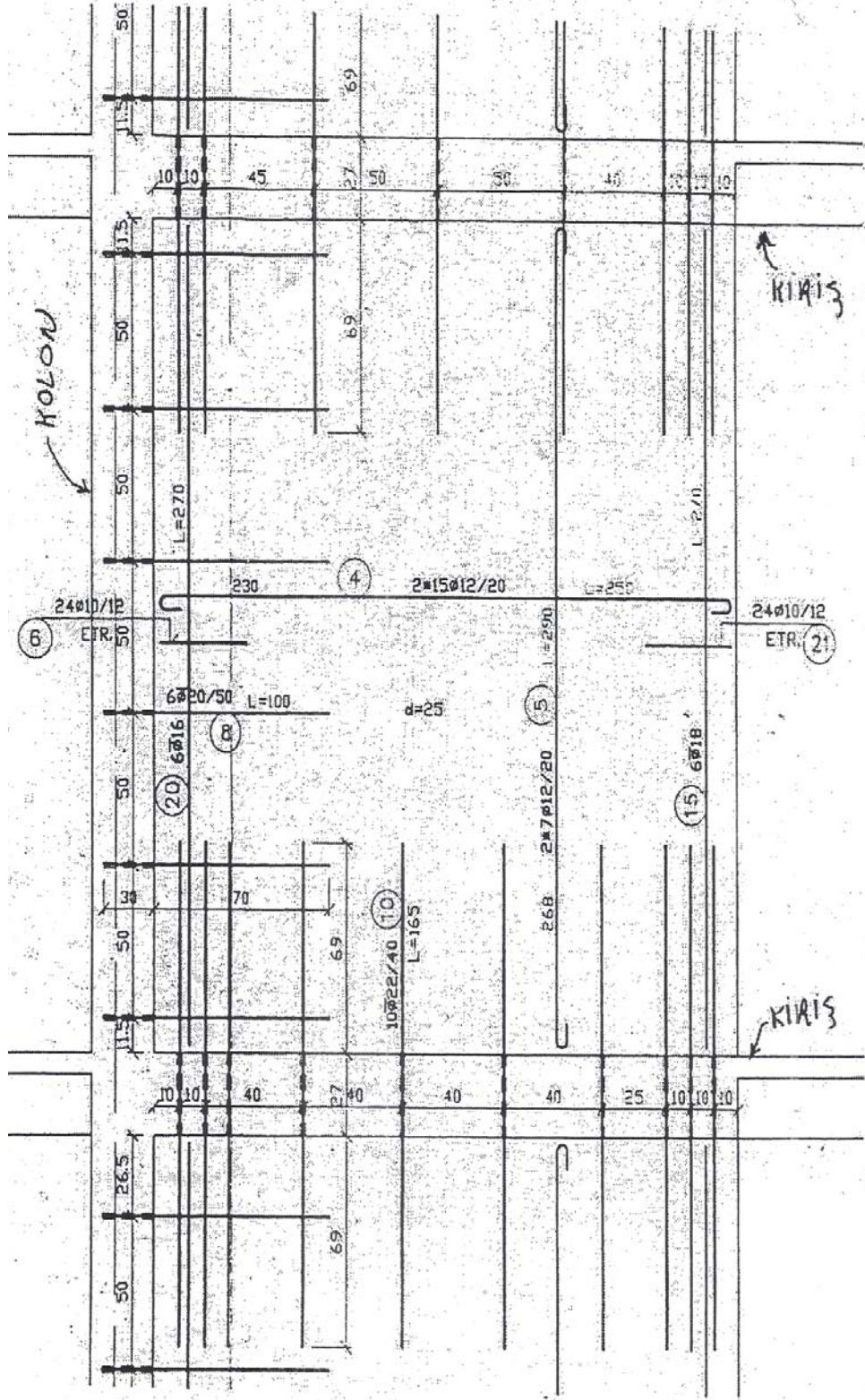
Sağlanan duvar alanı yeterlidir.

Bina görünüşü aşağıda Şekil 2.4’de gösterildiği gibidir ve görüldüğü gibi deprem sonrası hasar olduğu için yapının yanal rijitliğini arttırmak amacıyla tüm katlarda güçlendirme perdesi uygulanmıştır.

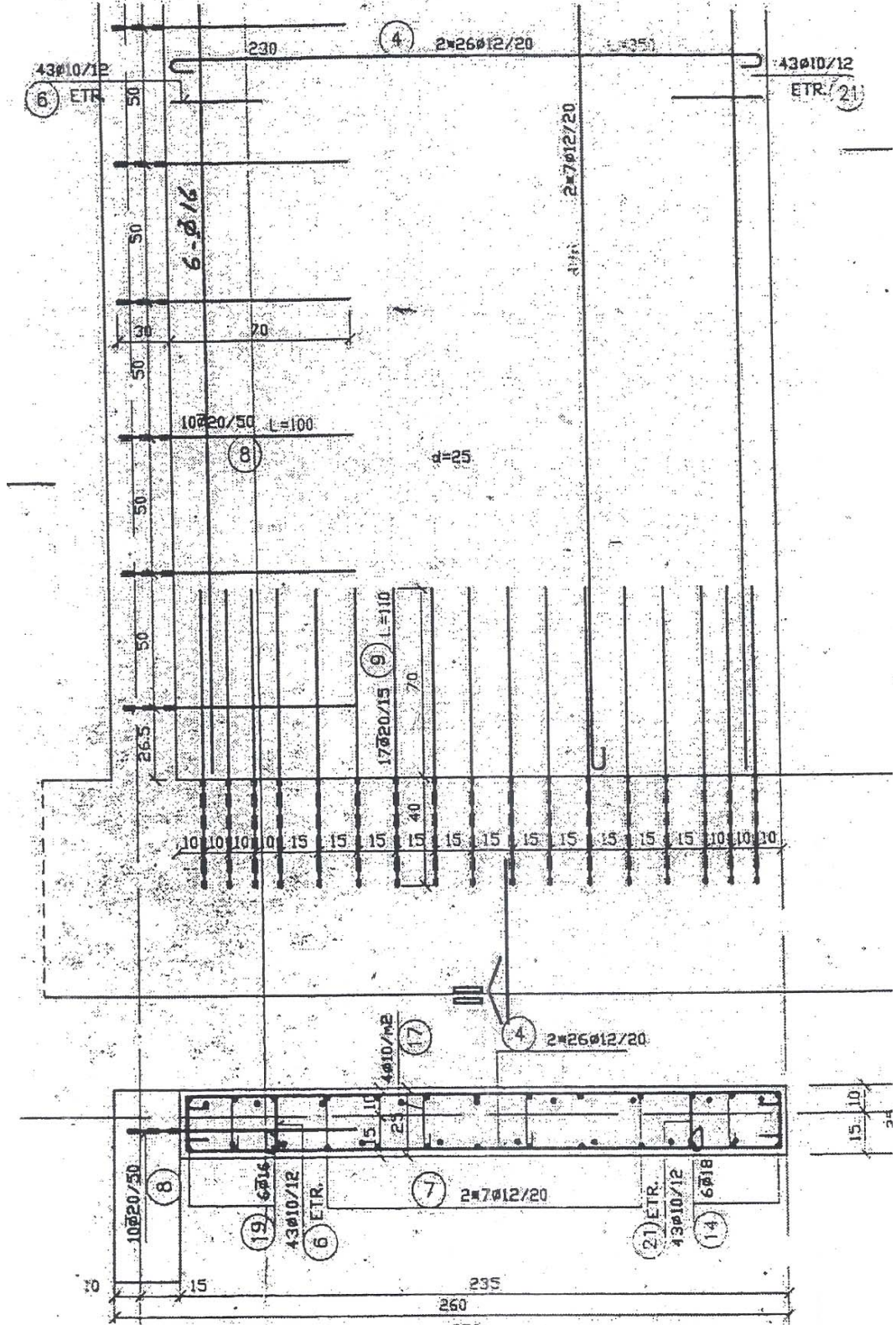
Ayrıca güçlendirme perdesi projesinde perde-kiriş ve perde-kolon arasındaki bağlantı donatı detayları Şekil 2.5’de, perde donatılandırılması da Şekil 2.6’da gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Bina görünüşü



Şekil 2.5. Perde- kolon- kiriş bağlantı detayı



Şekil 2.6. Güçlendirme perdesi donatı detayı

2.1.3. Güçlendirilmiş dolgulu çerçeve davranışı deney sonuçları

Daha önce belirtildiği gibi, ODTÜ 'de dolgulu çerçeve deneyleri 1970'de başlamış olup, halen sürmektedir. 1970 yılında tek katlı, tek açıklıklı çerçeveler denenmiştir. 1985'te başlayan deneylerde tek açıklıklı iki katlı çerçeveler, depremi benzeştiren tersinen-tekrarlanan yükler altında denenmiştir. Tersinen-tekrarlanan yükleme altındaki deneyler üç ana grupta toplanabilir.

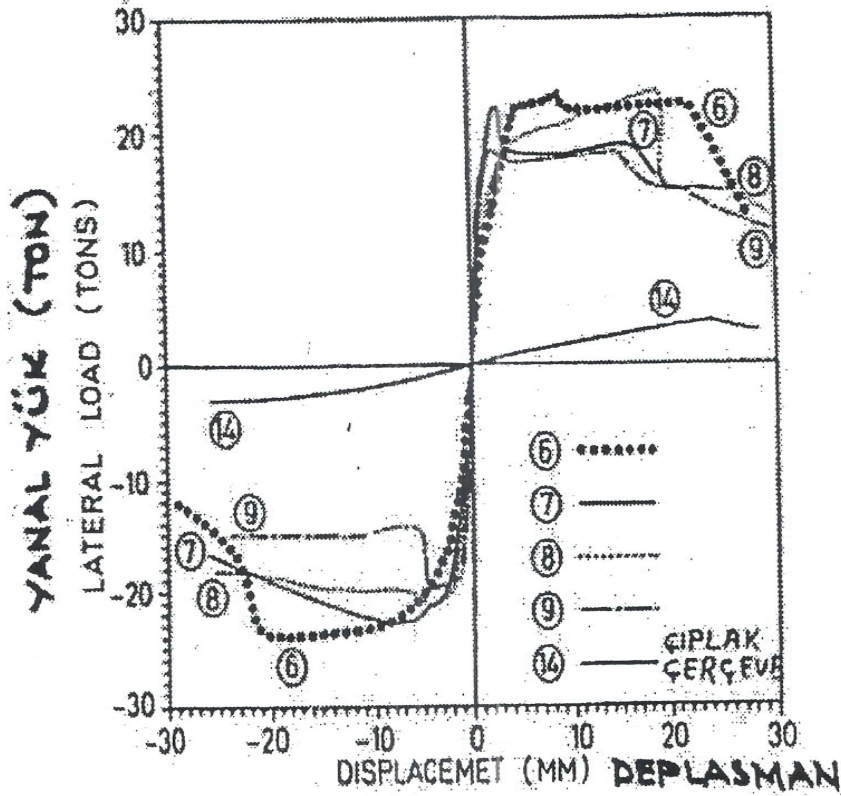
2.1.3.1. Kuvvetli çerçeveye oluşturulan dolgulu çerçeveler

Beton dayanımı iyi, donatı detayı yönetmeliğine uygun hasar görmemiş çerçevelere yerleştirilen ve çerçeveye bağlanan betonarme perdeler.

Bu deney dizisinde, dolgu panelindeki donatı düzeni, çerçeve-perde bağlantısı için çeşitli seçenekler denenmiştir. Diğer değişkenler, kolon aksenal yükü ve kolon boyuna donatısıdır. Elde edilen sonuçlar şöyle özetlenebilir.

- Dolguda, iki sıra birbirine dik donatının en uygun donatı düzeni olduğu saptanmıştır.
- Çerçeve dolgu bağlantısı için en uygun yöntem, çerçeve elemanlarında Hilti ile açılan deliklere filiz yerleştirmek ve filizleri epoxy ile kenetlemektir.
- Dolgunun iki yanındaki kolonlardaki boyuna donatı oranı, dolgulu çerçevenin eğilme kapasitesini tayin eden en önemli parametredir.

Bu dizide 14 eleman denenmiştir. Bunlardan biri boş çerçeve, diğeri ise dolgu ve çerçevenin iyice bağlandıktan sonra birlikte döküldükleri referans elemanlardır. Dört dolgulu çerçeve ve bir boş çerçeve deneyinden elde edilen yatay yük-yerdeğiştirme eğrileri (zarf eğrileri) Şekil 2.7'de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi dolgu yerleştirilen çerçevenin yanal yük taşıma kapasitesi yaklaşık on kat, rijitliği ise yirmi kat artmıştır.



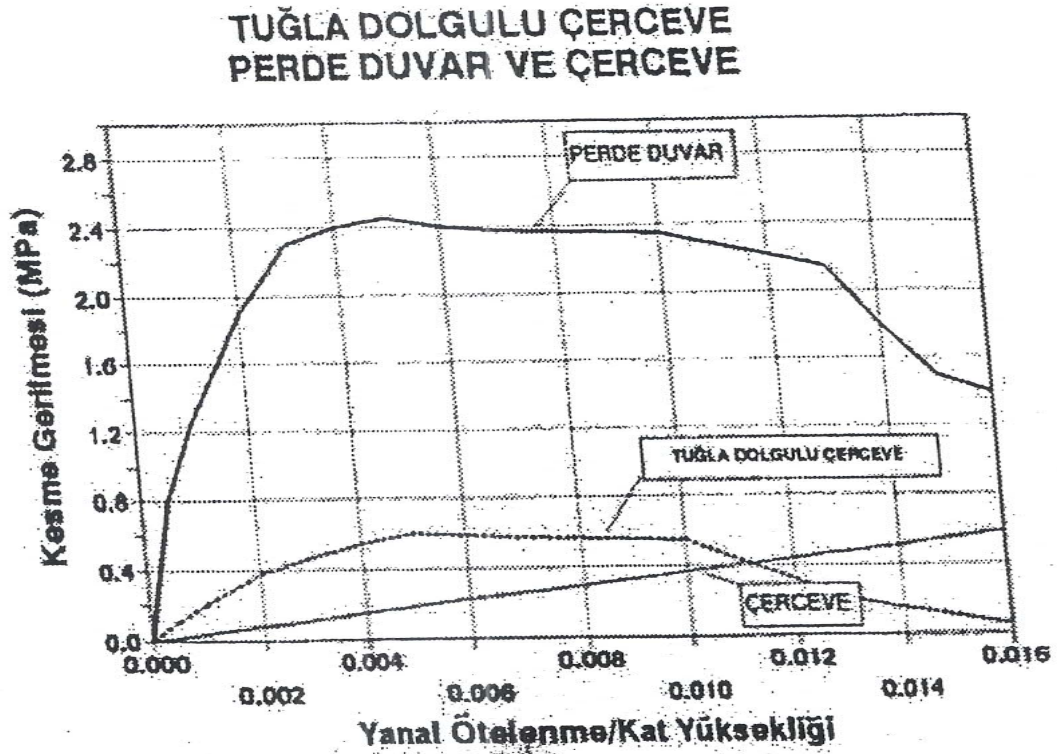
Şekil 2.7. Yatay yük-yer değiştirme eğrileri

2.1.3.2. Delikli tuğla duvar dolgulu çerçeveler

Bu diziden elde edilen sonuçlar şöyle özetlenebilir.

- Delikli tuğla, deliksiz dolgu tuğla gibi ani ve gevrek kırılmamakta katmanların değişik aşamalarda kırılması bir süneklik sağlamaktadır,
- Duvarın iki yanına yapılan sıva, hem dayanımı, hem de rijitliği önemli ölçüde etkilemektedir.

Boş çerçeve, betonarme dolgulu çerçeve ve tuğla dolgulu çerçevenin deneylerden elde edilen kesme gerilmesi görelî kat ötelenmesi eğrileri Şekil 2.8'de gösterilmiştir (zarf eğrileri). Görüldüğü gibi tersinen-tekrarlanan yükler altında bile delikli tuğla çerçevenin hem kapasitesini, hem de rijitliğini önemli ölçüde artırmaktadır.



Şekil 2.8. Perde duvar,dolgulu çerçeve ve boş çerçeve için kesme gerilmesi-görelî kat ötelenmesi eğrileri

2.1.3.3. Zayıf çerçeve ile oluşturulan dolgulu çerçeveler

Bu deney dizisinin 2.7’de irdelenen diziden iki önemli farkı vardır.

- Dolgu yapılmadan önce çerçeve tersinen-tekrarlanan yükler altında önemli hasar oluncaya kadar denenmiştir.
- Çerçeveler ülkemizde yaygın olarak gözlenen aşağıdaki zayıflıkları içermektedir:

Beton dayanımı düşüktür.

Kolon ve kiriş uçları sarılmamıştır.

Birçok kolonda boyuna donatıdaki bindirmeli ekler kat düzeyinde yapılmıştır. Bazı test elemanlarında bindirme boyu yetersizdir (12 ϕ veya 15 ϕ).

Kolayca tahmin edilebileceği gibi bu dolgulu çerçeveler 2.7’dekilerden farklı davranmıştır. En önemli zayıflığın kat düzeyinde kolon boyuna donatısında yapılan ve yetersiz boya sahip bindirmeli ekler olduğu gözlenmiştir.

Bindirme boyu 40 ϕ olduğunda maksimum kesme gerilmesi 1.85 MPa 'a (18.5 kgf / cm²) erişirken, bindirme boyu 15 ϕ olanlarda bu değer 1.3 MPa (13 kgf / cm²) düşmektedir.

Bu dizinin deney sonuçları Çizelgede 2.1'de özetlenmiştir. Bu sonuçların ışığında, kolon boyuna donatısında yetersiz bindirmeli ek olduğu varsayılarak, dolgulu perdelerde kesme gerilmesinin 1.5 MPa (15 kgf/ cm²) ile sınırlanması önerilecektir.

Çizelge 2.1. ODTÜ dolgulu çerçeve deneyleri (ortalama değerler)

ÇERÇEVE TÜRÜ	KAT DÜZEYİNDE BİNDİRMELİ EK? VARSA BOYU	ÇERÇEVE HASARLI VEYA HASARSIZ	ORTALAMA KESME GERİLMESİ MPa(Kgf/Cm ²)	DAYANIM V _{duv} /V _{çer}	RİJİTLİK S _{duv} /S _{çer}
A	YOK	HASARLI(AĞIR)	3.8.(38)	8.6	20.0
A	YOK	HASARLI(ORTA)	4.1(41)	9.1	20.0
B	VAR,40 ϕ	HASARLI(AĞIR)	1.85(18.5)	10.1	19.0
B	VAR,15 ϕ	HASARLI(AĞIR)	1.3(13)	8.2	19.6
B	VAR,40 ϕ	HASARSIZ	2.4(24)	10.0	18.5
B	YOK	HASARLI(AĞIR)	1.8(18)	12.5	17.8
B	VAR,12 ϕ (Kısmi Manto)	HASARLI(AĞIR)	1.9(19)	16.0	21.0

A-Yönetmeliğe uygun çerçeve

B-Zayıf çerçeve

2.2. Gazi Üniversitesi'nde Yapılan Çalışmalar

Gazi Üniversitesi Yapı Mekaniği Laboratuvarında yapılan deneysel çalışmada, betonarme çerçevelerin betonarme dolgu duvarlarla güçlendirilmesi durumunda dolgulu çerçevenin dayanımı, rijitliği, enerji tüketimi, sünekliği ve deplasmanları incelenmiştir.

Deneysel çalışmada 1/3 geometrik ölçekli iki katlı ve bir açıklıklı 4 adet deney elemanı depremi benzeştiren tersinir tekrarlanır yükleme altında test edilmiştir. Yapılan deneysel çalışmada elde edilen sonuçlar, tam dolu betonarme dolgu duvarlar için önerilmiş ampirik denklemler ve yönetmelik kapasite denklemlerinden hesaplanan sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Deneysel çalışmada dolgu duvarları ile güçlendirilmiş çerçevelerin dayanımı, rijitliği, sünekliği ve enerji tüketim kapasitesi incelenmiştir. Betonarme perdeler için önerilmiş ampirik denklemler ve yönetmelik kapasite

denklemlerinin betonarme dolgu duvarlı çerçeveler için geçerliliği incelenmiştir. Sınırlı sayıdaki deney elemanlarından elde edilen sonuçların genelleştirilmesi sakıncalıdır. Yapı elemanlarının verdiği sonuçların tüm yapının davranışını belirlemek açısından yeterli olmayacağı gözardı edilmemelidir. Ayrıca dolgulu çerçevelerin davranışı işçilik kalitesinden çok etkilenmektedir. Aşağıda sunulan sonuçlar bu gerçeklerin ışığında değerlendirilmelidir.

- Deprem bölgelerinde varolan betonarme çerçeve türü yapıların betonarme dolgu duvarları ile güçlendirilmesi uygun bir yöntem olarak görünmektedir. Dolgu duvar, çerçevenin dayanım ve rijitliğini önemli oranlarda artırmaktadır.
- Seçilen geometrideki çerçeve deney elemanları sünek davranış sergilememiştir. Dolgu duvarı ile güçlendirilmiş deney elemanları dolgu duvarlarında diyagonal doğrultularda meydana gelen beton ezilmesi sonucu yük taşıyamaz duruma gelmişlerdir. Deney elemanlarında maksimum yük seviyesine ulaşıktan sonra bir miktar sünek davranış gelişmiştir.
- Dolgu duvarlı deney elemanları çerçeve elemanına göre çok büyük rijitliğe sahiptir. Dolgu duvardaki süreksizlik kat rölatif deplasmanını etkileyen önemli faktör olarak görünmektedir.
- Dolgu duvarlı deney elemanları çerçeve elemanına göre çok daha fazla enerji tüketmiştir. Birdöküm deney elemanı çerçeve deney elemanından 7 kat daha fazla enerji tüketmiştir. Dolgu duvarda bulunan süreksizlik dolgulu çerçevenin enerji tüketim kapasitesi azaltmıştır.
- Sık sargı donatılı uç elemanının dolguda gelişen kesme çatlaklarını sınırlaması dikkati çekmiştir. Elemanların dolgu duvarlarında beton ezilmesinden sonra uç elemanları yükün taşınmasında etkili olmuşlardır.

Betonarme perdeler için yönetmelikler tarafından verilen kapasite denklemlerinin boşluklu betonarme dolgu duvarlarda ne ölçüde geçerli olduğunun araştırılması için yönetmelikler kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Dolgu duvarları ile güçlendirilen çerçevelerin kapasitesinin belirlenmesinde, yönetmelik denklemlerinin başarılı sonuçlar vermediği görülmüştür.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Genel

Bu bölümde dolgu duvarlarla güçlendirmeden önce onarım ve güçlendirmeyle ilgili birkaç tanım yapmak uygun olacaktır.

Güçlendirme, hasar görmemiş bir yapı veya yapı elemanını öngörülen bir güvenlik düzeyine çıkarmak için yapılan işlemlerdir. Burada yapı hasarsızdır.

Onarım, hasar görmüş bir yapı veya yapı elemanını öngörülen bir güvenlik düzeyine çıkarmak için yapılan işlemlerdir. Burada yapı hasarlıdır.

Hasar görmüş yapılarda onarımın yanı sıra güçlendirme de yapılabilir.

Onarım ve güçlendirme yapılmadan önce söz konusu binanın yapısal açıdan o andaki durumunun saptanması zorunludur. Bu amaçla bina yerinde incelenir. İnceleme yapılırken eleman boyutları ve donatısının yanı sıra, var olan çatlaklar ve deformasyonlar da işaretlenir. Binanın o andaki yapı güvenliğinin saptanabilmesi için yapılacak yapısal çözümlemede, çatlama ve deformasyonların rijitlik ve dayanım üzerindeki etkilerini kestirebilmek için davranış bilgisi çok önemlidir. Değerlendirmeyi yapan bir mühendisin çatlama, deformasyon ve donatı akması nedeniyle oluşacak uyumu da (redistribution) gerçekçi olarak saptayabilmesi için sağlam bir davranış bilgisine sahip olması gerekir. Örneğin, normal donatıya sahip bir kirişin burulma çatlamasından sonra, burulma rijitliğinin çatlamamış rijitliğin yirmide birine ineceğini, dolayısı ile çatlama kesitin mafsal gibi davranarak kirişin daha fazla burulma momenti almasına engel olacağını ve sistemde büyük çapta uyum olacağını bilmesi gerekir. Benzer bir biçimde, döşemenin zımbalama dayanımında ve konsolun eğilme davranışında uyum olamayacağını da bilmelidir. Binanın var olan durumu ile yapı güvenliğinin belirlenmesi de davranış bilgisini zorunlu kılar.

Onarım ve güçlendirme için yapılan işlemlerin eleman rijitliklerine ve binanın rijitlik merkezine etkisinin saptanması, yapı güvenliğinin belirlenmesi açısından çok önemlidir.

Hasar görmüş bir yapıda onarım ve güçlendirme yapılmadan önce mutlaka hasar nedeniyle ilgili gerçekçi bir teşhis (tanı) yapılmalıdır. Teşhis yapılmadan yapılan güçlendirme yarar yerine zarar verir. Teşhiste en güvenilir veri çatlak ve deformasyondur. Bu yüzden çatlak ve deformasyonlar dikkatle incelenmelidir.

Depreme karşı yapılacak onarım ve güçlendirmede belgeler üzerinde ve yerinde yapılacak incelemeler tamamlandıktan sonra, mevcut yapıdaki yapı güvenliğinin saptanması gerekir. Bu saptanma yapılırken, dayanım, süneklik, sınırlı yanal ötelenme koşulları temel alınmalıdır. Onarım ve güçlendirme yapılarak değiştirilen yapı için de bu koşulların sağlandığı mutlaka kanıtlanmalıdır.

Onarım ve güçlendirme, kolon, giriş ve perde gibi yapı elemanlarına uygulanabilir. Ancak bazı durumlarda eleman onarımı ve güçlendirmesi yerine “sistem iyileştirilmesine” gidilmesi gerekebilir. Sistem iyileştirilmesi, mevcut çerçevelerin arasına yerleştirilecek perde duvarlarla (yerinde dökme veya prefabrik) veya çelik çaprazlarla yapılır. Sistem iyileştirmesini gerektiren durumlar şöyle özetlenebilir:

- Onarılacak veya güçlendirilecek çok sayıda yapı elemanı vardır. Örneğin, binadaki hiçbir kolon ve girişte sargı donatısı yoktur. Tüm elemanların onarılması veya güçlendirilmesi çok külfetli ve zaman alıcıdır.
- Yapı, yeterli yanal rijitliğe sahip değildir.
- Yapının taşıyıcı sistemini oluşturan yumuşak kat, zayıf kat, kısa kolon gibi önemli sistem zayıflıkları vardır.

Betonarme dolgu duvarlarda sistem iyileştirilmesi yapıldığında, tüm yatay kuvvet dolgulu çerçeve tarafından alındığında, çerçeve elemanlarının onarılıp güçlendirilmesine gerek kalmaz. Bu hem parasal, hem de zaman açısından büyük bir avantajdır. Ancak ağır hasar gören kolonların onarılması gerekir. Sistem iyileştirilmesi depreme karşı çok pratik ve güvenilir bir onarım ve güçlendirme yöntemidir (TÜBİTAK-İMO).

3.1.1. Güçlendirme gereksiniminin nedenleri

Eskime ve koşulların değişmesi: Her bina gerek kullanma biçimi, gerekse inşaat tekniği bakımından zamanının koşullarına uygun olarak tasarlanır ve inşa edilir. Bu binanın daha sonra değişik bir biçimde kullanılmak istenmesi veya yeni bilgilerin ışığında değişen koşul, kural ve yönetmelikler dolayısıyla kontrol edildiğinde (ABYYHY, 1998) bazı elemanlarının veya bütün taşıyıcı sistemin yetersiz kaldığı görülebilir. ‘Yeryüzünde, canlı veya cansız her şey eskir’ gerçeği gözönüne alınarak; bir değişiklik söz konusu olmasa bile, bakımsız bir yapıda eskime yüzünden yükleri taşıma yetersizlikleri oluşabileceğinden, eski bir binanın bu açıdan incelenmesi gerekir (Aka, 2002).

Hasar tespiti: Yangın, patlama, çarpma, deprem gibi olayların binada oluşturduğu hasar önemli boyutlarda olunca onarımla yetinmek mümkün olmaz, onarımla birlikte taşıyıcı sistemin bazı elemanlarının ya da tümünün güçlendirilmesi gerekebilir (Kumbasar ve Celep, 2000).

Mühendislik hizmeti görmemiş yapı: Hiç mühendislik hizmeti görmemiş bir yapı, deprem güvenliği açısından incelendiğinde genellikle yetersiz kaldıktan başka, güçlendirilmesinin mümkün olabileceği de şüphelidir. İyi düzenlenmemiş bir taşıyıcı sistemi hesapla düzgün, yeterli bir duruma getirmek nasıl mümkün değilse, mühendislik hizmetinden yoksun bir yapıyı da güçlendirerek dayanıklı duruma getirmek genellikle mümkün olmaz. Böyle bir yapıyı tanımak, elemanları ve bütünü inceleyerek durumlarını tespit etmek dahi yapıyı yeniden inşa etmekten zor olacaktır (Aka, 2002).

3.1.2. Taşıyıcı sistemin yeni elemanlarla güçlendirilmesi

Mevcut yapının yanal yük dayanımı yeni yapı elemanlarının eklenmesiyle artırılabilir. Bu elemanlar uygun projelendirildiğinde deprem etkisinin büyük bir kısmına karşı koyarak, mevcut sistemin yükünü önemli ölçüde azaltırlar. Kullanılacak yeni taşıyıcı eleman, mevcut yapının taşıyıcı sistemine ve hasar durumuna bağlıdır. Yeni elemanlarla tüm sistemin deprem davranışının değişebileceği unutulmamalıdır. Güçlendirme için öngörülen yeni elemanlarla sistemin rijitliği arttırılacağı için, genellikle deprem kuvvetleri de artar ve etkiler sistemde değişik bir dağılımla ortaya çıkar. Yeni elemanların yapı içinde düzgün

dağıtılmasıyla, etkilerin belirli bölgede yığılması ve istenmeyen burulma etkilerinin meydana gelmesi önlenmiş olur. Mevcut ve yeni elemanlar arasındaki kuvvet geçişinin ve bütünleşmesinin sağlanması için ara bölgelerin özenle ele alınması ve projelendirilmesi gerekir.

3.1.2.1. Betonarme perdeler

Taşıyıcı sistemin depreme karşı güçlendirilmesinde yeni perdelerin ilave edilmesine oldukça yaygın olarak rastlanır. Perdelerin yerlerinin seçiminde, deprem yükleri altında ek burulma momenti meydana getirilmemesine ve planda kütle ve rijitlik merkezlerinin olabildiğince yaklaşmasına dikkat edilmelidir. Döşemelerde açılacak deliklerden, hem perde donatısının sürekliliği için, hem de daha alt kattaki perdeye beton dökümü için faydalanılır. Burada en önemli nokta eklenen perde ile mevcut sistemin beraber çalışmasını sağlamaktır. Yatay deprem kuvvetinin geçişi, perde ile döşeme ortak kesitlerinde ve perdede oluşturulacak yatay kirişlerin mevcut döşeme ile bağlantısını sağlayarak gerçekleştirilebilir. Bağlantı için bazı durumlarda ek döşeme dökülmesi gerekebilir.

Perde başlık donatılarının kat döşemelerini uygun yerlerde kesmelerine, eklerinin yapılmasına ve başlık kısımlarının genişletilmesine özen gösterilmelidir. Gövdede kesilen donatılar yerine, döşeme deliklerinden geçen çapraz donatılar yerleştirilmesi uygundur. Bazı durumlarda perdelerin mevcut kolonları mantolayacak şekilde düzenlenmesi uygun düşer. Böylece, mevcut ve yeni sistemin bütünleşmesi kolaylıkla sağlanmış olur. Bunun gibi kalın perdelerin kat kirişlerini içerecek şekilde düzenlenmesi yatay kuvvet iletimini, perde donatısının sürekliliğini ve bütünleşmeyi güvenli bir şekilde ortaya çıkarır. Ancak bu durum perde kalınlığının büyük olmasını gerektirdiği için pek tercih edilmez.

Yeni güçlendirme perdelerinin projelendirilmesi sırasında dikkat edilmesi gereken bir nokta da temel düzenidir. Eklenen temellerin mevcutlarla beraber çalışması ve perdenin ana donatılarının temel kenetlenmeleri sağlanmalıdır. Bu amaçla temelin ortak yüzeyine epoksi sürmek ve dikiş donatıları yerleştirmek önerilir. Ayrıca, perde ana donatıları temelde önceden açılan deliklere epoksi ile sokularak bağlantı sağlanabilir. Genellikle kolonlardan oluşan çerçeve sistemlerinin perdelerle güçlendirilmesine gidilir. Ancak, perdeler rijitlikleri nedeniyle deprem

kuvvetinin önemli bir kısmını alırlar. Buna karşılık sistem yükünü aldıktan sonra ilave edildikleri için, normal kuvvetleri kendi ağırlıklarından ibarettir. Sadece yeni olarak gelecek hareketli düşey yüklerin taşınmasında yardımcı olurlar. Bu tür normal kuvveti az, eğilme momenti büyük olan perdeler temel düzenlenmesi ortaya çıkan büyük çekme gerilmelerinden dolayı zorluklar ortaya çıkar. Temelin çekme gerilmesi olmadığı kabul edilerek temelin bazı bölgelerde zeminden yerel olarak ayrıldığı kabulü yapılması gerekli olur. Temeli kalın yaparak bu bölgeleri sınırlandırmak mümkün olabilir. Bunun yanında daha etkili bir çözüm için komşu kolonları da içerecek şekilde plak temel düzenlenmesidir. Bu suretle kolonların normal kuvvetlerinden faydalanarak perdeye komşu tekil temeller birleştirilerek büyük bir perde temeli yapılması gerekebilir Zemin emniyet gerilmesinin yeterli olmadığı yerlerde, temel genişletilmesinin yanında, zeminin iyileştirilmesi de düşünülebilir. Bunun yanında deprem etkisi durumunda, etkinin kısa süreli olması sebebiyle zemin emniyet gerilmesinin üstündeki bazı yerel gerilme artışlarına müsaade edilebilir.

Güçlendirme perdeleri plandaki durumlarına göre değişik şekillerde ortaya çıkar. Perdeler planda yerleşimlerine göre cephe perdeleri ve iç perdeler olarak ve düşey kesitteki durumlarına göre eksenel ve dış merkez olarak isimlendirilirler.

a) Eksenel Betonarme Perdeler: Perdeler kolon ve kirişlerin oluşturduğu çerçeve gözlerindeki bölme duvarları perdeye dönüştürülerek, güçlendirme yapılabilir. Kolon ve kiriş eksenleri arasında kalan bu tür perdeler mimari düzeni en az rahatsız ettikleri için tercih edilirler. Yapının kiriş ve kolonlarındaki hasar az ise veya onarımla eski duruma getirilmişse, bölme duvarlarına taşıyıcılık kazandırılması, özellikle iki ve üç katlı yapılarda yeterli olabilir. Bina kat adedinin az olması sebebiyle bina deprem yükü yığma yapı davranışına yakın bir çalışma şekli ile karşılanır. Böyle bir durumda kat perdelerinin komşu kiriş ve kolonlarla bütünleşmesinin sağlanması önemlidir. Perdeye komşu kiriş ve kolonlar güçlendirme sisteminin bir parçası olduklarından, katlar arası kuvvet iletiminin yapılabilmesi gerekir. Eğer bu elemanlarda önemli hasarlar varsa, beton veya donatılarından şüphe ediliyorsa, katlar arası kuvvet akışının sağlanması için tedbir alınması gerekir. Bu gaye ile perde başlıklarının sürekliliğinin sağlanması için başlıklar genişletilebilir. Her durumda da kolon ve

kirişler ile perde arasında kesme kuvvetinin iletilmesi için dikiş donatısının kullanılması önemlidir. Bu maksatla dikiş donatıları epoksi ile kolon ve kirişe bağlanabildiği gibi, tercih edilmemekle beraber kaynaklı donatı birleşimi de kullanılabilir. Kirişlerle perdenin beraber çalışması da benzer şekilde sağlanabilir. Ancak böyle bir değişiklikte, mevcut taşıyıcı elemanlardaki zorlamalar tamamen farklı değerler alabilir. Düşey yükler altında basınca çalışan bir kolon, deprem yükleri altında çekme kuvveti ile zorlanabilir. Şekil 3.1’de üç farklı eksenel perde örneği mevcuttur.

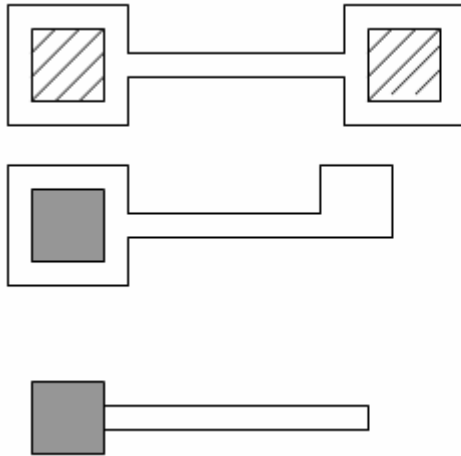
b) Dış betonarme perdeler: Bina dışına yerleştirilen cephe perdeleri, mimari fonksiyonları bozmaması ve bina dışından inşa edilebilmeleri bakımından tercih edilir. Ancak, bu durumda da binanın cephelerinde bulunan pencereler dolu perde yapımını önler ve perdeler dolu perdelere göre saha sünek olmasına karşılık inşası ve donatı detayları daha fazla özen ister. Binanın cephesinde balkon bulunması güçlendirme perdesinin düşey sürekliliğinin oluşturulmasında zorluklar çıkarır. Binanın dışında kalan perdelerin mevcut kirişle ve kolonlarla bağlantılarının yapılarak sistemin bütünleşmesinin sağlanması önemlidir. Perdeye komşu kolonları mantolanarak perde ile birleştirilirse, bütünleşme daha sağlıklı biçimde yapılabilir. Eğer böyle bir durum söz konusu olmazsa, kat seviyelerindeki kirişlere yapılacak bağlantılarla perdenin mevcut sistemle bütünleşmesi gerekir.

c) İç betonarme perdeler: İç perdeler planda binanın iç kısımlarında bulunur. Bunlar genellikle iki uçtaki kolonu mantolayarak onlarla bütünleşirler. Bu durum perdenin mevcut sistemle bütünleşmesini sağlayacağı gibi, perdenin uçlarında meydana gelecek çekme kuvvetinin kolon basınç kuvvetini gözönüne alarak azaltılmasını da sağlar. Bunun yanında perde temelinin düzenlenmesinde kolon basınç kuvvetinin olumlu katkısı hesaba katılmış olur. Kapı ve pencere boşluğunun bulunması durumunda perde bir uçtan komşu kolona bağlanırken, diğer taraftan perde için bir uç bölgesi oluşturulur. Her iki durumda da perde kat seviyelerinde döşemeyi başlık bölgelerinde deler, bu suretle başlık donatılarının sürekliliği sağlanır. Bunun yanında perde gövdesinde döşemede yer yer boşluklar açılarak, hem beton dökümü için kolaylık sağlanırken, hem de bu boşluklara yerleştirilecek donatılarla perdenin katlar arası bütünleşmesi daha kolay sağlanmış olur. Eğer perdenin bir ucu kolonu dörtkenardan mantolayarak bağlanmıyor, sadece kolonun üç,

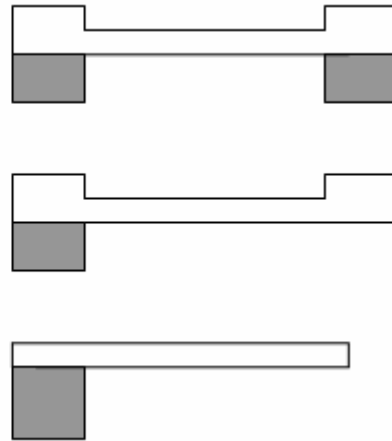
iki veya bir kenarı ile birleşiyorsa, kolon ile perde arası bütünleşmeyi komşu kolon yüzeylerine belirli aralıklarla yerleştirilecek bağ (dikiş) donatıları ile sağlanabilir.

d) Dışmerkez betonarme perdeler: Bina yüksekliğinin artması ile büyüyen deprem kuvvetlerinin karşılanmasında güçlendirme perdesinde katlar arası sürekliliğin sağlanması daha önem kazanır. Bunun gibi mevcut taşıyıcı sistemdeki kolon ve kirişlerin hasarlı olması veya kesit, donatı ve beton kalitesinde belirsizlikler bulunması, perdelerin kiriş ve eksenlerine göre dışmerkez olarak yerleştirilerek döşemedeki deliklerle sürekliliğin sağlanmasını gerektirebilir. Bu durumda da komşu kolonların perdelerle bütünleşecek şekilde mantolanması uygundur. Dışmerkez perde düzeninde perde başlarının donatıları ile devam ettirmeleri sağlanır. Şekil 3.2'de dışmerkez perdeye örnek olabilecek üç şekil verilmiştir.

e) Çelik ve betonarme çerçeveler: Güçlendirme sisteminde mimari bakımından büyük boşluklar istenirse, çelik veya betonarme çerçeveler uygun düşebilir. Kolonların yeterli dayanıma sahip olmadığı durumda, tam bir çerçeveye ihtiyaç duyulur. Ancak kolon ve kirişler yeterli rijitlik ve dayanıma sahipse, sadece çelik veya betonarme köşegen elemanlar eklenerek güçlendirme sağlanabilir. Betonarme eleman durumunda sık etriye kullanılması sünek davranış için gereklidir. Her iki durumda da mevcut yapı ile yeni elemanın bütünleşmesi ve dışmerkezlik oluşturmadan birleşim düzenlemesi önemlidir.



Şekil 3.1. Eksenel perde



Şekil 3.2. Dışmerkez perde

3.2. Materyal

Şekil 3.3’de görülen Şanlıurfa ili merkez ilçesi Paşabağı mahallesi (Ada 94, Parsel 555) Şairnabi 2.Ebru Caddesi Sağlık Apartmanında güçlendirme projesi uygulanmıştır.



Şekil 3.3. İnceleme yapılan sağlık apartmanı

3.2.1. Donatı

Güçlendirme perdesinde $\phi 8$, $\phi 10$, $\phi 12$, $\phi 14$, $\phi 16$ çaplarında nervürlü donatı kullanılmıştır.

3.2.2. Beton

Kullanılan karışımda su/çimento oranı 0.55 olarak hesaplanmıştır. Beton dökümünde agrega olarak dere malzemesi kullanılmıştır. Beton karışımında çakıl olarak 7-15 mm dane boyutunda tuvenan malzemesi, ince kum olarak 0-7 mm dane boyutunda malzeme kullanılmıştır. Betonda standart KÇ-32,5 Portland Çimentosu kullanılmıştır. Beton dökümünde karışım oranlarına göre 1 m^3 beton için gerekli malzemeler Çizelge 3.1’de sunulmuştur.

Çizelge 3.1. 1 m³ beton için malzeme karışım oranları

	Ağırlık(kg)	Ağırlıkça oran(%)
Çimento	350	15.2
Çakıl (7-15mm)	1107	48.1
Kum (0-7mm)	650	28.3
Su	193	8.4
Toplam	2300	100.0

3.2.3. Kalıp

Güçlendirme perdesinin yapımında ahşap iskele kullanıldığı gibi perde yapımı boyunca yapıda çelik destek kullanılmıştır.

Çerçeve içine sonradan eklenen betonarme dolgu duvarın çerçeve elemanları ile bağlantısı, bu iki elemanın ortak davranış sergilemesi açısından önemlidir. Çerçeve ile dolgu duvar arasındaki bağlantı, çerçeve elemanlarına epoksi ile sabitlenen filiz donatılarının dolgu duvarı içerisine uzatılmasıyla sağlanmıştır. Sikadur 42 isimli epoksi filiz donatılarının çerçeveye kenetlenmesi için kullanılmıştır.

3.3. Yöntem

3.3.1. Güçlendirme kararı ve uygulanması

Güçlendirmeye karar verilebilmesi için, önce binanın temel zemininin incelenmesinden başlamak ve yapılaşmaya uygun olduğunu gördükten sonra, yapının ayrıntılı olarak incelenmesi, taşıyıcı sistem elemanlarında ve/veya sistemin tümünde yetersizlikler bulunduğunun ve güçlendirme ile yapıya yeterli taşıma gücü sağlanmasının mümkün olduğunun saptanması gerekir, (Özer, 2000). Bu amaçla:

Binanın incelenmesi: Her binanın kendine özgü özel durumu olabileceğinden tiplendirmeye gitmeden, binaların teker teker ele alınması zorunludur. Her binada taşıyıcı sistem malzemesinin durumu, elemanların taşıma güçleri, sistemin taşıma gücü yeni yüklere göre kontrol edilerek yetersizlikler belirtilmelidir.

Güçlendirme yöntemi seçimi: Elemanlarda, taşıyıcı sistemde görülen yetersizliklerin nasıl bir güçlendirme ile giderilebileceği, yani güçlendirme yöntemi

saptanmalı, bu işlem sonrası yapıda meydana gelecek yeni davranış biçimi göz önüne alınarak, yeni yükleri güvenle taşıyabileceği gösterilmelidir.

Uygulama projesi: Böylece saptanan esaslara göre ve yapının kullanma biçimine, işlevine zarar vermeyen ya da bu zararı en aza indiren bir çözüm araştırılarak ayrıntılı bir uygulama projesi yapılmalı, bundan sonra uygulamaya geçilmelidir. Projede, hasarsız olan, başlangıçta yeterli görülen bazı elemanların, güçlendirme sonrası yeni oluşan sistem dolayısıyla ortaya çıkan yeni davranış biçimi yüzünden etkileneceği hesaba katılmalı, bu tür elemanlarda da, gerekli görülürse, güçlendirme yapılmalıdır.

Uygulama: Güçlendirme projesi eksiksiz uygulanmalı, projenin uygulamaya sürekli ve etkin katılımı sağlanmalı, uygulama sırasında bazı imkânsızlıklar ortaya çıkarsa; uygulayıcı projeci ile birlikte yeni bir çözüm aramalı, özellikle davranışı olumsuz etkileyecek değişiklikler yapılmamalıdır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Araştırma Bulguları

4.1.1. Şanlıurfa şehir merkezinde 5 katlı konut güçlendirilmesi

4.1.1.1. Bina incelemesi

Şanlıurfa ili Paşabağı Mahallesi (Ada 94, Parsel 555) Şairnabi 2. Ebru Caddesi Sağlık Apartmanında 07/ 12/2005 tarihinde inceleme yapılmıştır. Yerinde yapılan incelemede söz konusu binanın 1981 yılında B+Z+4 katlı olarak toprak zemin üzerinde yapıldığı görülmüştür. Lojmanın bulunduğu alan yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu Bamyasuyu mevkisindedir. Binanın sağ yanında tretuvar bulunmamakta sol yanında ise 70–80 cm'lik tretuvar bulunmaktadır. Binanın ön ve arka cephelerinde balkon, yan cephelerde ise 1.20 m'lik kapalı çıkımlar bulunmaktadır.

4.1.1.2. Hasar belirleme çalışmaları

Bir önceki bölümde bahsedilen hususlar dikkate alınarak, yapılan araştırma sonucunda binanın statik betonarme projesi bulunamamış, sadece mimari tadilat projesi bulunmuştur.

Binanın sağ yanında foseptik çukurunun bulunduğu, binadaki oturmalar fazlaşınca bu çukurun doldurulduğu anlaşılmıştır. Lojman olarak kullanılan binanın Şekil 4.1'de de görüldüğü üzere özellikle ön cephesinde duvar ile kolonlar arasında oturma çatlakları bulunmakta ve bu çatlaklar katlar boyunca devam etmektedir. Ön cephe sol başta bulunan kolonda binadaki oturmanın etkisiyle 1-2cm açıklıklı çatlaklar oluşmuştur. Yine ön cephe sağ tarafta bulunan foseptik çukurunun etkisiyle binada aşırı bir oturma olmuş burada bulunan subasman hatılında çatlaklar oluşmuş açığa çıkan donatı korozyona uğramış ve subasman hatılına oturan kolonda kırılma gerçekleşmiştir. Sağ yanda tretuvar olmaması ve burada foseptik çukurunun olması hasarı arttırmıştır. Dairelerde yapılan incelemede özellikle binanın sağ yanında bulunan konsol döşemelerde konsol boyunca görülen çatlaklar gözlenmiştir.



Şekil 4.1. Binadaki oturmanın etkisiyle oluşan çatlaklar

4.1.1.3. Zemin araştırmaları

Paşabağı mahallesi ve yakın çevresi için jeolojik incelemeler sonucu ilk 1.5 metre nebatî toprak, 6 metre holosen yaşlı yeni alüvyon olarak temel sondajı yapılmış ve 7.5 metre tamamlanmıştır.

İncelenme alanını oluşturan hakim birim Holosen yaşlı yeni alüvyonlardır. Etüt alanında temel sondajları neticesinde zeminin özelliğinden dolayı, zeminden belli aralıklarla örselenmiş numune (UD tüp) alınmıştır.

Laboratuar sonuçlarından gelen elek analizine göre inceleme alanını oluşturan alüvyon zemininin birim yüzdeleri şöyledir:

Kil-silt % 79

Kum % 19

Çakıl % 2

Kil-silt oranının % 79 olması alanımızı oluşturan hakim birimin ince daneli zeminden meydana geldiğini göstermektedir. Zemin grubu Z3 yerel zemin grubuna girmektedir.

İnceleme alanı Şanlıurfa ili şehir merkezinde olup 3.derece deprem bölgesindedir.

4.1.1.4. Malzeme özelliklerinin belirlenmesi

Yapılan araştırmalar göstermektedir ki, deprem etkisiyle yapılarda oluşan hasarlar, birkaç önemli faktörün etkisiyle olmaktadır. Her bir yapıda söz konusu çatlak ve kopma karakterleri, yapının deprem öncesi çalışma durumuna bağlıdır.

Ayrıca üretim sırasında yapılan işçilik hataları, malzeme ve zemin cinsi özellikleri de, yapı dayanımı ve davranışını yatay yüklere karşı etkileyen önemli etkenlerdir. Bu özelliklerin, yerinde ve laboratuvar şartlarında yapılacak deneylerle sağlıklı bir şekilde tespit edilmesi gerekmektedir.

Beton kalitesinin belirlenmesi için, rastgele metodu ile bodrum ve zemin katlarındaki kolonlardan karot numuneler alınmıştır. Bu bölgelerde, paşometre ile gerekli ultrason okumaları da yapılmıştır. Ayrıca rastgele seçilen kolonlardan her katta beton çekici ile testler yapılmıştır. Sağlık apartmanı için yapılan deneyler sonucunda beton mukavemeti BC-160 olarak bulunmuştur.

4.1.2. Güçlendirme yöntemi belirlenmesi

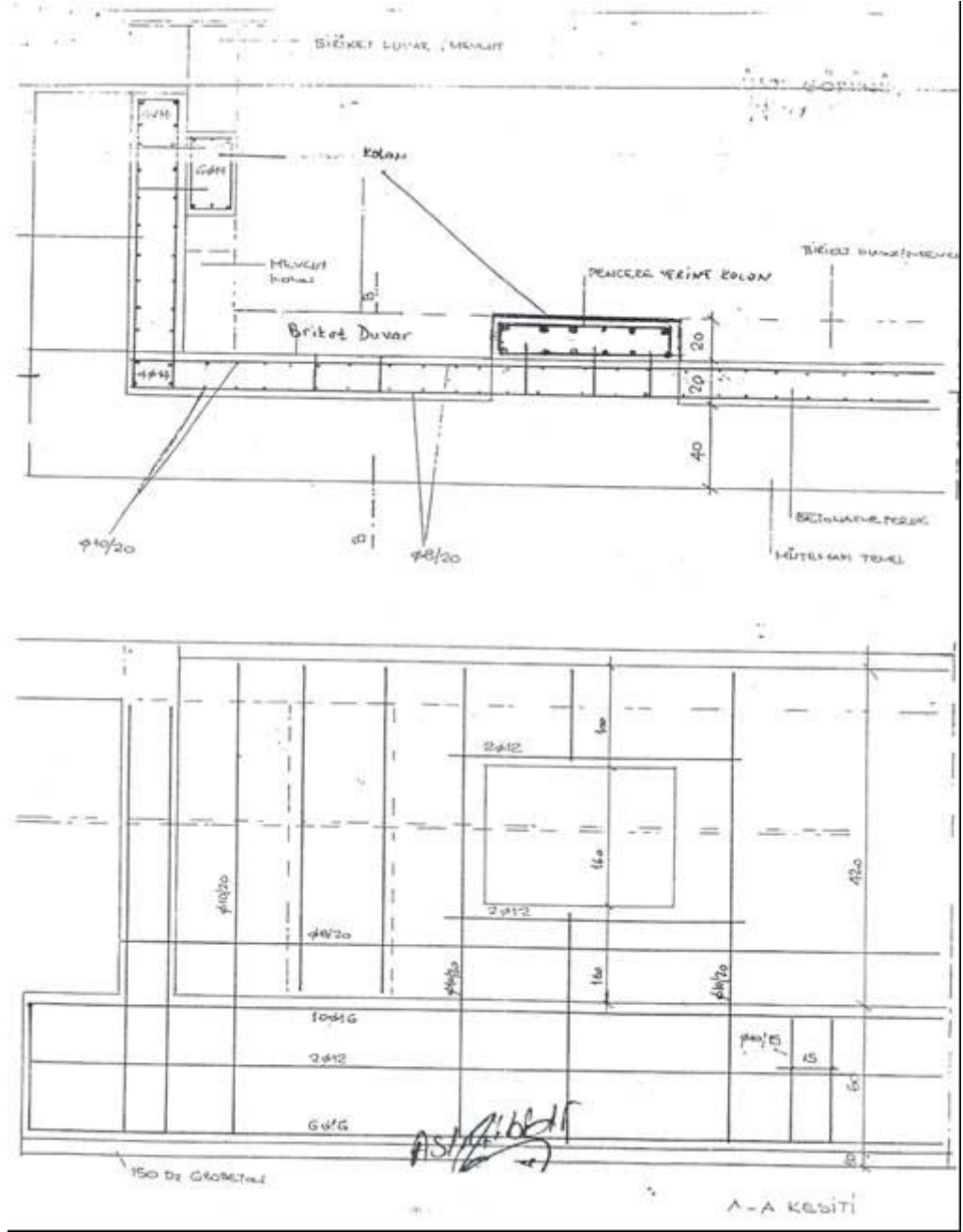
Gözlemsel olarak yapılan inceleme sonucunda bina güvenliği açısından bu durumun tehlike arz ettiği ve acilen güçlendirmeye gidilmesi sonucuna varılmıştır. Bu amaçla hazırlanacak projeye göre güçlendirmenin yapılması ve bina çevresindeki tretuvarların yenilenmesinin uygun olacağına karar verilmiştir. Proje kapsamında ön cephe sağ ve sol başta bulunan kolonların güçlendirilmesi amacıyla dışta simetrik perdeler oluşturulması ve bu kısımlarda içte kirişlerin altına gelecek ve buradaki yükü alacak şekilde kolonların yapılmasına karar verilmiştir.

Sonuçta binanın ön cephe sağ ve sol tarafında L şeklinde simetrik perdeler inşa edilmesi uygun bulunmuştur.

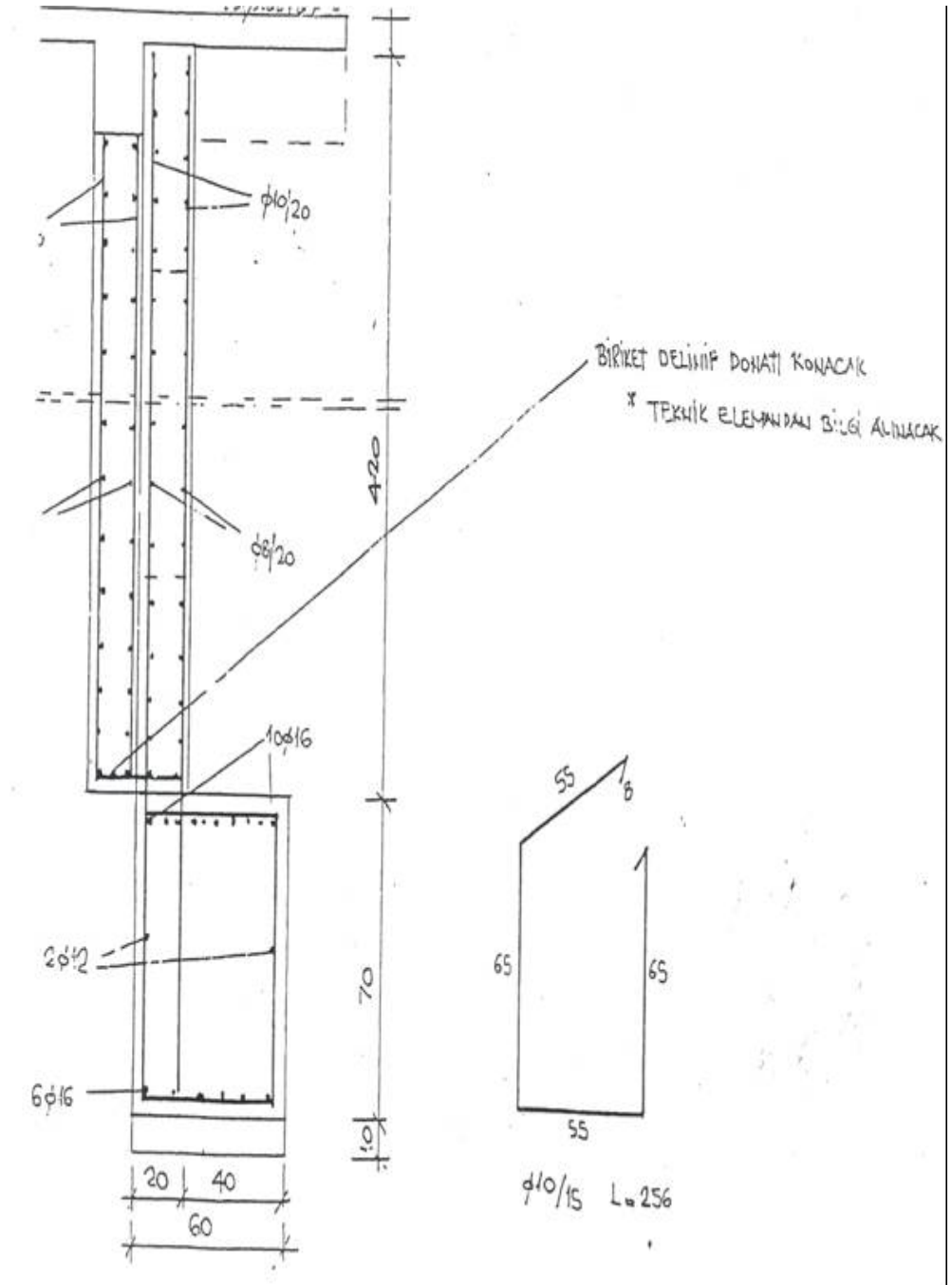
4.1.3. Uygulama projesi

4.1.3.2. Proje

Şekil 4.2' de güçlendirme perdesinin üst görünüşü ve A-A kesiti, Şekil 4.3' de ise B-B kesiti görülmektedir.



Şekil 4.2. Uygulama projesi L tipi güçlendirme perdesi donatı detayı , A-A kesiti donatı detayı



Şekil 4.3. Uygulama Projesi B-B kesiti donatı detayı

4.1.4. Uygulama

Şekil 4.4’de ve Şekil 4.5’ de binanın ön cephesine göre sağ ve sol yanda güçlendirme yapılacağından bu kısımda bulunan balkon döşemelerinin altına bina emniyeti açısından kalıp iskelesi kurulduğu ve binanın askıya alındığı görülmektedir.



Şekil 4.4. Balkon döşemelerinin altındaki bina desteği



Şekil 4.5. Balkon döşemelerinin altındaki bina desteği

Şekil 4.6' da görüldüğü gibi bina sağ ve sol yanında perde yapılacak kısım detay projesine göre kazılmış ve temel altına 10cm yüksekliğinde grobeton serilmiştir.



Şekil 4.6. Temel kazısı ve grobeton dökümü

Şekil 4.7’de görüldüğü gibi donatı bağlanmış betonarme perdelerin yapılacağı kısımda döşemede beton dökülmesini kolaylaştırmak ve perdeden gelen donatıyı döşemeye bağlamak için 2 adet 20/20 boyutunda delikler açılmıştır.



Şekil 4.7. Donatı bağlanması

Şekil 4.8’de demir donatısı bağlanmış, Şekil 4.9’daki gibi demir donatısı bağlanırken üstte döşeme donatısına bağlanması sağlanmış, ayrıca Şekil 4.10’da görüldüğü gibi perdenin yapılacağı kısımlarda dışarıda donatı bırakılarak temel donatısı bu donatıyla birbirine bağlanmıştır. Şekil 4.11’de de daha sonra yapılan kalıp gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Bağlanan demir donatısı



Şekil 4.9. Bağlantı için dışarıda bırakılan donatılar

Perdenin yapılacağı kısımlarda dışarıda donatı bırakılarak temel donatısı bu donatıyla birbirine bağlanmıştır.



Şekil 4.10. Kalıp bağlanması



Şekil 4.11. Kalıp bağlanması

Şekil 4.12’de beton dökümü ve beton dökümü sırasında vibratör kullanılarak perdelerin boşluksuz olarak dolması sağlanması gösterilmiştir.



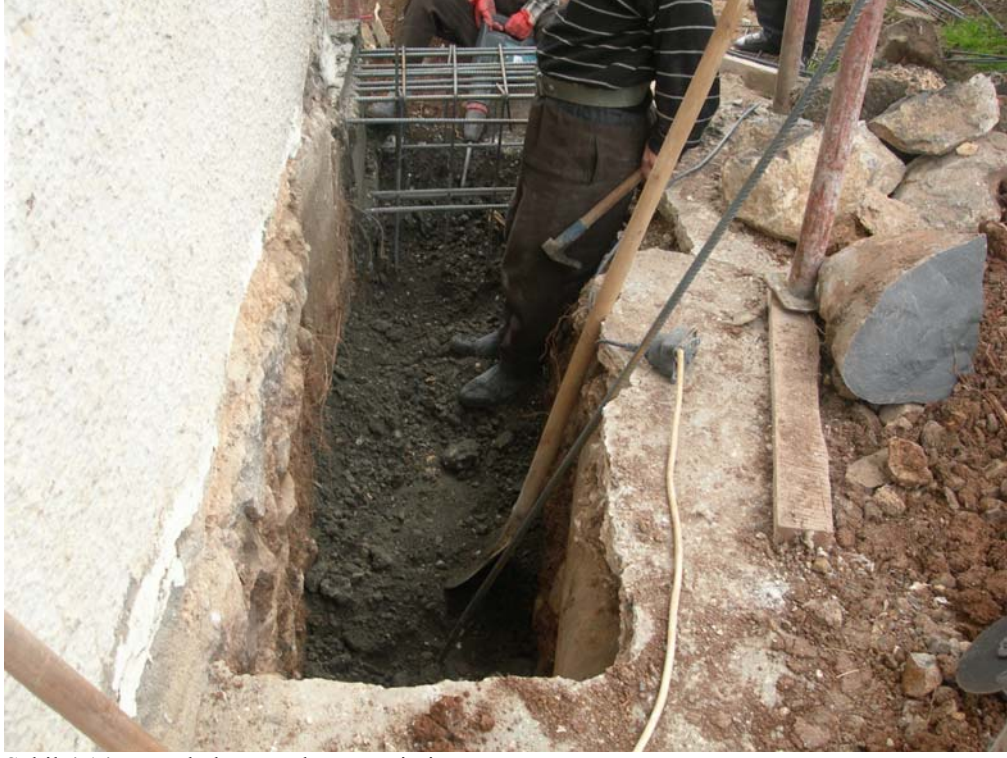
Şekil 4.12. Beton dökümü

Şekil 4.13’te beton prizini aldıktan sonra bu kez ön cephede döşeme kırılıp detay projesine uygun olarak kazı yapılmıştır.



Şekil 4.13. Ön cephe temel kazısı

Betonarme perdelerin yapıldığı kısımda döşemede beton dökülmesini kolaylaştırmak ve perdeden gelen donatıyı döşemeye bağlamak için 2 adet 20/20 boyutunda delikler açılmıştır. Şekil 4.14’de temel altına 10 cm yüksekliğinde grobeton serilmiştir.



Şekil 4.14. Temel altına grobeton serimi

Şekil 4.15’te demir donatısı bağlanmış, demir donatısı bağlanırken üstte döşeme donatısına bağlanması sağlanmış ayrıca kolonların yapılacağı kısımlarda dışarıda donatı bırakılarak kolon donatısı bu donatıyla birbirine bağlanmıştır. Daha sonra kalıp bağlanmıştır.



Şekil 4.15. Kalıp bağlanması

Şekil 4.16'da beton dökümü gösterilmektedir. Beton dökümü sırasında vibratör kullanılmış ve perdelerin boşluksuz olarak dolması sağlanmıştır.



Şekil 4.16. Beton dökümü

Dış perdelerin beton döküm işlemi bittikten sonra, Şekil 4.17'de iç briket duvar, Şekil 4.18'deki gibi projede belirtilen kolon ebatı kadar yıkılmıştır. Şekil 4.19'daki gibi kırılan duvara kalıp bağlanmıştır ve Şekil 4.20'de taban döşemesi kolonun temel boyutu kadar kırıldıktan sonra kolon temeli için kazı yapılmıştır.



Şekil 4.17. Doldurulacak pencere boşluğu



Şekil 4.18. Güçlendirme perdeyle sağlanacak bağlantı için duvar yıkılmıştır.



Şekil 4.19. Pencereye kalıp bağlanması



Şekil 4.20. Beton dökümü

Şekil 4.21’de görüldüğü üzere donatı bağlanırken yeni yapılan kolon ve perdenin birbirine bağlanması sağlanmıştır. Donatı bağlandıktan sonra kalıp yapılmış ve beton dökümü sırasında vibratör kullanılarak boşluksuz beton dökümü sağlanmıştır.



Şekil 4.21. Perde donatısı

Bu işlemler bittikten sonra sıva ve boya yapılmıştır, kolon temeli için kazılan kısım doldurulacak blokaj ve grobeton döküldükten sonra mozaik yer döşemesi yapılmıştır. Binanın çevresinde 2.50 m eninde tretuvar yapılmıştır. Tretuvar yapılırken önce 15 cm yüksekliğinde blokaj, ardından yine 15 cm yüksekliğinde 250 dozlu demirsiz beton yapılmıştır.

Ayrıca bina sol yanında bulunan fosseptik dolgusu kazılmış, bağlı olan pis su boruları iptal edilmiş, tekrar dolgu yapılmıştır. Dolgu yapılırken dolgunun iyice sıkıştırılması sağlanmıştır.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Ülkemizde mevcut betonarme çerçeve türü yapı stokunun deprem güvenliği bakımından güçlendirilmesi karmaşık ve güncel bir mühendislik problemidir. Çeşitli nedenlerden dolayı varolan birçok yapı yeterli deprem güvenliğine sahip bulunmamaktadır. Bu tür yapıların güçlendirilmesi amacıyla birçok yöntem uygulamada kullanılmaktadır. Bu yöntemler yapının taşıyıcı sistemine, temel yapısına ve mimari şartlara bağlıdır. Tüm güçlendirme yöntemlerinde asıl hedef, yapıda dayanım, süneklik ve rijitliğin gerekli düzeylere getirilmesidir. Yapıda rijitliğin çok düşük düzeylerde bulunması katlar arası rölatif deplasmanların büyük sorunlar oluşturmalarına neden olur. Bu tür yapılarda betonarme çerçevelerin uygun gözlerine betonarme dolgu duvarlar yerleştirilerek güçlendirilmesi bir çözüm olmaktadır.

5.1. Sonuçlar

Yapılmış olan bu tez çalışmasından elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Bilinçsiz yapılan onarım /güçlendirme yarar yerine zarar getirebilir.
- Mantolanan kolonlar ve /veya oluşturulan dolgulu çerçeveler simetriyi bozarak önemli burulma momentleri oluşturabilir.
- Güçlendirme projesini yapmadan önce yapı statik projesi yoksa yapı incelemesi ve hasar tespiti, ayrıca zemin ve malzeme incelemesi dikkatli bir şekilde yapılmalıdır.
- Yapılmasına karar verilen betonarme dolgu duvarlar mümkün olduğunca yapıya simetrik bir şekilde yerleştirilmelidir.
- Dolgu duvarların yapımı sırasında çerçeveyle bağlantısı en iyi şekilde sağlanmalıdır.

5.2. Öneriler

Bu araştırmayı geliştirebilecek öneriler aşağıda sunulmuştur.

- Dolgu duvarın beton dayanımı, çerçeve elemanları eğilme ve kesme kapasitesindeki değişim ve çerçeve ile dolgu arasındaki bağlantı detaylarının betonarme dolgu duvarlar ile güçlendirilmiş çerçevelerin davranışı üzerindeki etkileri incelenmelidir.
- Deneysel veriler ışığında lineer olmayan malzeme modellemesi ve yükleme uygulayan sonlu eleman programları kullanılarak süreksiz betonarme dolgu duvarların kapasitelerinin belirlenmesine yönelik analitik modeller geliştirilmelidir.
- Kolon aksenal kuvvetinin bu tür dolgulu çerçevelerin davranışına olan etkileri incelenmelidir.
- Dolgu duvarlarındaki uç elemanlarının dolgulu çerçevenin davranışı üzerindeki etkileri daha detaylı olarak incelenmelidir.
- Deneysel çalışmalar daha büyük ölçekte, çok katlı ve çok açıklıklı deney elemanları üzerinde uygulanmalıdır.
- Dolgulu çerçeve ile güçlendirilen yapının periyodu büyük oranda değişir.Yeni durum mutlaka kontrol edilmelidir.

KAYNAKLAR

- ACHYUTHA, H., JAGADISH, R., RAO, P.S., and RAHMAN, S.S., 1986. Finite Element Simulation of the Elastic Behaviour of Infilled Frames with Openings . Computers and Structures, İstanbul, 23(5): 685-696.
- ACI, 1995. American Concrete Institute, Committee 318, Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-95) and Commentary (ACI 318-R-95), Michigan .
- ALTIN, S., 1990. Strengthening of R/C Frames with R/C İnfills. A Doctor of Philosophy Thesis İn Civil Engineering, Middle East Technical University, Ankara .
- ALTIN, S., ERSOY, U., ve TANKUT, T., 1990. Seismic Strengthening of Reinforced Concrete Frames with Reinforced Concrete İnfills , Report No, METU/SML-90/01, Ankara .
- ALTIN, S., ERSOY., U, and TANKUT, T., 1992. Hysteretic Response of Reinforced Concrete Infilled Frames. ASCE, Journal of Structural Engineering, Ankara, 118(1): 8-10.
- ANIL, Ö., 2002. Betonarme Çerçeveslerin Boşluklu Betonarme Dolgu Duvarlarla Güçlendirilmesi . Gazi Üniversitesi, Doktora Tezi, Ankara, 175s.
- ATC (Applied Technology Council), 1978. Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Building. ATC Publication 3-16 .
- ATAMAN, S., 2003 . Betonarme Çerçeveslerin Betonarme Dolgu Duvarlarla Güçlendirilmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Hatay, 15-35s.
- ASCE-ACI , 1973. Task Committee 426 on Shear and Diagonal Tension of the Committee on Masonry and Reinforced Concrete of the Structural Division, "The Shear Strength of Reinforced Concrete Members", Proceeding of ASCE, 99(6):1091-1187.
- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 1997. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik , Ankara.
- BENJAMİN, J. R., and WILLIAMS, H. A., 1957. The Behaviour of One-Story Reinforced Concrete Shear Walls . ASCE, Journal of Structural Division, 83(3): 1254-1300.
- BENJAMİN, J. R., and WILLIAMS, H.A., 1958. The Behaviour of One-Story Brick Shear Walls, ASCE, Journal of Structural Division, 84(4): 1723-1908.
- BROKEN, S.T., and BERTERO, V.V., 1981. Studies on Effects of İnfills in Seismic Resistant Reinforced Concrete Construction , Report No,UCB/EERC-81/12, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.
- BUONOPANE, S.G., and WHITE, R.N., 1999. Pseudodynamic Testing of Masonry Infilled Reinforced Concrete Frames , ASCE, Journal of Structural Engineering, 125(6): 578-589.
- CANBAY, E., 2001. Contribution of R/C İnfills to the Seismic Behaviour of Structural System, A Doctor of Philosophy Thesis in Civil Engineering, Middle East Technical University, Ankara , 218p.

- CARDENAS, A.E., HANSON, J.M., CORLEY, W.O., and HOGNESTAD, E., 1973. Design Provision for Shear Walls. Code Background Paper, ACI Journal, pp. 221-230.
- CARDENAS, A.E., RUSSEL, H.G., and CORLEY, W.G., 1980. Strength of Low-Rise Structural Walls, Reinforced Concrete Structures Subjected to Wind and Earthquake Forces. SP 63, ACI, pp. 221-241.
- CELEP, Z. ve KUMBASAR, N., 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 176-290.
- CHAI, Y.H., and HUTCHINSON, T.C., 2001. Reversed Cyclic Lateral Response of Lightweight Concrete Precast Wall Panels. University of California, Davis, ZFA Structural Engineers, Sacramento, pp 25-125, California.
- ERSOY, U ve UZSOY, S., 1971. The Behaviour and Strength of Infilled Frames, Report No. MAG-205, TÜBİTAK, Ankara, Turkey.
- ERSOY, U., 1989. Rehabilitation of Frames by Infilling or Bracing. A State of the Art Report, CEB-IMOIS-METU Seminar on Assessment and Redesign of Reinforced Concrete Structures, İzmir, Turkey.
- HAYASHI, T., NTWA, N., and FUKUHARA, M., 1980. The Strengthening Methods of the Existing Reinforced Concrete Buildings, Proceeding of the 7th WCEE, İstanbul, Turkey, 4:89-96.
- İTÜ, İMO, DEGUSSA, 2004. Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi Alanında Gelişmeler. Bildiriler Kitabı, 2.Baskı, İstanbul, 15-35.
- KAHN, L.F., and HANSON, R.D., 1979. Infilled Walls for Earthquake Strengthening. ASCE, Journal of Structural Division, 105(2): 283-296.
- KAHN, L.F., 1976. Reinforced Concrete Infilled Shear Walls for Aseismic Strengthening. Ph.D, Thesis, University of Michigan, 155p.
- KALDJIAN, M.J., ve YÜZÜGÜLLÜ, O., 1984. Efficiency of Bolt Connected Reinforced Concrete Shear Panels to Repair and Strengthen Building Structures, Presented In Jordan, 235p.
- KATO, D., KABESAYAWA, T., OTANL S., and AOYAMA, H., 1995. Earthquake Resistant Design of Shear Walls with One Opening. ACI Structural Journal, 92(4):495-500.
- KLINGER, R.E., and BERTERO, V.V., 1976. Infilled Frames in Earthquake-Resistant Construction, Report No. UCB/EERC-76/32, Earthquake Engineering Research Center University of California, Berkeley.
- KLINGER, R.E., and BERTERO, V.V., 1978. Earthquake Resistance of Infilled Frames. ASCE, Journal of Structural Division, 104(6):973-987.
- LIAUW, T.C., 1979. Test on Multistory Infilled Frames Subjected to Dynamic Lateral Loading, ACI Journal, 551p.
- LIAUW, T.C., 1980. An Effective Structural System Against Earthquakes-Infilled Frames, Proceeding of the 7th WCEE pp. 481-185, İstanbul, Turkey.
- LIAUW, T.C., and KWAN, K.H., 1985. Unified Plastic Analysis for Infilled Frames. ASCE, Journal of Structural Division, 111(7):1427-1448.
- MALLICK, D.V, and SEVERN, R.T., 1967. The Behaviour of Infilled Frames Under Static Loading. Proc, ICE, 38: 639-656.
- MALLICK, D.V, and SEVERN, R.T., 1968. Dynamic Characteristic of Infilled Frames. Proc, ICE, 39: 261-287.

- MALLICK, D.V, and SEVERN, R.T., 1971. Effect of Openings on The Lateral Stiffness of Infilled Frames. Proc, ICE ,49:193-209.
- MALLICK, D.V, and SEVERN, R.T., 1980. Infilled Frame Construction in Seismic Regions. Proceeding of the WCEE, 4:86-492, İstanbul, Turkey.
- MARJANI, F., 1997. Behaviour of Brick Infilled Reinforced Concrete Frames Under Reversed Cyclic Loading, A Doctor of Philosophy Thesis in Civil Engineering, Middle East Technical University,pp.27-58, Ankara.
- ÖZCEBE, G., ERSOY, U., ve TANKUT, T.,1998. Betonarme Dolgu ile Onarılmış Çerçevelerin Deprem Davranışı. TÜBİTAK, Proje No.İNTAG 537,Ankara.
- SAATÇİOĞLU, M., 1990. Betonarme Kısa Perdelerin Kayma Davranışı.TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası, Teknik Dergi, Cilt 1, Sayı 2, s.121-132.
- SITIPUNT, C., and WOOD, S.L., 1995. Improving the Cydic Reponse of Selender Structural Walls by Changing the Orientation of the Web Reinforcement. ACI Structural Journal, 92(6):745-767.
- SMITH, B.S., 1967. Methods for Predicting the Lateral Stiffness and Strength of Multi-Story Infilled Fames. Building Science, 2:247-257.
- SMITH, B.S., CARTER, C., 1969. A Method of Analysis for Infilled Frames. Proc,ICE, 44:31-48.
- SMITH, B.S., 1966. Behaviour of Square Infilled Frames. ASCE, Journal of Structural Division, 92(1).
- SMITH, B, S., 1968. Model Tset Results of Vertical and Horizonral Loading of Infilled Frames, ACI Journal, pp. 618-624.
- SMTTH, B, S., 1962. Lateral Stiffness of Infilled Frames. ASCE, Journal of Structural Division, 88(6):183-199.
- SOMALINA, M., 1973. Analysis of Infilled Shear Walls. Proc, Enstitution of Civil Engineers, 55(5):895-912.
- SONUVAR, M.O., 2001. Hysteretic Response of Reinforced Concrete Frames Repaired by Means of Reinforced Concrete Infills. A Doctor of Philosophy Thesis in Civil Eneengineering, pp135-146, Middle East Technical University.
- SÖZEN, M.A., 1987. Toward a Behaviour Based Design of Reinforced Concrete Frames to Resist Earthquakes. Proceeding of the 9th Technical Conference of Turkish Society of Civil Engineering, Vol.1, Ankara, Turkey, pp. 1-47.
- TAYLOR, C.P., COTE, P.A., and WALLACE, J.W., 1998. Design of Selender Reinforced Concrete Walls with Openings. ACI Structural Journal, 95 (4):420-433.
- TÜBİTAK, İMO, 1999. Betonarme Binaların Onarım ve Güçlendirilmesi. Kurs Notları, s.38-48.
- TÜRK, M.A., 1998. Rehabilitation of Reinforced Concrete Infill Walls. A Doctor of Philosophy Thesis in Civil Engineering, p.145-150, Boğaziçi University, Turkey .
- VALLENAS, J.W., BERTERO, V.V., and POPOV, E.P., 1979. Hysteretic Behaviour of Reinforced Concrete Structural Walls. Report No. UCB/EERC-79/20, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.

- WALLACE, J.W., 1995. Seismic Design of RC Structural Walls. Part I: New Code Format. ASCE, Journal of Structural Engineering, 121(1): 75-87.
- WASTI, S. T., and GÜLKAN, P., 1974. The Stiffness of an Infilled Portal Frame Under Horizontal Load. Proc, Cento Symposium on Earthquake Engineering, Ankara, 18-24.
- YOICHI, R., TONEO, E., MASAMICHI, O., 1980. Experimental Study on Strengthening Reinforced Concrete Structure by Adding Shear Wall. Proceeding of the 7th WCEE, Vol.7, İstanbul, Turkey, pp.173-180.
- YÜZÜGÜLLÜ, O., 1979. Repair of Reinforced Concrete Frames with Reinforced Concrete Precast Panels, TÜBİTAK, Report No. MAG-494.
- YÜZÜGÜLLÜ, O., 1980. Multiple Precast Reinforced Concrete Panels for Aseismic Strengthening of Reinforced Concrete Frames. Proceeding of 7th WCEE, Vol.6, İstanbul, Turkey, pp. 263-270.

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Erzurum'da doğdu, ilköğrenimini Sabahattin Solakođlu İlköğretim okulunda, orta ve lise öğrenimini Erzurum Anadolu Lisesinde, üniversite öğrenimini de Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde yaparak, 2001 yılında İnşaat Mühendisi ünvanıyla mezun oldu, halen özel sektör de inşaat mühendisi olarak çalışmaktadır.

ÖZET

Çalışmada önce onarım ve güçlendirme anlatılmıştır. Güçlendirme gereksiniminin nedenleri ve betonarme perdelerle güçlendirmenin şekillerine göre sınıflandırılması yapılmıştır. Sağlık apartmanında güçlendirme projesi uygulanmıştır. Donatı, beton ve kalıp bilgisi verildikten sonra yöntemde güçlendirme kararı ve uygulanmasında yapılması gerekenler açıklanmıştır.

Araştırma bulgularında bina incelemesi, hasar belirleme çalışmaları,zemin araştırmaları, malzeme özellikleri ile anlatılmıştır; güçlendirme yöntemi belirlenmesi yapılmıştır.Uygulama projesi donatı detayları verilmiştir. Uygulama adım adım fotoğraflarla açıklanmıştır.

Çalışmanın sonucunda betonarme perdelerin betonarme dolgu duvarlarla güçlendirilmesiyle ilgili araştırma sonuçları sunulmuş ve öneriler belirtilmiştir.

SUMMARY

This thesis firstly describes repair and strengthening. The reasons of strengthening requires and classified according to forms of reinforced concrete infill strengthening. Project applied Sağlık apartment. After giving information about reinforcing steel, concrete and form boards, explained what must be done about the procedure of strengthening decision and its apply. At investigation findings, work about building examine with damage determination works, soil reconnaissance, material peculiarities and determinate the method of strengthening. In apply Project give the details of reinforced steels. Applying explains step by step with photographes.

At the end of this thesis presented the investigation conclusions and suggestions about strengthening of reinforced concrete frames by reinforced concrete infill.