

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BETONARME DÖŞEMELERİN DÜBELLER İLE
GÜÇLENDİRİLMESİ HAKKINDA
DENEYSEL BİR ÇALIŞMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Gülşah SAĞBAŞ**

Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı : YAPI MÜHENDİSLİĞİ

MAYIS 2002

**BETONARME DÖŞEMELERİN DÜBELLER İLE
GÜÇLENDİRİLMESİ HAKKINDA
DENEYSEL BİR ÇALIŞMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Gülşah SAĞBAŞ
(501991159)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Mayıs 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 27 Mayıs 2002**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Metin AYDOĞAN
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Zekeriya Polat (Y.T.Ü.)
Doç. Dr. Kadir Güler (İ.T.Ü)**

MAYIS 2002

ÖNSÖZ

Çalışmanın her aşamasında değerli görüş ve düşünceleri ile yol gösteren hocam Sayın Prof. Dr. Metin Aydoğan'a,

Çalışma sırasında ilgi ve yardımları dolayısıyla Prof.Dr. M.Ali Taşdemir'e, Yrd.Doç.Dr. Alper İlki'ye, Yrd.Doç.Dr. Ercan Yüksel'e ve deneysel çalışmalar sırasında yardımları dolayısıyla İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Yapı ve Deprem Mühendisliği ve Yapı Malzemesi Laboratuvarı çalışanları ile,

Deneysel çalışmanın gerçekleşmesinde maddi katkıları dolayısıyla Bosch Sanayi ve Ticaret A.Ş. ve Betonsa' ya,

Çalışmalarım süresince bana gösterdikleri anlayış ve destek için öncelikle aileme ve sonra çok değerli eşim İnş. Müh. Kemal Sağbaş'a teşekkür ederim.

Mayıs 2002

Gülşah SAĞBAŞ

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI	5
2.1. Betonarme Döşemelerde Düşey ve Yatay Yük Taşıma Kabulü	5
2.1.1. Düşey Yük Taşıma Kabulü	5
2.1.2. Rijit Diyafram Varsayımı	5
2.2. Döşemelerde Görülen Hasarlar	7
2.2.1. Düşey Yüklerden Dolayı Oluşan Hasarlar	7
2.2.2. Yatay Yüklerden Dolayı Oluşan Hasarlar	8
2.3. Döşemelerde Onarım ve Güçlendirme	10
2.3.1. Kesme Kuvveti Etkisi	10
2.3.1.1. Kuvvet Aktarımı İçin Yapılması Gerekenler	10
2.3.1.2. Deneysel Çalışmalar	12
2.3.1.3. Teorik Araştırmalar	16
2.3.2. Basınç Kuvveti Etkisi	18
2.4. Kayma Kamaları	19
2.4.1. Kimyasal Yapıştırıcılarla Uygulanan Dübeller	19
2.4.2. Mekanik Ankraj Dübelleri	20
2.4.2.1. Konik Uçlu Dübeller	20
2.4.2.2. Ucu Genleşen Dübeller	21
2.5. Kayma Kamalarının Çalışmasını Etkileyecek Durumlar	22
2.6. Kayma Kamalarının Kesme Kuvveti Altında Göçme Şekilleri	26
3. DENEYSEL ÇALIŞMA	28
3.1. Kullanılan Malzemelerin Tanımlanması	28
3.1.1. Yüksek Dayanımlı Çelik Dübeller	28
3.1.2. Beton Dayanımları	29
3.1.3. Donatı Özellikleri	30
3.2. Numunelerin Üretimi	31

3.3. Deney Numuneleri	32
3.3.1. Numunelerin Boyutları ve Şekilleri	32
3.3.2. Deney Numunelerinde Dübel Yerleşimi	33
3.4. Deneyler	34
3.4.1. Deney Düzeneği	34
3.4.1. Ölçüm Yöntemi ve Veri Toplanması	35
3.4.1.1. Standart Yöntem ile Veri Toplanması	35
3.4.1.2. Fotogrametrik Ölçme Yöntemi ile Veri Toplanması	43
4. DENEYSEL ÇALIŞMANIN SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ	45
4.1. Standart Deneysel Çalışmanın Değerlendirilmesi	45
4.2. Fotogrametrik Ölçme Yönteminin Değerlendirilmesi	51
4.3. İki Yöntem Arasında Karşılaştırma	54
5. SONLU ELEMAN MODELLEMESİ	57
5.1. Çalışmanın Kapsamı	57
5.2. Çalışmanın Sonuçları	60
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	63
KAYNAKLAR	65
EKLER	68
ÖZGEÇMİŞ	75

KISALTMALAR

ACI	: American Concrete Institute
ASW	: Automatic Switching Box
BS	: British Standard
EUROCODE	: European Code
LVDT	: Linear Voltage Differential Transducer
MTS	: Material Test System
SAP	: Structural Analysis Program
TDS	: Data Logger

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Farklı yüzey durumları için adhezyon ve sürtünme katsayıları ...	11
Tablo 3.1. Çelik Dübellerin Özellikleri	28
Tablo 3.2. Beton Dayanımları	30
Tablo 3.3. Donatı Özellikleri	31
Tablo 3.4. Yerdeğiştirme ölçerlerin özellikleri	36
Tablo 3.5. Deneylerde kullanılan veri toplama sistemi	42
Tablo 4.1. Deney numuneleri	50
Tablo 4.2. Deney numunelerinin beton sınıfları ve eksenel dübel uzaklıkları	51

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1 : Rijit diyafram şeklinde davranan döşeme	6
Şekil 2.2 : Düşey yüklerden dolayı döşemede oluşan çatlak ve sehim	8
Şekil 2.3 : Perdedeki dönmenin döşemeye etkisi.....	9
Şekil 2.4 : Eski ve yeni beton arasındaki kama donatısının yatay kuvvet aktarma biçimleri.....	12
Şekil 2.5 : Kesme bağı dağılım grafiği.....	15
Şekil 2.6 : Kayma kaması uygulanmış betonarme elemanda kesme kuvveti etkisi	16
Şekil 2.7 : Eski ve yeni betonun kaynaşmasının basınç etkisi altında şematik etkinliği	18
Şekil 2.8 : Kimyasal bağlanma ile aderans.....	19
Şekil 2.9 : Donatının betonda ankrajlanması ve kamalanması.....	20
Şekil 2.10 : Mekanik kilitlenme ile aderans.....	21
Şekil 2.11 : Sürtünme ile aderans.....	21
Şekil 2.12 : Deneylerde kayma kaması olarak kullanılacak olan çelik dübel	22
Şekil 2.13 : Ankraj Boyunun Kesme Kuvveti ve Kayma Üzerinde Etkisi...	24
Şekil 2.14 : Ankraj Bulonu Sayısının Kesme Kuvveti ve Kayma Üzerinde Etkisi	24
Şekil 2.15 : Gruplu Ankraj ve Kama İçin Boyut Koşulları.....	25
Şekil 2.16 : Dübel kopması durumu	26
Şekil 2.17 : Beton parça ayrılması.....	26
Şekil 2.18 : Kenar mesafenin az olması durumu.....	27
Şekil 2.19 : Eksenel mesafenin az olması durumu.....	27
Şekil 2.20 : Yapı elemanının köşelerine olan mesafenin az olması durumu..	27
Şekil 3.1 : Uygulanan çelik dübellerin boyutları.....	29
Şekil 3.2 : Betonarme döşemelerde x ve y yönlerinde donatı yerleşimi.....	30
Şekil 3.3 : Numune boyutları	32
Şekil 3.4 : Deney numunelerinde planda dübel yerleşimleri.....	33
Şekil 3.5 : Deney düzeneği ve yükleme için plan görünüş.....	34
Şekil 3.6 : Deney düzeneği ve yükleme için A-A kesiti.....	35
Şekil 3.7 : Alt yüzeyde yer değiştirme ölçerlerin yerleşimi için plan ve kesit görünüşleri	38
Şekil 3.8 : Üst yüzeyde yer değiştirme ölçerlerin yerleşimi için plan ve kesit görünüşleri	39
Şekil 3.9 : Donatı üzerinde şekil değiştirme ölçerlerin yerleşimi.....	40
Şekil 3.10 : Yer değiştirme ölçümlerinde kullanılan hedefler.....	43
Şekil 3.11 : Hedeflerin yüzey ölçümü yapılan numunede yerleşimleri.....	44
Şekil 3.12 : Hedeflerin kenar ölçümü yapılan numunede yerleşimleri.....	44
Şekil 4.1 : Dübel uygulanmamış numunede orta nokta yük-yerdeğiştirme eğrisi.....	47

Şekil 4.2	: 5 dübel uygulanmış numunede orta nokta yük-yerdeğiştirme eğrisi.....	48
Şekil 4.3	: 9 dübel uygulanmış numunede orta nokta yük-yerdeğiştirme eğrisi.....	48
Şekil 4.4	: 16 dübel uygulanmış numunede orta nokta yük-yerdeğiştirme eğrisi.....	49
Şekil 4.5	: 3. Grup betonarme döşemelere ait orta nokta yük-yerdeğiştirme eğrisi.....	50
Şekil 4.6	: Fotogrametrik ölçme yöntemi ile yüzey ölçümü yapılan numune	52
Şekil 4.7	: Fotogrametrik ölçme yöntemi ile kenar ölçümü yapılan numune	53
Şekil 4.8	: 5B-2 deney numunesi için iki ölçüm yönteminin sonuçları.....	55
Şekil 4.9	: 5B-3 deney numunesi için iki ölçüm yönteminin sonuçları.....	56
Şekil 5.1	: 5 Dübel Uygulanmış Numune Modelinin Kesit Görünüşü.....	57
Şekil 5.2	: 5 Dübel Uygulanmış Numune Modelinin Plan Görünüşü.....	58
Şekil 5.3	: 9 Dübel Uygulanmış Numune Modelinin Kesit Görünüşü.....	58
Şekil 5.4	: 9 Dübel Uygulanmış Numune Modelinin Plan Görünüşü.....	59
Şekil 5.5	: 16 Dübel Uygulanmış Numune Modelinin Kesit Görünüşü.....	59
Şekil 5.6	: 16 Dübel Uygulanmış Numune Modelinin Plan Görünüşü.....	60
Şekil A.1	: 2. Grup dübel uygulanmış betonarme döşemelere ait orta nokta yük-yerdeğiştirme eğrisi.....	57
Şekil A.2	: 3. Grup betonarme döşemelere ait orta nokta yük-yerdeğiştirme eğrisi.....	60

SEMBOL LİSTESİ

A_s	: Kayma kaması alanı
A_{sf}	: Donatı alanı
A_p	: Kama alanı
B_s	: Döşemenin genişliği
d_b	: Kayma kamasının çapı
d_o	: Delik çapı
d_s	: Döşemenin kalınlığı
f_y	: Kamanın çekme gerilmesi
f_{yk}	: Dübellerin akma gerilmesi
f_t	: Betonun çekme dayanımı
F_{cu}	: Kübün mukavemeti
ϕ	: Dübelerin çapı
θ_s	: Silindir numune çapı
γ_f	: Güvenlik katsayısı
h_{eff}	: Dübelerin etkin ankraj derinliği
h_s	: Silindir numune yüksekliği
k_r	: Kesme kuvveti karakteristik değerleri
L	: Kayma kamasının toplam boyu
L_v	: Kayma açıklığı
m_r	: Kesme kuvveti karakteristik değerleri
M	: Kayma kamasına etkiyen moment
M_d	: Dübelerin dış çapı
t_d	: Tek aşamalı montajda minimum delik derinliği
t_{fix}	: Dübelerin uygulanması için maksimum bağlama boyu
σ_s	: Çelik dübellerde gerilme
V_d	: Kayma kamalarına etkiyen kesme kuvveti
V_e	: Maksimum kesme kuvveti

BETONARME DÖŞEMELERİN DÜBELLER İLE GÜÇLENDİRİLMESİ HAKKINDA DENEYSEL BİR ÇALIŞMA

ÖZET

Döşemeler; düzlemlerine dik doğrultuda taşıdıkları yüklere ilave olarak, yapıya deprem sırasında düzlemleri içinde etkiyen yükleri de alarak düşey taşıyıcılara iletirler. Bu deprem yüklerinin döşeme tarafından düşey taşıyıcılara aktarımı için rijit diyafram varsayımına karşı gelmektedir. Döşemelerde erken kalıp sökümü, yetersiz donatı, döşeme kalınlığının açıklığına göre narin oluşu, beton kalitesinin ön görülenden düşük oluşu ve benzeri imalat hatalarından dolayı aşırı sehim ve çatlaklar görülebilmektedir. Bu çatlaklar deprem sırasında oluşan titreşimler dolayısıyla daha da belirgin bir hal alır. Bunlara ilave olarak yapının kullanım amacının değiştirilmesi halinde artacak olan düşey yükleri, mevcut döşemelerin taşıyamayacağı düşüncesiyle, döşemelerde güçlendirme çalışmasına gerek görülebilir. Tüm bu nedenlerden ötürü döşemelerde varsa hasarların onarılması ve yetersiz olan döşeme kalınlığının arttırılması yoluna gidilmektedir.

Burada, güçlendirme çalışması yapılan döşemelerde, eski ve yeni betonun arakesitinde düşey olarak uygulanan çelik dübellerin, taşıma gücünün artışına ve sehimin azalmasına yaptığı katkının araştırılması amaçlanmıştır. Yüksek dayanımlı çelik dübellerin, döşeme üzerinde uygulama sayıları arttırılarak, döşemelerin davranışlarındaki değişim gözlenmiştir.

Deneysel çalışmada 12 adet deney numunesi kullanılmıştır. Bu deneylerde, uygulanan dübel sayısı ve buna bağlı olarak dübelin döşeme üzerindeki yerleşimlerinin davranışa olan katkısı incelenmiştir.

Deneysel çalışmaya paralel olarak, yapılan kuramsal çalışmada, elde edilen sonuçlar ışığında sonlu elemanlar yöntemiyle modelleme yapılmaya çalışılmıştır. Her iki çalışmada da uyumlu sonuçlar elde edilmesi durumunda; bu çalışma ile bugüne kadar yapılmış olan çalışmalara, önemli bir katkı sağlanmış olabilecektir.

AN EXPERIMENTAL STUDY ABOUT THE STRENGTHENING OF REINFORCED CONCRETE SLABS WITH ANCHOR BOLTS

SUMMARY

In addition to the vertical loads perpendicular to their plane, the slabs also resist in-plane stresses during earthquakes. They transfer earthquake induced lateral forces to vertical structural members with rigid diaphragm effect. As a result of early removal of the formwork, inadequate reinforcement, slenderness, inadequate concrete quality and other design deficiencies; excessive deflections and cracks may occur. The widths of these cracks may increase during earthquakes because of the vibrations. In addition to this, if a change in the usage of the building is desired, the slab thickness may need to be increased to resist additional vertical loads. Because of the reasons explained above, repair and/or strengthening of the slab may be necessary.

In this study, the influence of anchor bolts that were used between old and new concrete was studied. Anchor bolts are used to increase the efficiency of the retrofitting procedure. By increasing the amount of anchor bolts embedded in concrete the behaviour changes of the retrofitted slab were observed.

In experimental study, 12 specimens were tested and the influence of the amount was studied. Specimens, which represent the retrofitted slabs having various amount of anchor bolts and cross-section properties, have been designed.

A theoretical study, in which the finite element method is used, was also carried out parallel to experimental study. The results of the experimental and theoretical studies will provide important data on the subject.

1. GİRİŞ

Döşemeler düzlemlerine dik doğrultuda taşıdıkları yüklere ilave olarak, diyafram görevi gördükleri yapıya etkiyen deprem kuvvetlerini de düşey taşıyıcılara aktarırlar. Döşemeler sabit yüklerin yoğunlaştığı ve hareketli yüklerin bulunduğu yerler olduğu için, deprem yüklerinin buralarda oluştuğu ve bu yüklerin kat seviyelerinde taşıyıcı sisteme iletildiği kabul edilir. Bu kuvvetler, döşemeyi rijitliğinin büyük olduğu düzlemi içinde zorlayarak, kolon ve perdelerle iletilirler [1].

Döşemelerde;

- Erken kalıp sökümü,
- Yetersiz donatı,
- Döşeme kalınlığının açıklığına göre narin oluşu,
- Beton kalitesinin ön görülenden düşük oluşu,

v.b. tasarım ve imalat hatalarından dolayı aşırı sehim ve çatlaklar görülebilmektedir. Bu çatlaklar deprem esnasında oluşan titreşimler nedeniyle daha da belirgin bir hal alırlar. Keza yapının kullanım amacının değiştirilmesi halinde de artacak olan düşey yükleri, mevcut döşemelerin taşıyamayacağı düşüncesiyle döşemelerde güçlendirme çalışmasına gerek görülmektedir.

Burada sunulan deneysel çalışmada, döşemelerde son üç durumda oluşacak sorunları gidermeye yönelik yapılacak olan bir güçlendirme çalışmasında, iki beton arasındaki aderansa kayma kamalarının katkısının araştırılması amaçlanmıştır.

Tüm bu bahsi geçen nedenlerle genellikle döşemelerde varsa hasarların onarılması ve sonrasında yetersiz olan döşeme kalınlığının artırılması yoluna gidilmektedir. Bu amaçla öncelikle döşeme üzerindeki şap ve tesviye betonları kaldırılarak uzaklaştırılır, ardından daha yüksek mukavemetli bir beton dökülerek güçlendirme işlemi tamamlanır.

Bu şekilde öz ağırlığın artmasına karşın, moment kolunun daha etkili olarak artmış olması sağlanacaktır. Bu etkinliğin gerçekleşmesi ise yeni dökülen beton ile eski betonun birlikte davranışına bağlıdır. Farklı yaşlardaki betonarme tabakalardan oluşan karma yapı elemanlarının, artan yükler etkisindeki davranışlarının bilinmesi, dayanım ve rijitlik hesaplarının daha gerçekçi yapılabilmesi açısından önemlidir.

Yeni dökülecek olan beton ile eski betonun tek parça olarak çalışması gerekir [1,2]. Bunun için eski ve yeni beton yüzeylerin arakesitinde kayma aktarımını temin etmek üzere filiz donatıları veya çelik dübeller kullanılır. Ayrıca yapılacak olan yüzey pürüzlendirilmesinin de kesme kuvveti aktarımına faydası olacağı düşünülmektedir. Kayma kamaları olarak görev yapacak olan bu bağlantı elemanlarının, hemen hemen yarısı eski betonda, diğer yarısı da yeni betonda kalacak şekilde düşey olarak eski betona uygulanırlar. Üst kısma dökülen betonun genellikle kaldırılan kısmın kalınlığında veya bir miktar daha fazla kalınlıkta olması ve iyi kalitede, en az BS20 kalitesinde, olması gerekir. Bu şekilde döşemenin kalınlığı arttırılarak, kesitin eğilme rijitliği ve döşemelerde hakim etki olan eğilme momenti taşıma gücü artırılmış olur. Rijitliğin artması, sehimlerin azalması, eğilme taşıma gücünün artması da döşemenin daha fazla yük taşıyabilmesi anlamına gelmektedir. Burada söz konusu taşıyıcı döşeme farklı elastisite modüllerine sahip iki ayrı kalitede beton ile teşkil edilmektedir. Yani burada kompozit bir yapıdan bahsedilmektedir.

Genellikle görülen kompozit yapı tipinde; beton döşeme ve çelik kirişler birlikte bir yapı elemanını oluşturmaktadır [3]. Bu tip kompozit yapılarda beton döşeme, üzerine gelen hareketli yükleri alırken; çelik gövde çekme donatısı gibi davranmaktadır. Bu yolla kompozit davranışın gerçekleşmesi, bu iki farklı malzemenin ara yüzeylerinde yatay kesme kuvvetlerinin yeterli düzeyde transferine bağlıdır [4]. Zira döşemede gerçekleşecek olan sehimler, bu iki malzeme arasında düşey ayrılmalara sebep olacaktır. Bu da yük aktarımını olumsuz yönde etkileyecektir. Bu iki farklı malzeme arasındaki yatay kesme kuvveti aktarımını sağlayabilmek için gerekli olan tam aderans, adeta mükemmel bir monolitik davranıştır.

Başlangıçta monolitik bir yapı gibi davranan kompozit elemanlar, üzerine gelen yüklerinde etkisiyle; aralarındaki aderansın kopması sonucu kendilerinden beklenen işlevi yapamaz hale gelmektedirler. Bu nedenle bu tip yapılarda iki malzeme arasında aderansın yeterli düzeyde sağlanmış olması gerekmektedir ki bu da kayma kamalarının işlevinin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Ancak bunun sağlanabilmesi; özellikle şantiye koşullarında, hemen hemen imkansız görülmektedir. Bunun için yıllardır süregelen çalışmalar sonucunda; en uygun yolun, iki malzemenin birbirine kayma kamaları ile bağlantısının sağlanması olduğu görülmüştür [5].

Bu çalışmada yukarıda anlatıldığı üzere, daha yüksek mukavemetli beton ve yüksek performanslı dübeller ile takviye edilen döşemelerin bazı parametrelerin değişimine bağlı olarak sehimlerdeki iyileşme ve taşıma gücündeki artış oranlarının bulunması amaçlanmıştır. Önceden hazırlanmış olan 100 x 100 cm boyutundaki düşük mukavemetli betonarme döşeme elemanlara, yüksek performanslı çelik dübeller uygulanmıştır. Bu betonarme döşemenin üstüne mevcut betona göre daha yüksek mukavemetli betonun dökülmesinin ardından numuneler denenmiştir.

Deneysel çalışmada betonarme döşemeler üzerinde incelenen parametreler;

- uygulanacak olan dübel sayısı
- dübellerin döşeme üzerindeki yerleşimleri

olmuştur.

Bu parametrelere bağlı kalınarak, güçlendirilmiş betonarme döşemelerde zımbalama ile karşılaşmamak için 20 x 20 cm' lik bir plaka ile yük yayılarak, döşemelerin orta noktasından tekil yük uygulanmıştır. Bu çalışmada, iki farklı mukavemetteki betonarme döşeme davranışında, dübel kullanımının olumlu ya da varsa olumsuz etkilerinin gözlemlenebilmesi amacıyla; dübel sayısı arttırılarak, 4 değişik tipte deney numunesi oluşturulmuştur.

Bunlar;

- Dübel uygulanmamış
- 5 dübel uygulanmış
- 9 dübel uygulanmış
- 16 dübel uygulanmış

güçlendirilmiş betonarme döşemelerdir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Betonarme Döşemelerde Düşey ve Yatay Yük Taşıma Kabulü

Döşemeler, yüklerin yapıya ilk etkidiği yerler olup, aynı zamanda aynı kattaki düşey taşıyıcıların birlikte çalışmasını da temin ederler. Döşemelerin her iki yük durumunda da tasarımlarının doğru ve yeterli düzeyde yapılmış olması, yapının fonksiyonunu önemli ölçüde etkileyecektir [6]. Bu şekilde hem düşey, hem de yatay yük taşıyan betonarme döşemelerin, bu yükler altındaki davranışlarını modelleyebilmek için, yapı içerisindeki davranışlarını gerçekçi bir biçimde ifade ettiği düşünülen yük taşıma kabullerinden faydaniılmaktadır.

2.1.1 Düşey Yük Taşıma Kabulü:

Düzlemine dik yönde etkiyen sabit ve hareketli yükleri döşemelerin özelliklerine göre;

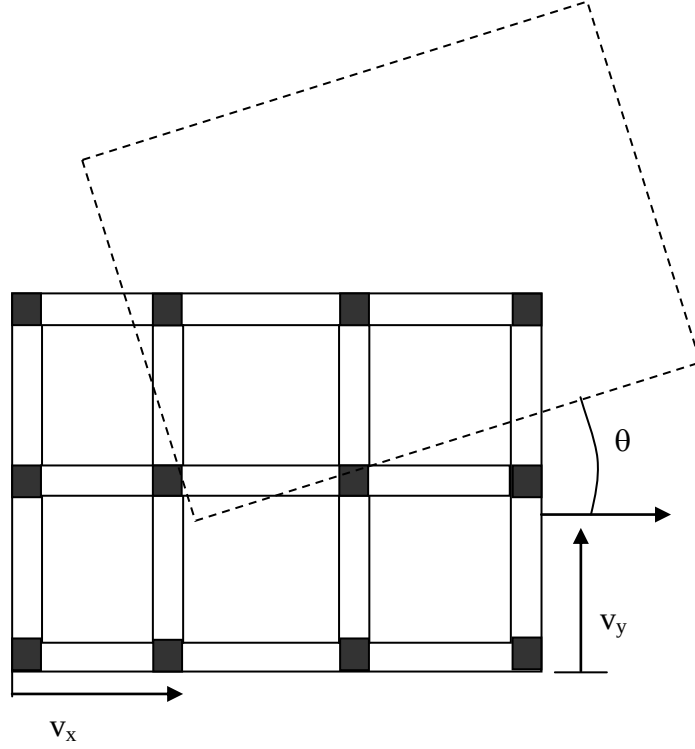
- Kirişli döşemelerde, döşemenin boyutlarına bağlı olarak üçgen veya trapez yayılı yük olarak kirişler aracılığıyla,
- Kirişsiz döşemelerde ise doğrudan

kolonlara aktarmaktadırlar.

2.1.2 Rijit Diyafram Varsayımı

Yapılara deprem sırasında etkiyen yükler atalet kuvvetleri olduğu için yayılı olarak etkirler. Ancak yapılarda kütleler daha çok döşeme seviyelerinde bulunduğu için, deprem yüklerinin bu seviyelerde döşemeye etkidiği kabul edilir. Döşemeler düzlemleri içinde çok rijit yapı elemanları oldukları için hesap modellerinde rijit diyafram olarak kabul edilirler. Böyle bir durumda döşemenin düzlemi içinde iki

doğrultuda öteleme, (v_x ve v_y) yaptığı ve düzlemine dik doğrultuda da dönme, (θ) yaptığı kabul edilir. (Şekil 2.1)



Şekil 2.1 Rijit diyafram şeklinde davranan döşeme

Döşemenin üzerindeki bir nokta için bu değerlerin bilinmesiyle, diğer bütün noktaların yerdeğiştirme ve dönmeleri hesaplanabilir. Ancak, döşemeye bağlı olan noktalar döşemeden bağımsız olarak düşey yerdeğiştirme ve iki yatay eksen etrafında dönme yapabilirler. Bu durumda bir kat döşemesinde serbestlik derecesi, döşemedeki düğüm noktası sayısının üç katına, üç rijit diyafram serbestlik derecesi eklenmesi ile bulunur [1].

Görüldüğü gibi, rijit diyafram kabulü serbestlik derecesi sayısını önemli derecede azaltmaktadır. Bu da tasarım aşamasında proje mühendisinin işini oldukça kolaylaştırmaktadır. Ayrıca, döşeme yatay yükler altında rijit cisim hareketi yaptığı için, kat kütlesi veya kat deprem yükü, döşeme kütle merkezinde tanımlanabilir. Kütle tanımlanması durumunda, öteleme kütlesi yanında düşey eksen etrafındaki

dönme ataletinin belirlenmesi bakımından, kütleli dönme ataletinin de tanımlanması gerekir [1].

Döşemenin düzlemi içinde ani rijitlik ve dayanım azalmaları da yük aktarımında sorunlara neden olur. Bu gibi döşeme süreksizliğinin bulunduğu durumlarda deprem yüklerinin düşey taşıyıcı elemanlara güvenle dağıtılması, tasarım aşamasında sağlanmalıdır [1].

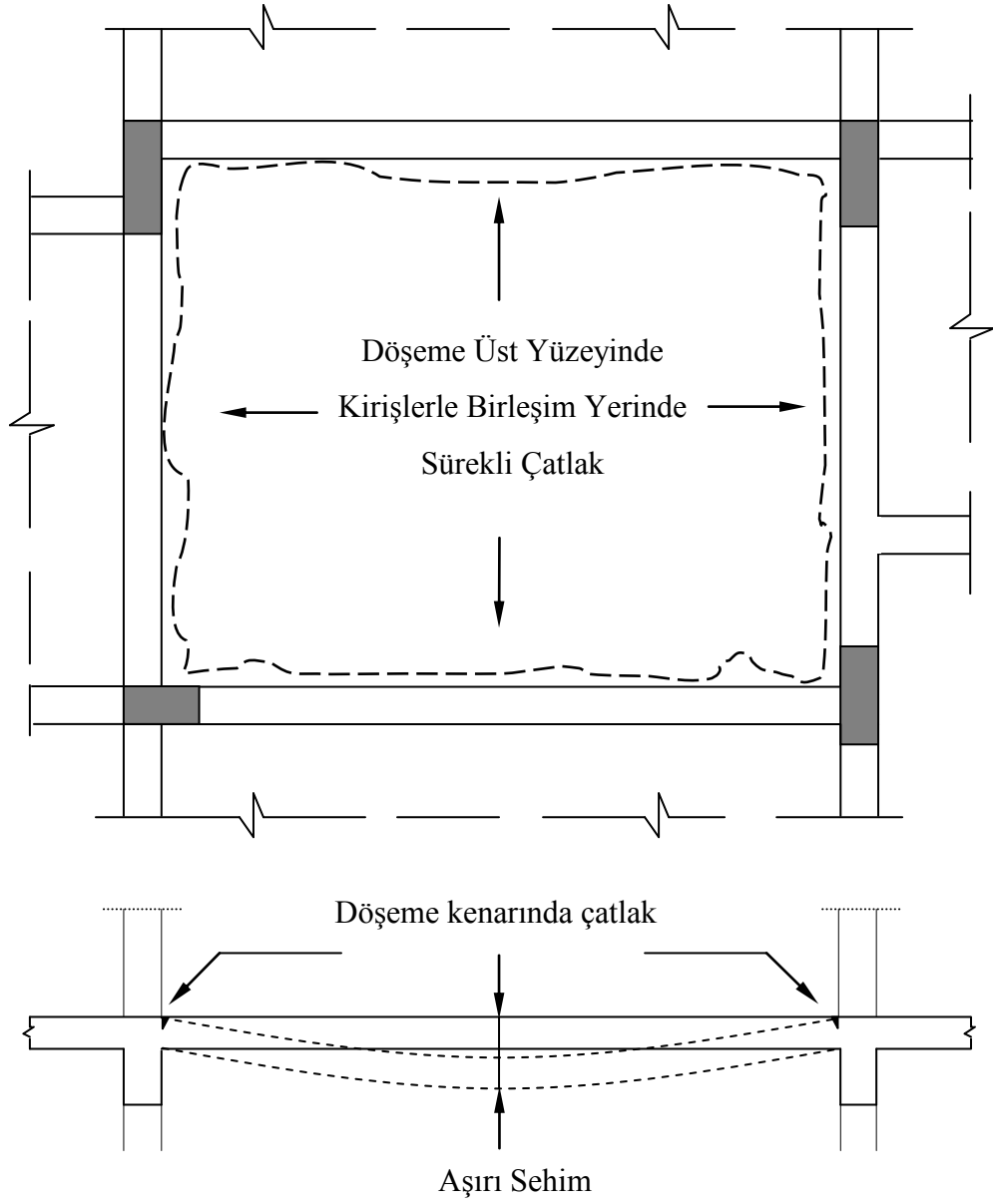
2.2 Döşemelerde Görülen Hasarlar

2.2.1 Düşey Yüklerden Dolayı Oluşan Hasarlar

Döşemelerde gözlenen hasarlar çoğunlukla döşeme ortasında aşırı sehim ve döşemenin kenarlarında, kirişle birleştiği yerde (üst yüzeyde) çatlak olarak ortaya çıkmaktadır. (Şekil 2.2) Bu belirtiler daha çok döşemenin açıklığına göre narin olması, betonun tam sertleşmeden yüklenmesi (erken kalıp sökümü), döşeme beton dayanımının projede öngörülen dayanımdan düşük olması ve donatı yetersizliğinden dolayı oluşmaktadır [1,2,6].

Döşeme zayıflığının bir başka kanıtı ise döşemenin fazla titreşim yapmasıdır ki çatlak veya hasar oluşmamış olsa bile, kullanıcıları aşırı sehim ve titreşimler nedeniyle rahatsız eden döşemeleri hasarlı döşeme olarak nitelemek gereklidir. Döşeme ortasındaki sehim, açıklık/200 cm'den fazla olursa, sehim aşırı olarak kabul edilmelidir. Betonarme döşemelerde temel tasarım kistası yeterli dayanımın yanında aşırı sehim ve titreşimlerin önlenmesidir. Minimum kalınlık limitleri de bu düşünceyle getirilmiştir [2].

Gamble ve arkadaşları [7] tarafından yapılmış büyük ölçekli döşeme deneylerinde, döşemelerin hesap yüklerinin 3-4 katı yükler altında aşırı sehim ve çatlaklı durumda yük taşımaya devam ettikleri gözlenmiştir. Döşemelerin üst yüzeylerinde negatif moment nedeni ile kenarlarda, kirişlerle birleşme bölgelerinde çatlaklar olmaktadır. Ayrıca alt yüzeyde momentle zorlanan donatıların bulunduğu yerlerin hemen altındaki betonda çatlak oluşmaktadır [7].



Şekil 2.2 Düşey Yüklerden Dolayı Döşemde Oluşan Çatlak ve Sehim

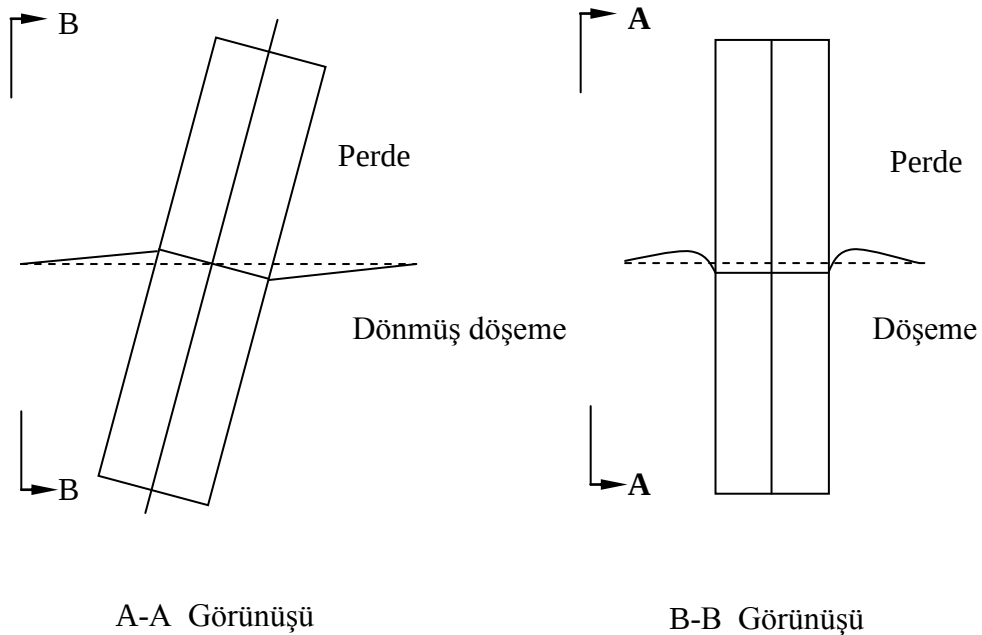
2.2.2 Yatay Yüklerden Dolayı Oluşan Hasarlar

Yapıya kat düzeyinde etkidiği kabul edilen deprem yükleri, döşemelerin düzlemlerine dik yönde etkirler. Döşemeler bu tür yükler karşısında oldukça yüksek rijitlikleri nedeniyle deformasyon yapmazlar. Döşemelerin yatay yükleri kolon ve perde gibi düşey elemanlara rijitlikleri ile orantılı olarak aktardıkları kabul edilir [2]. Bu konuda

yakın zamanda yapılmış olan büyük ölçekli deneysel bir çalışma, döşemelerin diyafram etkisi sayesinde çerçevenin yanal yükler etkisinde üç boyutlu davranışından öncelikli olarak sorumlu olduğunu göstermiştir. Klasik hesap yöntemlerinde T kiriş sistemi dışındaki döşemeler, betonarme çerçeve sistemlerde rijitlik ve dayanım hesaplarına katılmazlar. Bu konuda varılan sonuçlarla ACI 318-99 [8]'da da değişiklikler yapılmıştır [9].

Bazı yapılarda yapının planda, uzun kenar/ kısa kenar oranları büyükse, yani yapı planda çok narin ise döşemeler düzlemleri içinde yeterli rijitlikte olmayabilirler ve buna bağlı olarak yatay kuvvetleri düşey elemanlara rijitlikleri ile orantılı olarak dağıtamayabilirler [2].

Depremlerde döşemelerin bazı durumlarda hasar gördükleri bilinmektedir. Örneğin; perde duvarlı yapılarda perdelerin yatay yükler altında dönmesi, döşemeye moment aktarılmasına ve döşemede dönmeye yol açar. Bu durum şematik olarak Şekil 2.3' de görülebilmektedir.



Şekil 2.3 Perdedeki dönmenin döşemeye etkisi

Okamoto ve arkadaşlarının yapmış olduğu deneysel bir çalışmanın sonuçları da perde duvarın yatay yükler etkisinde dönmesi ile döşemelerin zorlandığını göstermiştir [10].

2.3 Döşemelerde Onarım ve Güçlendirme

Döşemelerde oluşan bu hasarların onarılması ve gerekiyorsa döşemelerin güçlendirilmesi için yetersiz görülen kesit kalınlığının arttırılması gerekmektedir. Bu şekilde bir güçlendirmeye gidildiğinde oluşan yapı elemanının etkinliği, yeni dökülen beton ile eski betonun birlikte davranışına bağlıdır. Zira döşeme üzerine gelecek yüklerin yeterli düzeyde aktarılması daha öncede belirtildiği üzere yük taşıma kabullerini zedelememesi açısından gereklidir. Bu şekilde güçlendirilen betonarme döşeme, yük taşımaya başladığı andan itibaren basınç, çekme ve kesme kuvvetleri etkisinde kalacaktır. Bu etkiler altında üst ve alt döşemenin birlikte çalışması gerekir. Bu yükler altında, yeni dökülen yüksek dayanımlı beton ile eski düşük dayanımlı betonun kaynaşmasının ne ölçüde sağlanması gerektiği ve buna karşılık artan yükler etkisindeki davranışlarının bilinmesi, dayanım ve rijitlik hesaplarının daha gerçekçi yapılabilmesi açısından önemlidir.

2.3.1 Kesme Kuvveti Etkisi

Kesme kuvveti etkisi altında kaynaşma, bu kuvvet aktarımları arasında en önemlisidir. Farklı zamanlarda dökülen bu iki betonun ara yüzeyinin kesme kuvveti etkisi altında yük aktarımı en azından **adhezyon** ve sürtünme ile gerçekleşmektedir. Uygulanacak olan yöntemler de söz konusu iki işlevi gerçekleştirebilecek özellikte olmalıdır [11].

2.3.1.1 Kuvvet Aktarımı İçin Yapılması Gerekenler

- **Beton Yüzeyinde Yapılacak İşlemler**

Eski beton ile yeni betonun ara yüzeyleri, yapı elemanında monolitik yapıyı bozan bir süreksizliktir. Bunun için iki betonun ara kesitinde yapılacak olan pürüzlendirmenin

beklendiği gibi kesme kuvveti taşıma gücünü önemli ölçüde arttırdığı görülmüştür [12,13].

Ayrıca betonda kayma kamaları oluşturulacak yuvalar ve dişler ile kesme kuvveti etkisi altında kaynaştırma etkin kılınmaktadır. Bu konuda yapmış olduğu çalışmanın sonucunda Chronopoulos [11], eski ve yeni beton arasındaki sürtünme katsayılarını yüzeyin şekline göre öneren **adhezyon** ve sürtünme değerleri için bir tablo oluşturmuştur.(Tablo 2.1)

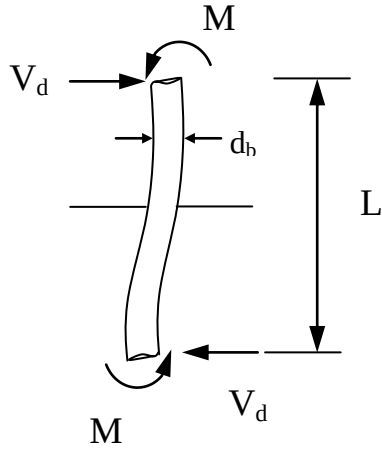
Tablo 2.1 Farklı yüzey durumları için **adhezyon** ve sürtünme katsayıları

	Adhezyon	Sürtünme Katsayısı
Düzgün	$0.0-0.25 \cdot f_t$	0.66
Pürüzlü	$0.75-1.00 \cdot f_t$	1.00
Dişli	$0.75-1.00 \cdot f_t$	1.50

- **Kayma Kaması Kullanımı**

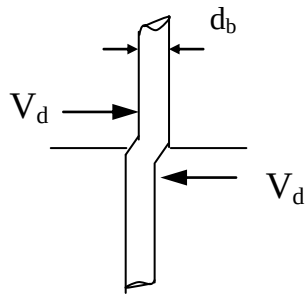
Eski beton ile yeni betonun ara yüzeyleri nedeniyle oluşan süreksizliği önlemek için her zaman yüzey pürüzlendirmesi yeterli olmayabilir. Bu durumda oluşacak sorunları önlemek için, iki betonun arakesitinde yeterli boyda uzanan filiz donatısı, çelik dübeller veya bulonların, kama etkisi ile kesme kuvvetini aktarabileceği bilinmektedir [11].

Park ve Paulay' e [14] göre eski ve yeni betonun ara yüzeyine dik yönde yerleştirilmiş filiz demirleri veya dübellerin kama etkisi ile kesme kuvveti aktarması Şekil 2.4' de gösterilen mekanizma ile oluşmaktadır. Bu işlem için iki beton arasında rölatif yerdeğiştirme oluşması ve kayma kaması olarak kullanılacak malzemenin yüksek miktarda deformasyonu gerekmektedir ki bu pek de istenilen bir durum değildir. Ancak çok büyük yükler altında böyle bir durum gerçekleşebilir [14].



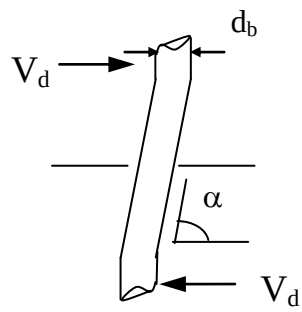
Eğilme:

$$V_d = 2.M/L = (A_s \cdot f_y) (4.d_b)/(3.\pi.L)$$



Kesme:

$$V_d = (A_s \cdot f_y) / (\sqrt{3})$$



Bükülme:

$$V_d = A_s \cdot f_y \cdot \cos \alpha$$

Şekil 2.4 Eski ve Yeni Beton Arasındaki Kama Donatısının Yatay Kuvvet Aktarma Biçimleri

2.3.1.2 Deneysel Çalışmalar

Güçlendirilmiş döşeme elemanlarında, kesme kuvveti aktarımını olumlu yönde etkileyeceği düşünülen kayma kaması yoğunluğunun, davranış ve dayanıma olan etkisini araştırmak amacıyla bazı çalışmalar yapılmıştır.

Bunlardan ilki, üç ana grupta incelenebilecek olan bir dizi deneydir. Deney elemanları;

- yüksüz güçlendirilmiş,
- deformasyonu geri alınmaksızın yüksüz onarılmış,
- deformasyonu geri alınıp yüksüz onarılmış

betonarme döşeme olarak üç grupta incelenmiştir [15].

Tek yönlü 60 cm genişliğindeki ve 270 cm boyundaki döşeme şeridi deney numunesi olarak seçilmiş ve deney numuneleri bir iç açıklık ve buna bitişik iki konsol döşemesinden oluşturulmuştur [15].

Deney numunelerinin hepsinde boyutlar, kullanılan donatı ve donatı alanları sabittir. Mesnetlerine öngerme verilerek yaklaşık olarak ankastre davranması sağlanmış olan deney numunelerinde, yayılı yük etkisini benzeştirmek amacıyla iç açıklıkta dört ortalı noktadan, konsol ucuna ise iki noktadan eşit yük uygulanmıştır [15].

Güçlendirilmiş numunelerden bir kısmında kayma kamaları kullanılmazken, diğerlerinde kayma kamaları 10, 20 ve 30 cm aralıklı olarak kullanılmıştır. Kayma kaması olarak çelik bulonlar kullanılmıştır. Böylece kayma kamalarının aralıklarındaki değişimin davranışa olan etkisinin görülmesi amaçlanmıştır [15].

Bu çalışmanın sonucunda güçlendirme yönteminin konsollarda rijitlik, süneklik ve taşıma gücü açısından monolitik döşeme davranışına oldukça yaklaştığı, ancak güçlendirilmiş iç açıklıklarda aderans çürümesi yüzünden başarısızlıkla sonuçlandığı görülmüştür. Deformasyonu geri alınmadan onarılmış açıklık döşemesine bakılarak, iç döşemelerde de yöntemin başarılı olacağı kanaatine varılmıştır. Ancak deformasyonu geri alınarak onarılan döşemelerde onarım öncesi deformasyona ulaştıktan sonra öngörülen taşıma gücüne erişirken, eğilme rijitliğinin oldukça düştüğü görülmüştür. Bu tip döşemelerde deformasyon durumunun çok önemli olduğu görülmüştür. Sonuç olarak yöntem, deformasyonu geri alınmamış döşemelerde çok başarılı olmuş ve tam bir monolitik döşeme davranışı elde

edilmiştir. Yapılan deneysel çalışmanın sonucunda güçlendirme yöntemi olarak ne uygulanırsa uygulansın, aderans probleminin oldukça önemli olduğu ve yetersiz aderansın yöntemi etkisiz kılabilceğı görülmüştür [15].

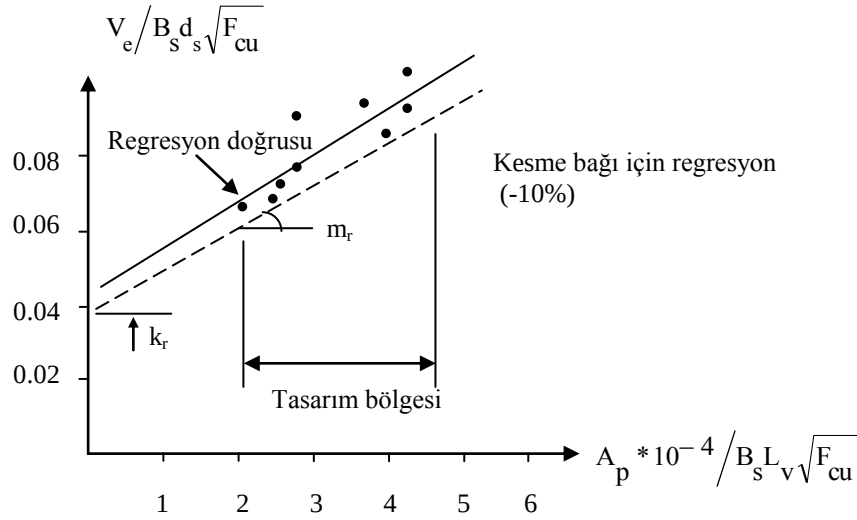
Buna benzer şekilde yapılan bir başka çalışmada ise, güçlendirilmiş kalıpsız döşeme elemanlarıyla, basit kiriş biçiminde değişik kalınlıklardaki 4 adet döşeme numunesi üst yüzeylerine beton dökülerek hazırlanmış ve denenmiştir [16].

Yüklenmiş ve hasar görmüş numuneler; bir kısmı 2 cm çapında çelik bulonlar kullanılarak oluşturulan kayma kamaları kullanılarak, bir kısmı kayma kamaları kullanılmaksızın ortalama 5 cm kalınlığında ek bir beton tabakası dökülmek suretiyle güçlendirilmiştir. Gövde ve başlıkları 12:5 ve 25:5 cm olan yaklaşık olarak 550 cm açıklıklı 4 adet kalıpsız döşeme elemanı kapalı çerçeve içerisinde, 1/3 açıklık kesitlerindeki artan eşit yükler etkisinde göçmeye kadar yüklenmiştir [16].

Deney sonuçlarına bakıldığında, gövde ve başlıkları 25:5 ve 12:5 cm olan iki numune arasında kayma kaması kullanılmasının dayanım ve yerdeğıştirmelere olan etkisi; 25:5 cm olan numune için pozitif bir etkisi olmamakla beraber, 12:5 cm' lik numunede dayanım artmakta ancak numunenin yerdeğıştirme kapasitesi daha az olmaktadır. Bu çalışma sonucunda, iki deneye bakarak karar vermenin çok doğru olmayacağı kabul edilerek, kayma dayanımının sağlanabilmesi için eski beton yüzeyinde varolan pürüzlülüğün yeterli olduğu düşünülmektedir [16].

Bir başka yaklaşım ise, bu şekilde bir güçlendirmeye gidildiğinde oluşan yapı elemanının kompozit bir yapı elemanı olarak göz önüne alınabileceğidir. Kompozit döşeme hareketinin analizi oldukça karmaşıktır. Zira sıkça kullanılan modüler oran ve plastik dizayn hesaplarında göçme modunun aradaki kesme bağının yok olmasıyla oluşacağı ihtimali göz önüne alınmaz [4]. Buna rağmen; Schuster ve Erkberg [6], gerçek boyutlu kompozit döşemelerle yaptıkları bir dizi deney sonucunda; bu şekilde bir kesme bağı kaybını, kompozit döşemelerin çoğunda ilk göçme modunda gözlemlemişlerdir. Böyle bir göçme modu yetersiz kesme kuvveti transferi ile sonuçlanan kompozit davranışın yok olmasıyla ortaya çıkmaktadır. Bu durum ise döşemede temel bir diyagonal çatlak, yatayda kayma ve iki farklı malzeme arasında gerçekleşen boyuna bir ayrılma ile ifade edilir. Kesme bağı kapasitesinin yeterli doğrulukta tahmin edebilmek; şu an itibarıyla mümkün gözükmemektedir.

Porter ve Erkberg [18], BS 5950 [19] tarafından da önerilen çalışma en azından benzer tipteki elemanlarda faydalı olacaktır. Burada, sadece belirli özellikteki kompozit döşemelerle yapılacak olan deneylerin belirli bir durum için m_r ve k_r gibi iki faktörün tahminine yetecek kadar sayıda deney numunesi ile (burada en az 6 adet deney numunesinden bahsedilmektedir) yapılabileceği söylenmektedir. Burada bahsi geçen m_r ve k_r ; kesme kuvveti transferinin karakteristik değerleridir. Bu ifadeler ne yazık ki tam olarak fiziksel anlamı olmayan sadece benzer tipteki yapı elemanlarının kapasite hesaplamalarında kullanılabilecek sabit sayılardır. Böylece, en azından talep edilen tipteki kompozit döşemeye ait kapasite bilgileri bir kez oluşturulacak ve aynı tip malzeme için hangi kalınlıkta, kaç açıklıklı ve ne kadar mukavemetli beton olursa olsun; her döşeme için kapasite hesaplarını uygulanabilmesini sağlayacaktır [18,19].



Şekil 2.5 Kesme Bağı Dağılım Grafiği

Şekil 2.5, Porter ve Erkberg [18]'in yapmış oldukları deneysel çalışmanın sonuçlarıdır. Bu sonuçlar BS 5950 [19] ve Eurocode 4 [20]'ün tavsiye ettiği kurallara uyularak oluşturulmuştur. Şekilde de görülebildiği gibi deneysel sonuçları ifade eden noktalar üzerinden geçen doğru üzerinden alınan eğim m_r ve doğrunun eksen üzerinde kestiği noktada ise k_r 'yi vermektedir [18].

Prasannan ve Luttrell'de [21] yukarıdakine benzer bir yol izleyerek yaptıkları 79 deney numunesinden oluşan çalışmalarında, deney numunesi olarak kullandıkları kompozit döşeme ile aynı tipteki herhangi bir kompozit döşemenin kapasitesinin tahmin edilebileceği bir amprik formül geliştirmişlerdir. Bu ifade literatüre, oldukça

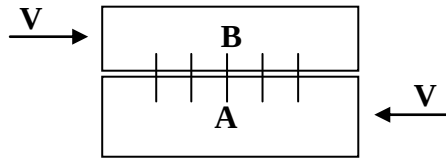
belirgin bir ilerleme ve daha sonra bunlara ilave olacak küçük yeniliklerle çok yararlı bir boyutlama aracını kazandırmıştır [4].

2.3.1.3 Teorik Araştırmalar

Kayma kamalarının uygulanması aşamasında yapı elemanında yeterli miktarda kullanılabilmesi için gerekli miktarın hesaplanabilmesi gereklidir. Literatürde bu konudaki eksikliği gidermek amacıyla yapılan bir çalışmada; bazı amprik ifadeler ve kullanılan kayma kamasının özellikleri yardımıyla bilgi sahibi olunabileceği görülmüştür [22]. Bu çalışmada kayma kamalarının, iki farklı malzeme arasında oluşabilecek olan

- yatay kesme kuvvetlerini taşıyabilecek,
- aralarında oluşabilecek hareketlere karşı koyabilecek

şekilde yeterli ankraj derinliği ile bağlantısının yapılması gerekli olduğu düşüncesinden yola çıkılmıştır. Böylece her iki malzeme arasında ayrılmalara engel olacak kuvvetler; uygulanacak olan kayma kamalarının yeterli düzeyde aderansıyla çalışacak olan kayma kuvvetleri olacaktır (Şekil 2.6) [22].



Şekil 2.6 Kayma kaması uygulanmış betonarme elemanda kesme kuvveti etkisi

İki malzeme arasında yüzey pürüzlü olduğundan V kesme kuvveti B elemanında sadece yatayda bir yerdeğiştirme oluşmasına sebep olmakla kalmaz, düşeyde de bir yerdeğiştirmeye sebep olmaktadır. Bu durumda yüzey etrafında, betondaki basınç gerilmeleri ile dengelenmiş olan kayma kamaları, çekme kuvveti etkisi altında kalmaktadır. Burada kamalarda oluşacak olan T çekme kuvveti ile betondaki basınç kuvveti arasında dengeye bakıldığında;

$$T_s = A_{sf} * \sigma_s = C \quad (2.1)$$

Yüzeye paralel olan sürtünme kuvveti V_s ve μ sürtünme katsayısını sembolize etmek üzere,

$$V_s = \mu * C = \mu * A_{sf} * \sigma_s \quad (2.2)$$

Ve V_r kayma kamalarının maksimum kapasitesini ifade ettiği durumda ise,

$$V_r = \mu * A_{sf} * f_{yk} \quad (2.3)$$

Öyleyse B elemanı ile A elemanı arasında kaymanın gerçekleşmemesi için V_d yüzeye etkiyen kayma kuvveti hesap değeri ve γ_f güvenlik katsayısını ($\gamma_f > 1$) ifade ettiği durumda;

$$V_d \leq (1/\gamma_f) * V_r \quad (2.4)$$

Bu değer burada sunulan çalışmada kullanılan dübeller için $\gamma_f < 4$ olarak ifade edilmektedir [24].

Denklem 3 ve 4' ten kayma kaması olarak kullanılacak olan donatı alanı, A_{sf} ;

$$A_{sf} = V_d / (0.70 * \mu * f_{yk}) \quad (2.5)$$

Onarım ve güçlendirme durumunda μ değerinin 1 alınması tavsiye edilmektedir.

Kayma kaması olarak kullanılan mekanik dübellerin yük taşıma kapasiteleri bazı faktörlere bağlıdır. Bunlar;

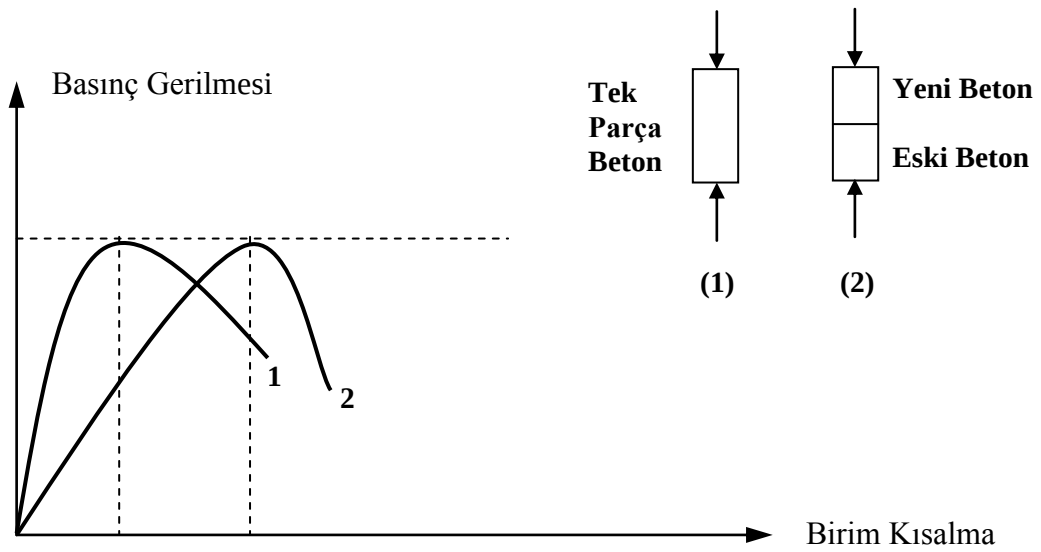
- dübelin ankraj derinliği
- dübelin boyutu ve özellikleri,
- betonun kalitesi,
- dübeller arasındaki ve elemanın kenarından uzaklığı,
- dübelin beton ile oluşturacağı bağ kuvveti

dir [22].

2.3.2 Basınç Kuvveti Etkisi

Kompozit yapı elemanlarında yük aktarımı konusunda yapılan çalışmalar kesme kuvvetinin nasıl aktarılabilirliğinin araştırılmasına yönelik olmuştur. Oysa bu iki beton arasında aktarılması gerekli olan kuvvetler sadece kesme kuvvetleri değildir. Kesme kuvvetlerin yanı sıra basınç kuvvetlerinin de aktarılması gereklidir.

Chronopulous [11], basınç kuvvetlerinin aktarımının eski betonun yüzünün pürüzlendirilmesi ve yeni dökülen betona tam bir yapışma için taze iken hafif bir basınç yapılması ya da özel bağlayıcı maddelerin kullanılmasını önermektedir. Püskürtme beton ya da özel beton kullanımı halinde de etkili bir süreklilik sağlanabilmektedir. Şekil 2.7’de eski ve yeni betonun kaynaşmasının basınç etkisi altında etkinliği görülebilmektedir [11].



Şekil 2.7 Eski ve Yeni Betonun Kaynaşmasının Basınç Etkisi Altında Şematik Etkinliği

Buna göre basınç dayanımının biraz daha küçük olacağı, elastisite modülünün %50 kadar daha az ve birim kısılmanın ise % 25 kadar daha fazla olabileceği görülmektedir. Basınç kuvvetleri altında eski ve yeni betonun kaynaşmasının, özellikle şantiye koşullarında tam gerçekleşmeyeceği ileri sürülmektedir [11].

2.4 Kayma Kamaları

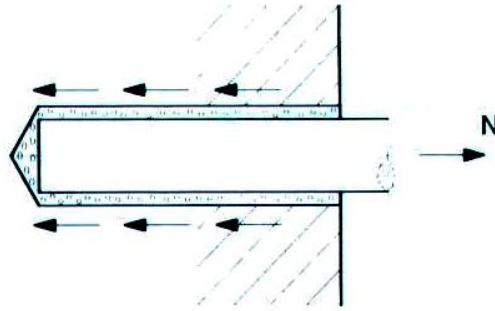
Beton ile kayma kamalarının tam kaynaşmasının sağlanması için kullanılacak olan çelik dübel veya bulonlar için iki farklı tipte kullanılmaktadır. Bunlar ;

2.4.1 Kimyasal Yapıştırıcılarla Uygulanan Dübelller

2.4.2 Mekanik Ankraj Dübelleri

2.4.1 Kimyasal Yapıştırıcılarla Uygulanan Dübelller

Bu tip bulonlarda, bulondan yapı elemanına yük aktarımı bağlayıcı malzeme ile gerçekleşmektedir [24].

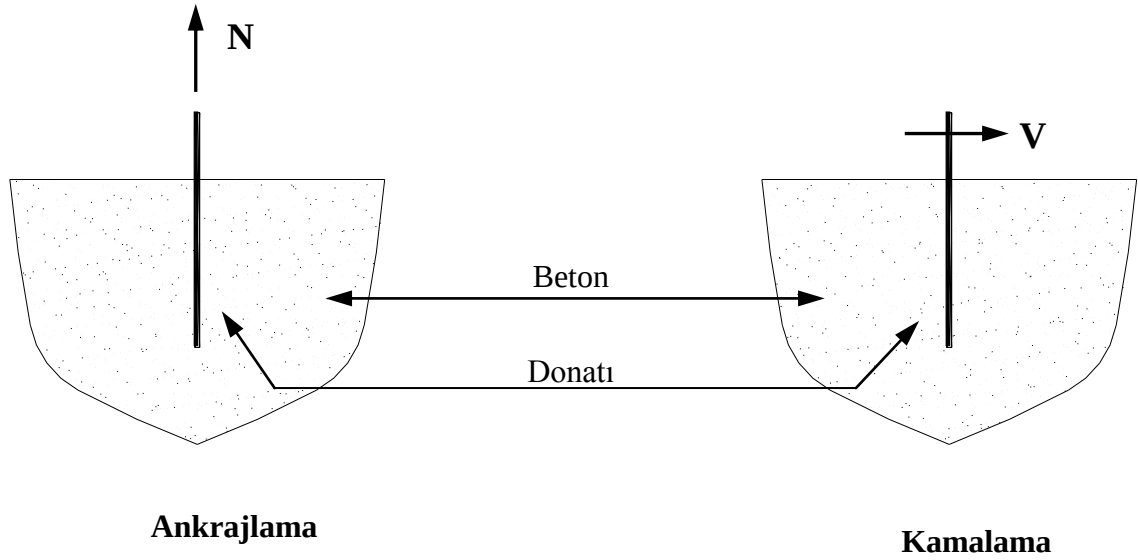


Şekil 2.8 Kimyasal Bağlanma ile Aderans

Ankraj bulonlarının çevresine özel sentetik yapıştırıcılar sürülerek uygulanan bu yöntemde yapıştırıcıların yüksek sıcaklıklarda yandığı bilinmektedir. Yangın tehlikesi olan bu gibi durumlarda, deliklerin daha derin yapılması önerilmektedir [2]. Bu tip epoksi reçinesi doldurulan ankrajlarda; yüksek dayanımlı epoksi, uygulanan donatı veya bulonun ankrajını tam olarak sağlayabilmektedir. Çekme kuvveti uygulanması halinde kırılma, betonun bir koni biçiminde ayrılması şeklinde gerçekleşmektedir [2, 12, 25, 26].

Kama etkisinden yararlanılarak uygulanacak olan filiz donatılarının veya dübellerin, eski betonda açılacak olan yuvalara yerleştirilirken yüksek dayanımlı ve geniş çimentolu harçlarla yerleştirilmesi ve ankraj boylarının da her iki betonda yeterli düzeyde olması gerekmektedir.

Bu noktada eski ve yeni betonu kaynaştırmak için kullanılan bağlantı elemanlarının betona tam olarak yapışması sorunu ortaya çıkmaktadır. Zira kama etkisinden yararlanmak amacıyla kullanılacak olan bağlantı elemanlarına, eksenlerine dik yönde kesme kuvveti taşıttırılacaktır.(şekil 2.9)



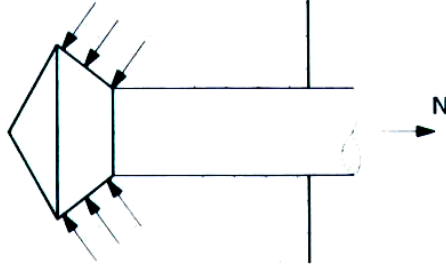
şekil 2.9 Donatının Betonda Ankrajlanması ve Kamalanması

2.4.2 Mekanik Ankraj Dübelleri

Mekanik ankraj bulonları beton ile arada herhangi bağlayıcı madde olmaksızın; bulonların, uygulandıkları malzemenin çeperlerine sürtünme veya mekanik kilitlenmesiyle görevini yapabilen bağlantı elemanlarıdır. Bu kapsamda bunları iki grupta inceleyebiliriz.

2.4.2.1 Konik Uçlu Dübeller

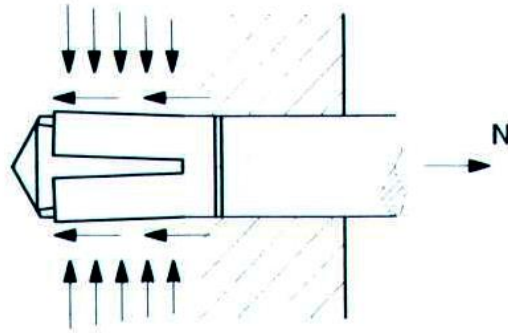
Bu tip dübeller beton delici ile açılan yuvalara yerleştirilen konik uçlu dübellerdir. Yük aktarımları tamamiyle mekanik kilitlenmeyle gerçekteşir. Bu nedenle açılan deliğin temizliği oldukça büyük önem taşır.



Şekil 2.10 Mekanik Kilitlenme ile Aderans

2.4.2.2 Ucu Genleşen Dübelller

Ucu genişleyen (genişleyen) dübellerde ise durum biraz farklıdır. Bu dübellerin çalışma prensibi sürtünme üzerinedir.



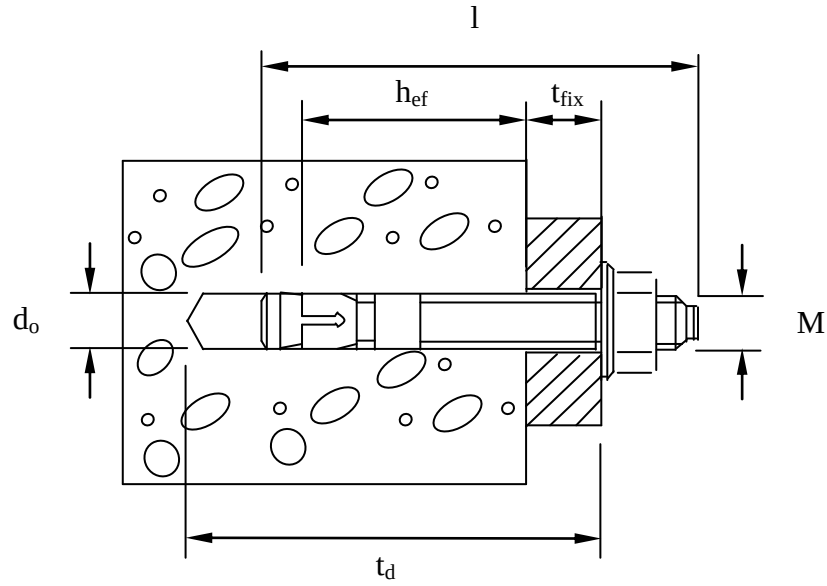
Şekil 2.11 Sürtünme ile Aderans

- **Dübellerin Uygulanması**

Dübelin uygulanması sırasında; tork kontrollü veya deplasman kontrollü bir genişleme sağlanarak, dübel ile uygulandığı malzeme arasında ilave bir sürtünme kuvveti oluşturulur.

- Tork kontrollü uygulamada dübel deliğe yerleştirilir ve yeterli düzeyde bir moment verilerek, dübelin uygulandığı malzemenin çeperlerine iyice tutunması sağlanmış olur.
- Deplasman kontrollü uygulamada ise bu işlem dübele bir moment verilerek değil çekiç ile çakılması şeklinde olur.

Burada sunulan çalışmada bu ve bunun gibi bağlantı elemanları üzerine çalışan Alman orijinli bir firmanın ürettiği, ucu genişlen dübeller kullanılarak döşemede iki ayrı beton arasında kayma kaması ile kuvvet aktarımı sağlanmaya çalışılmıştır. Mevcut bulonların derinlik ve özel kesme takozları gibi özelliklerine bağlı olarak taşıyabilecekleri çekme ve kesme kuvvetleri üretici tarafından belirtilmektedir [23]. (Şekil 2.12)



Şekil 2.12 Deneylerde kayma kaması olarak kullanılacak olan çelik dübel

2.5 Kayma Kamalarının Çalışmasını Etkileyecek Durumlar

Burada kayma kaması olarak dübellerin uygulanmasında amaç, eski ve yeni beton arasındaki kaynaşmanın tam olarak sağlanabilmesidir. Bu yolla takviye edilen betonarme yapı elemanlarında, uygulanan dübellerin kesme kuvveti aktarımını tam olarak sağlayabilmesi gereklidir. Bu noktada dübellerin kuvvet aktarımındaki

davranışlarını olumlu ya da olumsuz etkileyebilecek durumların bilinmesi çok önemlidir.

- **Dübelin Yerleştirilmesi:**

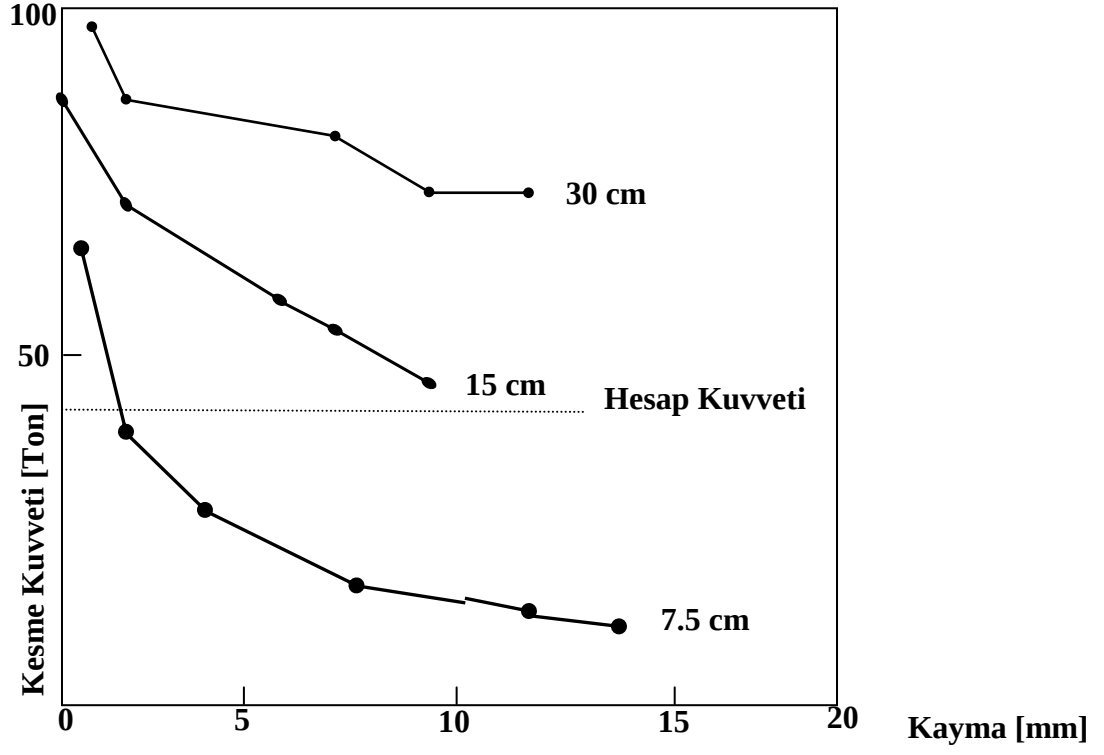
Dübellerin yerleştirildiği deliklerin çok iyi temizlenmiş her türlü toz vs. gibi kaynaşmayı önleyecek maddeden arındırılmış olması gerekmektedir. Aksi takdirde kuvvet aktarımının yeteri kadar iyi sağlanamadığı gözlenmiştir [23, 24, 26].

- **Kullanılacak Dübellerin Ankraj Boyu :**

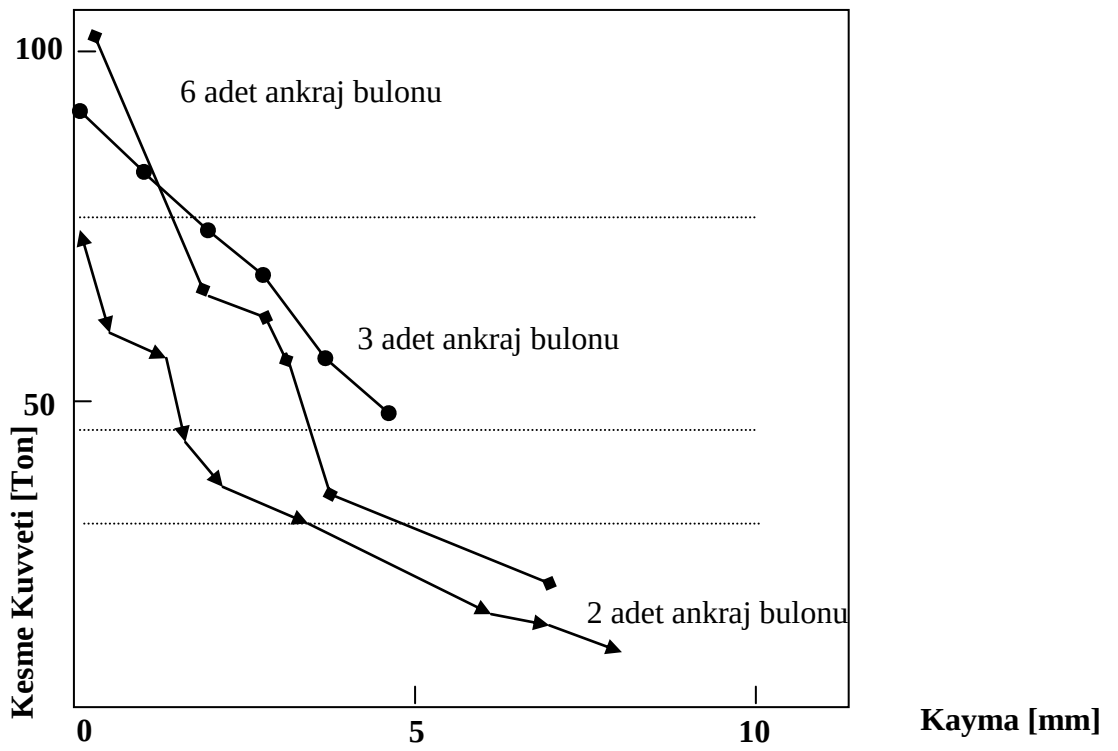
Uygulanacak olan dübellerin ankraj boyu kuvvet aktarımını önemli ölçüde etkileyecektir. Bu nedenle üretici tarafından verilen etkili ankraj derinliğine uyulması gerekmektedir [24].

- **Kullanılacak Dübel Sayısı :**

Uygulanacak olan dübel sayısı da kuvvet aktarımını önemli ölçüde etkileyecektir. Bu konuda yapılan çalışmalardan birinde, ankraj boyunun ve kullanılan ankraj bulonu sayısının kesme kuvveti-kayma üzerindeki etkilerini incelenmiş ve incelemeler sonucunda bunlar arasındaki etkileşimi gösteren bir grafik oluşturulmuştur [12]. Bu grafikler Şekil 2.13 ve 2.14’ de görülebilmektedir.

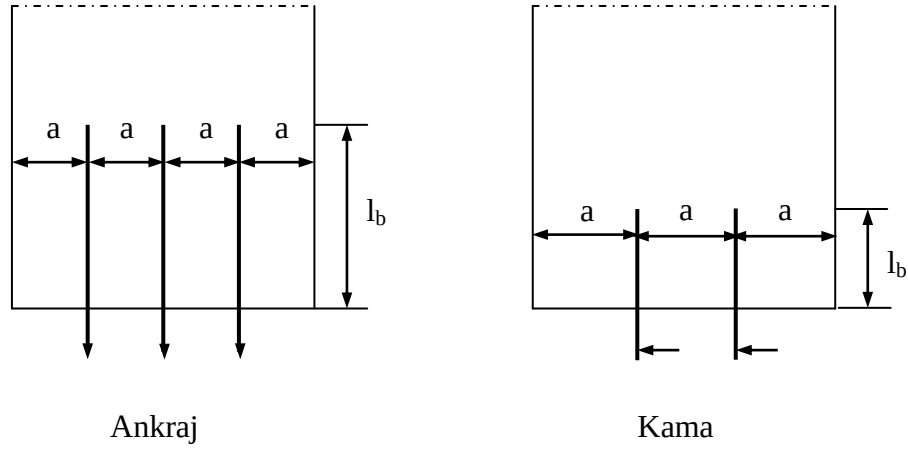


Şekil 2.13 Ankraj Boyunun Kesme Kuvveti ve Kayma Üzerinde Etkisi



Şekil 2.14 Ankraj Bulonu Sayısının Kesme Kuvveti ve Kayma Üzerinde Etkisi

Bu konuda, Chronoupoulous [11]'un yapmış olduğu çalışmalarda ise birden çok sayıda kullanılan ankraj veya kamanın yan yana uygulandığı durumlarda, betona aktarılabilecek olan gerilmelerin kritik boyutlara ulaşmasının önlenmesi için aralarındaki mesafenin de önemli olduğunu görülmüştür. Bu konuda yapmış olduğu çalışmanın sonuçları Şekil 2.15'de görülebilmektedir [11].



Şekil 2.15 Gruplu Ankraj ve Kama İçin Boyut Koşulları

Şekil 2..15' den de takip edilebileceği üzere,

- Ankrajda;

$$a \geq 2 * l_b$$

$$a = l_b \Rightarrow \% 50 \text{ daha zayıf}$$

$$l_b = 20 * \phi \text{ (BÇ I için)}$$

$$l_b = 40 * \phi \text{ (BÇ III için)}$$

- Kamalamada;

$$a \geq 10 * \phi$$

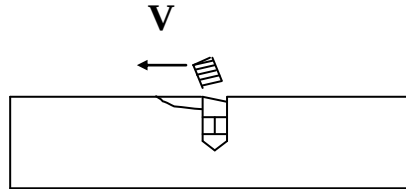
$$a = 5 * \phi \Rightarrow \% 50 \text{ daha zayıf}$$

$$l_b = 10 * \phi \text{ (her tip donatı için)}$$

2.6 Kayma Kamalarının Kesme Kuvveti Altında Göçme Şekilleri

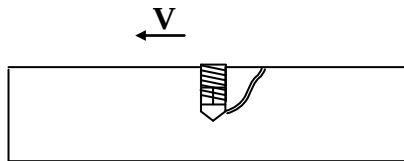
Yük aktarımı için uygulanan çelik dübellerin bazı uygulama hatalarından dolayı istenilmeyen göçme şekilleri sergiledikleri bilinmektedir. Bu ve bunun gibi sorunlar dübellerin uygulanması sırasında üretici tarafından verilen bilgilere uyulmasıyla aşılacaktır.

- Yapı elemanının kenarlarından uygulandıkları mesafenin çok olması genelde çelik dübelin kopmasıyla sonuçlanan bir göçme modu vermektedir. Bu durum numunenin maksimum yük kapasitesine ulaşılmasından kısa bir süre önce, betonun yüzeyinde yerel bir kabuk atması ile gerçekleşir. Eksenel yük durumunda olduğu gibi bu göçme şekli uygulandığı numunenin olası maksimum yük kapasitesini vermektedir [24].



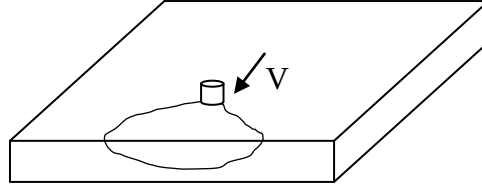
Şekil 2.16 Dübel kopması durumu

- Dübel gruplarında, dübel aralarında gerekenden daha az mesafe bırakılarak uygulanması durumunda; kesme kuvvetinin uygulandığı yöne zıt yönde betonun ayrılması ile sonuçlanan göçme şekli oluşmaktadır [24].



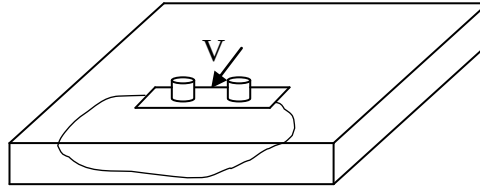
Şekil 2.17 Beton parça ayrılması

- Dübelin uygulandığı yapı elemanının kenarlarından gereken mesafeden daha az uygulanması ise yapı elemanın köşesindeki üst betonda bir kırılmaya sebep olmaktadır [24].



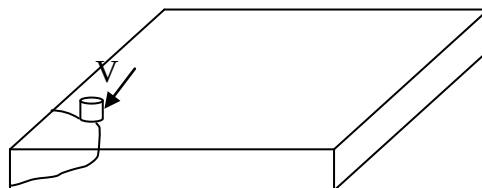
Şekil 2.18 Kenar mesafenin az olması durumu

Yapı elemanına grup halinde kenara yakın uygulanan dübeller, eğer eksenel aralıkları düşükse betonda kırılmaya neden olmaktadır. Burada göçme şekli bölgesel bir kırılma şeklinde gerçekleşmektedir [24].



Şekil 2.19 Eksenel mesafenin az olması durumu

- Aynı zamanda uygulandığı yapı elemanın köşelerine çok yakın olan dübeller de yapı elemanının köşelerinde tamamen betonun dökülmesine neden olmaktadır [24].



Şekil 2.20 Yapı elemanının köşelerine olan mesafenin az olması durumu

3. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu bölümde deney numunelerinin üretimi, kullanılan malzemeler, deneyler ve veri toplama sistemi hakkında bilgi verilecektir. Bu çalışma kapsamında yapılan deneylerde numunelerin boyutları ve beton kaliteleri ile kullanılacak olan dübellerin cinsi sabit tutularak, dübellerin sayısı değişken parametre olarak göz önüne alınmıştır.

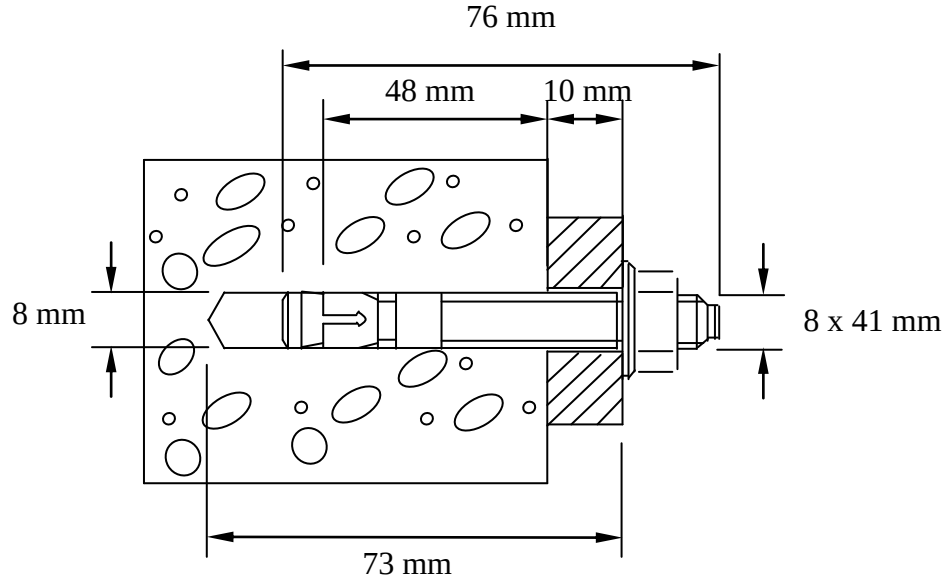
3.1 Kullanılan Malzemelerin Tanımlanması

3.1.1 Yüksek Dayanımlı Çelik Dübeller:

Betonarme döşemelerin güçlendirilmesinde kayma kamaları olarak kullanılan çelik dübeller yüksek dayanımlı ve ucu genleşen çelik dübellerdir. Bu tip dübellerin çalışma prensipleri Bölüm 2’de anlatılmıştı. Tablo 3.1’ de bu dübellerin özellikleri ve Şekil 3.1’ de bu dübellerin boyutları ile ilgili bilgiler verilmektedir [26].

Tablo 3.1. Çelik Dübellerin Özellikleri

Çap ϕ [mm]	Tip	Boy [mm]	Ankraj Derinliği h_{ef} [mm]	Kesme Kuvveti İçin Kırılma Yükü [kN]	Eksenel Uzaklık [mm]	Kenarlardan Uzaklık [mm]
8	FBN	76	48	12.5	210	70



Şekil 3.1 Uygulanan çelik dübellerin boyutları

3.1.2 Beton Dayanımları

Betonarme döşemeler 4 ayrı grup betondan oluşmaktadır. Bu betonların özellikleri Tablo 3.2’ de görülebilmektedir. Son grup (5. Grup) ise, daha yüksek mukavemetli olan betonu temsil etmektedir.

Sertleşmiş Betonda Basınç Dayanımı ve Elastisite Modülü Hesabı:

Her gruptaki betonun basınç dayanımları, beton dökümü sırasında alınan $\theta_s=150$ mm ve $h_s= 300$ mm’lik silindir numuneler üzerine yapılan yükleme deneyleri ile bulunmuştur. Elastisite modülü değerleri için ise yükleme sırasında numunelere yerleştirilen iki adet düşey yerdeğiştirme ölçer ile her 2 kN’luk adımdaki yük ve buna karşı gelen düşey yerdeğiştirme değeri kayıt edilmiştir. Burada alınan değerler ile oluşturulan gerilme-şekildeğiştirme eğrisinin eğiminden elastisite modülleri hesaplanmıştır. Bu hesapta pik yükün % 5’ i ile % 45’ i arasında kalan bölgedeki gerilme-şekildeğiştirme değerleri kullanılmıştır.

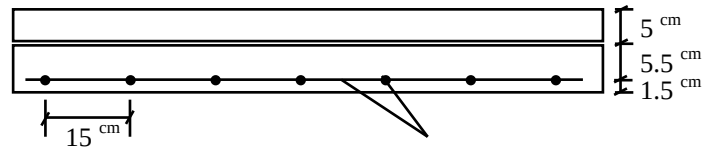
Tablo 3.1’de beton gruplarına ait silindir basınç dayanımları ve ortalama elastisite modülü değerleri verilmektedir.

Tablo 3.2. Beton Dayanımları

Grup	Döküm Tarihi	Deney Tarihi	Ort. Basınç Dayanımı [MPa]	Ort. Elastisite Modülü [MPa]
1	11.07.2001	08.08.2001	6	14200
2	18.07.2001	15.08.2001	6.16	14192.23
3	25.07.2001	22.08.2001	4.71	10845.63
4	31.07.2001	28.08.2001	3.29	9061.72
5	13.11.2001	11.12.2001	25.97	32807.04

3.1.3 Donatı Özellikleri:

Donatı özellikleri bu çalışmada sabit tutulan parametrelerden biri olduğu için tüm numunelerde aynı donatı kullanılmıştır. (Şekil 3.2)



Q 221/221 Hasır Donatı

Şekil 3.2 Betonarme Döşemelerde X ve Y Yönlerinde Donatı Yerleşimi

Deney numunelerinin her birinde Q221/221 hasır donatı kullanılmıştır. Bu tip hasırlar hem x, hem de y yönünde 150 mm aralıklı ve çift yönlü donatılardır.

Kullanılan donatının diğer özellikleri Tablo 3.3’de görülebilmektedir.

Tablo 3.3. Donatı Özellikleri

Tip	Çap ϕ [mm]	Elastisite Modülü [MPa]	Akma Dayanımı [MPa]	Maksimum Dayanım [MPa]	Kopma Birim Uzaması (%)
Q221/221	6.5	109090	605	666	7-8

3.2 Numunelerin Üretimi

Deney numunelerinin üretimi şu şekilde gerçekleşmiştir;

- Öncelikle daha önceden imal edilmiş olan 100 cm x 100 cm’ lik çelik kalıplara düşük mukavemetli beton dökülmesi,
- Betonun mukavemetini alması için 28 günlük sürenin geçmesi için beklenmesi,
- İki beton arasında tam bir aderansın sağlanmasına katkısı olacağı düşünülen yüzey pürüzlendirilmesi yapılması,
- Uygun görülen çap ve aralıklarda yüksek dayanımlı çelik dübellerin betonarme döşemelere uygulanması,
- Daha yüksek mukavemetli olan betonun dökülmesi.

Beton dökümünden hemen sonra, oluşabilecek rötre çatlaklarına engel olabilmek amacıyla; deney numuneleri kalıplarından çıkarılıncaya kadar uygun kür koşullarında tutulmaya çalışılmıştır.

3.3 Deney Numuneleri

Bu çalışmada;

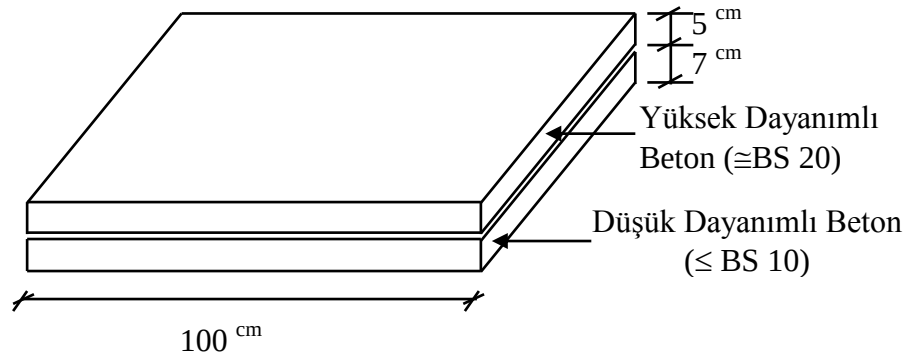
- 3 adet dübel uygulanmamış,
- 3 adet 5 dübel uygulanmış,
- 3 adet 9 dübel uygulanmış,
- 3 adet 16 dübel uygulanmış

olmak üzere toplam 12 adet güçlendirilmiş betonarme döşeme, deney numunesi olarak kullanılmıştır.

3.3.1 Numunelerin Boyutları ve Şekilleri:

Döşemelerin şekil ve boyutları ile ilgili bilgi Şekil 3.3’ de verilmektedir.

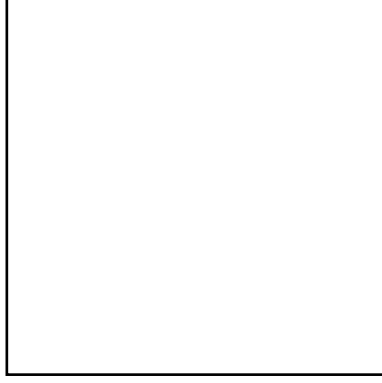
- **Numune Boyutu** : 100 x 100 x 12 cm



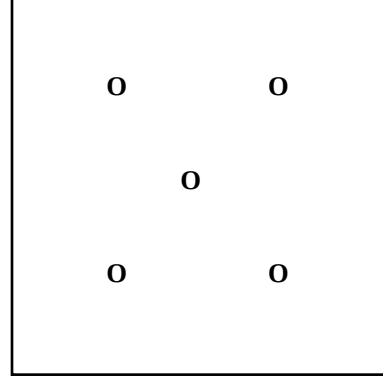
Şekil 3.3 Numune boyutları

Şekil 3.3’ de de görülebildiği üzere döşemeler altta 7 cm’ lik düşük dayanımlı beton ve üstte 5 cm’ lik yüksek dayanımlı betondan oluşmaktadır.

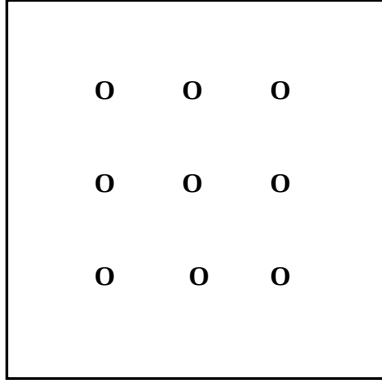
3.3.2 Deney Numunelerinde Dübel Yerleşimi:



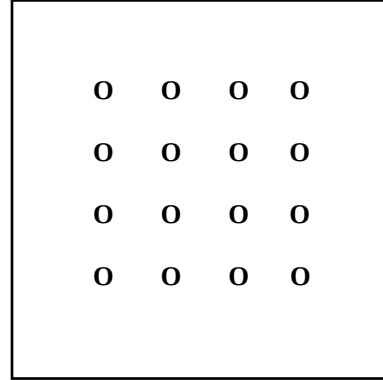
Dübel Uygulanmamış Numune



5 Dübel Uygulanmış Numune



9 Dübel Uygulanmış Numune



16 Dübel Uygulanmış Numune

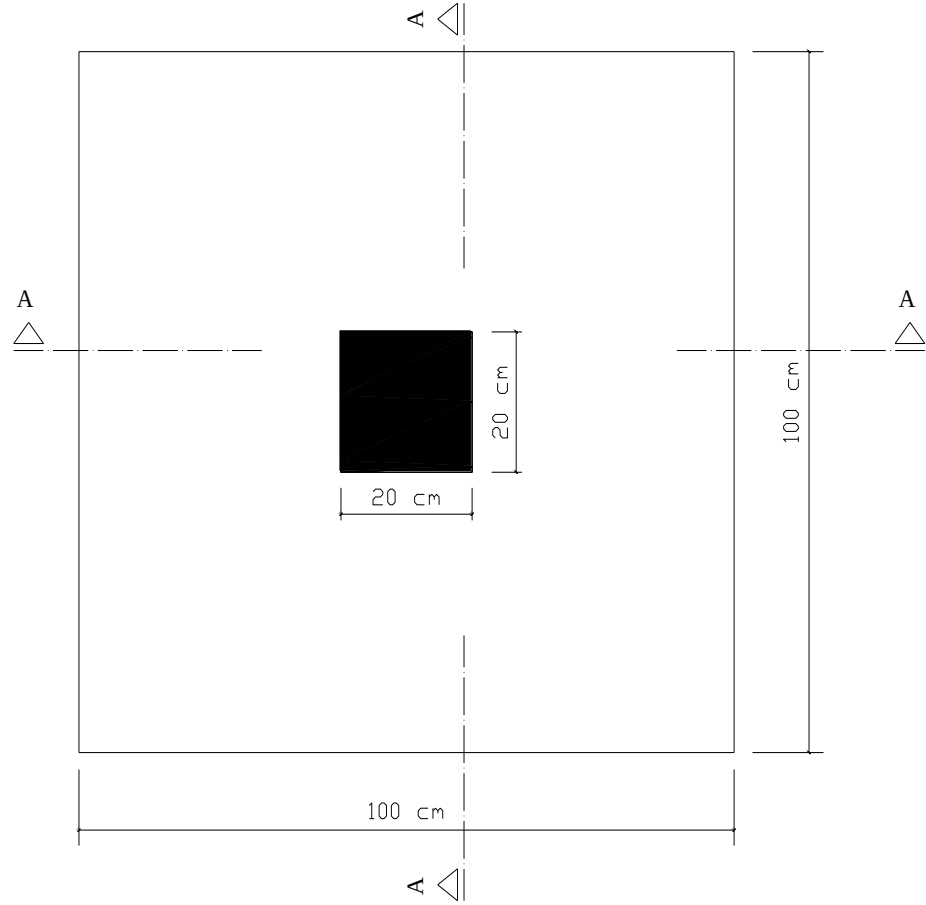
Şekil 3.4. Deney Numunelerinde Planda Dübel Yerleşimleri

Şekil 3.4’ de de görülebildiği üzere güçlendirilmiş betonarme döşemelere uygulanan dübellerin aksenal mesafeleri hepsinde 21 cm olarak seçilmiştir [24].

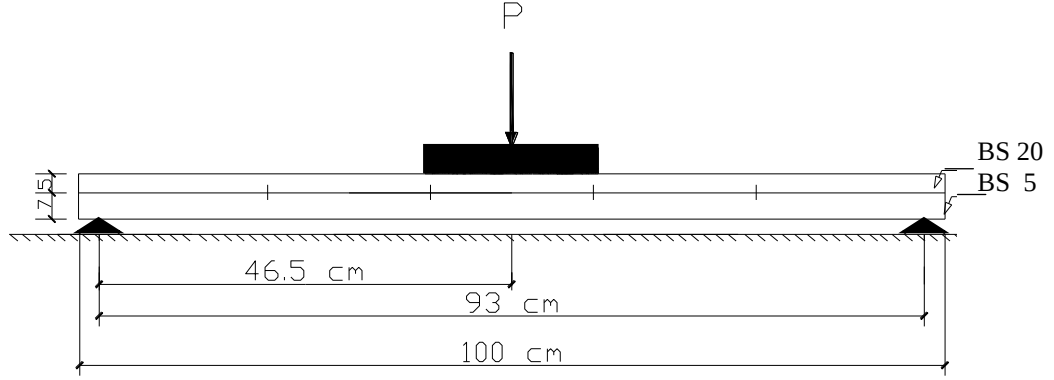
3.4 Deneyler

3.4.1 Deney Düzenegi

Deneyler; 4 tarafından basit mesnetli olarak oturtulan betonarme döşemenin orta noktasından tekil yük uygulanmasıyla gerçekleştirilmiştir. Yerdeğiştirme kontrollü olarak yapılan yüklemede, uygulanan yükün yayılabilmesi için 20 x 20 cm'lik bir çelik plaka kullanılmıştır. Şekil 3.5 ve Şekil 3.6' dan yükleme ve deney düzeneginin plan ve kesiti görülebilmektedir.



Şekil 3.5 Deney düzenegi ve yükleme için plan görünüş



Şekil 3.6 Deney düzeneği ve yükleme için A-A kesiti

3.4.2 Ölçüm Yöntemi ve Veri Toplanması:

Burada sunulan çalışmada; veri toplanması için iki farklı yöntem uygulanmıştır.

3.4.1.1 Standart Yöntem ile Veri Toplanması:

Deney numunelerinden hepsinde standart bir veri toplama prosedürü uygulanmıştır. Burada yük – yerdeğiştirme metodlarına göre LVDT denilen yerdeğiştirme ve strain gauge denilen şekildeğiştirme ölçerlerden toplanan verilerin bilgisayara aktarılması ile veri toplanması gerçekleştirilmektedir. Bu şekilde yapılan ölçümler mm'nin binde biri hassasiyetindedir. Önceden belirlenen bir yerdeğiştirme patronuna göre yüklenen numunelerde deney sırasında, alt ve yan yüzeylerden yerdeğiştirme ölçümü ve düşük dayanımlı betonda bulunan donatıdan ise şekildeğiştirme ölçümü alınmıştır. Bu sırada alt, üst ve yan yüzeylerde çatlak açılımları izlenmiştir.

1. Yerdeğiştirme Ölçerler

Özellikleri:

Tablo 3.4’de deney numunesinin alt ve üst yüzeyinden yapılan ölçümler için kullanılan yerdeğiştirme ölçerlerin tipleri verilmektedir. Tablodaki değerler “CDP” yerdeğiştirme ölçerin tipini ve ardından gelen rakam ise ölçüm hassaslığını ifade etmektedir.

Burada sunulan çalışmada, genel olarak alt yüzeyde 50 mm, üst yüzeyde ise 25 mm hassaslıkta yerdeğiştirme ölçer kullanılması yeterli olmuştur.

Tablo 3.4 Yerdeğiştirme ölçerlerin özellikleri

HU1	CDP 10	DY1	CDP 25
HU2	CDP 10	DY2	CDP 25
HA1	CDP 10	DY3	CDP 25
HA2	CDP 10	DY4	CDP 25
D1	CDP 50	D4	CDP 100
D2	CDP 50	D5	CDP 50
D3	CDP 50	D6	CDP 50

Yerleşimleri:

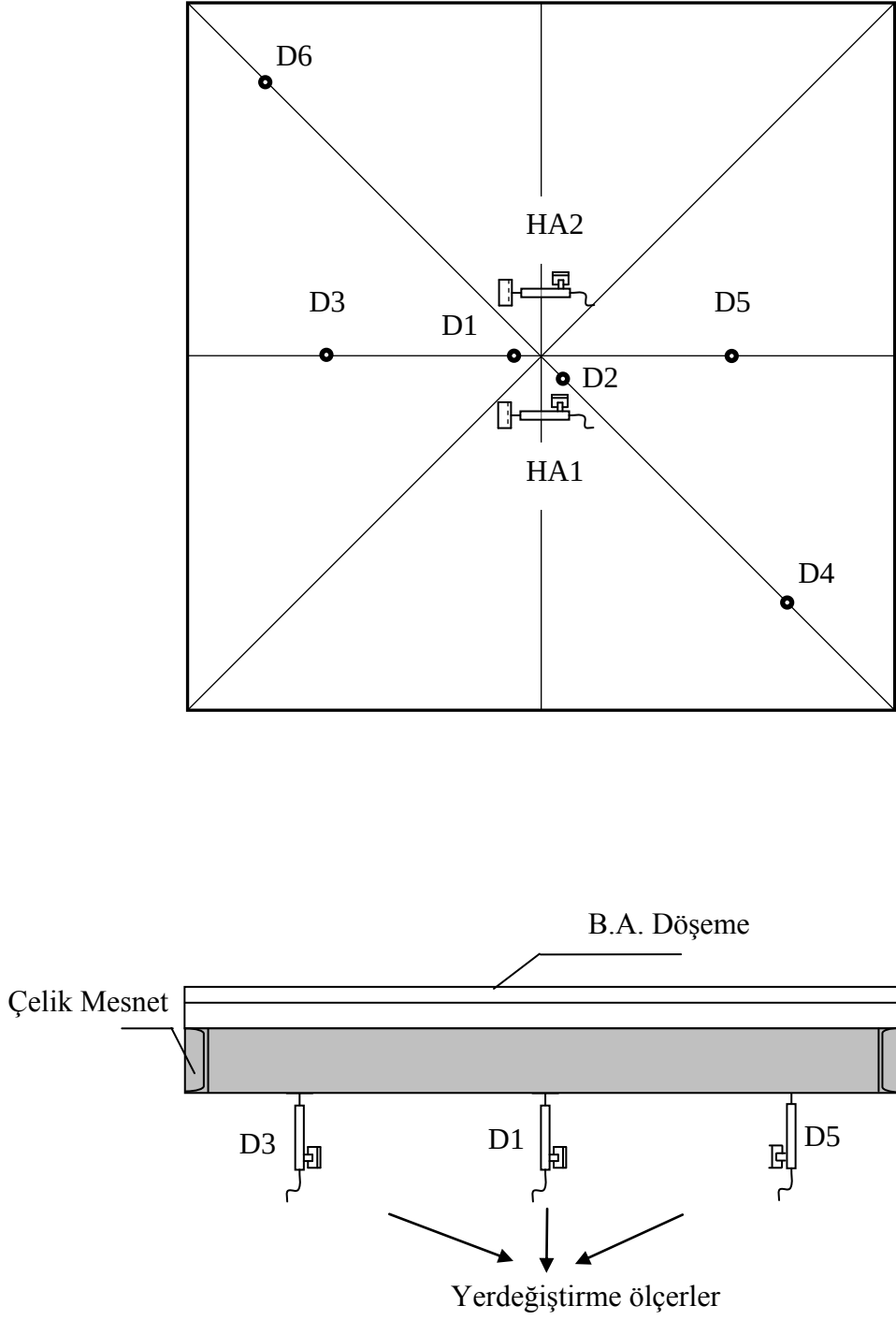
Deneyler sırasında farklı noktalar arasındaki yerdeğiştirme ölçümlerinin yapılabilmesi amacıyla, döşemenin alt yüzüne düşey olarak;

- 3 adet X eksenine doğrudan paralel,
- 3 adet diyagonal üzerinde

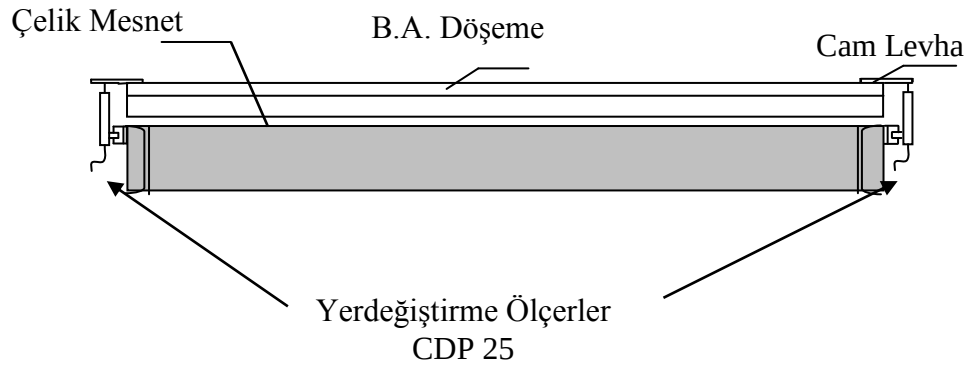
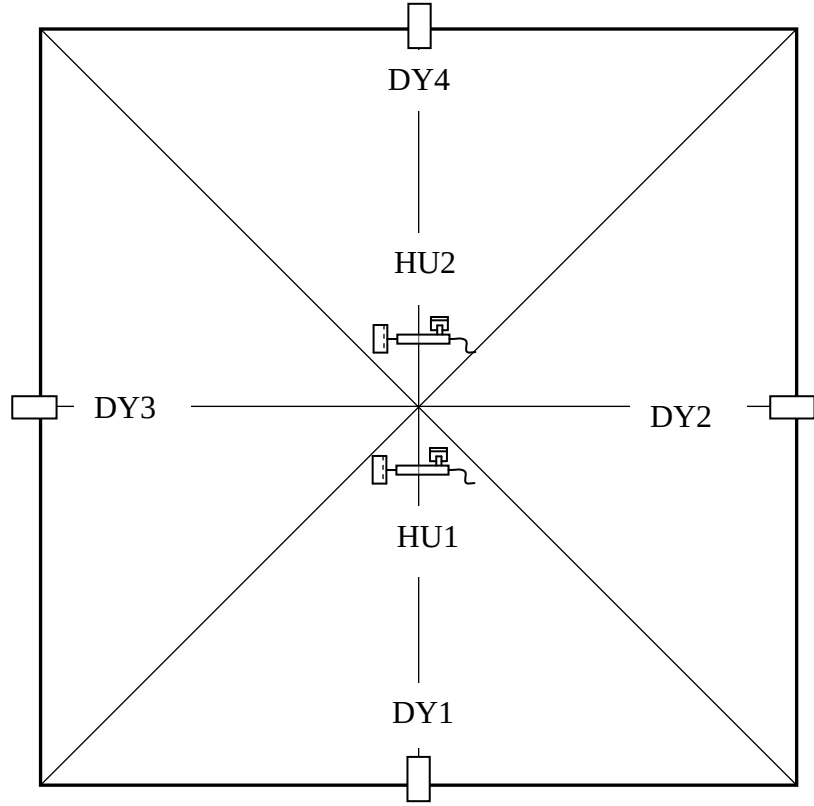
olmak üzere toplam 6 adet yerdeğiştirme ölçer yerleştirildi. Bunlardan ikisi yükün uygulandığı açıklık ortasına yakın; diğerleri de döşemenin her iki yarısında orta noktalarına yakın yerlere yerleştirilmeye çalışılmıştır. Şekil 3.7’ de alt yüzeyde yerdeğiştirme ölçerlerin yerleşimi görülebilmektedir.

Ancak sadece alt yüzeydeki düşey yerdeğiştirmeyi ölçmek yeterli değildir. Zira mesnetler dönmeye karşı serbesttir. Mesnetlerde de dönmeden kaynaklanan bir düşey hareket gerçekleşecektir. Dolayısıyla mesnetlere yerleştirilecek yerdeğiştirme ölçerlerle, mesnetlerdeki hareketi de belirlemek gerekmektedir. Bu sebeplerle, döşemenin kenarlarında orta noktalara düşey olarak 4 adet yerdeğiştirme ölçer yerleştirilmiştir. Şekil 3.8’ de üst yüzeyde yerdeğiştirme ölçerlerin yerleşimi görülebilmektedir.

Bunlara ilave olarak güçlendirilmiş betonarme döşemelerin alt ve üst yüzeylerinde Şekil 3.7 ve 3.8’de görülebildiği üzere iki adet yerdeğiştirme ölçer daha kullanılmıştır. Bu yerdeğiştirme ölçerler, betonun alt ve üst yüzeyindeki şekildeğiştirmeyi ölçmek için kullanılmıştır. Böylece hem donatıdaki şekildeğiştirmeyi, hem de betondaki şekildeğiştirmeyi her numune için bilinmesi sağlanmış olacaktır. Ancak deneysel çalışmanın sadece iki numunesinde yapılan bu ölçümlerden, sonraki deneylerde gerçekleşen bazı olumsuz koşullar nedeniyle vazgeçilmiştir.



Şekil 3.7 Alt yüzeyde yerdeğiştirme ölçerlerin yerleşimi için plan ve kesit görünüşleri



Şekil 3.8 Üst yüzeyde yerdeğiştirme ölçerlerin yerleşimi için plan ve kesit görüşleri

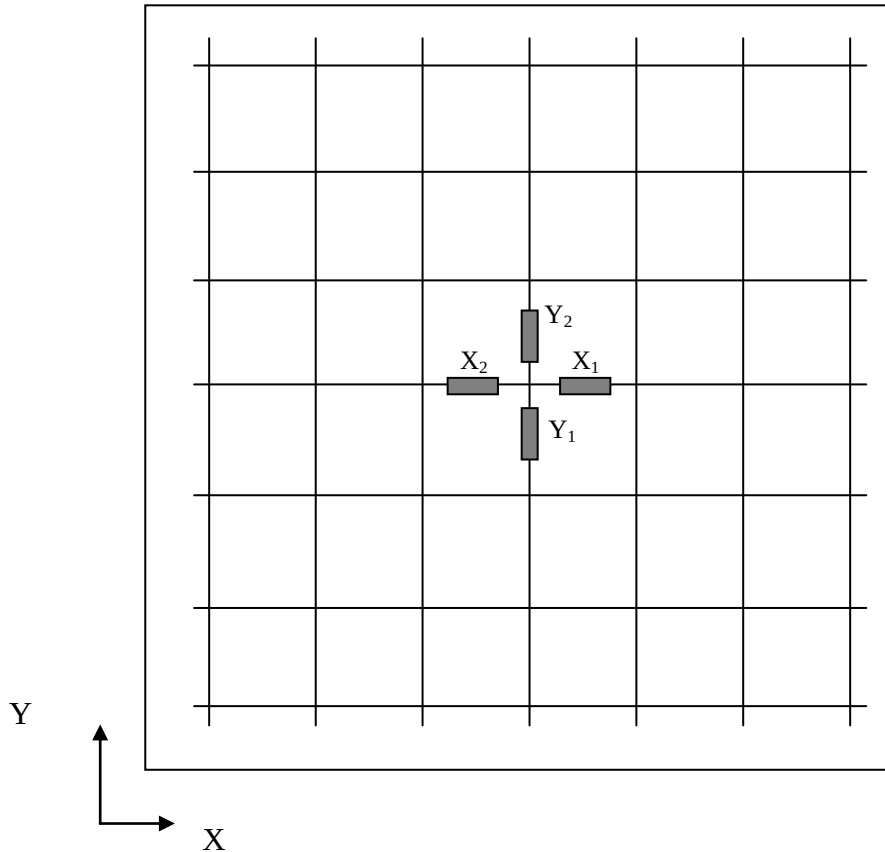
2. Şekildeğiştirme Ölçerler

Özellikleri:

- Ölçüm boyu (hassasiyeti) 3 mm
- Şekildeğiştirme limiti %3
- Boyu 3 m
- Ölçüm katsayısı 2,14

Yerleşimleri:

Deneyle sırasında farklı noktalar arası donatı şekildeğiştirme ölçümlerinin yapılabilmesi amacıyla; 2 adet X ekseni, 2 adet Y ekseni üzerinde toplam 4 adet şekildeğiştirme ölçer yerleştirilmiştir. Şekil 3.5’ de şekildeğiştirme ölçerlerin donatı üzerinde yerleşimi görülebilmektedir.



Şekil 3.9 Donatı üzerinde şekildeğiştirme ölçerlerin yerleşimi

Numuneye Uygulanması:

Öncelikle şekildeğiştirme ölçerin yapıştırılacağı donatı yüzeyi taşlama ve zımparalama ile tamamen düz ve pürüzsüz bir hale getirilmiştir. Ardından aseton ile son kez yüzey geçilmiş ve bu şekilde yüzey, şekildeğiştirme ölçer yapıştırılması için uygun bir hale getirilmiştir. Bu işlem için uygun bir yapıştırıcı kullanılarak, şekildeğiştirme ölçerler donatıya yapıştırılmıştır. Bu sırada zarar görmemeleri için şekildeğiştirme ölçerlere aşırı basınç verilmemeye çalışılmıştır. Kullanılacakları ortamda su ve darbe etkisiyle zarar görmelerini önlemek için yalıtkan bir yapıştırıcı sürülerek, yaklaşık olarak 20 saat kuruması beklenmiştir. Son olarak darbelere karşı koruyucu özel bir bant ile kaplanarak donatı kalıba yerleştirilmiştir.

Deneyssel çalışma da daha önce özellikleri ayrıntılı olarak sunulan yerdeğiştirme ve şekildeğiştirme ölçerler ile alınan kayıtlar çoğaltma kutusu, veri toplayıcı ve özel bir yazılım yardımıyla bilgisayara aktarılmıştır. Veri toplama sistemi Tablo 3.5’ ten ayrıntılı olarak incelenebilmektedir.

Tablo 3.5 Deneylerde kullanılan veri toplama sistemi

VERİ TOPLAMA SİSTEMİ

Yükleme

MTS Yüklem Makinası



Ölçüm Aletleri

Şekildeğiştirme ölçer (TML FLA 1- 3L)
Yerdeğiştirme ölçer (TML CDP 5 / 10 / 25 / 50 / 100)



Çoğaltma Kutusu
(TML – ASW50-C)



Veri Toplayıcı
(TML – TDS 302)



Bilgisayar

3.4.1.2 Fotogrametrik Ölçme Tekniği ile Veri Toplanması

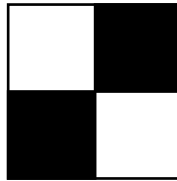
Deney numunelerinden ikisi (bunlar 1. ve 2. Grup için 5 dübel uygulanmış numuneler) için farklı bir ölçüm tekniği denenmiştir. Burada 1. Grup numune için deney numunesinin alt yüzeyinde ölçüm yapılmıştır.

Numunenin hazırlanması:

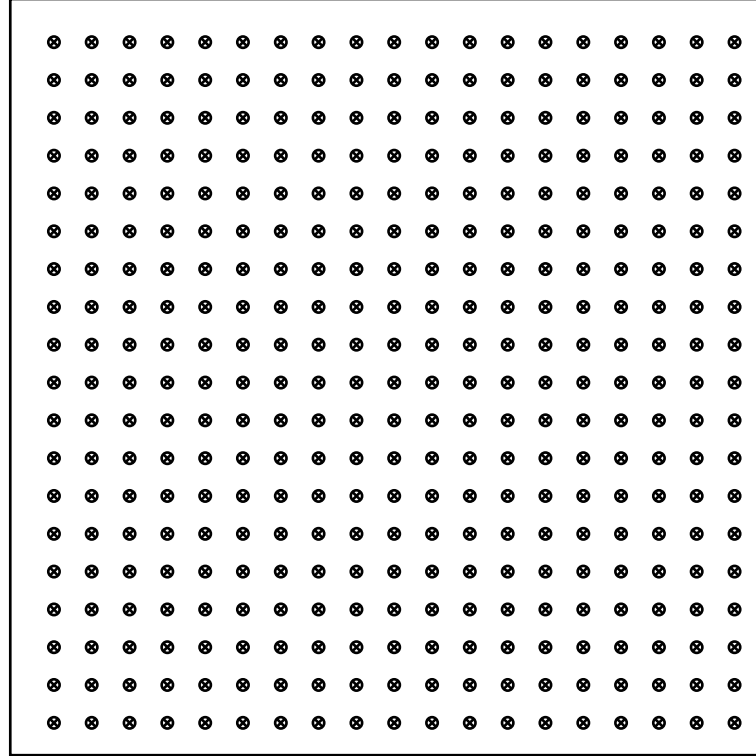
Numunenin alt yüzeyine 5 cm aralıklarla hedefler (Şekil 3.10) ve ardından betonun yaptığı şekildeğiştirmeyi ölçmek için döşemenin alt yüzeyini iki farklı yönden tarayan kameralar yerleştirilmiştir. Bu işlemlerin ardından hedefler arasındaki mesafeler, ölçümün yeterli hassasiyette gerçekleşmesi için kumpas yardımıyla ölçülmüştür. Ölçümlerin tamamlanması ve kameraların görüş mesafelerinin ayarlanmasından sonra yüklemeye geçilmiştir. Aynı işlem 2.Grup numune içinde alt ve üst beton katmanlarının yan yüzeyinde yapılmıştır.(Şekil resim1-2)

Daha öncede belirtildiği üzere bu ölçümler sırasında Standart Ölçüm Yöntemi ile de ölçüm alınmaya devam edilmiştir. Önceden belirlenen her 2 mm' lik yerdeğiştirme adımında görüntü kameralar aracılığıyla kayıt edilmiştir.

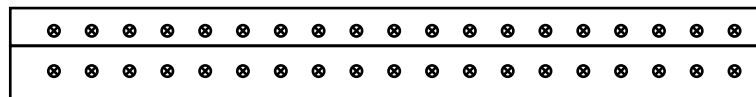
Buradan alınan kayıtlar sayesinde, bazı ara programlar ve matematiksel işlemler aracılığıyla yüzeyin yaptığı şekildeğiştirme, üç yönde (x, y ve z) mm'nin onbinde biri veya binde biri hassasiyetinde hesaplanmıştır. Bu şekilde ölçüm yapılan her iki numunenin sonuçları, standart yöntemle yapılan ölçümlerin sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu konuda deney sonuçları ile ilgili ayrıntılı bilgi Bölüm 4'de verilecektir .



Şekil 3.10 Yerdeğiştirme ölçümlerinde kullanılan hedefler



Şekil 3.11 Hedeflerin yüzey ölçümü yapılan numunede yerleşimleri



Şekil 3.12 Hedeflerin kenar ölçümü yapılan numunede yerleşimleri

4. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1 Standart Deneysel Çalışmanın Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Betonarme döşemelerin güçlendirilmesinde, çelik dübellerin kayma kamaları olarak kullanımı üzerine yapılan deneysel çalışmanın sonuçları bu bölümde incelenecektir. Bölüm 3’ de bahsedilen iki ölçüm yönteminin sonuçları da burada verilerek, karşılaştırma yapılacaktır.

Deney numunesi gruplarının yer aldığı Tablo 4.1’de de görülebileceği üzere, ilk deneye tabii tutulan numuneler 0B-2, 5B-2, 9B-2, 16B-2 kodlu deney numuneleridir. 1.Grup ve 2.Grup deney numunelerinde karşılaşılan sorunlar, son grup numunede giderilebilmiştir. Bu nedenle 0B-1, 5B-1, 9B-1, 16B-1 kodlu deney numunelerinden alınan sonuçların, güçlendirilmiş betonarme döşemede, kayma kaması kullanımının etkilerini daha iyi ifade ettiği düşünülmektedir.

Tablo 4.1’de deney numune isimlerinin daha iyi anlaşılabilmesi için açıklama ve Tablo 4.2’de hatırlatma olması için her gruba ait beton sınıfı ile ilgili bilgi verilmektedir.

Tablo 4.1 Deney numuneleri

Grup No:	Dübel Sayısı	1. Grup Numune	2. Grup Numune	3. Grup Numune
1	0	0B-2	0B-3	0B-1
2	5	5B-2	5B-3	5B-1
3	9	9B-2	9B-3	9B-1
4	16	16B-2	16B-3	16B-1

Tablo 4.2. Deney numunelerinin beton sınıfları ve eksenel dübel uzaklıkları

Deney Numune İsmi:	Dübel Sayısı	Dübel Eksenel Uzaklıkları [mm]	Beton Dayanımları [MPa]	
			7 cm'lik beton	5 cm'lik beton
0B-1	0	-	BS 6	BS 20
0B-2	0	-	BS 6	BS 20
0B-3	0	-	BS 6	BS 20
5B-1	5	210	BS 6	BS 20
5B-2	5	210	BS 5	BS 20
5B-3	5	210	BS 3	BS 20
9B-1	9	210	BS 6	BS 20
9B-2	9	210	BS 5	BS 20
9B-3	9	210	BS 3	BS 20
16B-1	16	210	BS 6	BS 20
16B-2	16	210	BS 5	BS 20
16B-3	16	210	BS 3	BS 20

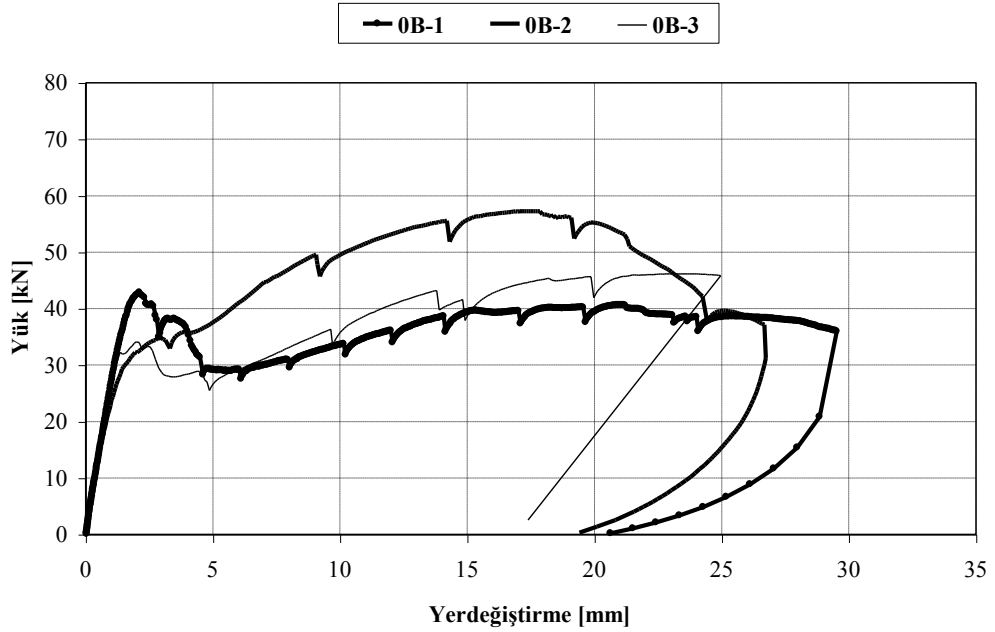
Şekil 4.1, 4.2, 4.3, 4.4' den de görülebileceği gibi dübel uygulanmamış, 5 dübel uygulanmış, 9 dübel uygulanmış ve 16 dübel uygulanmış güçlendirilmiş betonarme döşemelerin hepsinde gruplar arasındaki sonuçlar azda olsa farklılık göstermekle beraber oldukça tutarlıdır. Şekil 4.2, 5 dübel uygulanmış numune ile Şekil 4.4, 16 dübel uygulanmış numunelerde bu durum çok iyi görülebilmektedir.

Şekil 4.1, dübel uygulanmamış numune ile Şekil 4.3, 9 dübel uygulanmış numunelerde sonuçlar az da olsa farklılık göstermektedir.

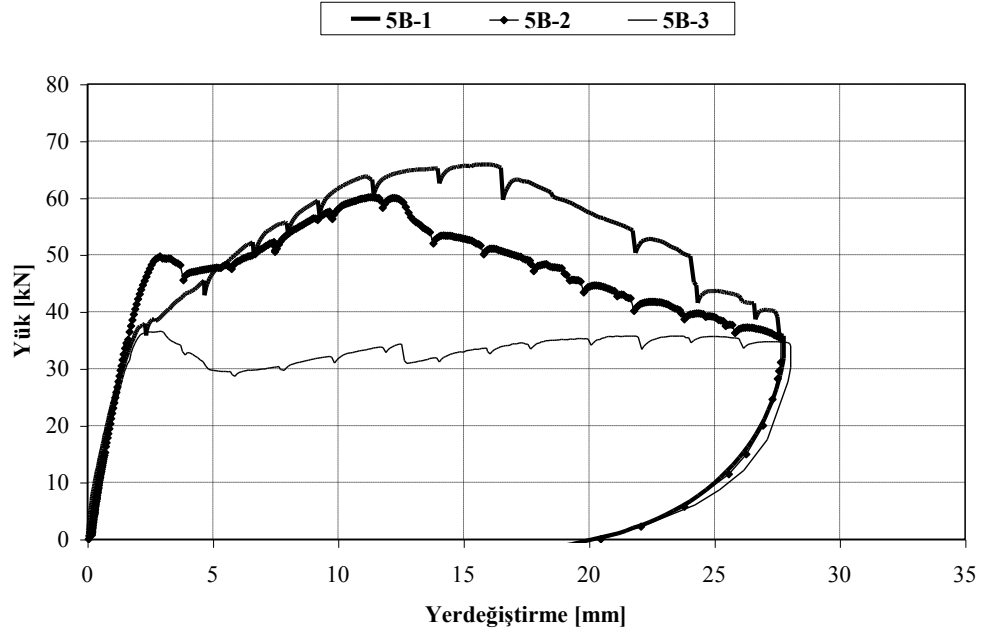
Bunun farklılığın nedenlerinin ;

- beton dayanım değerlerinin silindir basınç değerlerinden alınan değerler ile kıyaslandığı ve bu değerlerin deney numunelerini betonun yerleşmesi problemi nedeniyle tam olarak yansıtmaması,
- bu numunelerde beton dökümü sırasında çıkmış olabilecek sorunlar yüzünden donatının daha yukarıda olabileceği yani paspayının hareket etmiş olma olasılığı

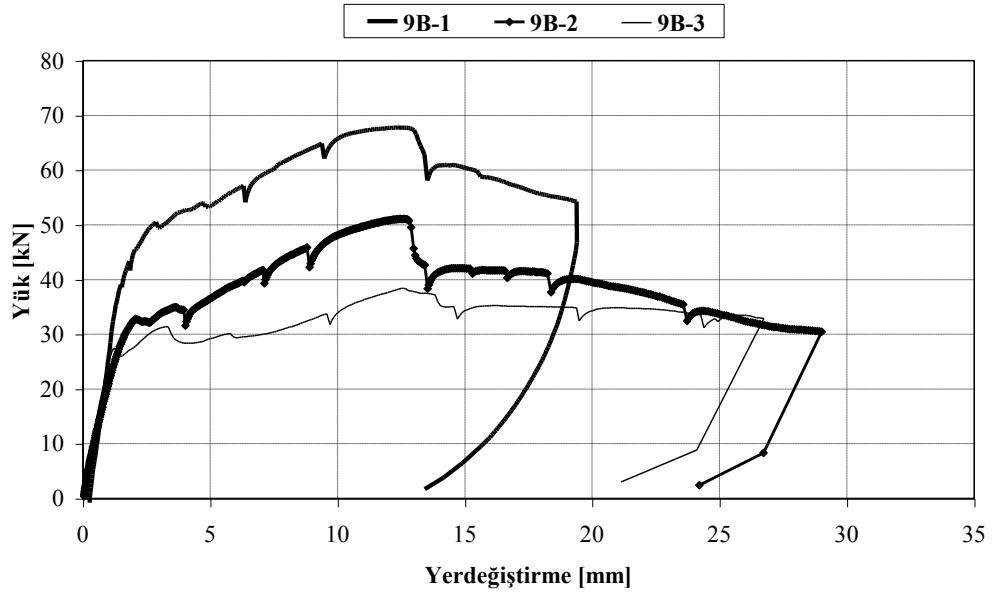
düşünülmüştür. Bu amaçla deney sonrasında numuneler kırılarak paspaylarına bakıldığında bu düşüncenin doğru olduğu görülmüştür.



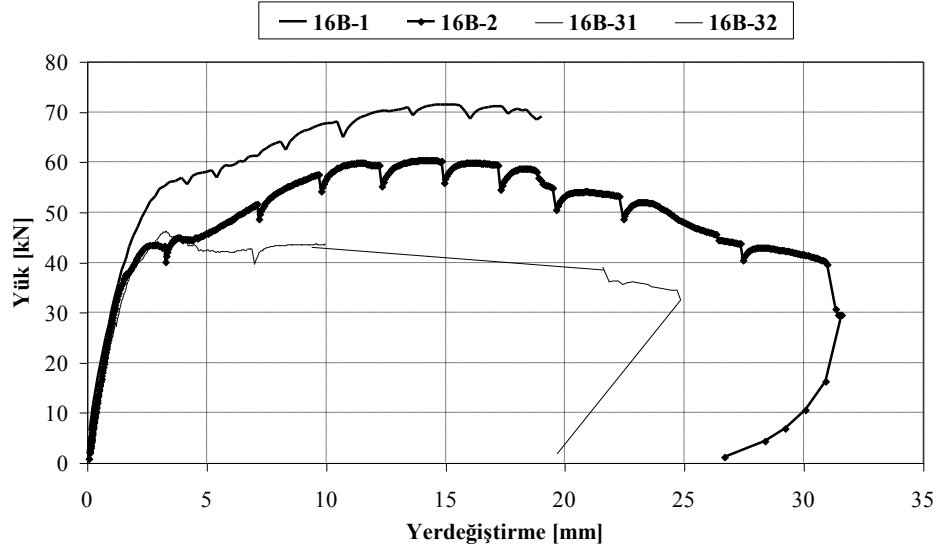
Şekil 4.1 Dübel Uygulanmamış Numunelerde Orta Nokta Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi



Şekil 4.2 5 Dübel Uygulanmış Numunelerde Orta Nokta Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi



Şekil 4.3 9 Dübel Uygulanmış Numunelerde Orta Nokta Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi



Şekil 4.4 16 Dübel Uygulanmış Numunelerde Orta Nokta Yük-Yerdeğiştirme Eğrisi

Güçlendirilmiş betonarme döşemelerde kayma kaması kullanımının dayanım ve davranışa olan etkisinin gözlemlenebilmesi amacıyla her grup için karşılaştırmalı grafikler oluşturulmuştur. Bu grafiklerden ilk iki gruba ait olanlar Ekler bölümünde Şekil A.1 ve Şekil A.2’de verilmektedir. Burada sadece son gruba ait olan grafik Şekil 4.5’de verilecektir. Zira önce de belirtildiği gibi son grup davranışı en iyi ifade eden deney numunelerinden oluşmaktadır.

Şekil 4.5’de ilk çatlak yüküne bakıldığında; dübel uygulanmış numunenin dübel uygulanmamış olanlara kıyasla, dübel sayısı arttıkça % 60-80 arasında bir iyileşme ve göçme şekildeğiştirmelerinde de azalma olduğu görülmektedir. Yük taşıma kapasitesindeki bu artışlar dübel uygulanmamış numuneye kıyasla, 5 dübel uygulanmış numunede % 60, 9 dübel uygulanmış numunede % 65, 16 dübel uygulanmış numunede % 75 civarında gerçekleşmiştir.

Bu çalışmada gözlemlenmeye çalışılan parametrelerden biride kullanılan yüksek dayanımlı dübellerin, betonun çeperlerine yeterli düzeyde tutunup, tutunamadığı olmuştur. Ancak bu sadece deney sonrasında numuneler üzerinde yapılan inceleme ile anlaşılabilmektedir. Yükleme sırasında, dübel ile beton arasındaki etkileşimi tam olarak görülebilmesi söz konusu olmamıştır. Bu konudaki eksikliğin, diğer ölçme yöntemi sonuçlarına bakıldığında giderilebildiği görülmüştür.

4.2 Fotogrametrik Ölçme Yöntemi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu yöntem ile yapılan ölçüm düzeneğinin hazırlanışı ve ölçüm sistemi Bölüm 3’de anlatılmıştı. Burada sadece ölçüm sonuçlarında elde edilen bilgiler verilecektir. Ölçüm yapılan iki deney numunesine ait sonuçlar Şekil 4.6 ve 4.7’den görülebilmektedir [27].

Bu şekilde yapılan bir ölçümde sonuçlar, standart ölçüm yönteminden farklı olarak deney numunesinin x,y ve z yönlerindeki davranışını, kayıt alınan yük-yerdeğiştirme adımlarında gösterebilmektedir [27].

Burada sunulan sonuçlara ilave olarak, dübel ile beton arasındaki etkileşimi de yüzey ölçümü yapılan 5B-2 deney numunesinde görebilmek mümkün olmuştur. Ekler bölümünde Şekil A.X, A.Y, A.Z’de bu durum görülebilmektedir [27].

4.3 Standart Ölçüm ve Fotogrametrik Ölçme Yönteminin Karşılaştırılması

Deney sonuçlarından da görülebildiği üzere, yüzey ölçümü yapılan 5B-2 deney numunesinde her iki yöntemle yapılan ölçüm sonuçları tamamen aynı olduğu görülebilmektedir. Şekilde sunulan grafikte, iki ölçüm yönteminde de birbirine çok yakın iki noktadan alınan sonuçlar karşılaştırılmaktadır. (Şekil 4.8)

Kenar ölçümü yapılan 5B-3 deney numunesinde ise sonuçlar genel de bir uyum sergilemekle birlikte ölçüm sistemleri arasındaki hassasiyet farkından dolayı azda olsa birbirlerinden uzaklaşmaktadır. Zira kenar ölçümü yapılan numunede standart ölçüm yöntemi ile döşeme kenarının tam ortasından ölçüm alınırken; fotogrametrik ölçme yönteminde numunede yerdeğiştirme ölçerin yerleştirildiği orta noktanın 5' er cm sağ ve sol tarafından her iki tabaka arasında ölçüm alınmaktadır. Ölçüm sonuçları, ancak her iki tabakadan alınan değerlerin farkının ortalaması olarak bir araya getirilebilmektedir. Buna bağlı olarak döşemenin üst tabakası ile alt tabakası arasındaki ayrılmanın her iki yarıda azda olsa farklılık göstermesi böyle bir sonuca neden olmaktadır. (Şekil 4.9)

Genel olarak bakıldığında iki ölçüm yönteminden elde edilen sonuçların tam olarak aynı olduğu görülebilmektedir.

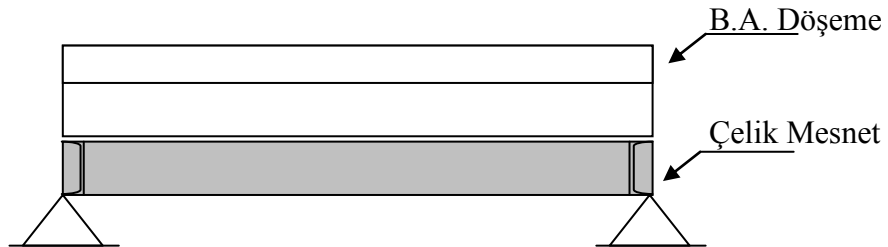
5. SONLU ELEMEN MODELLEMESİ

5.1 Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Geliştirilen Model

Çalışmanın bu bölümünde güçlendirilmiş betonarme döşemeler, homojen kabulü yapılarak modellenmiş ve sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak çözülmüştür. Hesaplar SAP 2000 [28] bilgisayar programı ile yapılmış ve yerdeğiştirmelerle ilgili elde edilen sonuçlar deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Deney modelleri betonun elastisite modülü değeriinde yapılan değışikliklere bağı olarak, deneysel çalışmaya en yakın sonuçlar elde edinceye kadar geliştirilmeye çalışılmıştır.

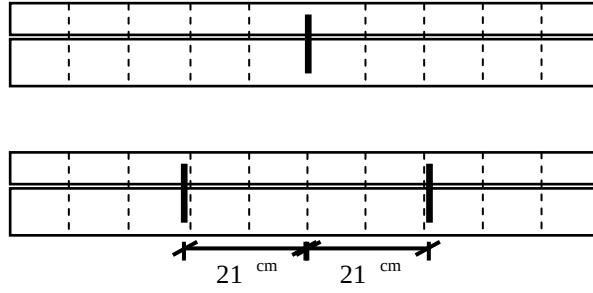
Deneysel çalışmaya yakın olması açısından, deney modeli y yönünde iki tarafından basit mesnetli ve x yönünde çelik mesnete serbest oturmuş olarak hazırlanmış ve 100 x 100 cm' lik betonarme döşemelerin eksenlerinden geçen bir ağı x ve y doğrultusunda 10 cm' lik parçalara bölünmesiyle oluşturulmuştur. Deney modelinin mesnet koşulları Şekil 5.1'de görülebilmektedir.



Şekil 5.1 Deney Modeli Mesnet Koşulları

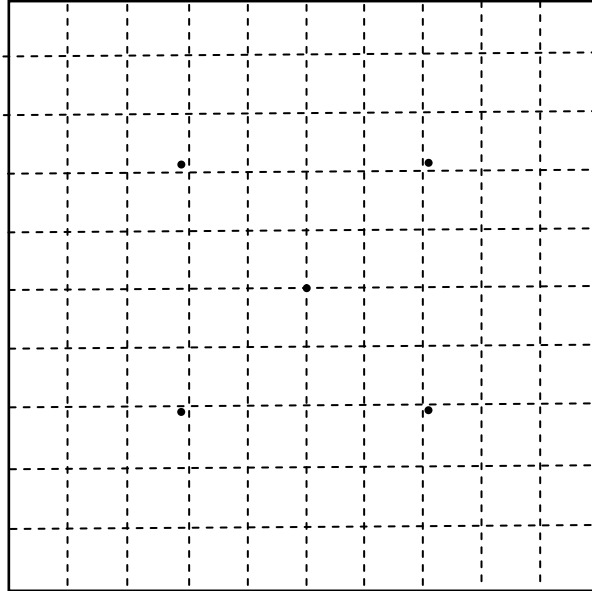
Bu şekilde yapılan model 5 dübel uygulanmış, 9 dübel uygulanmış ve 16 dübel uygulanmış tüm numuneler için hazırlanmıştır.

Şekil 5.2 5 dübel uygulanmış numuneler için oluşturulan modelin orta noktadan ve orta noktaya 21 cm ‘lık uzaklıktan alınan kesitleri görülebilmektedir.



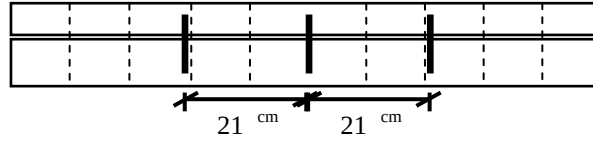
Şekil 5.2 5 Dübel Uygulanmış Numune Modelinin Kesit Görünüşü

Şekil 5.3’de ise 5 dübel uygulanmış numuneler için oluşturulan modelin plan görünüşü verilmektedir.

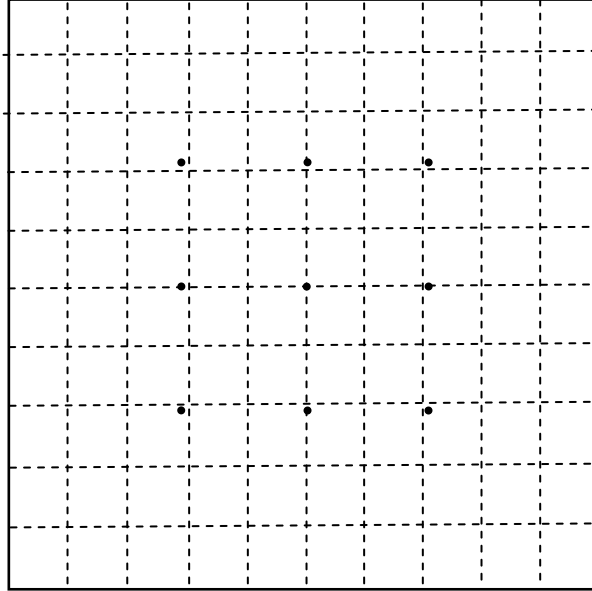


Şekil 5.3 5 Dübel Uygulanmış Numune Modelinin Plan Görünüşü

Şekil 5.4 ve Şekil 5.5’de 9 dübel uygulanmış numuneler için oluşturulan modelin kesit ve plan görünüşleri verilmektedir.

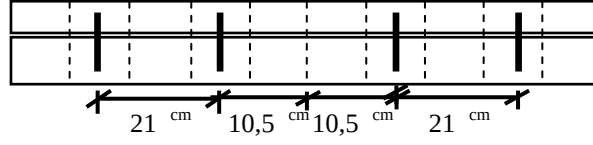


Şekil 5.4 9 Dübel Uygulanmış Numune Modelinin Kesit Görünüşü

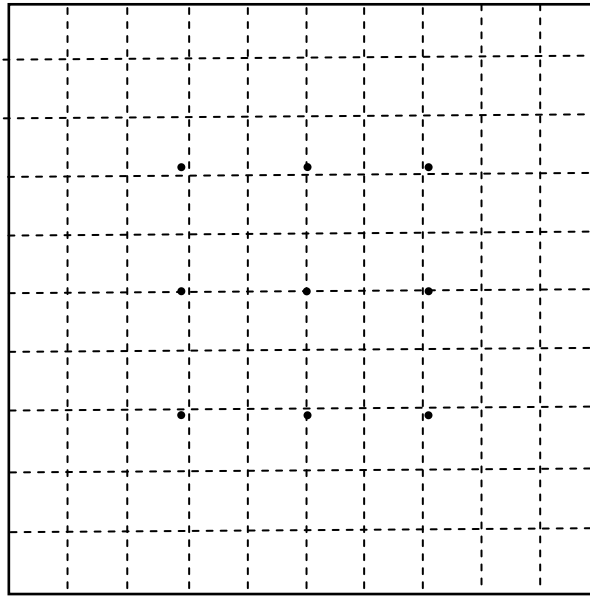


Şekil 5.5 9 Dübel Uygulanmış Numune Modelinin Plan Görünüşü

Şekil 5.6 ve Şekil 5.7’de 16 dübel uygulanmış numuneler için oluşturulan modelin kesit ve plan görünüşleri verilmektedir.



Şekil 5.6 16 Döbel Uygulanmış Numune Modelinin Kesit Görünüşü



Şekil 5.7 16 Döbel Uygulanmış Numune Modelinin Plan Görünüşü

5.2 Çalışmanın Sonuçları

Yapılan bu yaklaşık modellemede, deneysel çalışmanın sonuçları ile karşılaştırma yapılabilmesi açısından yerdeğiştirmelere bakılmıştır. Betonarme döşemelerin elastik sınırlar içerisinde kaldığı değişik yük adımları için orta noktanın yerdeğiştirme değerleri deneysel sonuçları ile karşılaştırılmış ve oldukça yaklaşık sonuçlara ulaşıldığı görülmüştür. Ancak bu sonuçlara ulaşıncaya kadar bazı parametreler değiştirilerek en yakın sonuçların bulunmasına çalışılmıştır. Bu parametreler betonun elastisite modülü, mesnet koşulları ve döbelleri temsil eden çelik çubukların rijitlikleri olmuştur. Bu yolla elde edilen sonuçların, deney sonuçları ile karşılaştırılması Tablo 5.1’de görülebilmektedir.

Tablo 5.1 Deney ve Modelde Bulunan Yerdeğiştirme Sonuçları

Deney Numuneleri	Yük [kN]	Deney Sonuçları [mm]	Model Sonuçları [mm]
5B-1	10		
	15		
	20		
	25		
	30		
	35		
	40		
9B-1	10		
	15		
	20		
	25		
	30		
	35		
	40		
5B-1	10		
	15		
	20		
	25		
	30		
	35		
	40		

6. SONUÇLAR

Güçlendirilmiş betonarme döşemelerde, kayma kaması kullanımının dayanım ve yerdeğiştirmelere etkisinin araştırılması amacıyla 12 adet deney numunesi üretilmiştir. Güçlendirilmiş betonarme döşemeler orta noktalarından etkitilen tekil yük altında yerdeğiştirmeleri incelenmiştir.

Deney sonuçları, Bölüm 4'te açıklandığı üzere deney numunelerinin yük-yerdeğiştirme eğrilerinin önce grupların kendi içlerinde ve sonrasında gruplar arasında karşılaştırma yapılarak incelenmiştir. Bölüm 5'te açıklandığı üzere, betonarme döşemeler homojen kabulü yapılarak modellenmiş ve sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak çözülmüştür. Hesaplar Sap 2000[28] bilgisayar programı ile yapılmış ve bulunan değerler ile deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Bölüm 4'te açıklanan deneysel çalışma ve Bölüm 5'te açıklanan kuramsal çalışmalar ile şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- Bölüm 4'te de açıklandığı üzere deneysel çalışmanın sonuçlarını en iyi ifade ettiği düşünülen son grup deney numunelerine bakıldığında, dübel uygulamasının güçlendirilmiş betonarme döşemelerin yük taşıma kapasitelerinde %60-80 arasında iyileşmeye ve göçme şekildeğiştirmelerinde de azalmaya etkisi olduğu görülmüştür. Bu iyileşme aynı zamanda 1.ve 2.Grup deney numunelerinde de az da olsa görülebilmektedir.
- Yapılan iki farklı ölçme yöntemlerinin sonuçlarının birbirlerine çok yakın değerler vermesi de; deneysel sonuçların güvenilirliğini kanıtlamıştır.

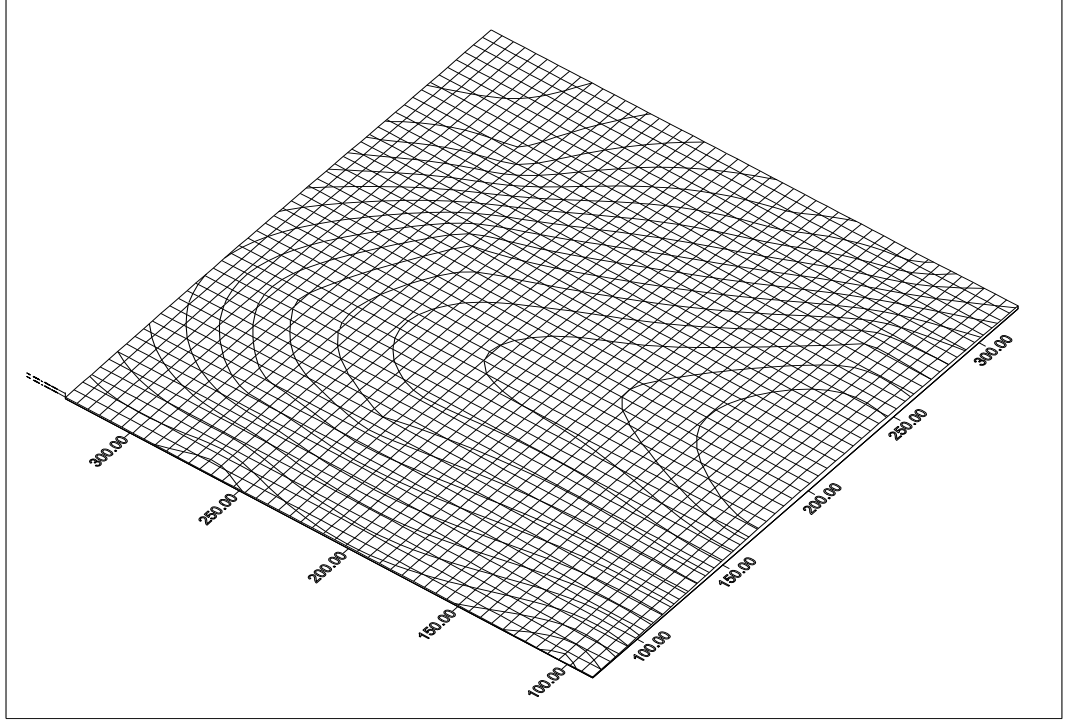
- Fotogrametrik ölçme yöntemi ile ölçüm yapılan numunelerde kayma kaması olarak kullanılan dübellerin, kendilerinden beklenildiği gibi betonun çeperlerine tutundukları görülmüştür.
- Deney sonuçları ve çatlak grafikleri incelendiğinde betonarme döşemelerin davranışında farklı veya açıklanamayan bir durum gözlenmemiştir.
- Kullanılan deney numunelerinin bazı eksikleri olduğu gözlenmiştir. 100 x 100 cm'lik betonarme döşemeleri 12 cm kalınlığında tasarlamak gerçek durumu pek de yansıtmamıştır. Ayrıca üst tabakada bulunan betonda donatı olmayışı bu betondan şekildeğiştirme ölçümü yapabilmemizi engellemiştir. Bu nedenle kesitin davranışı tam olarak anlaşılamamış, sadece yük taşıma kapasiteleri ve yerdeğiştirmelerden alınan değerler ile yorum yapılmak zorunda kalınmıştır.
- Sonlu eleman yöntemi ile yapılan modelleme ile deney sonuçları ancak yerdeğiştirmeler cinsinden ve yüklemenin elastik sınırlar içerisinde kaldığı düşünülen bölge için yapılmıştır. Deney sonuçları ile model sonuçları çok yakın yerdeğiştirme değerleri vermiştir.

KAYNAKLAR

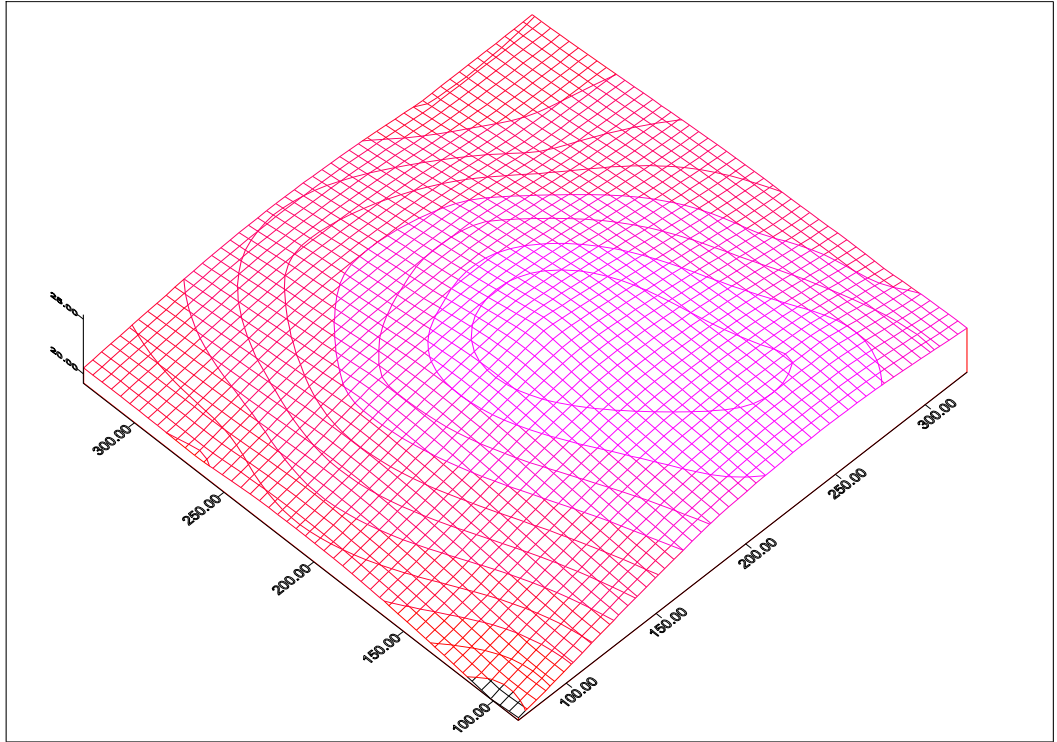
- [1] **Celep, Z. ve Kumbasar, N.**, 2000. Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul, İkinci Baskı, 596 s.
- [2] **Bayülke, N.**, 1999. Depremlerde Hasar Gören Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Yayını, Yayın No:15, İzmir, 256 s.
- [3] **Viest, I. M., Fountain, R.S., Singleton, R.C.**, 1958. Composite Construction Design in Steel and Concrete for Bridges and Buildings, McGraw-Hill Book Company, Inc., The Maple Press Company, New York
- [4] **Narayanan, R.**, 1988. Steel-Concrete Composite Structures. Stability and Strength, Elsevier Applied Science Publishers Ltd., London
- [5] **Viest, I. M., Colaco, J.P., Furlong, R.W., Griffis, L.G., Leon, R.T., Wyllie, L.A.**, 1997. Composite Construction Design for Buildings, ASCE, New York, McGraw-Hill
- [6] **Atımtay, E.**, 2000. Çerçevesiz ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı, Bizimbüro Basımevi, Ankara
- [7] **Gamble, W., L., Sözen, M., A., and Siess, C., P.**, 1969. Tests of a Two-way Reinforced Concrete Floor Slab, ASCE Journal of the Structural Division, June, 105 p.
- [8] **ACI 318M-99**. Building Code Requirements for Structural Concrete, American Concrete Institute, P.O.Box 9094, Farmington Hills, Michigan.
- [9] **Pantazopolou, S., J., and French, C., W.**, 2001. "Slab Participation in Practical Earthquake Design of Reinforced Concrete Frames", ACI Structural Journal, **Vol.98**, No:4, pp 479-489

- [10] **Okamoto, S., Nakata, S., Kitawaga, Y., Yoshimura, M., Kaminosono, T.,** 1982. A Progress Report on the Full Scale Seismic Experiment of a Seven Story Reinforced Concrete Building Part of the US-Japan Co-operative Program, **BRI Research Paper No. 94**, Building Research Institute, Ministry of Construction, Japan
- [11] **Chronopoulos, M.,** 1989. Load Transfer Mechanisms, Seminar on Assessment and Redesign of Reinforced Concrete Structures”, İzmir
- [12] **Endo, T. ve Shimizu, Y.,** 1985. Behaviour of Expansion Anchor Bolts, Memoirs of Faculty of Technology, Tokyo Metropolitan University, No:35, pp 3607-3635
- [13] **Demir, H.,** 1999. Depremden Hasar Görmüş Betonarme Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, FastPrint Basım, İstanbul, 152 s
- [14] **Park, R. ve Paulay, T.,** 1975. Reinforced Concrete Structures, John Wiley and Sons, New York
- [15] **Aykaç, S., Tankut, T.,** 1997. Onarılmış/Güçlendirilmiş Betonarme Döşemelerin Davranış ve Dayanımı, TÜBİTAK İkinci Deprem Sempozyumu, Yapı Elemanlarının Davranışı ile İlgili Deneysel Araştırmalar, Ankara, s. 123-127
- [16] **İlki, A., Darılmaz, K., Yüksel, E., Karadoğan, H.F.,** 1997. Güçlendirilmiş Kalıpsız Döşemeler, TÜBİTAK İkinci Deprem Sempozyumu, Yapı Elemanlarının Davranışı ile İlgili Deneysel Araştırmalar, Ankara, s. 129-133
- [17] **Schuster, R.M. ve Erkberg, C.E.,** 1970. Commentary on the tentative recommendations for the design of cold-formed steel decking as reinforcement for concrete slabs, Research Report, Iowa State University, Ames
- [18] **Porter, M.L. ve Erkberg, C.E.,** 1976. Design recommendations for steel deck floor slabs, Journal of Structural Division, ASCE, **Vol. 102 (ST11)**, pp 2121-2136
- [19] **BS 5950: Part 4.,** 1982. Structural use of steel in building. Code of Practice for design of floors with profiled steel sheeting, British Standards Institution

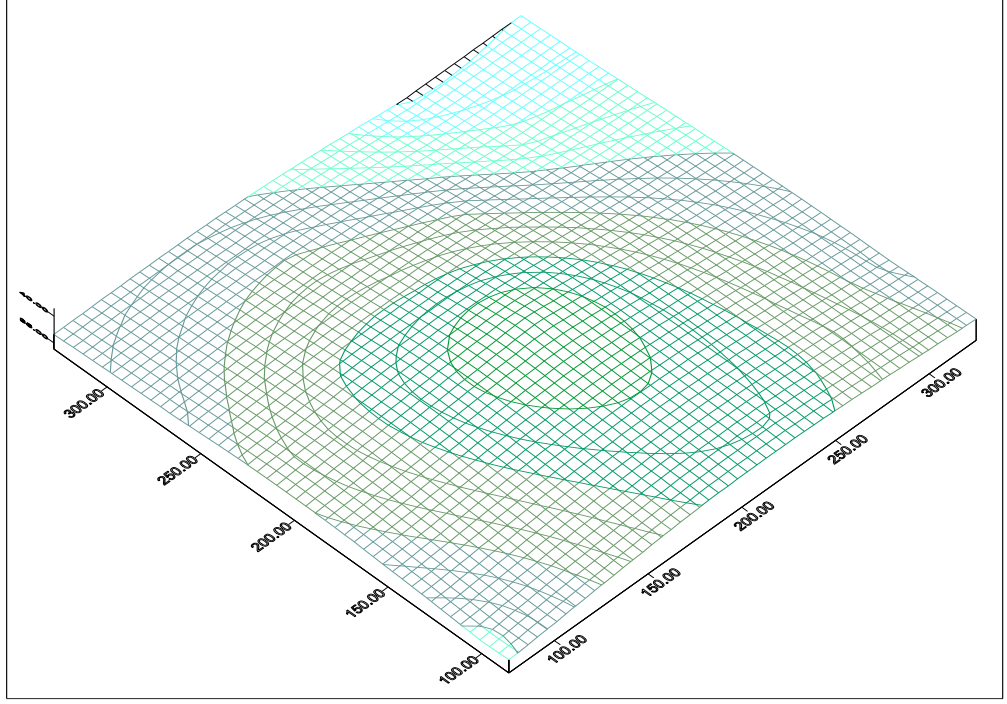
- [20] **Eurocode 4**, 1992, European Standard, Design of Composite Steel and Concrete Structures, Chapter 10
- [21] **Prasannan, S. ve Lutrell, L.D.**, 1984. Flexural Strength Formulations for Steel-Deck Composite Slabs, Research Report, West Virginia University, Morgantown
- [22] **Özden, K.**, 1998. Connectors for Repair and Strengthening, Türkiye Deprem Vakfı, **TR 98-015**, İstanbul, 27 s
- [23] **Fischer**, 2000. Fischer Akademie Fixings Catalogue 2000EX, Fisherwerke Arthur Fischer GmbH&Co. KG, Germany
- [24] **Fischer**, 1997. Fischer Akademie Technical Handbook, Fisherwerke Arthur Fischer GmbH&Co. KG, Nov., 3rd edition and Fixings Catalogue 2000EX, Germany
- [25] **Eligehausen, R., Bouska, P., Cervenka, V., Pukl, R.**, 1992. Size effect of the concrete cone failure load of anchor bolts. In Fracture Mechanics of Concrete Structures, Edited by Bazant, Z.P., Proceedings from the Conference FramCo.S1, Elsevier, USA, London, s. 517-527
- [26] **Elfgren, L., Ohlsson, U., and Gylltoft, K.**, 1987. Anchor bolts analysed with fracture mechanics, Fracture of Concrete and Rock, SEM-RILEM International Conference, Texas, s. 269-275
- [27] **Ergün, B.**, 2002. Yakın Resim Fotogrametrisinde Endüstriyel Uzman Sistem Tasarımı, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü (yayınlanacak)
- [28] **Sap 2000**. Structural Analysis Program



Şekil A.3 Yüzey Ölçümü Yapılan Döşemenin Yüklemeden Önceki Durumu



Şekil A.4 Yüzey Ölçümü Yapılan Döşemenin 54.5 kN Yük Altındaki Durumu



Şekil A.5 Yüzey Ölçümü Yapılan Döşemenin Plastik Şekil Değişirme Durumu



Şekil B.1 Dübelleri Uygulanmadan Önce Deney Numunesi



Şekil B.2 Yük Uygulanmadan Önce Deney Numunesi

ÖZGEÇMİŞ

Gülşah (Öztürk) Sağbaş, 1977 yılında İstanbul’da doğdu. Orta ve lise öğrenimini Hüseyin Avni Sözen Anadolu Lisesi’nde tamamladı. 1995 yılında İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’ne girdi. 1999’da bu bölümden mezun olup, aynı yıl İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü’ne bağlı Yapı Mühendisliği, Yapı Analizi ve Boyutlandırma Programı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Şu anda Yapı Statığı Çalışma Grubu’nda araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.