

T. C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BETONARME TAŞIYICI SİSTEMLERİN TAKVİYESİ ve ONARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANABİLİM DALI : İNŞAAT

PROGRAMI : YAPI

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

Hazırlayan :
İnş. Müh. Atilla GÜRBÜZ

Danışman :
Prof. Mustafa KARADUMAN

KONYA — 1990

12345

SELÇUK UNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTUSU

BETONARME TAŞIYICI SİSTEMLERİN
TAKVİYESİ VE ONARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Atilla GURBUZ
İnşaat Mühendisi

Jüri Üyeleri

Prof. Mustafa KARADUMAN
Prof. Dr. Tefvik Seno ARDA
Yrd. Doç. Dr. Nesrin YARDIMCI

KONYA 1990

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SEMBOLLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ	vii
1- GİRİŞ	1
1.1- Genel	1
1.2- Çalışmanın Amacı	4
2- YAPILMIŞ OLAN ARAŞTIRMALAR	5
2.1- Deneysel Araştırmaya Dayanan Çalışmalar	5
2.2- Literatür Araştırmasına Dayanan Çalışmalar	17
2.3- Pratikte Uygulanmış Olan Çalışmalar	17
3- BETONARME TAŞIYICI ELEMANLARIN TAKVİYESİ VE ONARIMI	18
3.1- Döşemelerin (Plakların) Takviyesi	19
3.2- Betonarme Kirişlerin Takviyesi	20
3.3- Betonarme Kolonların Takviyesi	29
3.4- Betonarme Çerçevelerin Takviyesi	36
4- BETONARME YAPILARDA UYGULANMIŞ OLAN TAKVİYE VE ONARIM ÖRNEKLERİ	47
4.1- Akkum Apartmanı	47
4.2- Sakarya Valilik Binası	50
4.3- Pentunia Binası	56

	Sayfa
5- SEKİZ KATLI BETONARME BİR BİNANIN TAKVİYE PROJESİ	60
5.1- Takviye Hesapları	62
6- SONUÇLAR VE TAVSİYELER	104
6.1- Sonuçlar	104
6.2- Pratige Dönük Tavsiyeler	105
7- KAYNAKLAR	108
ÖZGEÇMİŞ	111
EKLER	112



ÖZET

Bu çalışmada, betonarme taşıyıcı elemanların (döşeme, giriş, kolon, çerçeve) takviyesi veya onarımının nasıl yapılacağı ve nelere dikkat edilmesi gerektiği açıklanmaya çalışılmıştır. Ayrıca bu çalışmada, yurt içinde ve yurt dışında takviyesi yapılmış olan yapılardan örnekler verilmiş, bunun dışında sekiz katlı betonarme bir binanın takviye projesi hazırlanmıştır. Takviye projesinde TS 498 Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yükler ve TS 500 Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları esas alınmış buna göre hesaplar yapılmış ve hangi elemanlarda takviyenin gerekli olduğu belirlenmeye çalışılmıştır. Takviye projesi için yapılan hesapların tamamı verilmemiş olup, özet sonuçlar tablolar halinde verilmiş ve takviyesi yapılacak elemanların takviye detayları çizilmiştir. Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlar maddeler halinde sıralanmış, en son kısımda ise pratiğe dönük tavsiyeler verilmiştir.

ABSTRACT

In this study, the ways for strengthening of elements of reinforced concrete structures (floor, beam, column, frame) or their repair and the points for which care should be taken, are tried to be explained. Additionally, in this study it had given same examples of the works on which the strengthening had been done inside and outside the country, and also strengthening project of and eight-storied building has been prepared. In the strengthening project, "TS 498, Desing and Loads for Buildings(Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yükler) and TS 500, Building Code Requirements for Reinforced Concrete (Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları)" had been taken as basis the calculations had been done accordingly, and in which elements the strengthening should be necessary had been tried to determine. Here, it is not given the whole calculations of the strengthening project, but summarized results had been given as tables and strengthening details of the elements to be strengthened had been drawn. The results gathered from the study done had been set up in an order as items and however some practically applicable recommendations had been given at the end part of this study.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmayı planlayan, yöneten ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Mustafa KARADUMAN'a içtenlikle teşekkür etmeyi bir borç bilirim.



SEMBOLLER

SEMBOL ANLAM

a Kaynak kalınlığı

bw Kiriş genişliği

B:S (B₂₂₅) TS-500'e göre beton kalitesi

d Kirişin faydalı yüksekliği

F_d Hesap yükü

f_{ck} Betonun karakteristik mukavemeti

G Zati yük

H Yatay yük

h₁ Takviye öncesi kiriş yüksekliği

h₂ Kirişte yapılan takviye yüksekliği

Km² Depremin etkili olduğu alan

L₀ Takviye başlangıcının mesnete uzaklığı (Kısmi takviyede).

L Kiriş açıklığı

L₁ Kısmi takviye uzunluğu

l Kaynak uzunluğu

M Moment

M-K Moment-Egrilik ilişkisi

N Normal Kuvvet

P-δ Kuvvet-Deplasman ilişkisi

Q Hareketli yük

t Manto et kalınlığı

V Kesme kuvveti

V_u Maksimum yatay yük

V_{ubf} Dogusuz çerçeve taşıma gücü

V_{uif} Dolgulu çerçeve taşıma gücü

V_{usw} Yekpare (monolitik) çerçeve taşıma gücü

V_{uc} Düzeltilmiş yatay çerçeve yükü

x Yön (Apsis ekseninde)

y Yön (Ordinat ekseninde)

Ø Donatı çapı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil-1 Deney düzeninin şematik görünüşü	7
Şekil-2 Deney numunesinin detayları	8
Şekil-3 Deneydeki yükleme sistemi	12
Şekil-4 Deney numunesinin detayı	12
Şekil-5 Deney düzeninin şematik görünümü	13
Şekil-6 Deney ve yük düzeni	16
Şekil-7 Çerçeve modeli	16
Şekil-8 Betonarme döşemelerin takviye şekilleri ..	21
Şekil-9 Betonarme döşemelerin kısmen onarımı	21
Şekil-10 Betonarme kiriş takviyesi	22
Şekil-11 Betonarme kirişin tamamen takviyesi	24
Şekil-12 Betonarme kirişin kısmen takviyesi	24
Şekil-13 Yük deplasman (P- δ) eğrisi	25
Şekil-14 Moment eğrilik (M-K) ilişkisi	25
Şekil-15 Kirişlerin betonarme manto içine alınarak takviyesi	26
Şekil-16 Tablalı kirişlerin takviyesi	28
Şekil-17 Kirişlerde kesme çatlaklarının onarımı ...	28
Şekil-18 Betonarme kolonun takviyesi	30
Şekil-19 Kolonun betonarme perde arasına alınarak takviyesi	32
Şekil-20 Kolon boyuna donatısının döşemeye ankraajı.	33
Şekil-21 Hasar görmüş kolonların onarımı	34
Şekil-22 Çelik köşebentler ile kolon takviyesi	35
Şekil-23 Çerçevelerin betonarme perdeler ile takviyesi	39
Şekil-24 Enerji tüketim kapasitesinin karşılaştırıl- ması	42
Şekil-25 Hazır betonarme panoların çerçeve bağlantı detayları	43

Şekil-26 Çerçevelerin çelik profillerle bulonlu takviyesi	45
Şekil-27 Çerçevenin çelik profillerle kaynaklı takviyesi	46
Şekil-28 Akkum apartmanı zemin kat kalıp planı takviye öncesi ve takviye sonrası durumu	48
Şekil-29 Akkum apartmanı kolon takviyesi bağlantı detayları	49
Şekil-30 Akkum apartmanı betonarme perde takviyesi bağlantı detayları	49
Şekil-31 Sakarya Valilik binası hasar öncesi plan ve kesiti	50
Şekil-32 Sakarya Valilik binası-takviye edilecek kısımların plandaki görünümü	52
Şekil-33 Sakarya Valilik binası-hasarlı kolonun askıya alınarak takviyesi	53
Şekil-34 Sakarya Valilik binası-perde takviye detayı	54
Şekil-35 Sakarya Valilik binası-mevcut döşemeye takviyede yapılan perdelerin bağlantı detayları	55
Şekil-36 Pentunia binasının takviye öncesi ve takviye sonrası kalıp planı ile kesiti	56
Şekil-37 Pentunia binasına ait giriş takviye detayları	58
Şekil-38 Pentunia binasına ait kolon takviye detayları	59
Şekil-39 Takviye edilecek binanın kat planı	61
Şekil-40 Beton basınç mukavemeti-geri sıçrama sayısı arasındaki ilişki	62

	Sayfa
Şekil-41 1. Kat S24 Kolonu Birim Deformasyonları.	65
Şekil-42 1. Kat S24 Kolonu Eksenel Yük-Moment (N-M) Eğrisi	68
Şekil-43 1. Kat Takviye Kalıp Planı	79
Şekil-44 2. Kat Takviye Kalıp Planı	80
Şekil-45 3. Kat Takviye Kalıp Planı	81
Şekil-46 4. Kat Takviye Kalıp Planı	82
Şekil-47 5. Kat Takviye Kalıp Planı	83
Şekil-48 6. Kat Takviye Kalıp Planı	84
Şekil-49 7. Kat Takviye Kalıp Planı	85
Şekil-50 Kolon Takviye Detayları	90
Şekil-51 Kiriş Takviye Kalıp Planı	98
Şekil-52 Kiriş Takviye Kalıp Planı	99
Şekil-53 Kiriş Takviye Detayları (Mesnette)	101
Şekil-54 Kiriş Takviye Detayları (Açıklıkta)	102

TABLolar LİSTESİ

Tablo No		Sayfa
Tablo-1	Betonarme Dolgulu Çerçeveslerde Sağlanan Mukavemet Artışları	40
Tablo-2	1. Kat Kolon Kapasiteleri ve Kolon Eksenel Yükleri	69
Tablo-3	2. Kat Kolon Kapasiteleri ve Kolon Eksenel Yükleri	70
Tablo-4	3. Kat Kolon Kapasiteleri ve Kolon Eksenel Yükleri	71
Tablo-5	4. Kat Kolon Kapasiteleri ve Kolon Eksenel Yükleri	72
Tablo-6	5. Kat Kolon Kapasiteleri ve Kolon Eksenel Yükleri	73
Tablo-7	6. Kat Kolon Kapasiteleri ve Kolon Eksenel Yükleri	74
Tablo-8	7. Kat Kolon Kapasiteleri ve Kolon Eksenel Yükleri	75
Tablo-9	8. Kat Kolon Kapasiteleri ve Kolon Eksenel Yükleri	76
Tablo-10	Takviye Yapılacak Kolonlar	78
Tablo-11	Kolon Takviye Yükleri	86
Tablo-12	Kolon Takviye Kesitleri ve Takviye Donatıları	87
Tablo-13	Kirişlere Gelen Moment, Kesme Kuvveti Değerleri ve Kiriş Kapasiteleri	94

1-GİRİŞ:

1.1 Genel

Kainatın varoluşundan bu yana, insanların barınak ihtiyacı duyduğu yapılar, inşaat mühendisliğinin kapsamı içerisine girmektedir. İlk çağlarda barınak olarak tabii yapılar kullanılmıştır (mağara, ağaç oyugu gibi). İnsanların yerleşik düzene geçmesi ile birlikte barınak ihtiyaçları daha da artmıştır. Bu ihtiyaçlar insanların üretici becerilerini harekete geçirmiştir.

insanoğlu zamanla taş ve toprağı yapı elemanı olarak keşfetmiş ve bunları kullanmıştır. Daha sonraları çimento-nun bağlayıcı olarak kullanılmaya başlanmış ve kum, çakıl, su ve çimento karıştırılarak beton imal edilmiştir. Beton malzemesinin çekme mukavemetinin az olması sebebiyle arayışlar devam etmiş ve sonuçta betonun içerisine demir çubuklar yerleştirilerek betonun çekme mukavemeti de artırılmış, böylece bugünkü bildiğimiz betonarme yapı malzemesi elde edilmiştir.

Ancak zaman içerisinde yeni problemler ortaya çıkmaktadır. Betonarme yapıların projesinde ve yapımında düşünülen hata, zamanla kullanım amacının değişmesi, yapılarda taşıyıcı sistem değişikliği yapılması, sonradan ortaya çıkan zemin problemleri, deprem ve yangın gibi afetler sebebi ile betonarme yapıların taşıyıcı elemanlarında takviye (güçlendirme) ve onarma gereği ortaya çıkmıştır.

Ayrıca, arsaların çok pahalalanması, şehirlerin giderek büyümesinden dolayı boş arsaların şehir merkezinden uzaklaşması ve imar planlarında yapılan değişiklikler sebebi ile, mevcut yapılara ilave katlar yapılmakta, bunun

sonucunda da mevcut yapının taşıyıcı elemanlarının takviyesi yoluna gidilmektedir. Betonarme yapıların yapım aşamasının aşırı dikkatsiz ve kontrolsüz bir biçimde gerçekleşmesi, depreme dayanıklı yapı yapma düşüncesinin ülkemizde oldukça geç gündeme gelmesi ve ülkemizin ekonomik durumu göz önüne alındığında hatalı yapıların yıkılıp yeniden yapılması oldukça pahalıya mal olmakta, bu sebeple taşıyıcı elemanların takviyesi ve onarımı daha fazla önem kazanmaktadır.

Onarım ve takviye kelimelerinin ifade ettikleri anlamlar birbirinden farklı olup, onarımı hasar görmüş (deprem veya yangın gibi) taşıma güçleri azalmış taşıyıcı elemanların eski (hasar görmeden önceki) taşıma güçlerine kavuşturulması olarak tarif edebiliriz.

Takviye (güçlendirme) ise taşıyıcı elemanların kesitlerinin büyütülerek taşıma güçlerinin artırılması olarak kısaca tarif edebiliriz. Betonarme yapı elemanlarının onarımına genellikle bir depremden sonra depremin verdiği hasarı gidermek için, takviyesine ise hasar görmemiş yapı elemanlarının depreme karşı mukavemetini artırmak, betonarme yapı elemanına gelen yüklerin değişmesi sonucu istenilen taşıma gücüne eriştirmek için baş vurulur. Gerek onarım, gerekse takviye ile betonarme bir yapı elemanının taşıma gücü ve sünekliği artırılır. Ulaşılmak istenen taşıma gücüne, hasarın seviyesine, betonarme yapı elemanının çeşidine ve diğer elemanlarla birleşim şekline göre, betonarme yapı elemanlarının takviyesi ve onarımı, epoksi reçineleri, mantolama, çelik malzeme kullanma gibi metodlar ile gerçekleştirilebilmektedir.

Mantolama; Taşıyıcı betonarme yapı elemanının çevresinin betonarme veya çelik malzeme ile sarılarak kesidinin büyütülmesi, buna bağlı olarak taşıma gücünün artırılması işlemidir. Mantolama ile betonarme yapı elemanının davranışlarında meydana gelecek değişmeler oldukça önemlidir. Çelik malzeme kullanılarak yapılan mantolamada, çelik plaklar mantolanacak elemanın dış yüzeylerine epoksi reçinesi ile yapıştırılır. Bu metodla yapılan mantolama işlemi oldukça kolaydır. Ayrıca çelik levhalar yerine çelik profiller (putreller) kullanılarak mantolama yapılabilir. Bu tür malzemeler (çelik malzemeler) genellikle kolonların mantolanmasında kullanılır. Betonarme bir yapı elemanının, betonarme yapı malzemesi kullanılarak mantolanmasında eski (mevcut) ve yeni betonun birbirine tam bağlanması (kaynaşması) için her iki beton arasında tam bir yapışma olması gerekir. Bir başka deyişle kesme kuvveti aktarımı (eski ve yeni betonun birlikte çalışması prensibi) sağlanacak tarzda olmalıdır. Bunun için, taşıyıcı eleman onarılacak ise; zarar görmüş, çatlamış, ezilmiş beton malzemesi dökülür, yüzey iyice temizlenir. Taşıyıcı eleman takviye edilecek (güçlendirilecek) ise, mevcut betonda kesme kamaları oluşturulur veya donatıya kadar olan kaplama ve örtü tabakası kırılır. Böylece taşıyıcı elemanın yüzeyi pürüzlendirilir veya epoksi reçinesi ile taşıyıcı eleman yüzeyine çakıllar yapıştırılır ve kesme kuvveti aktarımı için gerekli şart sağlanmış olur.

Betonarme taşıyıcı elemanların onarımı hasarın şekline göre (betonun çatlaması, betonun ezilmesi, donatının veya bağlantıların kopması gibi) yapılır. Genellikle yatay taşıyıcı elemanda, hafif hasardan dolayı meydana gelmiş olan küçük çatlakların onarımında epoksi reçineleri ve çimento harcı kullanılır. Ağır hasarların olduğu durumlarda (betonun ezilmesi, aderans kaybı veya donatı kopması gibi) hasar görmüş eleman askıya alınır, hasar görmüş malzemeler yerinden uzaklaştırılır ve yeni malzemeler ile onarım gerçekleştirilir.

1.2 Çalışmanın Amacı:

Betonarme taşıyıcı elemanların takviyesi ve onarımında uygulanan metodlar giriş kısmının genel bölümünde kısaca anlatılmıştır. Konunun öneminden dolayı bu konuda yurt içi ve yurt dışında yapılmış olan çalışmaların incelenmesi ve ortak noktaların bulunarak uygulamaya nasıl aktarılacağı konusu araştırılmıştır. Araştırmada betonarme taşıyıcı elemanların (Döşeme, kiriş, kolon ve çerçeve) takviye ve onarımlarının nasıl yapılacağı, nelere dikkat edilmesi gerektiği ve takviye projeleri hazırlanırken gözönünde bulundurulması gereken hususlar incelenmiştir. Yapılan bu çalışma ile daha önce yapılmış olan deneysel, teorik ve uygulanmış takviye çalışmalarından ne gibi sonuçlar elde edildiği belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmada derlenen bilgiler ve incelenen örneklerden istifade edilerek 8 katlı betonarme bir binanın takviye projesi hazırlanmıştır. Yapılan takviye hesapları ve takviye detayları beşinci bölümde verilmiştir.

2. YAPILMIŞ OLAN ARAŞTIRMALAR

Betonarme taşıyıcı elemanların takviyesine ilişkin araştırmalar oldukça az sayıdadır. Gelişmekte olan ülkelerde problemlili yapı çokluğu gelişmiş ülkelerde ise depremlerden dolayı yapıların davranışının araştırılması sonucunda elde edilen bilgiler ışığı altında deprem yönetmeliklerinde yapılan değişiklikler konuya önem kazandırmıştır. Taşıyıcı elemanların takviyesi konusu önümüzdeki yıllarda da oldukça çok araştırılacak ve gündemde kalacak popüler bir konudur.

Betonarme taşıyıcı eleman takviyesi ve onarımı konusunda geçmişte yapılan çalışmaları üç grupta toplamak mümkündür. Bunlar aşağıda sıralanmıştır.

a) Deneysel araştırmaya dayanan çalışmalar (1,2,3,4,5,6,7) .

b) Deneysel araştırmaya dayanmayan literatür araştırması sonucu elde edilen çalışmalar(8,9,10).

c) Pratikte uygulanmış olan çalışmalar(12,13,14).

2.1- DENEYSEL ARAŞTIRMAYA DAYANAN ÇALIŞMALAR

1- GULKAN, P., Tarafından Yapılan Çalışma(1)

Onarılmış betonarme kolon -kiriş birleşimlerinin benzeştirilmiş deprem etkileri altındaki akma sınırı ötesi davranışları incelemiştir. Deney programı , 5 tanesi onarım öncesi, 5 tanesi de aynı modellerin onarım sonrası durumlarını yansıtan 10 deney modeli ile gerçekleştirmiştir. Deney modellerinde boyuna donatı oranı aynı tutulmuş, değişken olarak enine donatı miktarı ve birleşim yerindeki kiriş sayısı esas alınmıştır. Kolon ortasında bırakılan

borunun içinden 32 mm çapındaki bir gergi teli ile kolona yirmi tonluk eksenel yük uygulanmış ve deney süresince sabit tutulmuştur. Deney modellerinde deplasman süneklilik kat sayısının 4-6 olduğu dört, deplasman süneklilik katsayısının bir olduğu üç yükleme devri uygulanmıştır. Daha sonra özel olarak hazırlanan deney çerçevesinden çıkarılan modeller, betonarme montalama ile onarılmış, 20 cmx20 cm olan kolon boyutları 27cmx27 cm'ye yükseltilmiştir. Onarılmış ve karşılaştırma modellerine aynı yükleme dizisi uygulanarak elde edilen ölçümlerle modellerin yük-deformasyon ve moment eğrilik bağıntıları çizilmiştir.

Yapılan deneysel çalışma sonucunda araştırmacının elde ettiği sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1-) Tersinir deprem zorlaması sonucu hasar görmüş kolonların bu çalışmada uygulanan metodla onarımı etkili olmuştur. Ancak, kolondaki ek donatıların aderans bozulmasından etkilenmemelerine, ek donatıların eğilme etkisinde burkulma, yapmamalarına, eski ve yeni betonun tam olarak paylaşmasına bağlıdır.

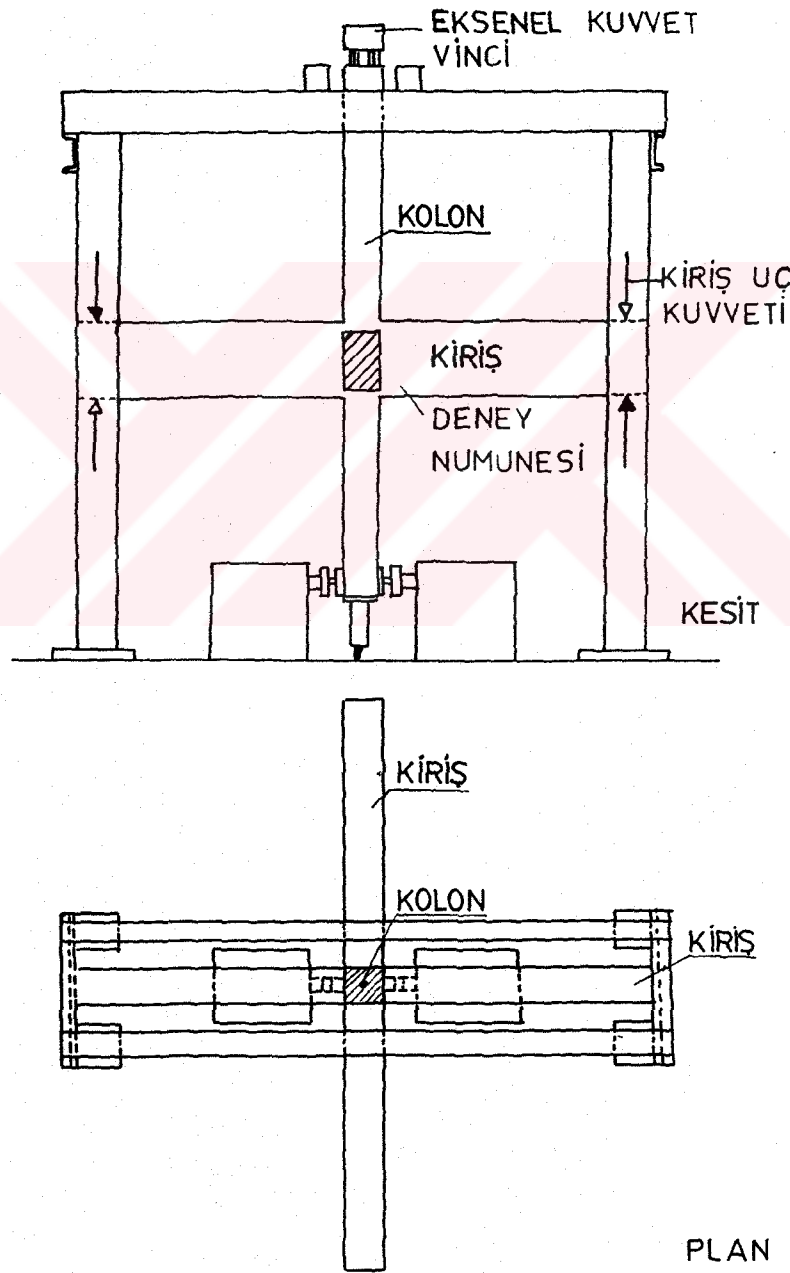
2-) Onarılmış kolonların çeşitli türdeki zorlamalar altındaki taşıma gücü hesapları kesit betonunun homojen olduğu varsayımına dayanılarak yapılabilir.

3-) Onarım sonrası artan kolon moment taşıma gücünün birleşim yerine getireceği ek zorlamalar dikkate alınmalı, benzer bir zorlama sırasında birleşim yerinin kaymadan ötürü kırılmasına dikkat edilmelidir. Onarım sonucu kırılma türü daha gevrek olmamalıdır.

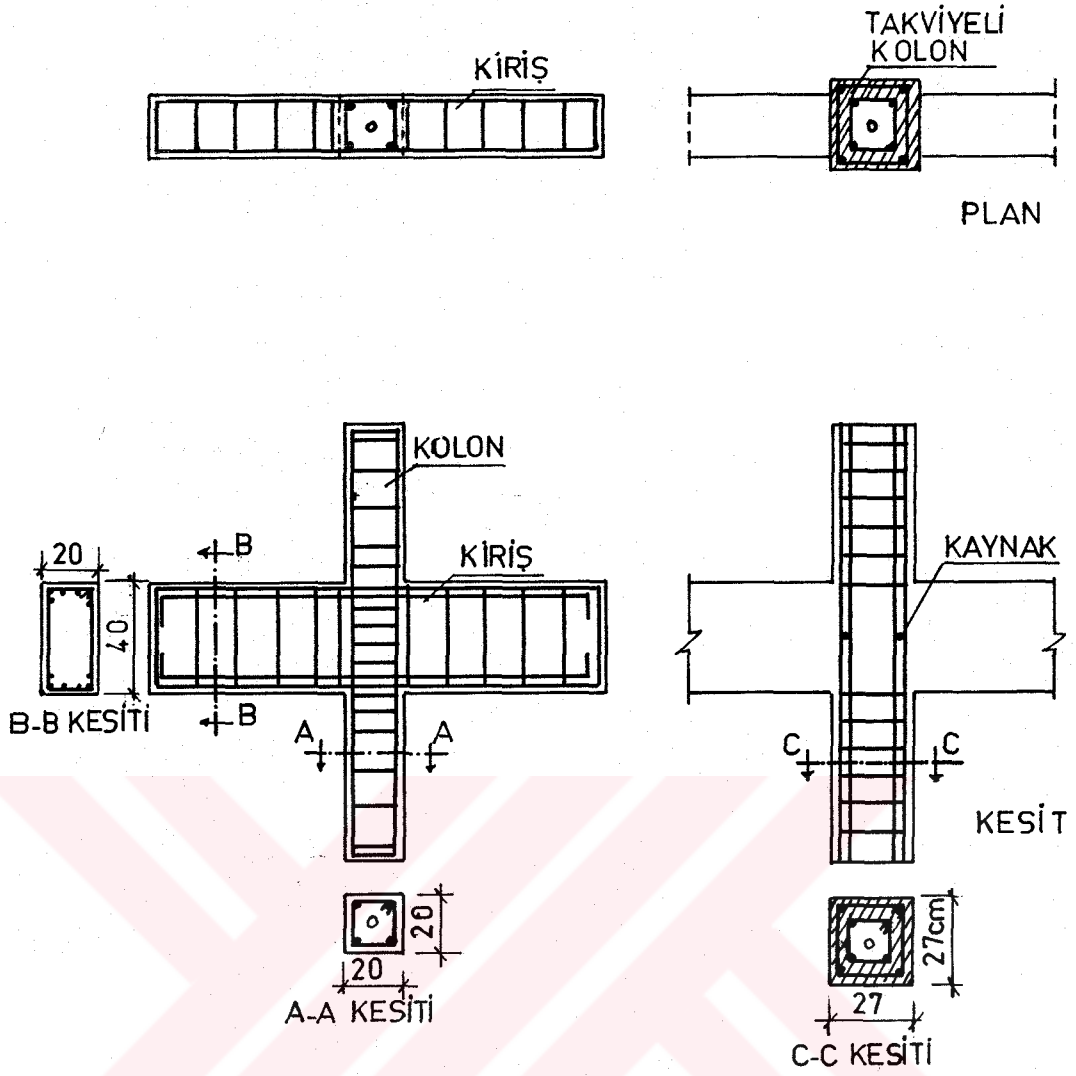
4-) Dört kirişli birleşim yerlerinin taşıma gücü, buradaki betonun kirişler tarafından sarılması sebebiyle hesapla bulunan değerden daha büyüktür.

Takviye edilmiş kiriş davranışının incelenmesi için yapılan çalışma sonucunda, takviye edilmiş kirişlerin komşu taşıyıcı yapı elemanlarına bağlantı şekli bazı problemler getirmiştir.

Yapılan araştırma ile ilgili deney düzeni ve detaylar Şekil-1 ve Şekil-2 de verilmiştir.



Şekil-1 Deney Düzeninin Şematik Görünüşü



Şekil-2 Deney Numunesinin Detayları

2. HELLESAND ve GREEN Tarafından Yapılan Çalışma(2)

Onarılmış betonarme kolonların yük taşıma kapasitelerinin ve davranış özelliklerinin belirlenmesine yönelik deneysel bir çalışmadır. Dikdörtgen kesitli olan deney modelleri iki ucunda sabit ve eşit eksantrik yük ile yüklenmişlerdir. Yükleme şekline dolayı aksel basınç ve eğilme etkisindeki kirişlere benzetilebilir. Kolon kesitlerine donatılar simetrik olarak yerleştirilmiştir. Kolonlara etki ettirilen yükler dört ay boyunca sürekli sabit tutulmuş ve deformasyonlar kontrol edilerek bir dizi tersinir yük uygulanmıştır. Daha sonra yüksüz olarak onarılan modeller hasara uğrayıncaya kadar yüklenmişlerdir.

Modellerin onarımında kolon kesitleri büyütülmeyip, hasarlı donatılar sağlamlaştırılmış, etriyeler değiştirilerek sıklaştırılmış ve hasarlı bölgedeki betonlar alınmış (temizlenmiş) ve bölge yeniden betonlanmıştır. Onarılan modeller orjinallerine göre daha zayıf kalmışlar ve yük taşıma kapasitelerinde %20' ye yakın bir düşüş görülmüştür.

Yapılan araştırmanın kısa özetinden de anlaşılacağı gibi deneye tabi tutulan elemanların onarımında, elemandaki deformasyonlar tamamen kaldırılmış ve onarım gerçekleştirilmiştir. Bu sebeble bu tür bir onarım şeklinin pratikte uygulanması oldukça güç görülmektedir.

3- ÇELEBİ ve PENZİEN Tarafından Yapılan Çalışma(3)

Moment ve kesme kuvveti etkisi yaratacak şekilde tersinir yüklerle yüklenmiş kirişleri incelemişlerdir. Araştırmacılar epoksi reçinesi ile onardıkları dört adet kiriş modelinin davranışlarını incelemişler. Kiriş modelleri çatlaklar oluşacak şekilde yüklemeye tabi tutulmuş ve hasara uğratılmış daha sonra yüksüz olarak concrete 1050-15 adlı epoksi reçinesi ile onarılmışlardır.

Kirişlerin onarımı yapılırken çatlaklar temizlenmiş, oynamış beton parçacıkları vakumla alınmıştır. İki bileşenden oluşan concrete 1050-15 adlı epoksi reçinesi özel bir aletle çatlakların içine enjekte edilmiş (basılmış) dir. Epoksi reçinesi ile onarım, betonun ezildiği ve çatlak genişliğinin 0,12 mm.den dar olduğu yerlerde uygulanamamıştır. Kullanılan epoksi reçinesinin türü betonun birbirine kaynaşmasında (yapışmasında) oldukça etkili olmuştur. Çalışmanın sonuçları kısaca aşağıda özetlenmiştir.

1-) Epoksi reçinesi ile onarılmış kirişlerin onarım sonrasında eski görüntülerini kazanmışlar ve orjinal hallerindeki taşıma güçlerine ulaşmışlardır.

2-) Onarılmış bölgenin güçlenmesi ile elemanın rijitliği eski haline kavuşturulmuştur.

3-) Onarılmış kirişler için çizilen yük-deformasyon eğrisi, orjinallerine göre farklılık göstermemiştir. Bunun sebebi de onarılan modellerde istenilen rijitliğe erişilmesidir.

4-) Onarılan modeller, enerji tüketimleri bakımından orjinallerine yakın bir davranış göstermiştir.

4. HEWLETT ve MORGAN Tarafından Yapılan Çalışma (4)

Statik ve tersinir yükler altında sentetik reçine ile onarılan betonarme kirişlerde onarım etkinliğini ve sonuçlarını ortaya çıkarmak için yapılmış bir çalışmadır. Çalışmada 15 cm. x 25 cm. kesitli, 140 cm. boyunda 10 adet deney modeli (kiriş) kullanılmıştır. Deney modellerinden beş tanesi eğilmedeki çekme çatlaklarının durumunu ortaya çıkarmak amacıyla kuvvetli boyuna donatı ve az enine donatı kullanılarak hazırlanmıştır. Kiriş modelleri kırılma noktalarına kadar tersinir yükler ile yüklenmiş, hasara uğratılmışlar, daha sonra hasara uğrayan kiriş modelleri onarılarak, yeniden aynı yüklerle yüklenmiş ve hasara uğratılmışlardır.

Çatlak genişliğinin 0,10 mm.den büyük olduğu yerlerde epoksi reçinesi kullanılabilmiş ve iyi sonuçlar vermiştir. Onarılmış kirişler, orjinal modellerine benzer bir davranış göstermişlerdir. Ancak, bu çalışma şeklinin de, aderans kaybı ve donatı akması gibi ağır hasarların olduğu durumlarda pek faydalı olmayacağını söylemek yanlış olmayacaktır.

Yapılan çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıdaki sıralandığı gibi özetlenebilir.

1-) Epoksi reçineleri ile onarılmış kirişler, hasara uğramadan önceki davranışlarına benzer bir davranış sergilemişlerdir.

2-) Eğilme çatlaklarının genişliğine bağlı olarak rijitliklerinde küçük bir azalma görülmüştür.

3-) Kesme çatlaklarının onarıldığı modellerde onarım daha etkili olmuş, onarılmış modeller eskisinden daha kuvvetli ve rijit davranmışlardır.

4-) Tersinir yükler altında onarılmış kısımlar bozulmamıştır.

5-) Tekrarlanan yükleme devrelerinde modellerdeki deformasyonlar büyümüştür.

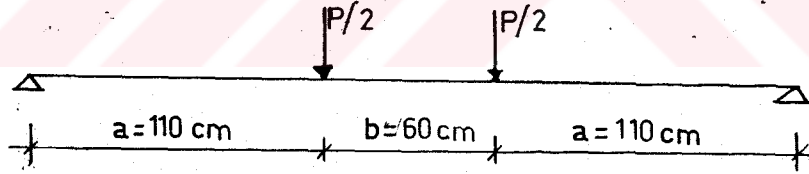
5. UNSAL, T., Tarafından Yapılan Çalışma (5)

Bu çalışma ile sadece eğilme etkisindeki kirişlerin güçlendirilmesi incelenmiş, kesme kuvveti ve burulma zorlamaları dikkate alınmamıştır. Bu araştırmanın daha önce anlatılmış olan araştırmalardan en büyük farkı onarım olmayıp, kirişlerin takviyesi (güçlendirilmesi) ile ilgilenilmiş olmasıdır. Araştırmada yedi adet 15 cm. x 25 cm.lik 300 cm. boyunda model kiriş kullanılmıştır. Modellerden bir tanesi 15 cm. x 30 cm. boyunda yekpare olarak imal edilmiş ve bu kirişin içerisine yerleştirilen donatı miktarı, takviye sonucundaki donatı miktarına eşittir. Diğer altı adet kiriş modelinde 25 cm. olan kiriş yüksekliği 5 cm. artırılarak 30 cm. ye çıkartılmıştır. Takviye yapılırken 25 cm. yüksekliğindeki kirişin alttan örtü tabakası dökülmüş, donatı ortaya çıkarılmış daha sonra takviye donatıları eski donatılara bağlanmıştır. Gerek takviye öncesi gerekse takviye sonrası gevrek kırılmayı önlemek için denge altı donatı yerleştirilmiştir.*

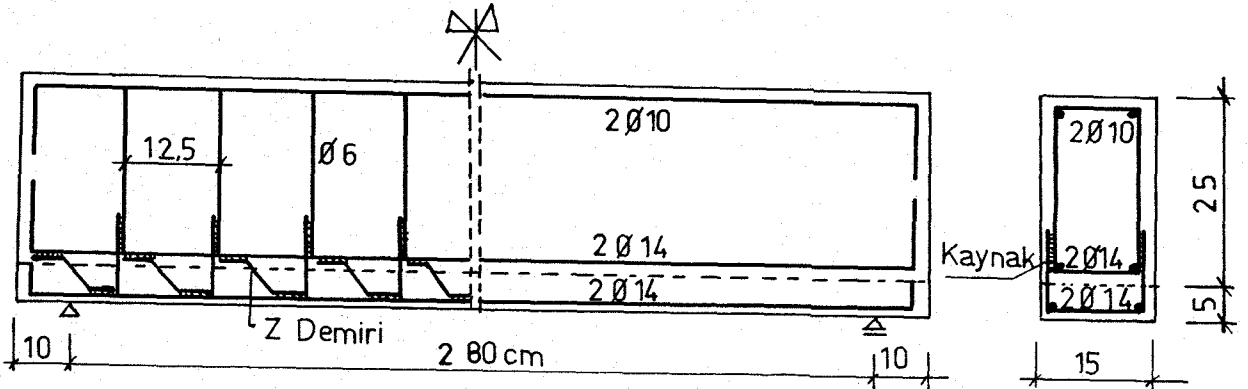
Denge altı donatı: Kirişin çekme tarafına yerleştirilen ve betondaki basınç ezilmesinden önce akan ve gevrek kırılmayı önleyen donatı miktarıdır.

Araştırmada başlıca takviyeden amaçlanan taşıma gücüne ne kadar yaklaşılabileceği, takviyede kullanılan ek etriyelerin takviyeye etkisinin ne olacağı, ek çekme donatıları ile kirişte bulunan çekme donatılarının birbirlerine Z şeklindeki bağ demirleri ile kaynaklanmalarının takviyeye etkisinin ne olacağı, ek çekme donatılarının kolon-kiriş bileşimlerinde nereye kadar uzatılması gerektiği konuları belirlenmeye çalışılmıştır.

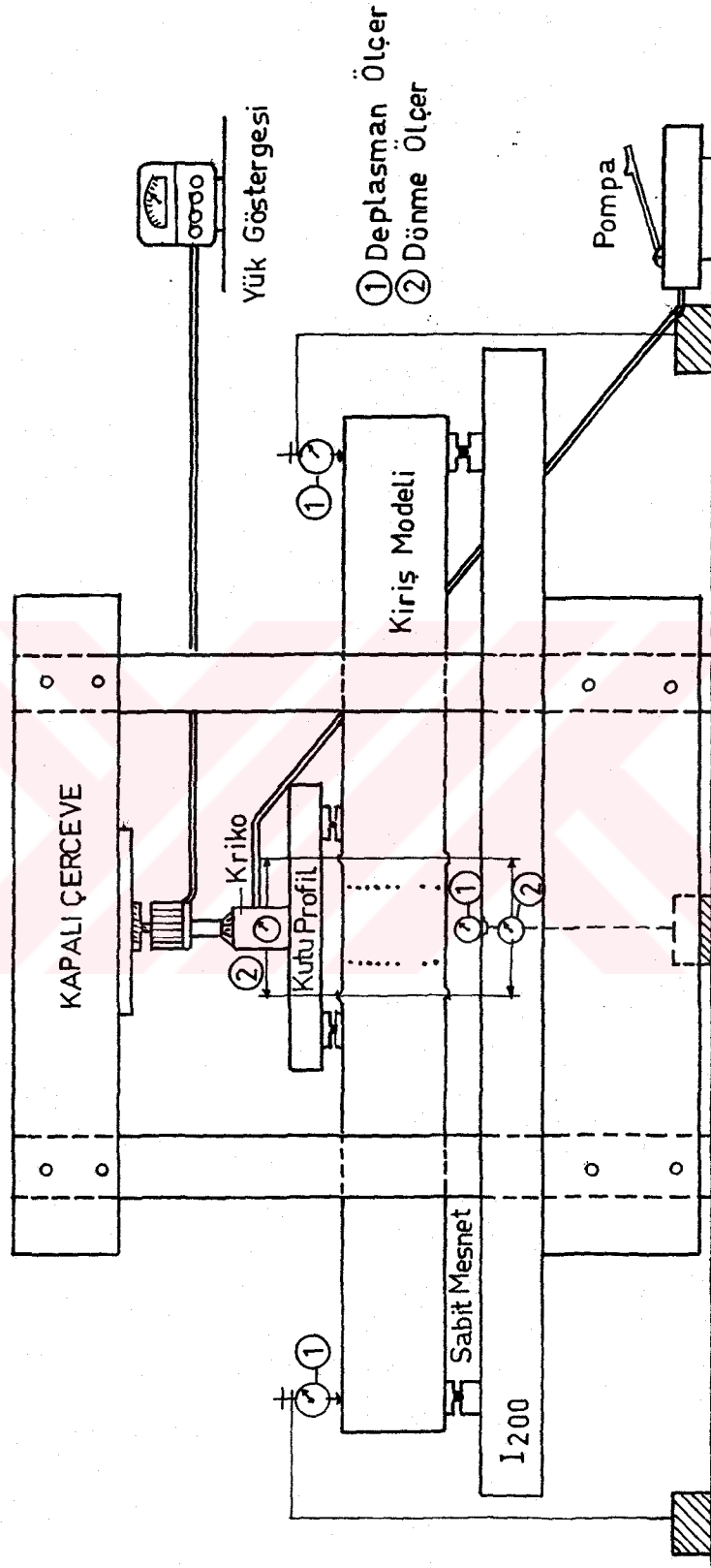
Model kirişlerde takviye yapılırken, ek etriyelerin mevcut etriyelere bağlanabilmesi için mevcut etriyeler üzerindeki beton örtü tabakası 6-7 cm. boyunda kazılmıştır. Takviye yapılırken boyuna donatı, mevcut boyuna donatıya U şeklinde etriyeler veya Z şeklindeki bağ demirleri ile kaynaklanarak bağlanmıştır. Bağlantı demirleri bazı modellerde ayrı ayrı kullanılmış, bazı modellerde ise kombine (iki bağlantı demiri aynı anda) olarak kullanılmıştır. Araştırmada uygulanan yük durumu Şekil-3 de deney düzeninde Şekil-5 de verilmiştir.



Şekil-3 Deneydeki Yükleme Sistemi



Şekil-4 Deney Numunesinin Detayı



Şekil-5 Deney Düzeninin Şematik Görünümü

Yapılan çalışmanın sonuçları kısaca aşağıda özetlenmiştir.

1-) Kirişlerin eğilme bakımından takviyesi oldukça başarılı neticeler vermiştir.

2-) Takviye edilmiş kirişlerin moment taşıma kapasiteleri yekpare kiriş kapasitesine çok yaklaşmıştır.

3-) Takviye edilmiş kirişler yekpare kiriş kadar rijit davranmamıştır.

4-) Eski beton ile takviye betonunun birbirine kaynaşması tam olarak sağlanmıştır.

6. ERSOY, U., TANKUT, T., ALTIN, S., Tarafından Yapılan Çalışma (6)

Bu çalışmanın amacı problemlili betonarme yapıların, betonarme dolgu duvarlarla takviye edilerek, deprem altında ne kadar etkili olduğunun araştırılmasıdır. Araştırma da 1/3 ölçekte modellenen 2 katlı, tek açıklıklı, 14 adet dolgulu çerçeve (betonarme çerçeve + yerinde dökülmüş dolgu duvar) depremi benzeştiren, tersinir ve tekrarlanan yatay yük altında denenmiştir. Bu çalışmadaki ana değişken, dolgu perdedeki donatı düzeni dolgu perde ile çerçeve bağlantısının şeklidir. Deneyde ayrıca aksenal yük ve çerçeve kolonlarının eğilme kapasitelerinin mukavemet, rijitlik ve süneklik üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deneyde, pratikte sıkça rastlanan bir tasarım şekli uygulanarak zayıf kolon-kuvvetli kiriş tipi seçilmiştir. Ancak, bu tip bir tasarım şekli davranış yönünden oldukça kötü sonuçlar vermektedir.

Çalışmadaki çerçeve modellerinden bir tanesi betonarme dolgu perde ile birlikte yekpare olarak hazırlanmış, diğer modellerde ise önce çerçeveler imal edilmiş,

bunlar yeterli mukavemete eriştikten sonra betonarme dolgu perdeleri dökülmüştür. Perde donatıları bazı modellerde çerçeveyi meydana getiren kolon ve kiriş donatılarına bağlanmış, bazı modellerde ise çerçeveye bağlantı yapılmamıştır. Bütün bu çalışmanın sonucunu karşılaştırabilmek için bir tanede dolgusuz boş çerçeve denenmiştir.

Yapılan araştırmanın sonuçları aşağıda sıra ile özetlenmiştir.

1-) Çok sayıda elemanın takviyesini gerektiren veya yeterli rijitliğin bulunmadığı durumlarda çerçevelerin yerinde dökme betonarme dolgu perde ile takviye edilmesi etkili ve ekonomik bir yoldur.

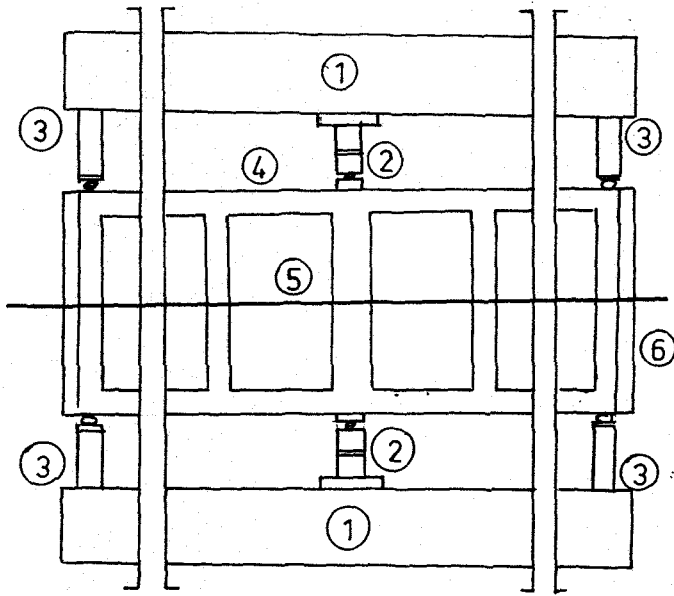
2-) Çerçeve oluşturulan dolgu ile rijitlik artırılabilir.

3-) Çerçeve oluşturulan dolgu ile mukavemet artırılabilir.

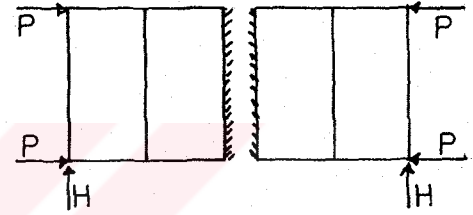
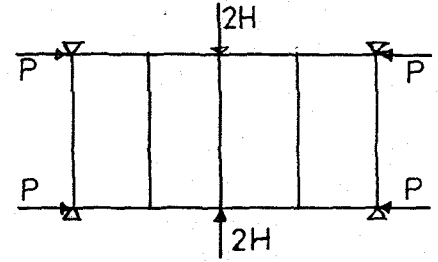
4-) Çerçevelerin dolgu perdeleri ile takviye edilmesi halinde deprem davranışlarını olumlu yönde etkilemektedir.

5-) Bu tür takviye metodlarında işçiliğe çok büyük önem verilmelidir.

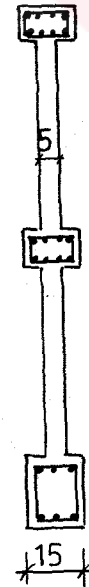
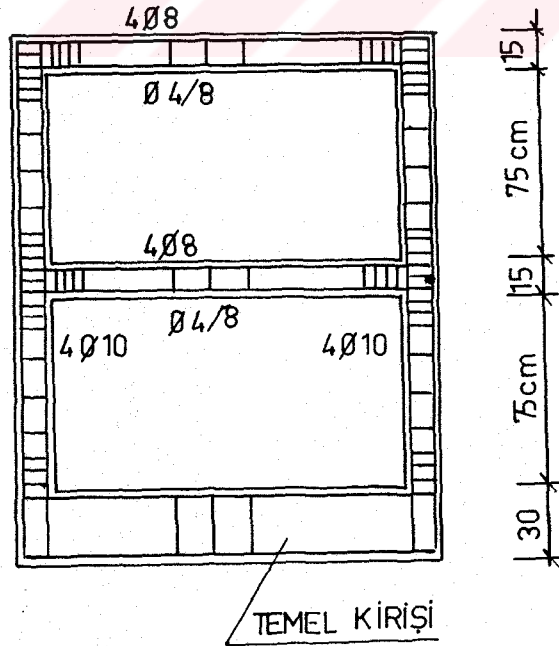
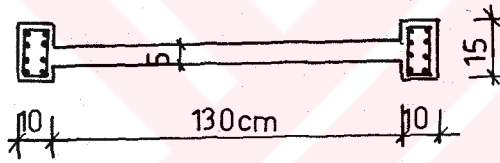
Yapılan çalışmadaki deney düzeni ve yüklerin ne şekilde uygulandığı Şekil-6 da, çerçeve modelide Şekil-7 de verilmiştir.



- ① Reaksiyon Kırısı
- ② Kriko
- ③ Mesnet
- ④ Model
- ⑤ Kablo
- ⑥ Çelik Kiriş



Şekil-6 Deney ve Yük Düzeni



Şekil-7 Çerçeve Modeli

2.2 Literatür Araştırmalarına Dayanan Çalışmalar

Literatür araştırmasına dayanan çalışmalarda daha önceden yurt içinde ve yurt dışında, betonarme malzeme kullanılarak, betonarme taşıyıcı elemanların deneysel araştırmalardan elde edilen sonuçların derlenip toparlanması ve mevcut yapılardaki hasarların veya kullanım amacının değişmesinden dolayı gerekli olan takviyelerin ne şekilde yapıldığı belirlenir. Kaynaklar bölümündeki 9 ve 10 nolu kaynaklar literatür araştırmasına dayanan başlıca çalışmalardır.

2.3 Pratikte Uygulanmış Olan Çalışmalar

Ülkemizin deprem kuşağında bulunması, projelerdeki sistem hataları, kalitesiz işçilik ve malzeme kullanımları çoğu zaman yapıların takviyesini gerektirebilmektedir. Bu sebeple, yurt içinde ve yurt dışında takviyesi veya onarımı yapılmış olan önemli projelerden üç tane örnek ilerideki bölümlerde (4.1, 4.2, 4.3 de) verilecektir. Takviye projeleri hazırlanıp pratik uygulaması yapılmış olan bu örneklerden iki tanesi ülkemize ait olup, diğer bir tanesi ise yurt dışında uygulanmıştır.

3. BETONARME TAŞIYICI ELEMANLARIN TAKVİYESİ ve ONARIMI

Betonarme taşıyıcı elemanlarda takviyenin amacı mevcut konstrüksiyonun (taşıyıcı elemanın) taşıma gücünü (kapasitesini) artırmaktır. Takviye ve onarım işlemine genel olarak iki durumda ihtiyaç duyulur.

a-) Mevcut taşıyıcı sistemin daha büyük yükleri taşıması istenmesi halinde,

b-) Mevcut taşıyıcı sistem elemanlarında meydana gelmiş olan çatlaklardan dolayı, elemanın kaybetmiş olduğu taşıma gücünü, elemana tekrar kazandırmak istenmesi halinde.

Takviye metodunun seçiminde taşıyıcı sistemin geometrik şekli ve boyutları büyük rol oynar. Bu seçim yapılırken çalışma kolaylığının yanında ekonomik şartlarda göz önünde bulundurulmalıdır. Betonarme elemanların takviyesinde genellikle iki ana metod düşünülür.

a-) Mevcut taşıyıcı elemanların kesitlerini büyüterek, sistemin takviye edilmesi.

b-) Mevcut taşıyıcı sisteme gelen veya gelmesi muhtemel olan yüklerin bir bölümünü veya tamamını yeniden yapılacak bir sisteme aktararak, mevcut taşıyıcı sistemin takviye edilmesi.

Ancak, ikinci takviye metodunun tutarsız tarafı, gereğinden fazla malzeme kullanılması ve yapı içindeki faydalı alanların azalmasına sebep olmasıdır. Betonarme yapıların takviyesi, betonarme malzeme veya çelik malzeme kullanılarak yapılır. Takviyenin çelik malzeme kullanılarak yapılması, zamandan tasarruf sağlar ve takviye işinin daha kısa sürede tamamlanması imkanını verir.

3.1 Döşemelerin (Plakların) Takviyesi

Döşemelerin takviyesi döşeme kalınlığının artırılmasıyla sağlanır. Döşemelerin kalınlığı, duruma göre mevcut döşeme üstünde veya altında yapılacak ilave ile artırılabilir. Eğer yeni betonun eski beton ile aderansı iyice sağlanabilirse, yani eski beton yüzeyi temiz olup, pürüzlülüğü artırıcı bir işleme imkan var ise, döşemenin üst yüzüne 3 cm.den az olmayan bir beton tabakası dökülür. Bu şekilde takviye edilmiş bir döşeme, yekpare bir tek döşeme gibi hesaplanabilir(8). Döşemenin üzerinde takviye yapılması aderans bakımından uygun değil ise, eski döşeme üzerine kalınlığı en az 5 cm. olan yeni bir döşeme yapılır. Döşemenin hesabında yeni döşemenin eski döşemeden ayrı çalıştığı kabul edilir ve buna göre, mesnet ve açıklık momentlerini karşılayabilecek donatı hesaplanır. Hesaplarda döşemeye gelen hareketli yük her iki döşeme (eski ve takviye sonucu dökülen yeni döşemeler) arasında rijitlikleri, oranında dağıtılır. Hesapta hiç bir zaman iki döşemenin yekpare olarak çalıştığı düşünülmez(8).

Eğer döşemenin üzerinde takviye yapılması imkansız veya uygun değilse (döşeme üzerine betonun ilave olarak konulamaması, içindeki aletlerin sökülememesi gibi) bu gibi durumlarda takviye, döşemenin altından yapılır.

Mevcut donatıya kısa demirler ile yeni ilave donatı kaynaklanır ve 2 cm. kalınlıktan az olmayan torkret betonu püskürtülür.* Torkret betonunun püskürtülmemesi halinde döşeme üstünden, eski döşemenin momentlerinin sıfır olduğu büküm noktalarında açılan deliklerden dökülecek beton ile

*Torkret betonu: Çimento, agrega, su ve gerekli bazı katkı maddelerinden meydana gelen betonun bir hortum yardımıyla basınçlı olarak beton kaplanacak yüzeye hızla püskürtülmesi sonucu elde edilen beton türüdür.

döşemenin takviyesi sağlanmış olur. Bu tür bir takviye durumunda dökülecek yeni betonu taşıyacak bir kalıp sistemine gerek vardır. Dökülen betonun boşluksuz olması için, betonun kalıp altından titreştirilerek sıkıştırılması gerekir.

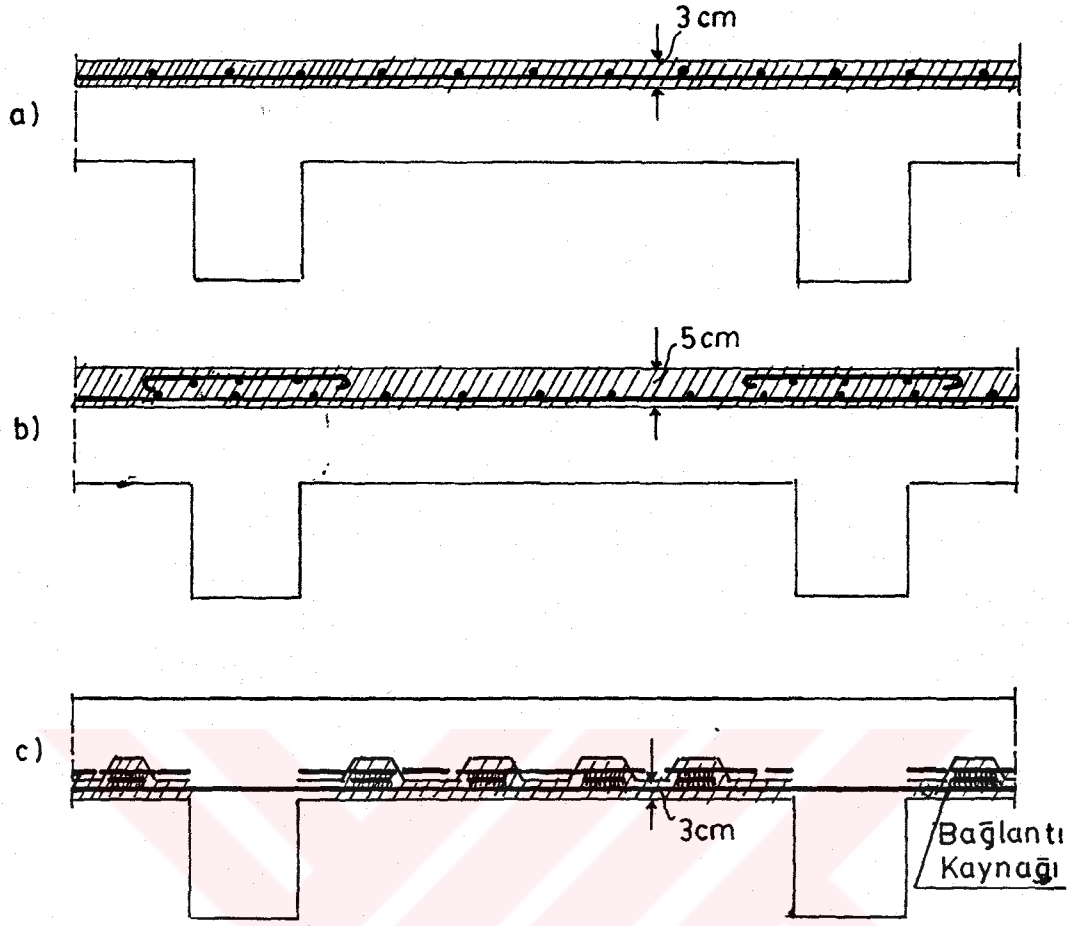
Bu tür bir takviyenin hesabında eski ve yeni beton tabakasının, ilave donatı ile birlikte yekpare olarak çalıştığı kabul edilebilir(10).

Betonarme döşemelerin takviyesinin nasıl yapıldığına ait metodlar Şekil-8 de verilmiştir.

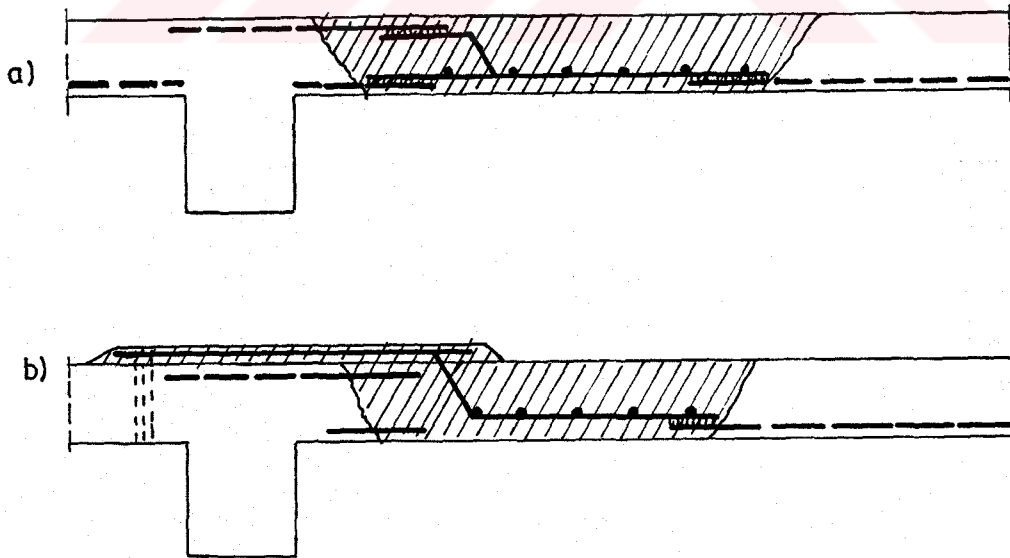
Betonarme döşemelerin bazı durumlarda onarımı gerekebilir. Onarımlar genelde bölgesel olup, döşemelerin belli bölümlerindeki çatlaklar, kırış askıya alındıktan sonra, çatlayan bölgenin kırılıp açılması ve temizlenmesinden sonra, donatı yerleştirilip yeniden betonlanması ile onarım gerçekleştirilir. Onarımda kullanılan donatı, mevcut donatının dışarda kalan uçlarına açıkta veya mesnette kaynaklanır. Bu tür bir onarım gerçekleştirilemiyorsa, hesaba göre bulunan onarım donatısı, döşeme üzerine yerleştirilerek delikler ile komşu döşemeye ankre edilir. Bu onarım şeklinde, mesnetlerdeki döşeme kalınlığı bir miktar artmış olur. Döşemelerin onarım metodu, Şekil-9 da verilmiştir.

3.2 Betonarme Kirişlerin Takviyesi

Betonarme kirişler çeşitli şekillerde takviye edilir. Bunlardan en çok uygulananı ise çelik veya betonarme malzeme kullanılarak yapılanıdır. Kirişlerin takviyesi, ya mevcut kirişin alt kısmında yapılan kesit büyütmesi ile sağlanır veya kirişin her üç yanında (sağ-sol yanları ve alt kısmı) yapılan kesit büyütmesi ile sağlanır. Bazı durumlarda ise kirişin takviyesi yerine kirişin altında kalan açıklığın tamamının betonarme perde yapılarak rijitliğin ve mukavemetin artırılması yoluna gidilir.



Şekil-8 Betonarme Döşemelerin Takviye Şekilleri

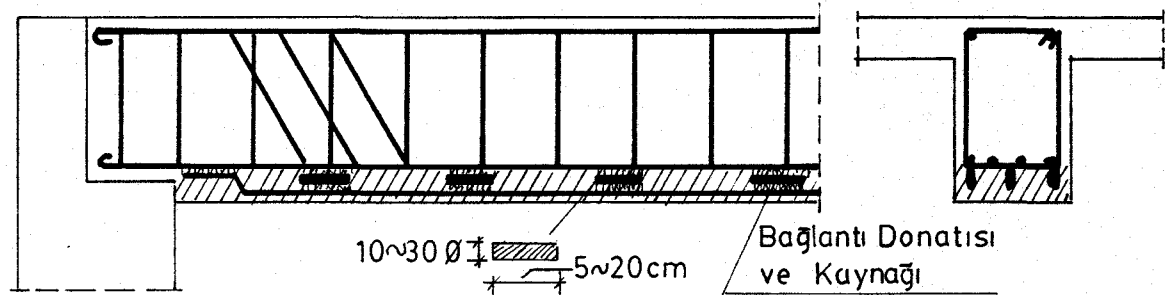


Şekil-9 Betonarme Döşemelerin Kısmen Onarımı

Kirişlerin takviyesinde yaygın olarak kullanılan metodlardan biri de, kirişin beton pas payının (örtünün) kırılmasından sonra yeni boyuna donatının mevcut donatıya bağlanması ve betonun dökümü ile sağlanan takviye şeklidir. Böylece hem donatının artırılması, hem de moment kolunun büyütülmesi sağlanarak kirişin taşıma gücü artırılmış olur.

Kiriş için gerekli takviye, kirişe gelen yükler ile ilgili olduğundan yüklerin küçük olması halinde yapılacak takviyenin kesiti de küçük olacaktır. Böyle bir durum için yapılacak takviye Şekil-10 da verilmiştir. Şekil-10 da görüldüğü gibi takviye donatısı, mevcut kirişin donatısına kaynakla bağlanır. Yeni donatının boşlukları torkrat betonu ile doldurulur. Mevcut donatıya paralel olarak konan ek donatı, belli noktalarda eski beton kırılarak (pas payı betonu) 10~30 mm. çapında ve 5~20 cm. boyundaki yuvarlak demir çubuklar aracılığı ile kaynaklanır. Bu tarzdaki bir takviye şeklinde, kiriş yüksekliği 2~8 cm. büyümüş olur(8).

Kirişin mukavemetini büyük ölçüde artırmak için, ek boyuna donatı, mevcut donatıya pilyeler (Z tipi demirler)



Şekil-10 Betonarme Kiriş Takviyesi

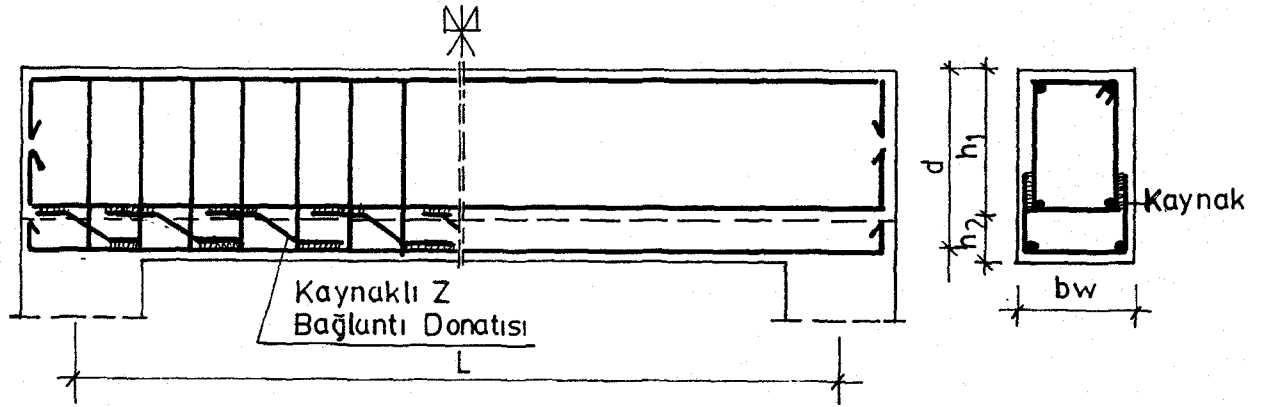
ve düşey veya eğik etriyeler ile kaynaklanarak, kirişin boyutu büyütülür. Böylece kirişin donatısı ve yüksekliği artırılmış, bunun sonucu moment kolu büyümüş ve moment kolunun büyümesi ile birlikte kirişin taşıma gücü artırılmış olur.

Takviye edilecek kirişlere takviye donatısı konurken, kirişin donatı yüzdesinin dengeli donatı yüzdesinden fazla olmaması gerekir(15). Aksi takdirde gevrek kırılmaya müsait bir kiriş teşkil edilmiş olur ki bu da istenmeyen bir durumdur. Eğer kiriş dengeli donatı yüzdesinden daha büyük bir yüzde ile takviye edilirse, donatı akma sınırına ulaşmadan beton basınç kuvvetleri altında kırılacak ve kiriş taşıma gücünü yitireceğinden ekonomik olmayan bir takviye şekli uygulanmış olur.

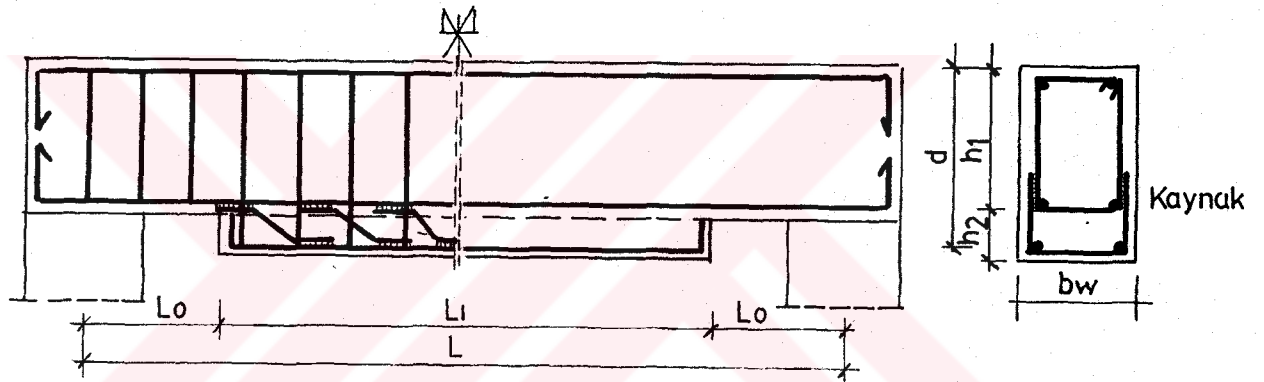
Takviye donatısının mevcut boyuna donatıya bağlantısını sağlayan ve kaynakla birleştirilen enine donatının çapı 12-20 mm. arasında seçilebilir(10). Çubukların birleşiminde kullanılan kaynak mukavemeti, çubuk mukavemetlerine eşit olmalıdır. Kaynak dikişlerinin en küçük boyu, çift taraflı kaynakta, kaynaklanan çubuk çapının dört katı, tek taraflı kaynakta ise altı katı alınabilir(10).

Şekil-11 de büyük ölçüde mukavemet artışı sağlayan tam takviye tarzı, Şekil-12 de de kısmi takviye tarzı verilmiştir.

Kirişlerin takviyesi iki değişik yük durumunda yapılabilir. Bunlardan birincisi mevcut kirişe gelen yükler askıya alınmadan yani kiriş yüklü iken yapılan takviye, ikincisi ise kirişe gelen yükler askıya alınarak yani kiriş yüksüz iken yapılan takviyedir. Takviyede ikinci durum uygulanırsa, o zaman takviye betonu pirizini alıp belli bir mukavemet değerine ulaştıktan sonra yükler kirişe ettirilmeli, böylece gelen yükün yeni ve eski bölümlere aktarılması sağlanmalıdır.

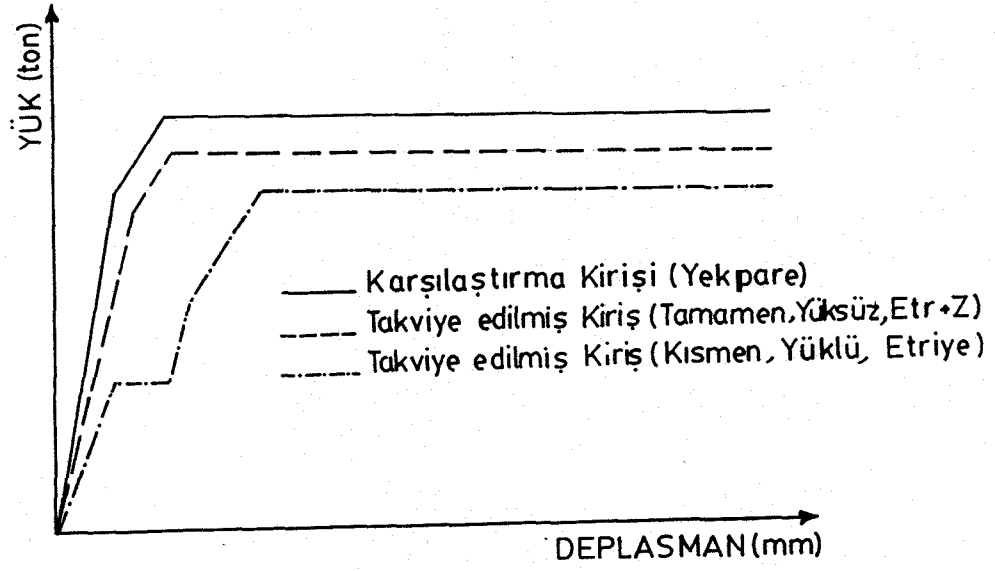


Şekil-11 Betonarme Kirişin Tamamen Takviyesi

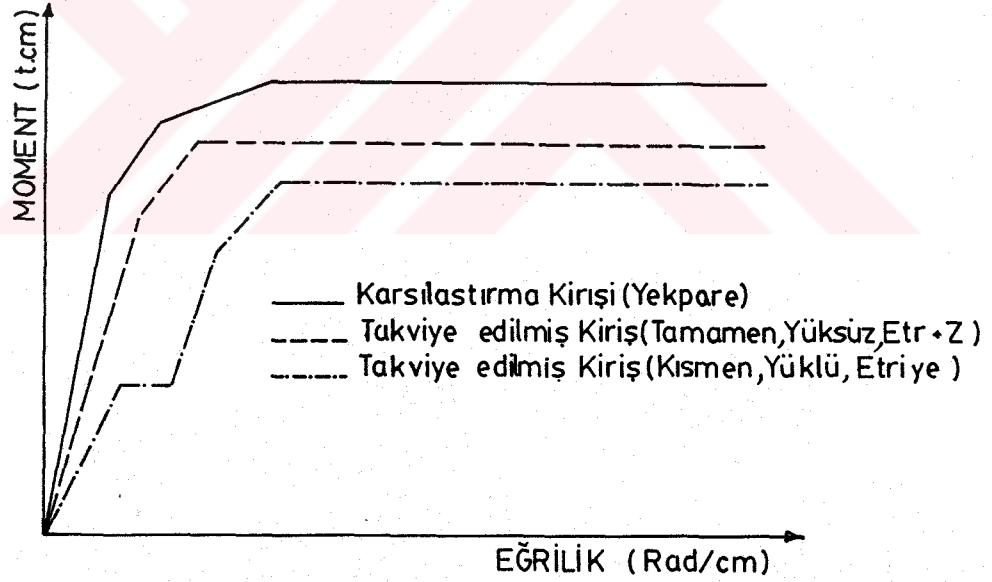


Şekil-12 Betonarme Kirişin Kısmen Takviyesi

Şekil-11 ve Şekil-12 de verilen takviye tarzlarının, yekpare kiriş ile karşılaştırılması kirişin yüklü ve yüksüz durumları dikkate alınarak yapılmış. Karşılaştırmada yük deplasman (P- δ) ve moment-egrilik (M-K) ilişkileri kullanılmış bunun sonucunda da takviyenin ne kadar faydalı olduğu görülmeye çalışılmıştır(7). Şekil-13 de (P- δ) eğrisi, Şekil-14 de ise (M-K) eğrisi verilmiştir.



Şekil-13 Yük-Deplasman (P-δ) Eğrisi



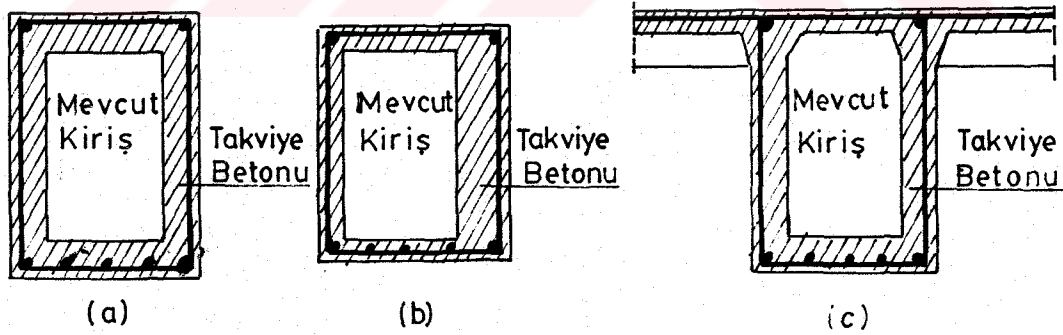
Şekil-14 Moment-Eğrilik (M-K) ilişkisi

Şekil-13 ve Şekil-14 deki eğriler incelendiğinde takviyenin oldukça başarılı olduğu görülür. Ayrıca, genel takviye tarzında uygulanan sistemlerde davranış yekpare

kirişe çok yakın bir davranış sergilemiştir. Kirişin yük-süz durumdaki takviyesi oldukça iyi sonuçlar vermektedir. Eger kiriş yüklü ve takviye de kısmi (bölgesel) ise bu durumda egrilerde de görüldüğü gibi mukavemet bakımından oldukça iyi sonuç vermekte ancak, deformasyonlar büyük değerlere ulaşmaktadır. Bu bakımdan elemanın tamamen takviyesi daha fazla tercih edilir. Gerek tamamen, gerekse kısmi takviyeler ile sağlanan taşıma gücü, yekpare kiriş taşıma gücünün % 90'ından daha fazlasına ulaşabilmektedir(7).

Kirişlerin eğilme tesirlerinin yanında kesme tesirlerine karşı da taşıma gücünün büyük ölçüde artırılması istenirse veya çatlayarak büyük derecede hasar görmüş kirişlerin takviyesi veya onarımı mevcut kirişin betonarme manto içine alınmasıyla sağlanır.

Kiriş **kesitindeki** ek boyuna donatı, üst kenarda ve alt kenarda veya bunlardan herhangi birine yerleştirilir ve mevcut kiriş kesitini saran etriyeler kullanılır. Bu tarzda uygulanabilecek takviye ve onarım şekilleri dik-dörtgen ve tablalı kesitler için Şekil-15 de verilmiştir.

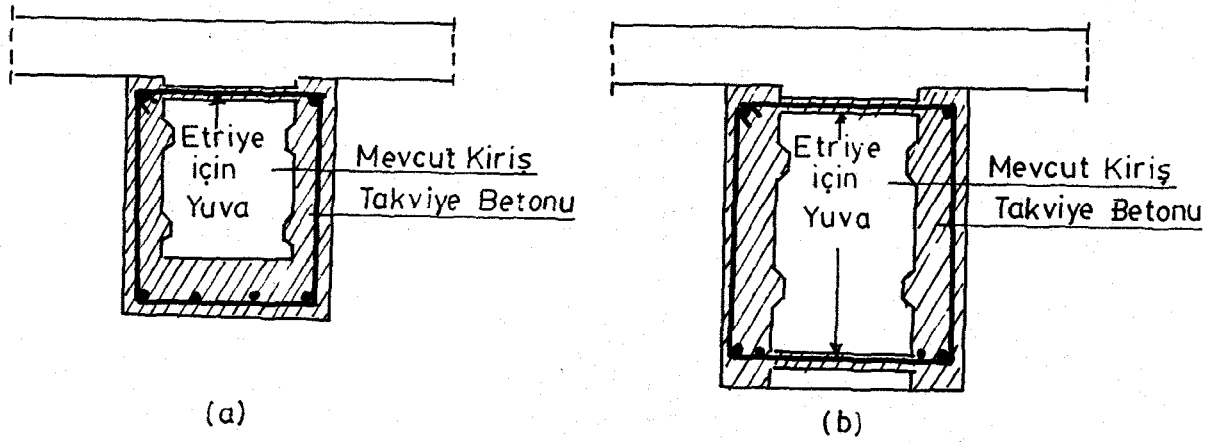


Şekil-15 Kirişlerin Betonarme Manto İçine Alınarak Takviyesi

Şekil-15 de verilmiş olan takviye tarzlarından ilki (a) dikdörtgen betonarme kirişin her tarafını saracak şekilde betonarme manto tabakasıyla takviyesini göstermektedir. Bu tür bir uygulama kiriş yüksekliğinin kiriş üst kısmından da artırılmasında sakınca olmayan hallerde uygundur. Eğer kirişin üst tarafını da kapsayacak ve yeterli yükseklik sağlanacak bir durum yok ise o zaman Şekil-15 (b) de verilen takviye tarzı uygulanır ve gerekli olan kesit büyüklüğü, kirişin bir veya iki yanındaki manto kesiti büyütülerek sağlanır. Ancak, pratikte çoğunlukla bu tür kirişler yerine tablalı kirişlerle karşılaşırız. Tablalı kirişlerin takviyesi Şekil-15 (c) de verildiği gibi yapılır. Bu tip takviye tarzında betonarme döşemede belirli aralıklar ile delikler açılır ve bu deliklerden ek boyuna donatıyı içine alan ve mevcut kirişi saran etriyeler geçirilir, geri kalan diğer etriyeler ise kirişin üst tarafını saracak şekilde U biçiminde yapılır. Bu tarzda uygulanan takviyeler davranış ve mukavemet yönünden oldukça başarılı sonuçlar vermiştir(8).

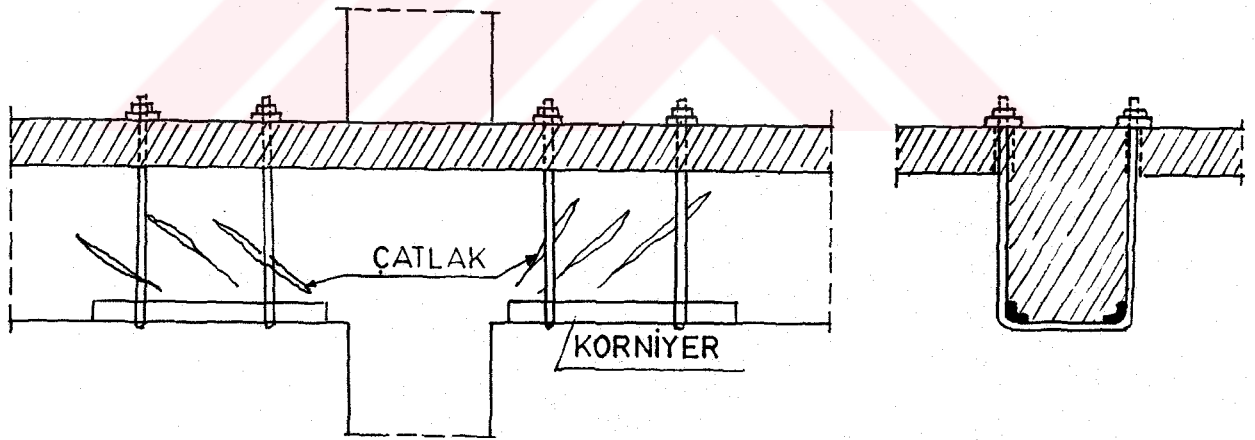
Tablalı kirişlerin takviyesinde, mevcut kirişin tablasını da içine alan bir takviyenin yapılması uygun olmuyorsa bu gibi hallerde tablalı kirişlerin takviyesi Şekil-16 da verildiği gibi yapılabilir. Şekil-16 (a)da da görüldüğü gibi kirişin üç tarafını içine alan bir takviye tarzı uygulanır. Mevcut kirişte kesme kamaları açılarak iki betonun birlikte çalışması sağlanır ve mevcut kiriş belirli aralıklarla delinerek ek enine donatılar (etriyeler) kiriş içerisinden geçirilir.

Şekil-16 (b) de ise mevcut kiriş sadece sağ ve sol yanından takviye edilir. Bu uygulama şeklinde mevcut kiriş belirli aralıklarla delinerek etriyeler geçirilir. Geriye kalan etriyeler ise U şeklinde yapılır ve bunlarda betonarme plak donatısına kaynaklanır.



Şekil-16 Tablalı Kirişlerin Takviyesi

Kirişlerde meydana gelen kesme çatlakları sebebiyle azalmış olan kirişin taşıma gücünü artırmak ve eski taşıma gücüne kavuşturmak içinde, kirişin onarımı Şekil-17 de verildiği gibi yapılır.



Şekil-17 Kirişlerde Kesme Çatlaklarının Onarımı

Betonarme kirişlerde yetersiz olan kesme donatısı sebebiyle meydana gelen çatlakların onarımı Şekil-17 de verildiği gibi korniyer ve etriyeler ile sağlanır. Etriye-ler betonarme döşeme delinerek geçirilir ve gerdirilerek

ankrajlanır. Gerektiği takdirde bu etriyelerin üzeri torkret betonu püskürtülerek kapatılır ve donatının paslanması önlenmiş olur.

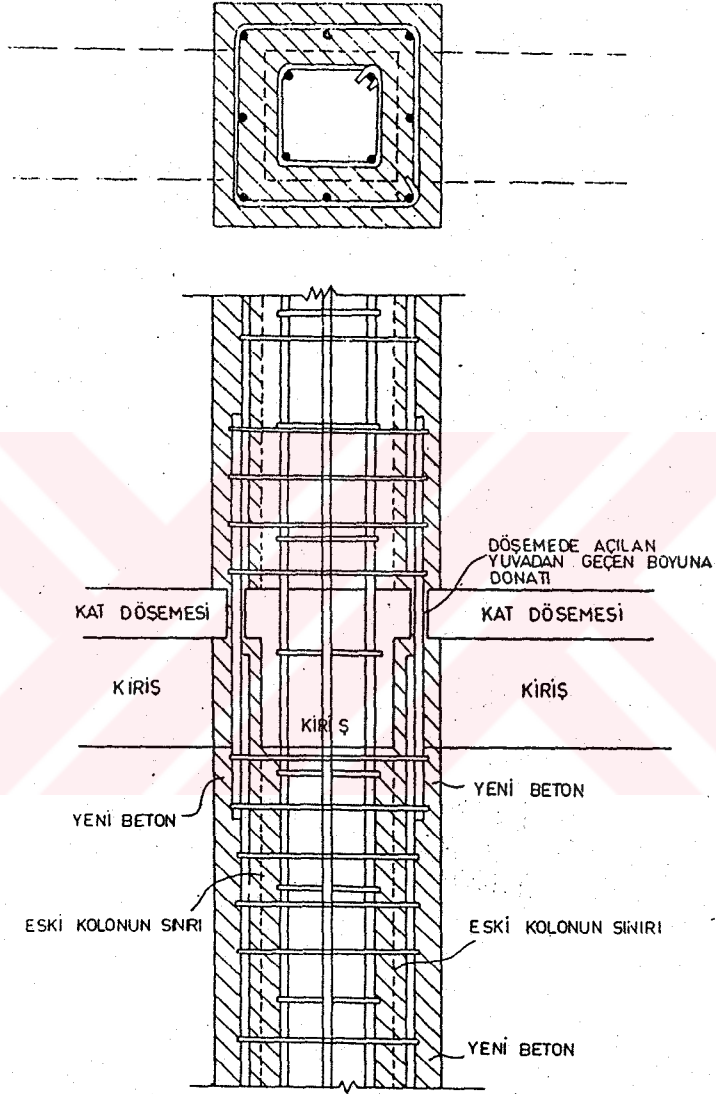
3.3 Betonarme Kolonların Takviyesi

Kolonların takviyesi genellikle, mevcut kolon etrafına boyuna takviye donatısının yerleştirilmesi ve etrafının normal veya helezonik etriye donatısı ile sarılması ve mevcut kolonun etrafının beton dökülerek kapatılması ile sağlanır. Mevcut kolonun betonarme gömlek içine alınmasıyla sağlanan takviye şekli mantolama olarak isimlendirilir. Şekil-18 de betonarme kolon takviyesi verilmiştir.

Kolonun mantolanması ile, kolon enkesit alanı artırılırken donatı yüzdesi de bir miktar artırılmış olur. Betonarme kolonlarda mantolama ile takviye yapılırken aşağıda sıralanan şekilde bir yol izlenebilir.

1-) Mevcut kolonun örtü tabakası (pas payı betonu) etriye ve boyuna donatıya kadar sökülür ve kolon donatısı ortaya çıkarılır. Eger kolon hasarlı ise, hasar görmüş bölümdeki beton kırılır ve yerinden uzaklaştırılır. Kolon yüzü toz ve gevşek malzeme kalmayacak şekilde basınçlı su ile temizlenir. Hasarlı kolonlarda, kolon donatısının burkulmaması için önce kolona gelen yükler (kiriş veya döşeme yükleri) askıya alınmalıdır.

2-) Takviye hesapları sonucunda bulunmuş olan boyuna ve enine donatı kolon etrafına yerleştirilir. Yeni konulmuş olan takviye donatısı ile mevcut kolon donatısı arasında minimum (en az) 3-5 cm.lik bir beton et kalınlığının bulunması gerekir(9). İki donatı arasındaki bu boşluk dökülecek betonun işlenebilmesi ve boşlukları doldurması için gerekli ve de donatının betona aderansı için şarttır.



Şekil-18 Betonarme Kolonun Takviyesi

3-) Mantolamada kullanılacak boyuna ve enine donatısının ankrajı oldukça önemlidir. Boyuna donatı, kolon alt ve üst noktalarında döşeme delinerek arkrajlanmalıdır. Enine donatısının ise kaynaklı etriyeler veya dairesel fretler şeklinde olması gerekir. Takviyede kullanılan etriyelerin arası, ek boyuna donatı çapının 10 katından büyük olmamalıdır(8). Ayrıca, betonarme mantonun döşeme, giriş veya temel ile birleşme yerlerinde etriye aralığı azaltılmalıdır. Etriye aralığının azaltıldığı sarma bölgesinin uzunluğu kolonun büyük kenarından, kolon serbest yüksekliğinin 1/6'sından veya 45 cm.den küçük olmamalıdır(20).

4-) Takviye donatısı yerleştirildikten sonra kalıp hazırlanır ve beton dökülür. Dökülen takviye betonu, eski betondan daha yüksek mukavemetli olması veya en az onun kadar mukavemetli olması gerekir. Kullanılacak yüksek mukavemetli beton en az BS20 (B25) kalitesinde olmalıdır(9). Takviye betonunun boşluksuz olması için kalıbın dıştan vibratör ile titreştirilmesi ve sıkıştırılması sağlanmalı, ayrıca takviye betonunda kullanılan çimentonun da takviye işleminin hızlı olması için çabuk şertleşen özellikte olmasında fayda vardır.

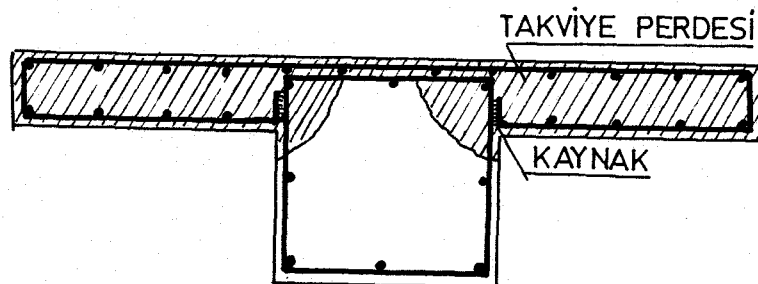
5-) Kolonlarda bir başka takviye şekli de kolonun iki tarafına kanat şeklinde betonarme perde yapılmasıdır. Takviye amacıyla yapılan perdenin yatay donatıları kolonun yatay donatısına kaynaklanır. Daha sonra perde için gerekli kalıp yapılır ve perde betonu dökülür. Böylece mevcut kolon betonarme perde arasına alınarak kesiti büyütülmüş ve yük taşıma kapasitesi artırılmış olur. Bu tür bir takviye tarzı Şekil-19 da verilmiştir.

6-) Kolon boyutlarının üst katlara çıktıkça küçüldüğü dikkate alınınca, mantolama kalınlığının da üst katlara doğru azalması gerekecek veya takviyeye hiç gerek kalmaya-

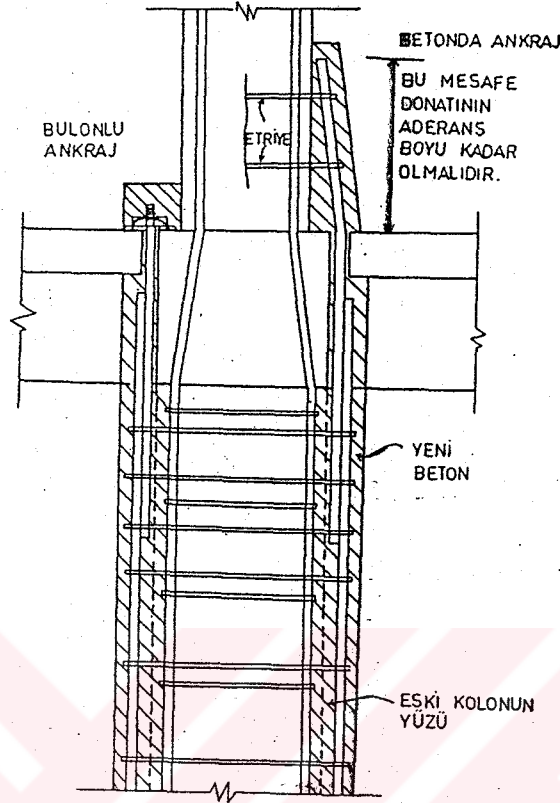
caktır. Bu gibi durumlarda boyuna takviye donatısının kolon giriş veya kolon döşeme birleşim yerlerinde ankrajlanması gerekir. Buna ait takviye tarzı Şekil-20 de verilmiştir.

7-) Kolonun onarımında veya takviyesinde kullanılacak donatının miktarı, betonarme hesaplarıyla bulunur. Bu hesaplar yapılırken, mevcut kolon yeteri kadar sağlam ise bu kolonun bir miktar yük taşıyabildiği, takviye kısmının yeni bir yapıdaki gibi % 100 bir verimde değil de biraz daha düşük bir verimde yük taşıyabileceği kabulünden gidilerek mantolanacak kolon boyutu ve donatısı bulunabilir (9).

Mantolama işlemi sırasında takviye edilen elemanın taşıma gücü kolonun hasar durumuna göre hesaplanmalıdır. Eleman hiç hasar görmemiş ise mevcut kesitin takviye olarak konulan kesitle birlikte yekpare gibi çalıştığını kabul etmek her zaman sağlanamayabilir. Yani eski beton ile yeni beton arasında tam kuvvet aktarımı ve kaynaşma durumundan bahsetmek güçtür. Bu sebeble takviyesi yapılan kolonun yük taşıma kapasitesinin bir yüzdesi olarak ele almak , örneğin ilave kesitin % 75 ila % 90 veriminde çalışacağını kabul etmek daha güvenli bir çözüm yoludur. Eger kolonda hasar varsa, kolonun ne kadarlık bir taşıma gücü kaldığını bulmak için çatlamamış beton kesitinden gidilerek hesaplanması ve bulunan taşıma gücü miktarının, mantolamanın gerektirdiği taşıma gücüne eklenmesi icabeder.



Şekil-19 Kolonun Betonarme Perde Arasına Alınarak
Takviyesi

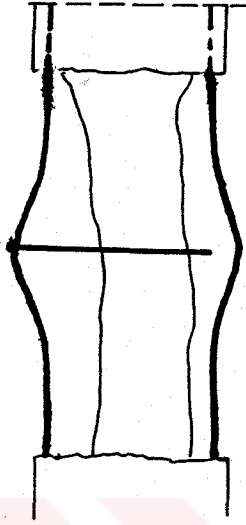


Şekil-20 Kolon Boyuna Donatısının Döşemeye Ankrajı

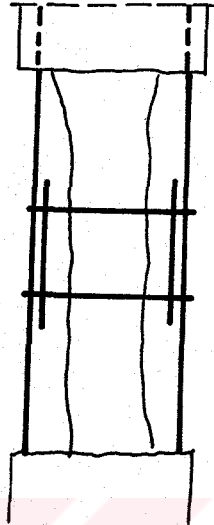
Mantolama sonucu meydana gelen yeni kolonun taşıma gücünün, hesap sonucu bulunan taşıma gücü değerinin % 70-80'i dolayında olacağını kabul etmek daha güvenli sonuç verir. (9) Ayrıca hesap yapılırken , yeni donatının eski donatıya bağlantısı yapılırken kaynaktan dolayı eski donatı kesit alanının % 25 kadar azaldığı kabul edilebilir. Mantolama ile kesit kalınlığı t kadar artırılıyor ise , kullanılacak betondaki agrega malzemesinin maksimum çapı $t/2$ ' den küçük olmalıdır.

Hasar görmüş kolonların onarımı yapılırken şekil 21' de de görüldüğü gibi kolona gelen yükler askıya alınarak hasarlı bölgedeki çatlamış , parçalanmış betonlar alınır. Donatı burkulma sonucu mafsallaşmış ise düzeltilerek ek boyuna donatı kaynaklanır ve hasarlı bölgedeki boyuna donatıları saracak şekilde sıkça etriyeler kaynaklanır,

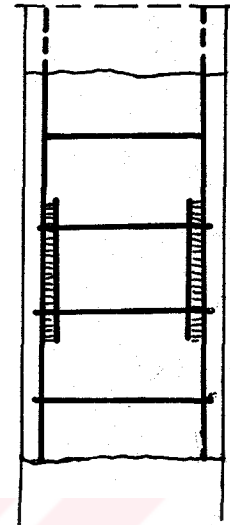
beton dökülerek kolon onarılmış ve en az eski kapasite durumuna ulaştırılmış olur.



Mafsallaşmış
Bölgenin Temizlenmesi



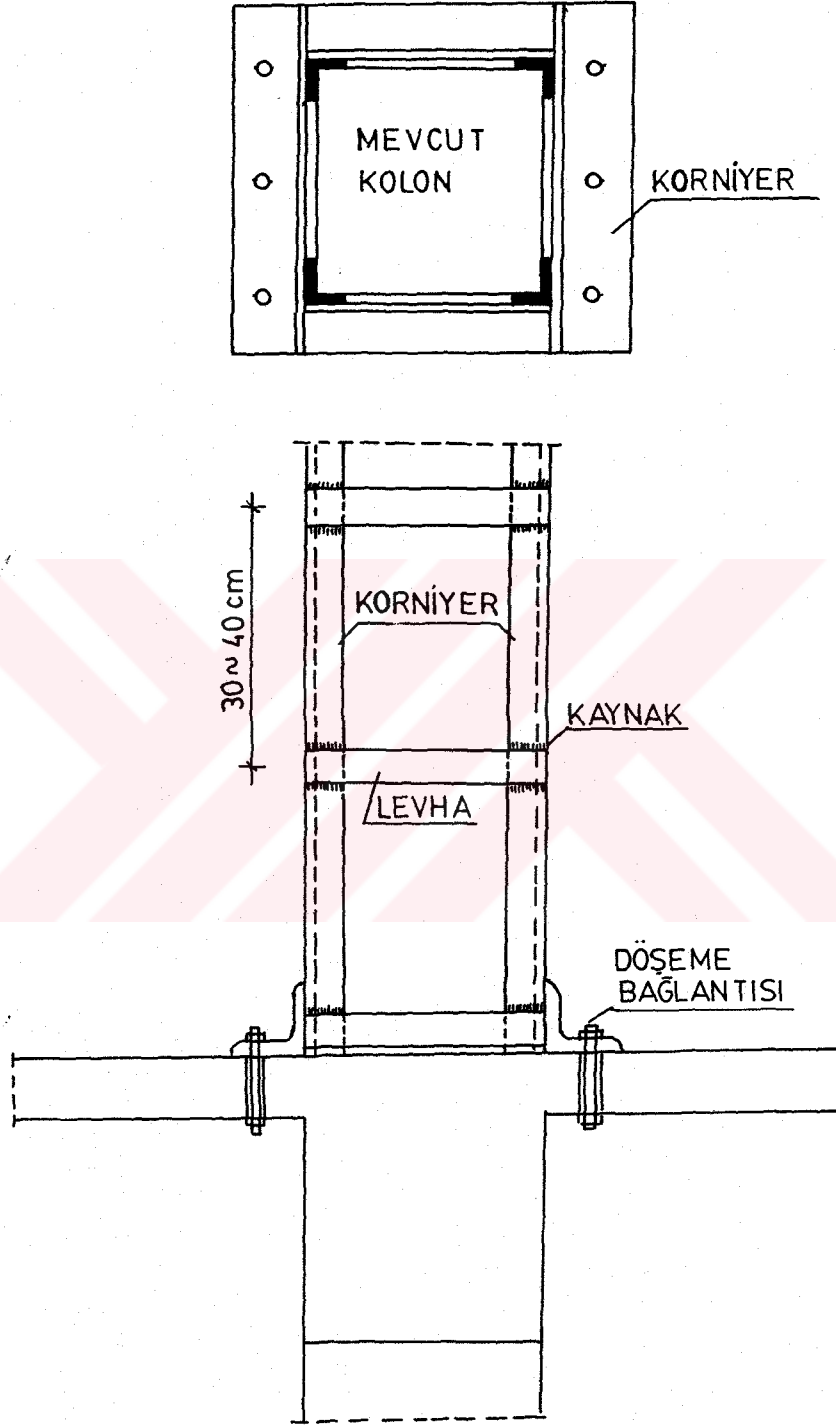
Boyuna Donatının
Düzeltilerek Ek
Donatıyla Kaynak-
laması



Etriyelerin Yerleştirilmesi ve Beton
Dökülerek Onarımın
Tamamlanması

Şekil-21 Hasar Görmüş Kolonların Onarımı

Kolonların takviyesini hızlandırmak için çelik profiller de kullanılabilir. Bu şekilde bir takviye ile kolonun moment ve eksenel yük taşıma kapasitesinde büyük artışlar sağlanabilir. Ancak, çabuk yapılabilen ve takviyeli kolonun tersinir deprem kuvvetleri altında hasar görmesini önleyen ve kolonun parçalanarak dağılmasını engelleyen çelik profilli takviyeler mevcut kolon ile birlikte çalışmadığından yüklerin askıya alınması olarak kabul etmek daha doğrudur. Şekil-22'de kolonun çelik köşebentlerle takviyesi verilmiştir.



Şekil-22 Çelik Korniyerler ile Kolon Takviyesi

3.4- Betonarme Çerçevelerin Takviyesi

Betonarme taşıyıcı elemanlardan kolon ve kirişlerin birleşmesi ve bu iki elemanın birlikte çalışmasına çerçeve davranışı denir. Betonarme çerçevelerintakviyesine genellikle mevcut yapının amacının değişmesi veya ilave katlar yüzünden gerek duyulur. Onarıma ise, yapım hatalarından veya tersinir deprem yüklerinden hasar görmesi dolayısıyla başvurulur.

Genellikle geniş açıklıklı çerçeveleri olan veya perdesiz çok katlı yapıların deprem hasarından sonraki onarım veya deprem öncesi takviyesinde en uygun metod çerçeve açıklıklarına betonarme dolgulu perdelerin konmasıdır. Betonarme dolgulu perdelerin takviye amacıyla kullanılması sonucu kolon ve kirişlerin ayrı ayrı takviyesine gerek kalmaz. Betonarme dolgu perdelerinin önemli özelliklerinden birisi de yapının mimari fonksiyonunun fazla etkilenmemesi ve özelliklerinin de bozulmadan gerçekleştirilmesidir.

Kolonların ve kirişlerin sayıları az ise, bir bakıma bu elemanların tek tek takviyesi veya onarımı daha uygun olabilir. Ancak, çok sayıda kolon ve kirişin onarımı veya takviyesi gerekiyor ise, yapının bir bütün olarak mukavemetinin artırılması ve dinamik özelliklerinin iyileştirilmesi için çerçeve açıklıklarının arasına perde duvar yerleştirme metodu daha etkin bir onarım ve takviye metodudur. Bu özelliklerinin yanında yapı içinde simetrik bir şekilde yerleştirilmemiş olan perde duvarların, depremde oluşturduğu burulma etkilerini yok etmek için de yapıdaki bazı çerçeve açıklıkları arasına perde duvarı yerleştirilerek yapıdaki rijitlik ve kütle merkezinin birbirine daha yakın bir konuma getirmek ve eksantrisiteyi azaltmak uygun olabilir.

Bu takviye metodunun amacı, mevcut yapının öngörülen düşey ve yatay yükler altında kabul edilebilir yapı güvenliği seviyesine getirilmesidir. Deprem güvenliği için yapının istenen mukavemete sahip olması yeterli değildir. Yapının öngörülen deprem yükleri altında belirli bir rijitlik ve süneklige sahip olması da mukavemet kadar önemlidir.

Betonarme dolgu duvarla çerçeve türü yapıların takviyesi, mukavemeti artırmanın yanında yapı rijitliğini de önemli ölçüde artırır. Bu sebeble bu metod genellikle aşağıdaki problemlere sahip yapılar için uygundur.

a-) Rijitliğin yeterli olmadığı yapılarda bu gibi durumlarda betonarme dolgulu perde duvarlarla yapı rijitliğini artırmak en kolay ve en ekonomik yol olmaktadır.

b-) Yapıyı meydana getiren elemanların bir çoğunun yeterli mukavemet ve süneklige sahip olmadığı durumlarda bütün elemanların takviyesi genellikle ekonomik ve pratik olmaz. Bu gibi durumlarda düzenlenecek dolgulu çerçeveler ile yatay yükün tamamının karşılanması mümkün olabilir ve böylece taşıyıcı elemanların tek tek takviye edilmesi ortadan kalkabilir.

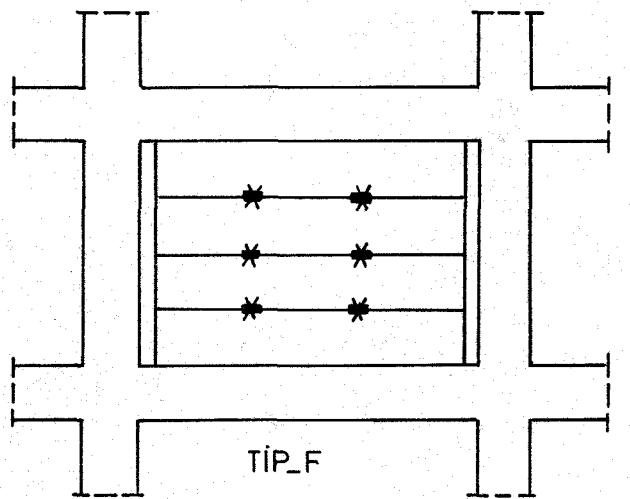
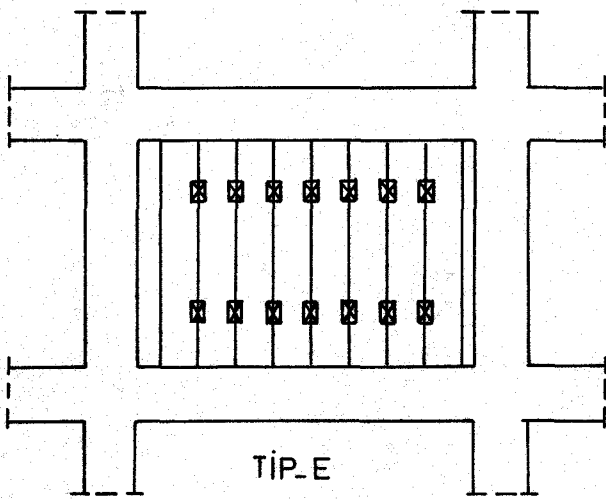
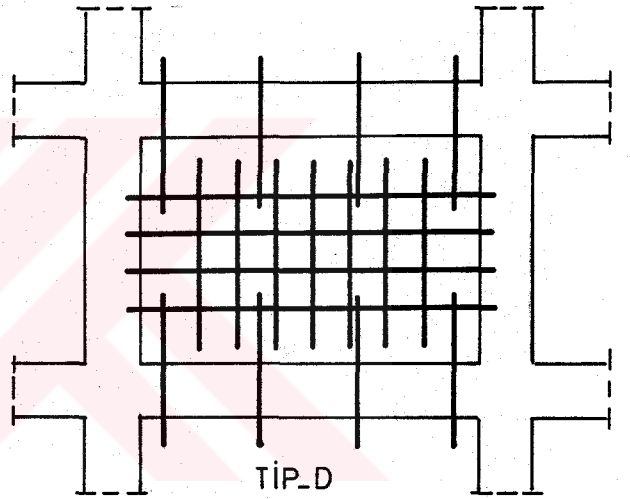
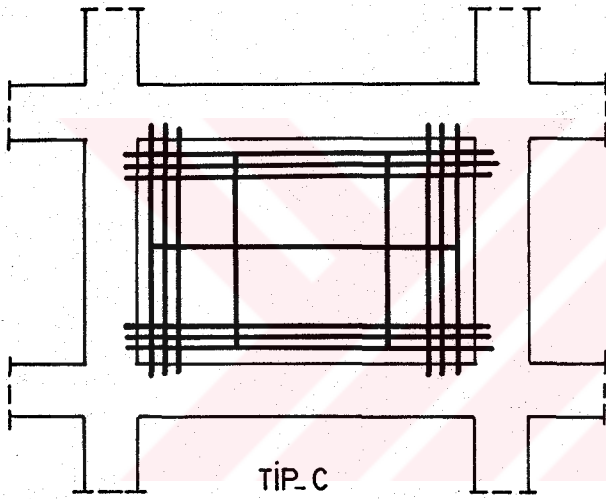
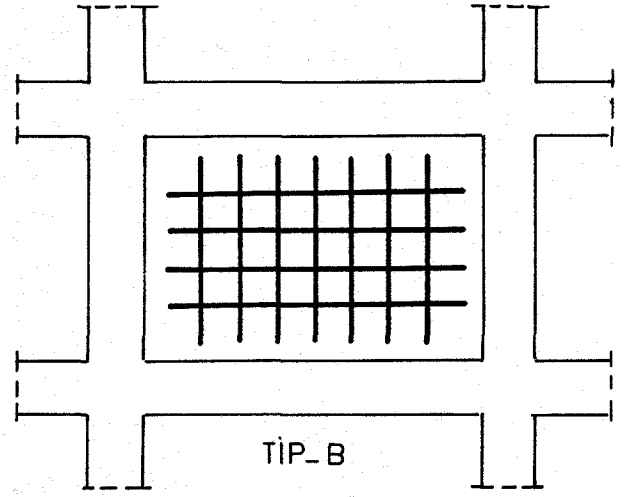
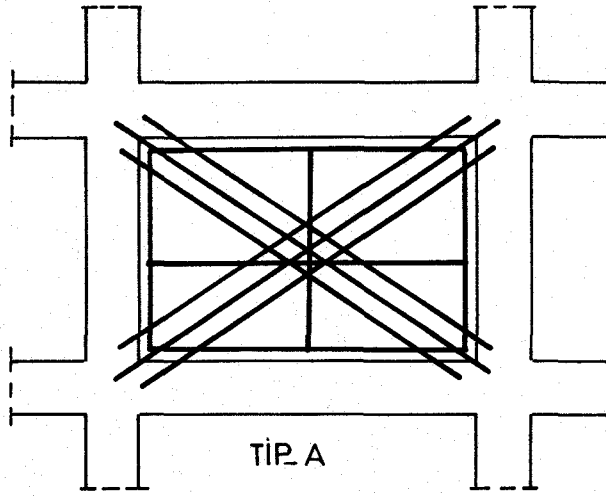
Bu tür takviye metodu uygulanırken, çerçeve ile dolgu duvarlar arasındaki bağlantı, birlikte çalışmayı sağlayabilecek özellikte olmalıdır. Perde duvarlı yapılar, boşluklu çerçeve tipi yapılara göre daha rijit olduklarından depremde daha az yatay deplasman yaparlar.

Bu özelliğinden dolayı, yapının deprem sırasındaki büyük yatay deplasmanlarını azaltmak içinde yapıya betonarme dolgulu perdeler yerleştirilerek, küçük ve orta şiddetli depremlerde yapı içindeki taşıyıcı olmayan bölümlerin hasarı da önlenabilir.

Perde duvarlarla takviye, yerinde dökme perde ile yapılabilceğı gibi hazır prefabrike elemanlar kullanılarak da yapılabilir. Hazır elemanların standart açıklıklar bulunması halinde daha kullanışlı olacağı söylenebilir. Ancak, takviye işlemi genellikle yapımı tamamlanmış mevcut yapılar üzerinde uygulandığından hazır perdelerin boyutları sebebiyle takviyede yerlerine yerleştirilirken çalışma alanının dar olması sebebiyle zorluklar çıkarabilir.

Çerçevelerin betonarme dolgulu perdeler ile takviyesinde çeşitli donatı düzenine sahip perdeler kullanılabilir. Şekil 23' de farklı donatı düzenine sahip **betonarme** perdeler verilmiştir. Şekil 23'te verilen perde donatılarının çerçeve donatısına bağlantısı değişik şekillerde yapılmaktadır. Çerçevenin donatısını kapatan örtü (paspayı) betonu, donatı açığa çıkacak şekilde kırılarak kazınır.

Şekil 23' de ki Tip B'de betonarme perde ile çerçeve arasında hiç bir donatı bağlantısı yoktur. Tip A'da ise çapraz perde donatıları ile Tip C'de kolon ve kirişlere doğru sıkıştırılan perde donatıları önceden açığa çıkarılan çerçeve donatılarına kaynaklanarak birleştirilmiştir. Yatay ve düşey yönlerdeki az sayıdaki diğer perde donatıları ise, perdenin iki yüzünde de bağlantı yapılmadan yerleştirilmiştir. Kare düzene sahip Tip D'de ise tüm yatay perde donatısı çerçeve kolon donatılarına kaynaklanmıştır. Düşey perde donatısı ise kirişlere yerleştirilen ve harçla tutturulan donatıya bindirilerek eklenmiştir. Tip E'de hazır düşey perdeler ile takviye perde duvarı, Tip F'de ise hazır yatay perdeler ile takviye perde duvarı görülmektedir.



Şekil-23 Çerçevelerin Betonarme Perdeler ile Takviyesi

Şekil 23'de ki betonarme dolgu duvarları ile çerçevelerin takviyesi yapıldığı zaman, ilk dört takviye tipinin (A, B, C, D) yekpare betonarme dolgulu çerçeve ve boş dolgusuz çerçeveye göre mukavemet yönünden artışları araştırıldığında Tablo 1'de ki sonuçlar bulunmuştur(6).

TABLO 1-BETONARME DOLGULU ÇERÇEVELERDE SAĞLANAN
MUKAVEMET ARTIŞLARI

TAKVİYE TİPİ	DOLGU TİPİ	Vu (Ton)	$\frac{Vuif}{Vusw}$	MUKAVEMETTEKİ AZALMA %	$\frac{Vuif}{Vibf}$	MUKAVEMETTEKİ ARTIŞ %	* Vuc (Ton)
-	Dolgusuz Boş Çerçeve	3.75	-	-	1	-	-
-	Karesel Donatılı Monolitik(Bir Döküm)	2.75	1	-	7.33	633	25.9
B	Karesel donatılı Dolgulu Bağlantısız	9.0	0.545	45.5	2.40	140	14.2
A	Çapraz Donatılı Dolgulu Bağlantılı	26.0	0.945	5.5	6.933	593.3	27.5
C	Sıkıştırılmış Donatılı Dolgulu Bağlantılı	26.3	0.954	4.60	7.00	600	25.0
D	Karesel Donatılı Kiriş- lerden filizli Dolgulu Bağlantılı	26.5	0.954	3.60	7.07	607	28.0

*250kgf/cm beton mukavemetine göre düzeltilmiş değer.

Vu: Maksimum yatay yük

Vuif: Dolgu perdeli çerçevenin taşıma gücü

Vusw: Yekpare duvarın taşıma gücü

Vibf: Dolgusuz çerçevenin taşıma gücü

fck : Karakteristik beton mukavemeti

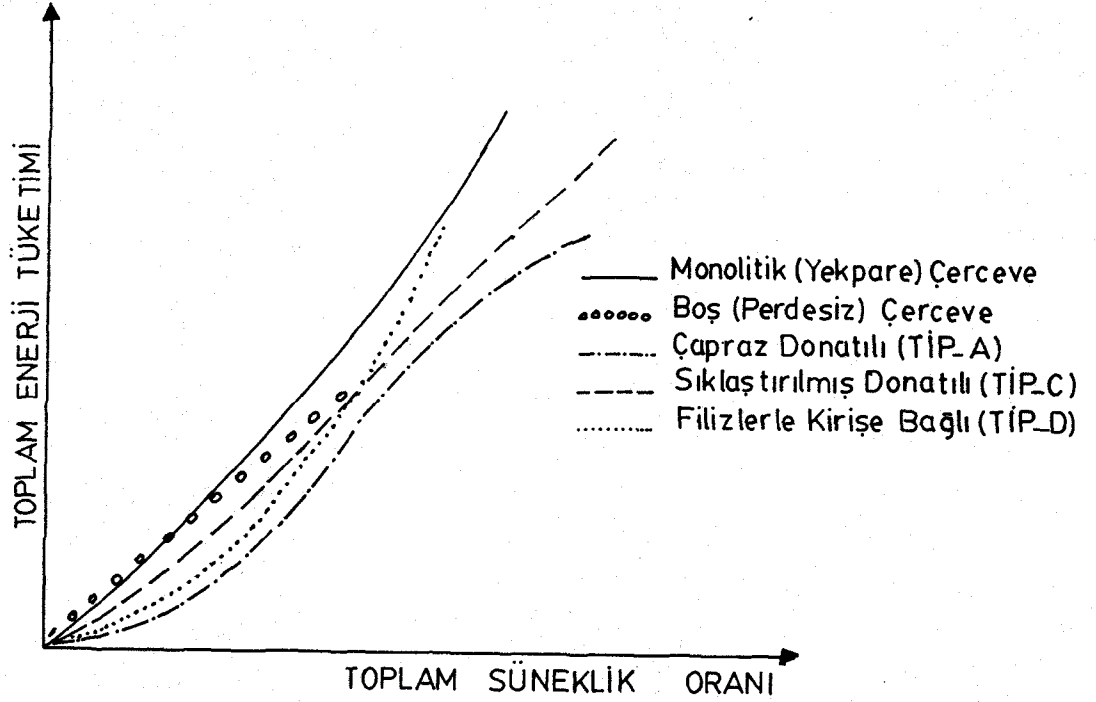
$Vuc = Vux \sqrt{250 / fck}$

Tablo 1'in birinci satırı, dördüncü kolonunda verilmiş olan V_{uif}/V_{usw} ve aynı satırın altınca kolonundaki V_{uif}/V_{ibf} oranları sırasıyla dolgulu çerçeve taşıma gücünün yekpare duvar ve dolgusuz çerçeve taşıma güçlerine oranıdır.

Tablo 1'de verilen oran ve yüzdelerin incelenmesinden de görüleceği gibi betonarme dolgu perdesinin oluşturulması ile çerçeve taşıma güçleri önemli ölçüde artırılmıştır. Bu artış çerçeve ile betonarme dolgu perdesi arasında hiçbir bağlantının olmadığı durumda dahi (Takviye Tipi B % 140 dolayındadır. Çerçeve ile perde arasında bağlantı yapılması halinde taşıma güçleri çok daha fazla artırılabilir.

Şekil 23'de verilmiş olan takviye tiplerinin, enerji tüketimi - süneklilik ilişkisi yapılan araştırmalar sonucunda Şekil 24'te verildiği gibi bir grafikte toplanabilir. Şekil 24'deki grafik incelendiğinde de görüleceği gibi boş çerçeve belli bir süneklilik değerine ulaşıncaya kadar hemen hemen Lineer bir enerji tüketimi yapılmakta ve sistem göçmekte iken, dolgulu betonarme perdelerin sünekliliğin çok büyük olduğu değerlerde dahi oldukça fazla enerji tüketimi olmaktadır.

Çerçevelerin betonarme dolgulu perdeler ile takviye edilmesi halinde perde donatısının şekline ve çerçeveye bağlanıp bağlanmaması durumuna göre mukavemet ve deplasmanlar yönünden farklılıklar olmasına rağmen genelde iyi davranış göstererek çerçeve mukavemetinin arttığı yapılan araştırmalar ile görülmüştür(6). Betonarme çerçeveleri, betonarme dolgulu perdeler ile takviyesinde, en verimli sonucun Şekil 23'de verilmiş olan takviye tarzlarından Tip D ile sağlanacağı belirlenmiştir.

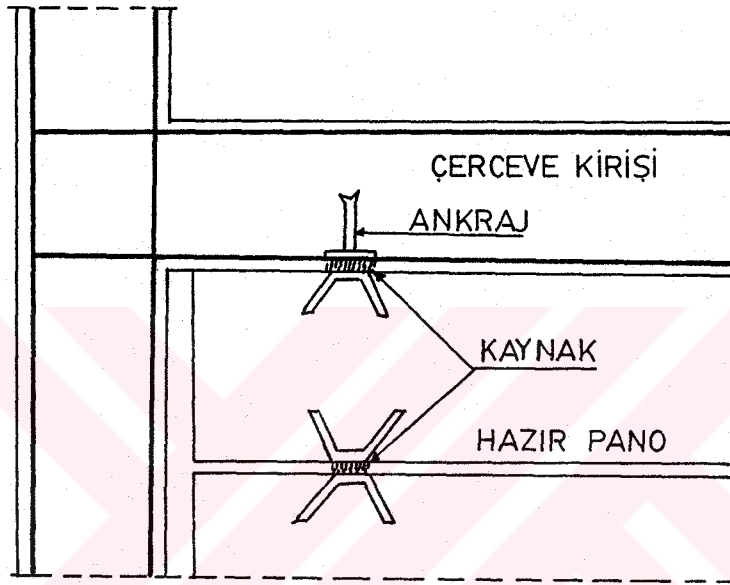


Şekil-24 Enerji Tüketim Kapasitesinin Karşılaştırılması

Betonarme Çerçeveler Şekil 23'te verilmiş olan (Tip E ve Tip F) hazır betonarme panolar ile takviye edilmesi halinde bunların birbirlerine bağlantısı kaynaklı olarak yapılabilir. Ayrıca hazır panoların kolon ve kirişlere bağlantısı kiriş ve kolonda yuvalar açılarak hazır panoların donatısını bu yuvalardan faydalanılarak çerçeveyi meydana getiren elemanların donatısına kaynaklanabilir. Bağlantı işlemi tamamlandıktan sonra kolon ve kirişte açılmış olan yuvalar epoksi reçineleri veya yüksek dozlu beton malzemesi ile doldurulur. Hazır betonarme panolar ile yapılan takviyelerde uygulanabilecek bağlantı tipleri Şekil 25'te verilmiştir.

Yerinde dökme perdelerin donatıları hem kirişlere hemde kolonlara bağlanabileceği gibi yalnızca kirişlere bağlantı yapıp, kolon ile perde arasında derz (boşluk) bırakılabilir. Eğer çerçeveyi oluşturan kolonlarda yeterli kesme mukavemeti varsa perdenin kolon ile yekpare olması

halinde bu tipteki perdelerin eğilme momenti kapasitesi büyük olur. Ancak kolonun kesme mukavemeti yetersiz ise eğilme kapasitesine ulaşılmadan kesme kırılması meydana gelir. Böyle durumlarda kolon ile perde duvar arasında derz bırakılarak perdenin yalnızca kirişle bağlantısının yapılması yeterli olmaktadır (9).



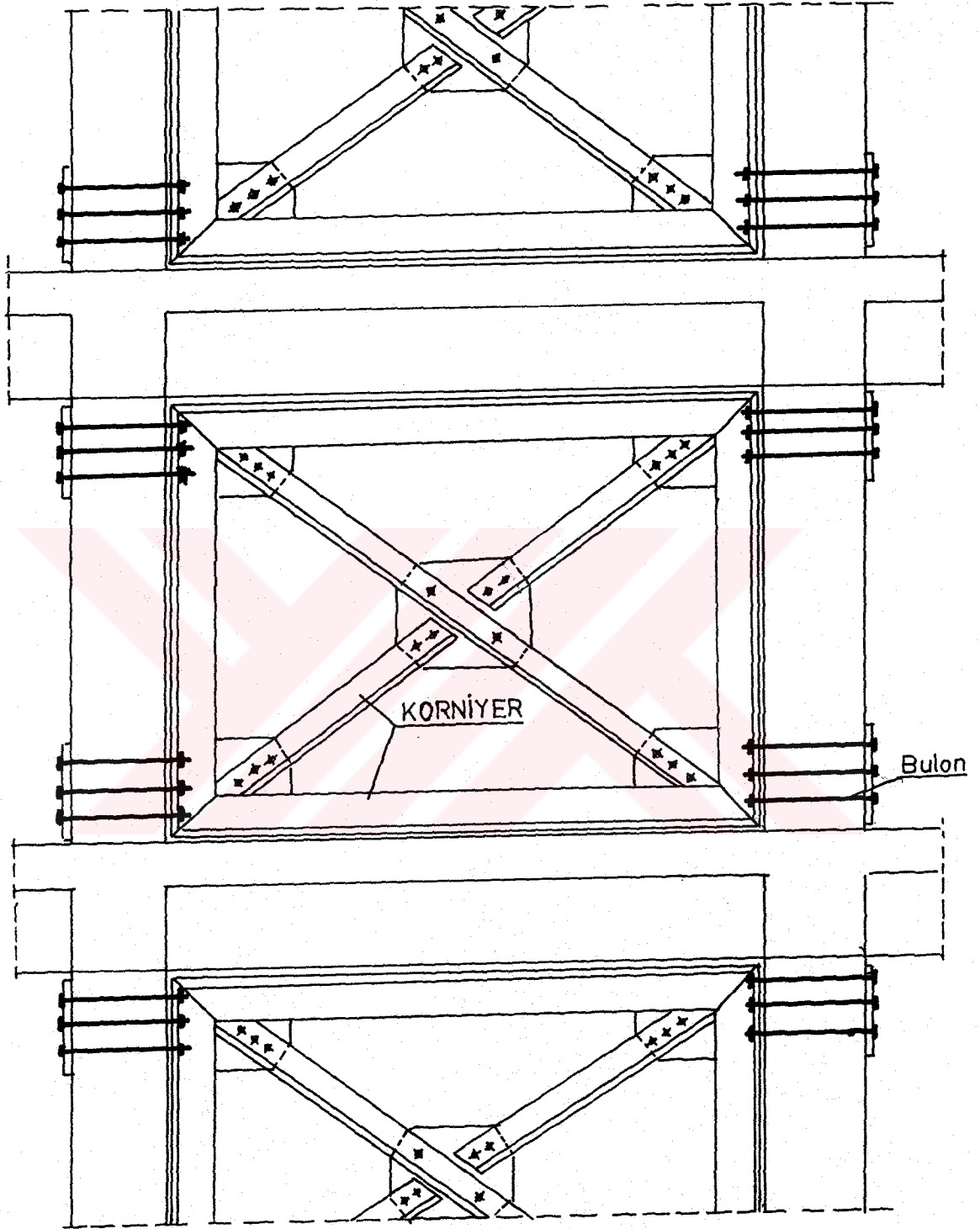
Şekil-25 Hazır Betonarme Panoların Çerçeve Bağlantı Detayları

Yapıya gelen yatay yükler , yapının ağırlığı ile doğru orantılı olduğundan çerçevelerin betonarme perde ile takviyesi halinde , deprem anında yapıya gelecek yatay deprem yükü , takviye amacıyla kullanılmış olan perdelerin ağırlığı oranında artmış olacaktır. Bu sebeple yapı ağırlığını büyük miktarda artırmadan , yapının rijitliğini ve sünekliğini artırmak istenmesi halinde çerçeve boşluklarının çelik çerçeveler yerleştirilmesi ile takviyesi yapılabilir.

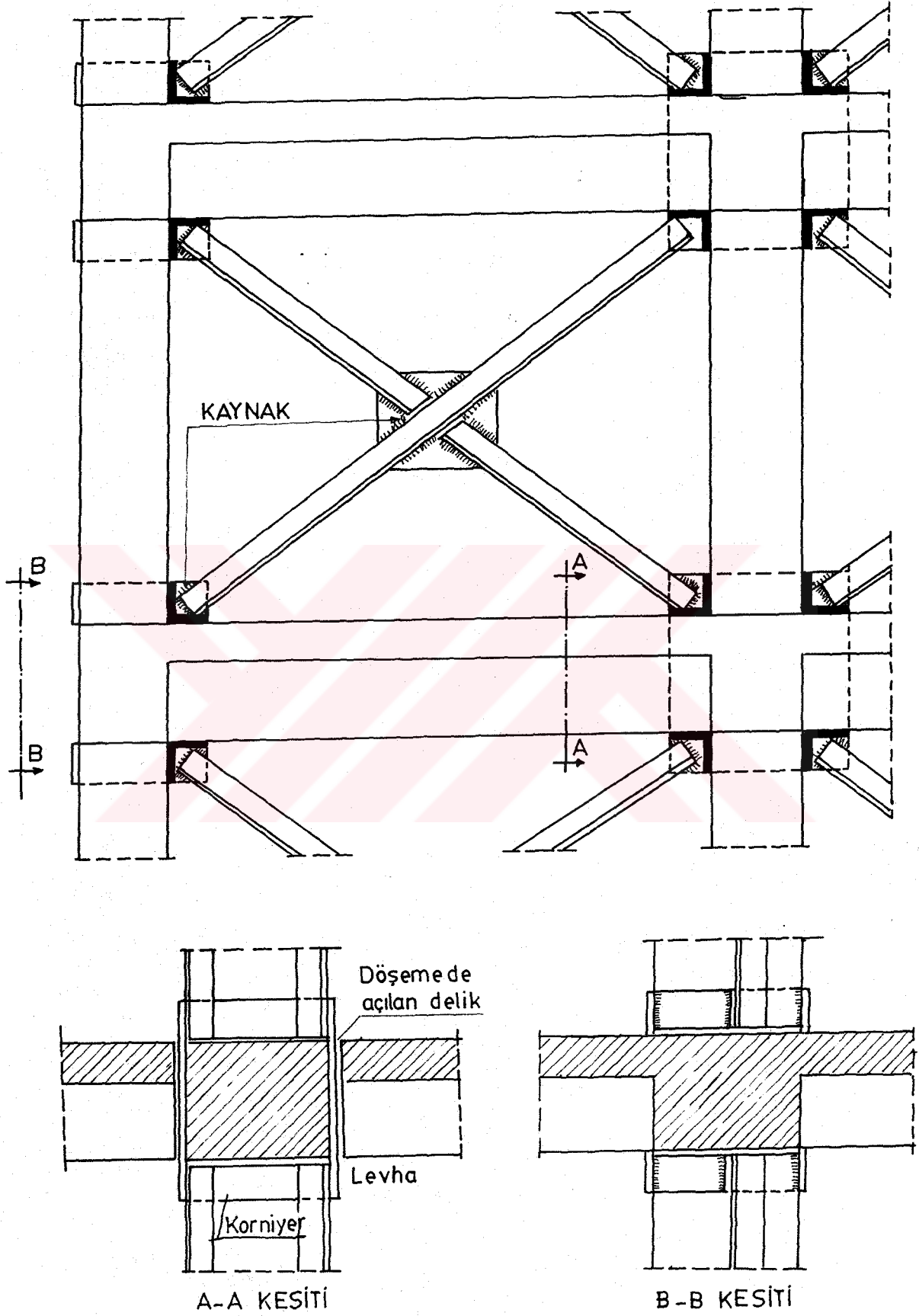
Çelik profiller kullanılarak yapılan çerçeve takviyeleri Şekil 26 ve Şekil 27 de verilmiştir. Bu tip elemanların kullanılması ile yapılan takviyeler, betonarme perde takviyesine göre çok daha kısa sürede bitirilebilmektedir.

Bu malzemelerin betonarme kolonlara özel bir şekilde bağlantısı gerekir. Şekil 26 da görüldüğü gibi bulonlu bağlantı olabileceği gibi Şekil 27 de görüldüğü gibi kaynaklı bir bağlantıda yapılabilir. Kaynaklı bağlantı yerine bulonlu bağlantının daha iyi sıkıştırma imkanı vardır. Bulonlu bağlantı kolonun dışından olabileceği gibi betonarme kolon delinerek bulonlar betonarme kolonun içinden geçirilerek de yapılabilir. Çelik profillerle yapılan takviyeler yatay yük taşıma gücü bakımından , betonarme dolgulu perde duvarlara göre daha zayıftır. (9).

Ancak, çelik elemanlar kullanılarak çok daha kısa sürede takviye veya onarımların yapılması mümkündür. Bu özelliğinden dolayı genellikle deprem sonrasında acil olarak yapıların hasarlı bölümlerinin onarılması gerekmesi halinde çelik profillerden faydalanmak en akılcı ve tutarlı yoldur.



Şekil-26 Çerçevelerin Çelik Profillerle Bulonlu Takviyesi



Şekil-27 Çerçevenin Çelik Profiller ile Kaynaklı Takviyesi

4. BETONARME YAPILARDA UYGULANMIŞ OLAN TAKVİYE VE ONARIM ÖRNEKLERİ

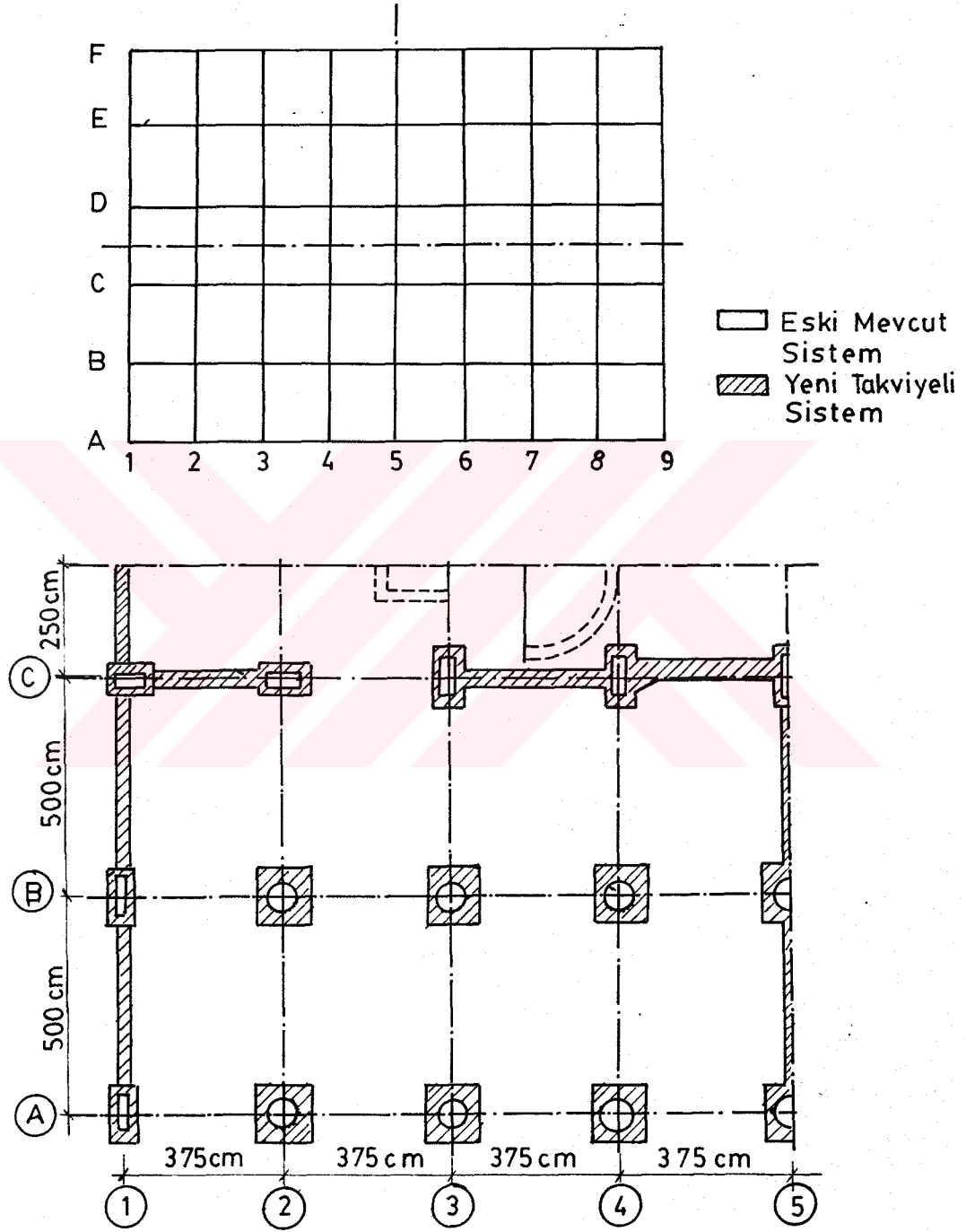
4.1 Akkum Apartmanı(12)

1 Şubat 1974 yılı geceyarısında meydana gelen İzmir depreminin magnitütü 5.2 dir. Depremden dolayı binanın betonarme çerçevesi ağır derecede hasar görmüştür. Hasarın sebebi zemin kat kolonlarında düşük kalitede niteliksiz beton ve eksik enine kesme donatısı kullanılmasındandır.

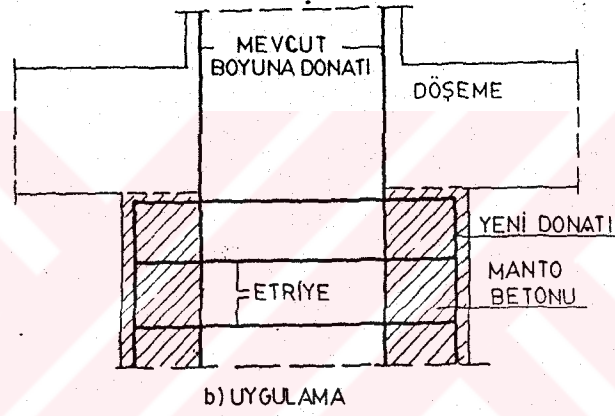
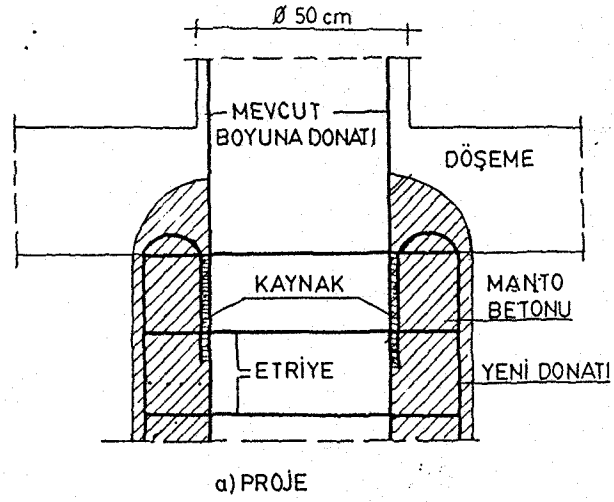
Söz konusu binanın zemin kat kalıp, planı Şekil 28 de verilmiş olup, aynı şekil hasar öncesi ve hasar sonrası durumu aynı anda ihtiva etmektedir.

Deprem sonrası hasar görmüş bina için bir onarım projesi hazırlanmıştır. Onarım projesinin ana hedefi, rijitlikleri artırmak, zemin kattaki hasarlı kolonları boyutlarını büyütmek ve bazı kolon aksları arasına ilave kesme duvarları(depreme dayanıklı betonarme perde duvarları) yerleştirerek bina mukavemetini artırmaktır.

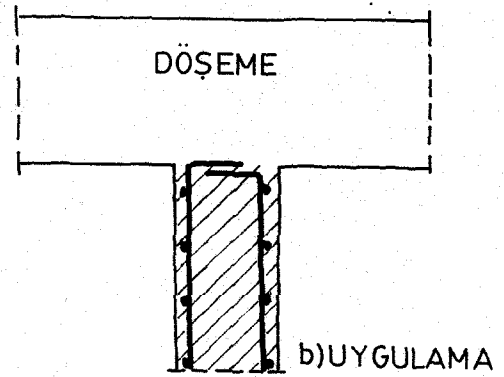
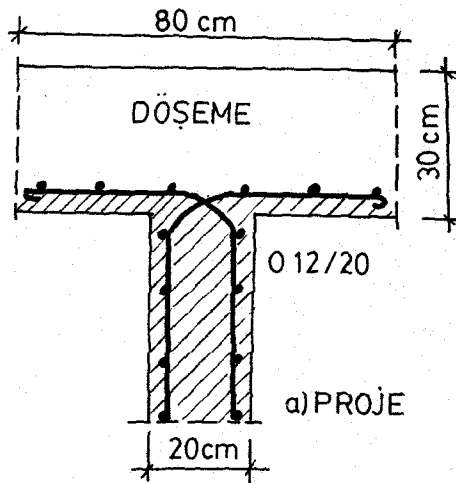
Takviye projesinde önerilen kolon ve perde bağlantı şekilleri uygulamadaki zorluklar nedeniyle harfiyen uygulanamamıştır. Şekil 29 (a) da öngörülen kolon bağlantı detayı Şekil 29 (b) de ise gerçek uygulanan bağlantı detayı verilmiştir. Benzer şekilde betonarme perde duvarları için önerilen bağlantı detayı Şekil 30 (a) da , gerçek uygulanan perde detayı ise Şekil 30 (b) de verilmiştir.



Şekil-28 Akkum Apartmanı Zemin Kat Kalıp Planı Takviye Öncesi ve Takviye Sonrası Durumu



Sekil-29 Akkum Apartmanı Kolon Takviyesi Bağlantı Detayları

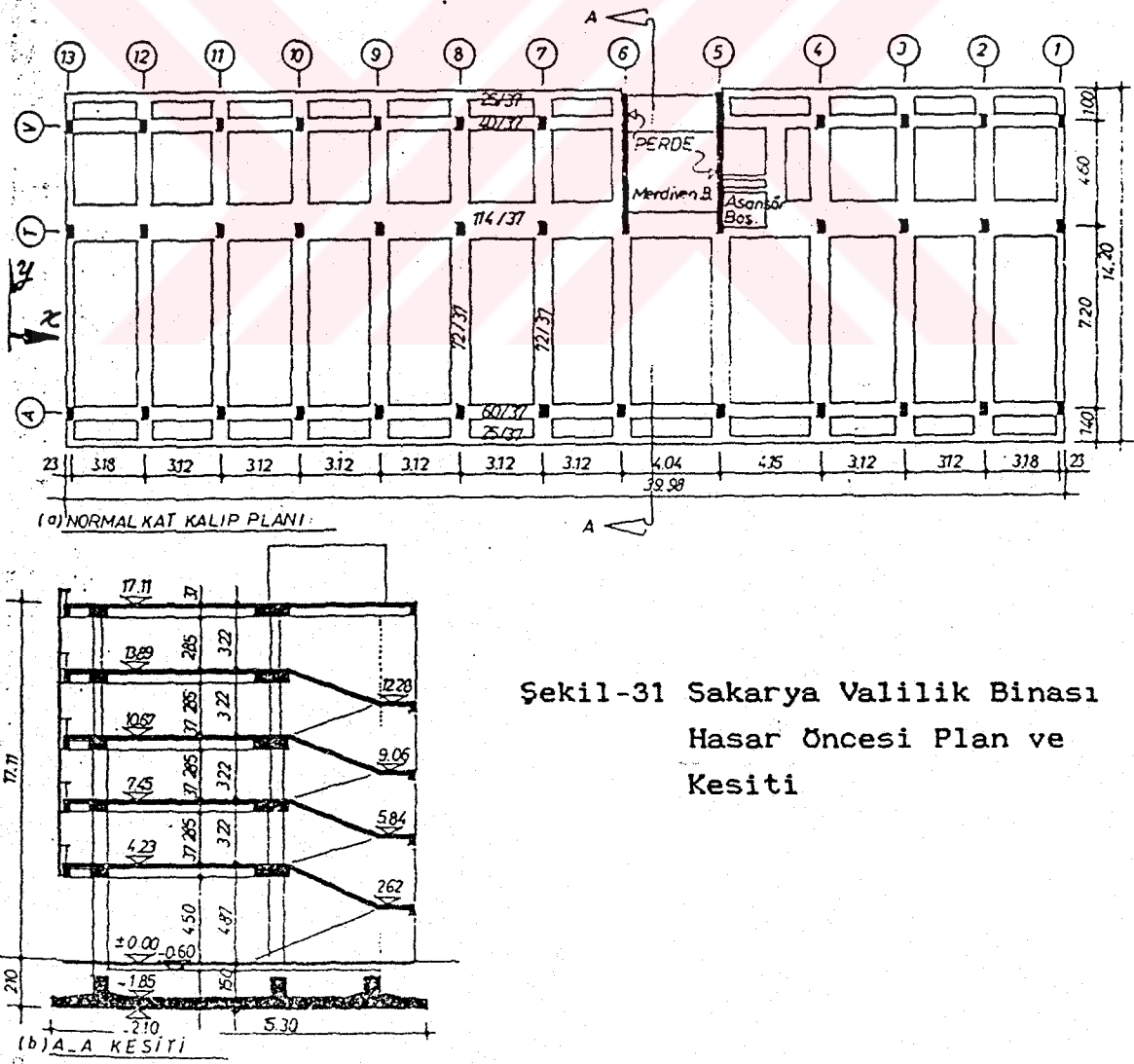


Sekil-30 Akkum Apartmanı B.A. Perde Takviyesi Bağlantı Detayları

4.2 Sakarya Valilik Binası(13)

22 Temmuz 1967 tarihi Saat 19.20 de meydana gelmiş olan Akyazı depremi sığ bir deprem olup, 450.000 km² lik bir alanda hissedilmiştir. Yapısal hasarlar sadece 7 bin km² de toplanmıştır. Bu depremde 5.200 yapı ağır, orta ve hafif derecede hasar görmüştür. Hasar gören yapılardan bir tanesi de Sakarya Valilik binasıdır. Hasarları meydana getiren depremin Adapazarındaki Magnitüdü 7.00 dır.

Akyazı depreminde hasar görmüş olan binanın hasardan önceki durumunu gösteren plan ve kesit Şekil 31 de verilmiştir.



Şekil-31 Sakarya Valilik Binası
Hasar Öncesi Plan ve
Kesiti

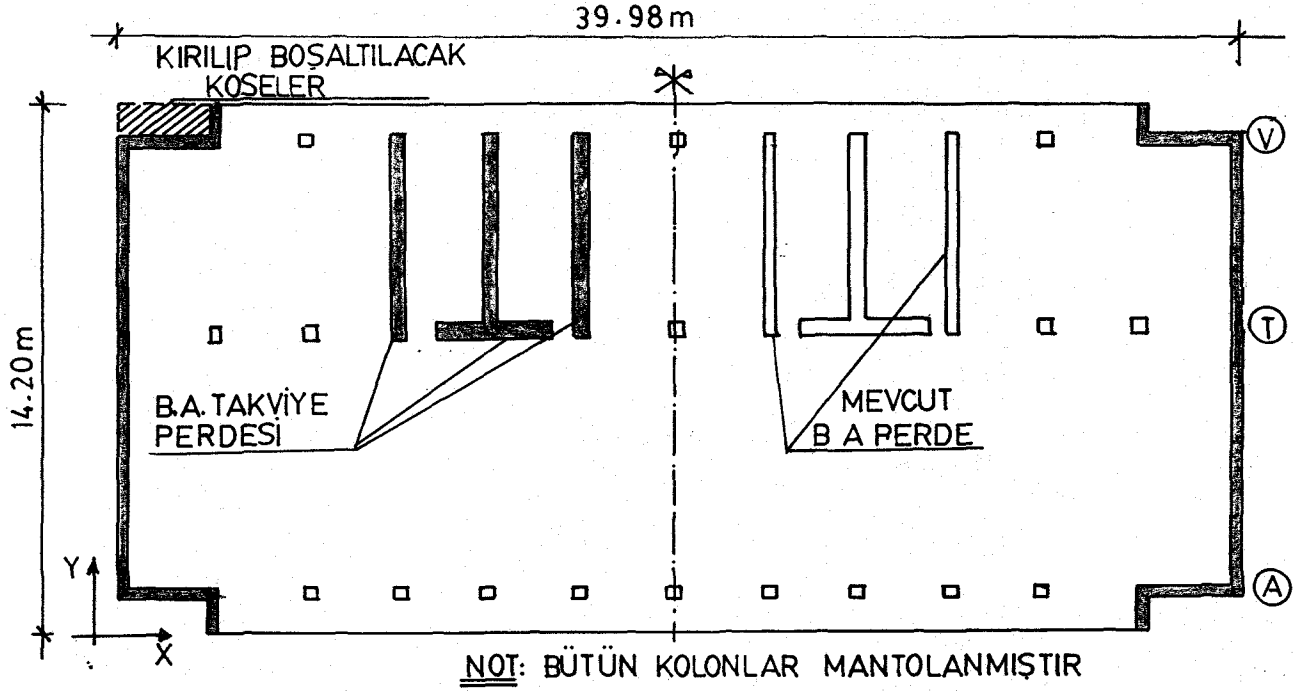
Şekil 31 den de görüldüğü gibi iki yönde çerçevelerden kurulmuş kolon kiriş elemanlı, asmolon döşemeli bir betonarme yapıdır. Söz konusu yapı x yönünde 12 açıklıktan y yönünde ise çift taraftan konsollu iki açıklıklı zemin+ dört kattan meydana gelmiştir.

Sakarya Valilik binasındaki hasarın sebepleri Şekil 31 inde dikkatlice incelenmesinden de görüleceği gibi taşıyıcı sistemin rijitlik dağılışının simetrik ve Uniform olmayışıdır. Rijitlik dağıtımında yatay kuvvetlerin varlığı ve muhtemel etkiye yönleri pek dikkate alınmadan taşıyıcı elemanların (Kolon ve perde) yerleştirilmesi taşıyıcı elemanlara yerleştirilen donatının eksik ve bağlantısının düzgün olmayışı ayrıca düşük kaliteli beton kullanılması gibi...

Yapı y yönünde x yönüne nazaran daha rijittir. Deprem yapıya x yönünde etkidiginden zayıf olan rijitlikler dolayısıyla hasara sebep olmuştur.

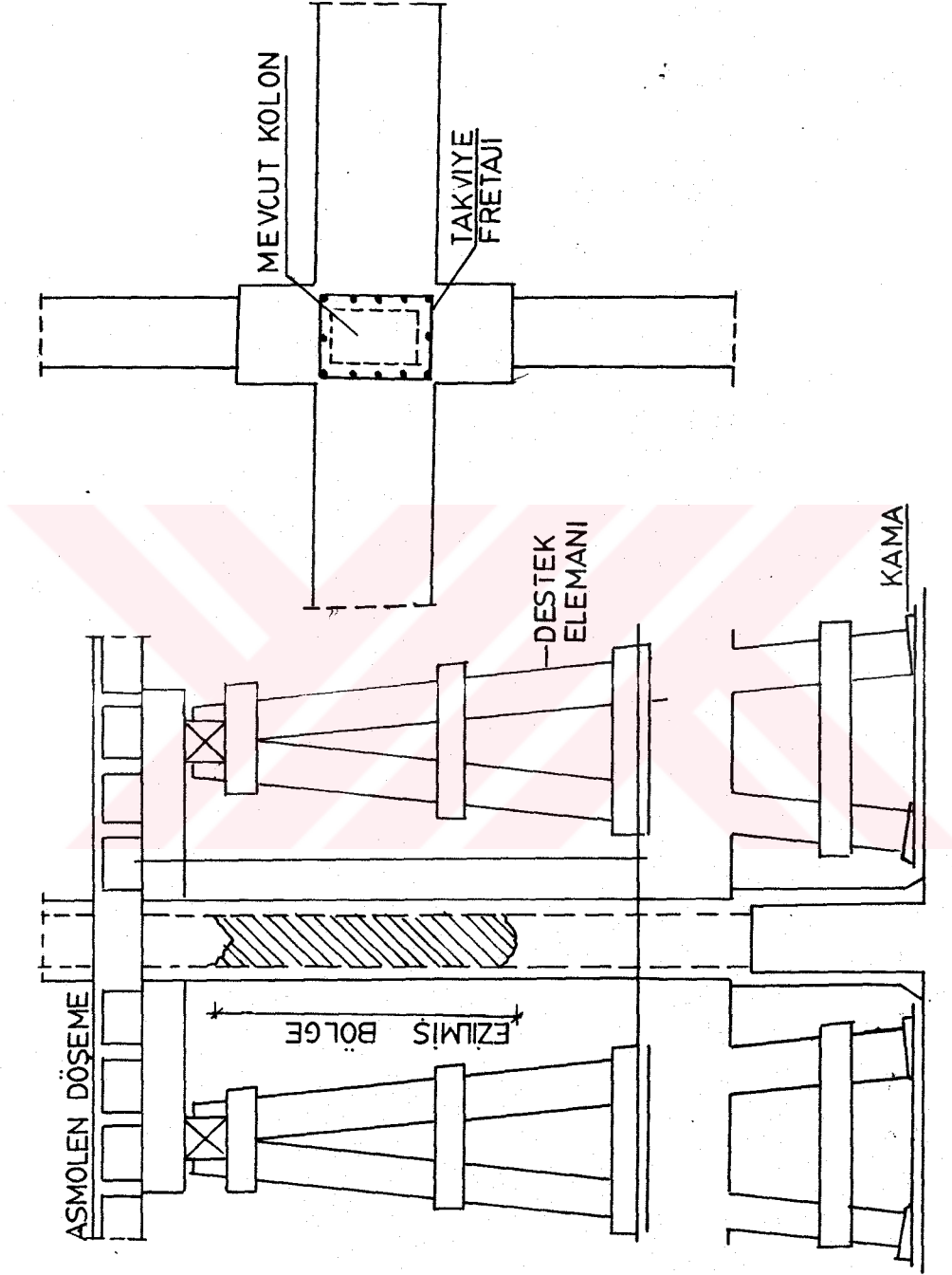
Sonuç olarak daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi Sakarya Valilik binasının takviyesine, proje hataları, uygulama hataları ve memleketimizin aktif deprem kuşağında bulunmasından dolayı gerek duyulmuştur. Takviye projesinde temeller, kolonlar ve kirişler takviye edilmiş ayrıca depreme mukavim ilave betonarme perdeler kullanılmıştır. Takviye projesinde mümkün mertebe yapının mimari özelliğini bozmayacak şekilde sisteme ilave taşıyıcılar yerleştirilmiştir. Şekil 32 de binanın takviye yapılan kısımları gösterilmiştir.

Şekil 32 de de görüldüğü gibi yapının 1 ve 13 nolu aksları yapı yüksekliğince devam eden, deprem kuvvetlerinin büyük bir kısmını alabilecek şekilde boyutlandırılan betonarme perdelerle takviye edilmiştir.

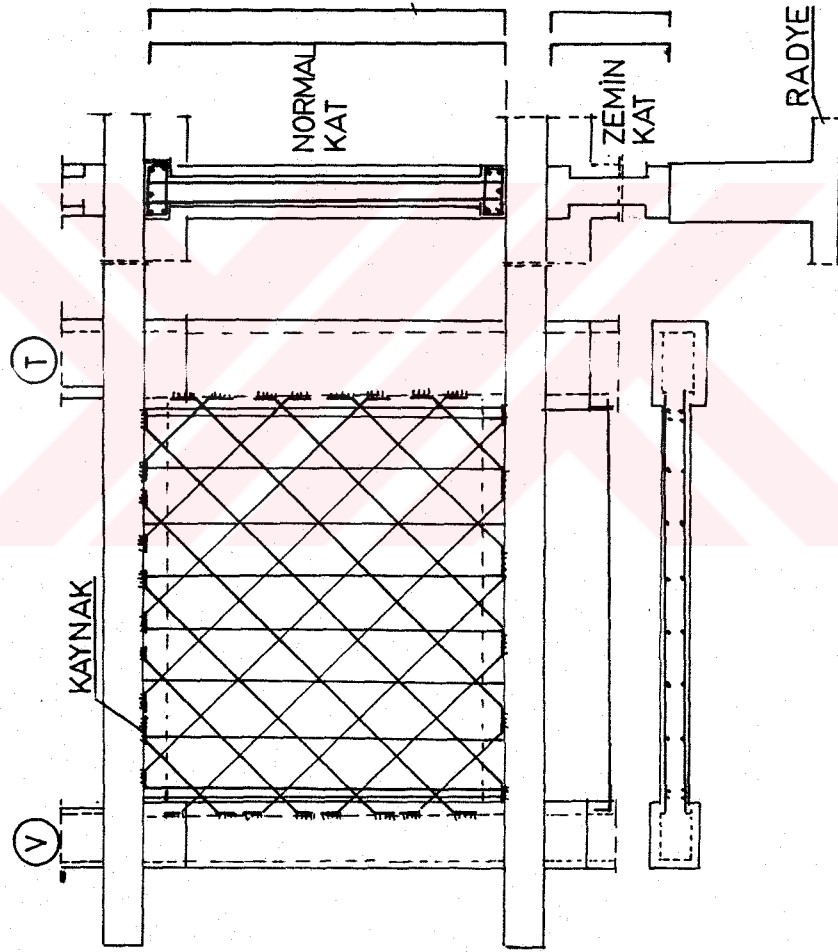


Şekil-32 Sakarya Valilik Binası Takviye Edilecek Kısımların Plandaki Görünümü

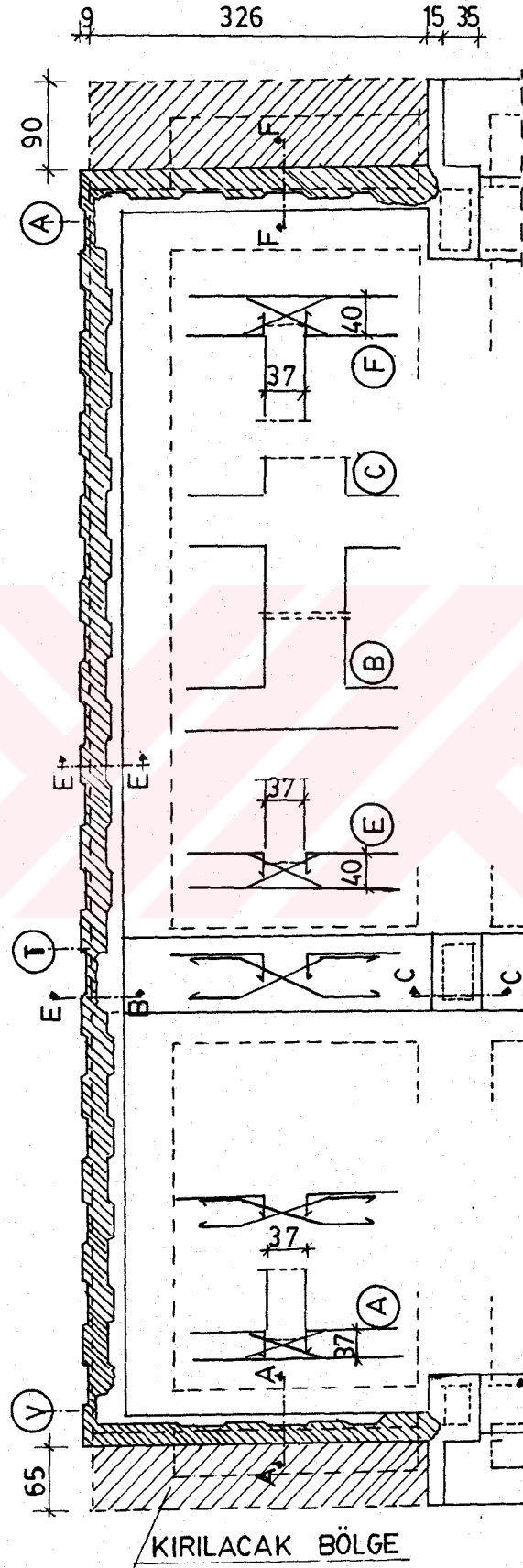
Y yönündeki deprem perdelerinin birlikte çalışmasını sağlamak ve rijitliği sağlamak amacıyla, A, T, V, aksları boyunca her katta x yönünde kirişler teşkil edilmiştir. Kütle merkezi ile rijitlik merkezi arasında ki eksantrikliği minimuma indirip simetrikliği sağlamak amacıyla 5 ve 6 nolu aksların simetrigine de betonarme perdeler inşa edilmiştir. Ayrıca kolonların tamamı takviye edilmiştir.



Şekil-33 Hasarlı Kolonun Askıya Alınarak Takviyesi



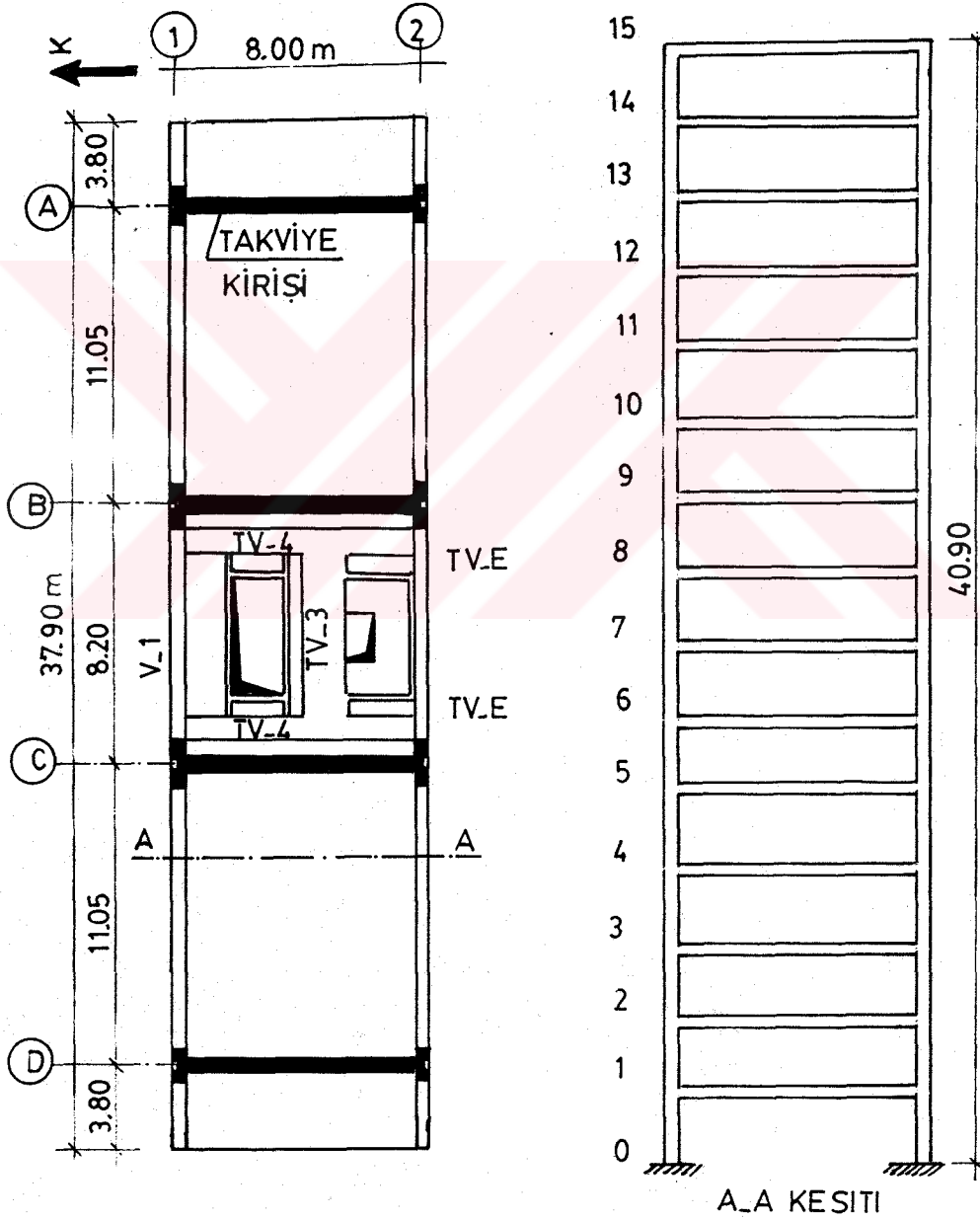
Şekil-34 Sakarya Valilik Binası Perde Takviye Detayı



Sekil-35 Sakarya Valilik Binası Mevcut Döşemeye Takviyede Yapılan Perdelerin Bağlantı Detayları

4.3 Pentunia Binası

1967 yılındaki Caracas depremi ile hasar görmüş olan Venezueladaki bu binanın takviyesi de yurt dışında uygulanmış olan takviyelerden bir tanesidir. Pentunia binası Şekil 36 da da görüldüğü gibi Doğu-Batı yönünde iki taraftan konsullu üç açıklıklı iki çerçeveden meydana gelmiştir. Kuzey-Güney yönünde ise 30 cm yüksekliğinde Asmo-len döşeme çerçevelere oturmaktadır.

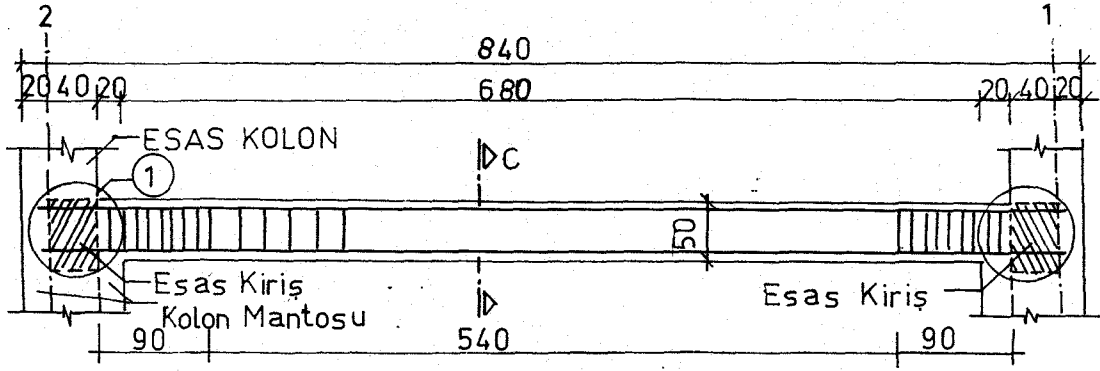


Şekil-36 Pentunia Binasının Takviye Öncesi ve Sonrası Kalıp Planı ve Kesiti

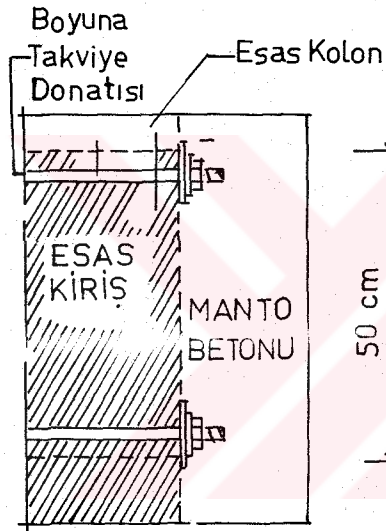
Deprem binanın Kuzey-Güney yönünde kiriş ve döşemelerde yarılmalara, çatlamalara sebep olmuştur. Binanın Kuzey-Güney yönü ile Doğu-Batı yönü arasında büyük rijitlik farkları ortaya çıkmıştır.

Pentunia binasının takviyesinde enine(Kuzey - Güney yönünde) kirişler birinci kattan 13. kat seviyesine kadar betonarme ile, 14.kat kirişleri ise sadece çelik etriyeler ile gerçekleştirilmiştir. Çatlamış kiriş ve döşemelerin onarımında ise epoksi reçineleri kullanılmıştır. Binanın Kuzey-Güney yönünde 1. kattan 4. kata kadar kolon boyutları büyütülmüştür.

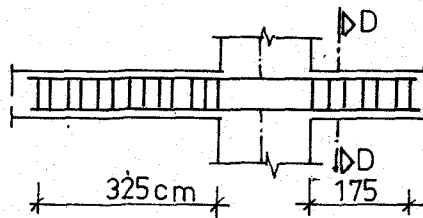
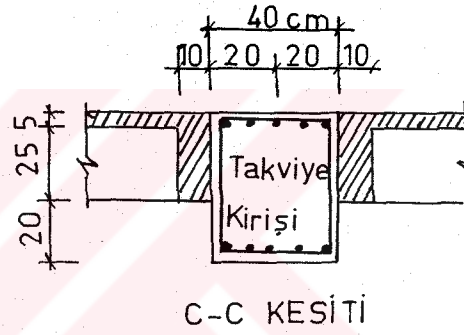




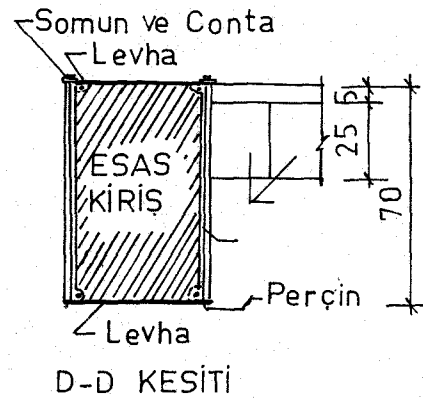
① ② ③ ④ AKSLARI KİRİŞ TAKVİYESİ



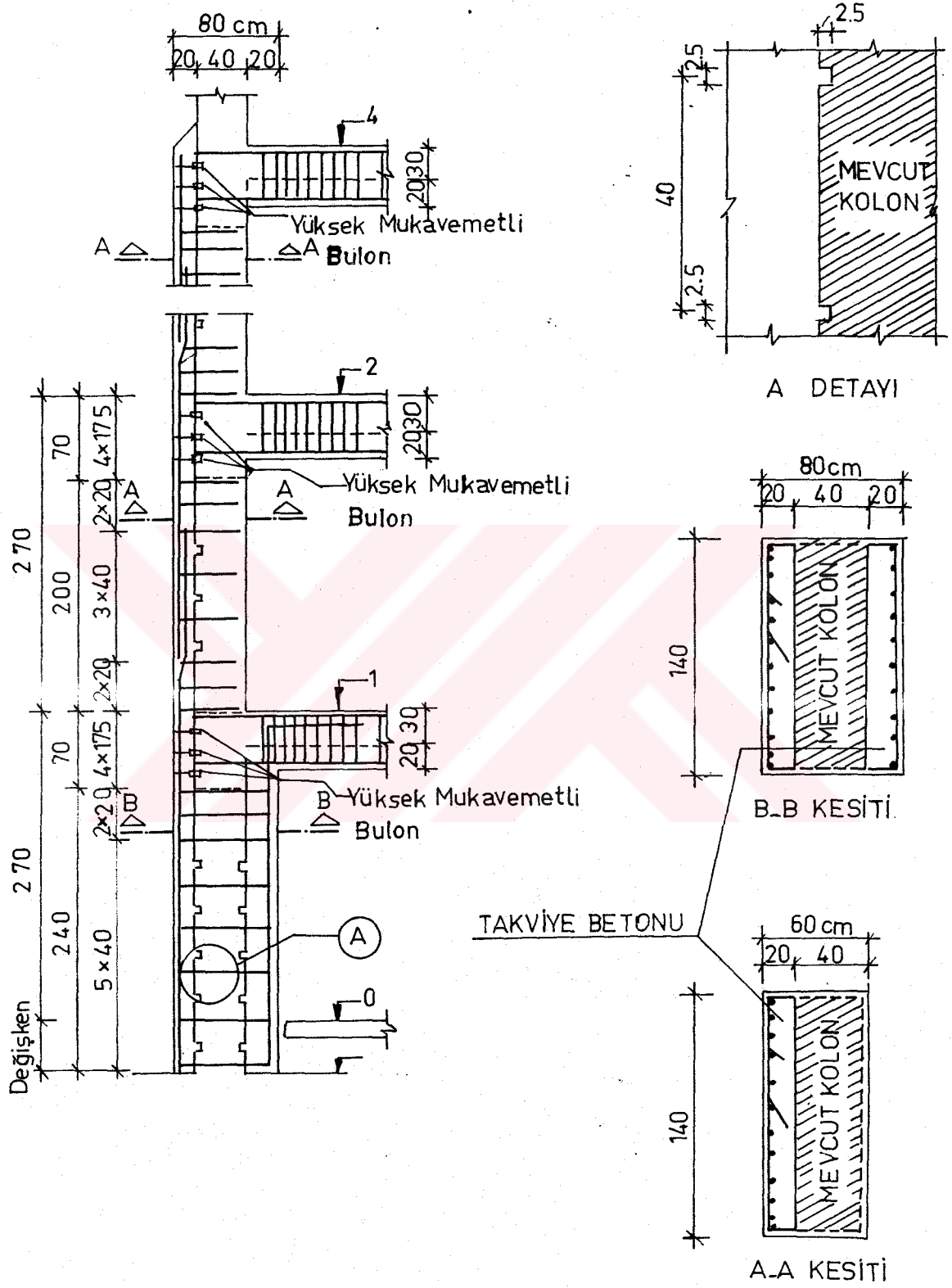
① DETAYI



① ve ② AKSI ① V1 ve ② V2 KİRİŞLERİ



Şekil-37 Pentunia Binasına Ait Kiriş Takviye Detayları



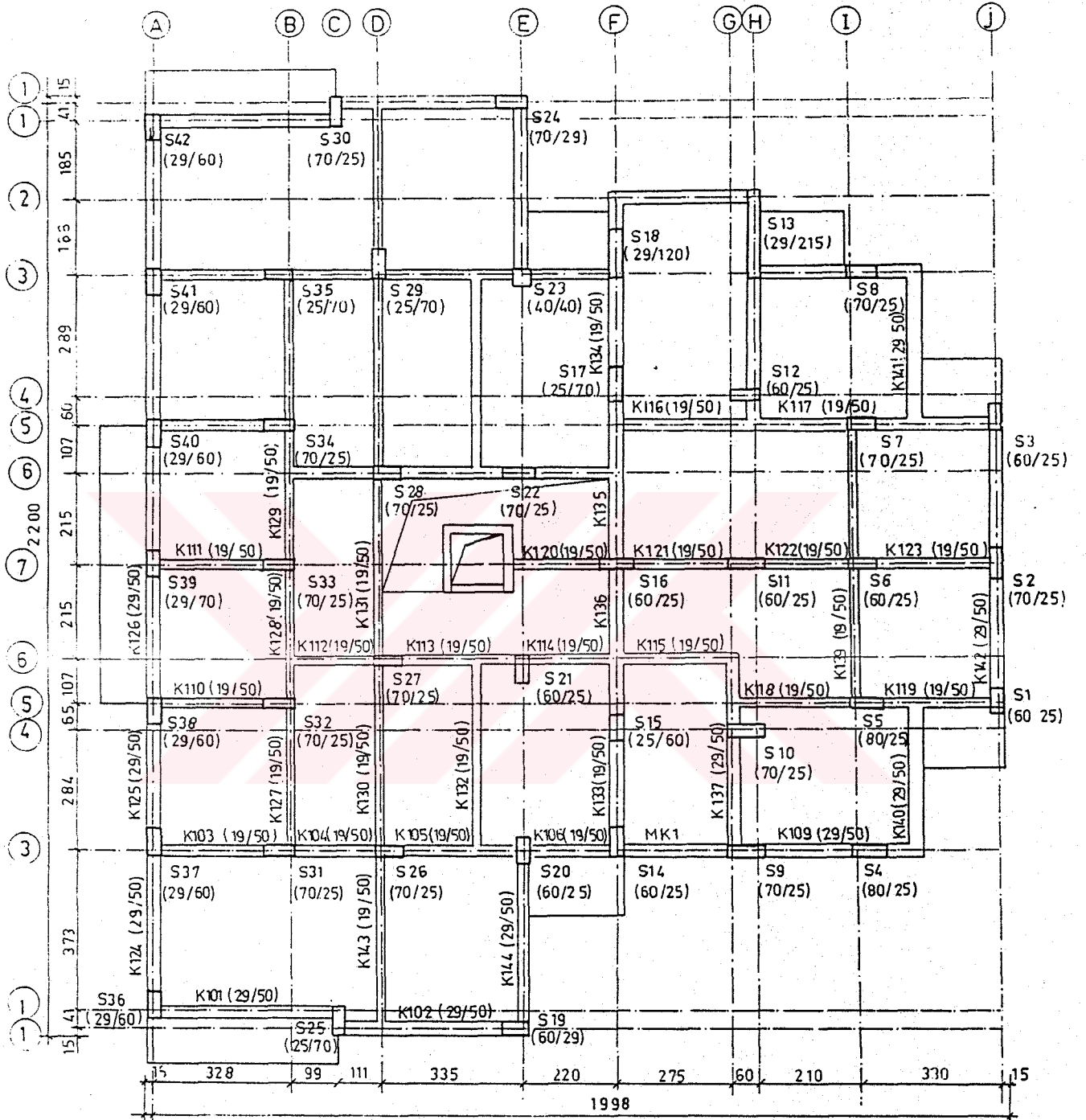
Sekil-38 Pentunia Binasına Ait Kolon Takviye Detayları

5. SEKİZ KATLI BETONARME BİR BİNANIN TAKVİYE PROJESİ

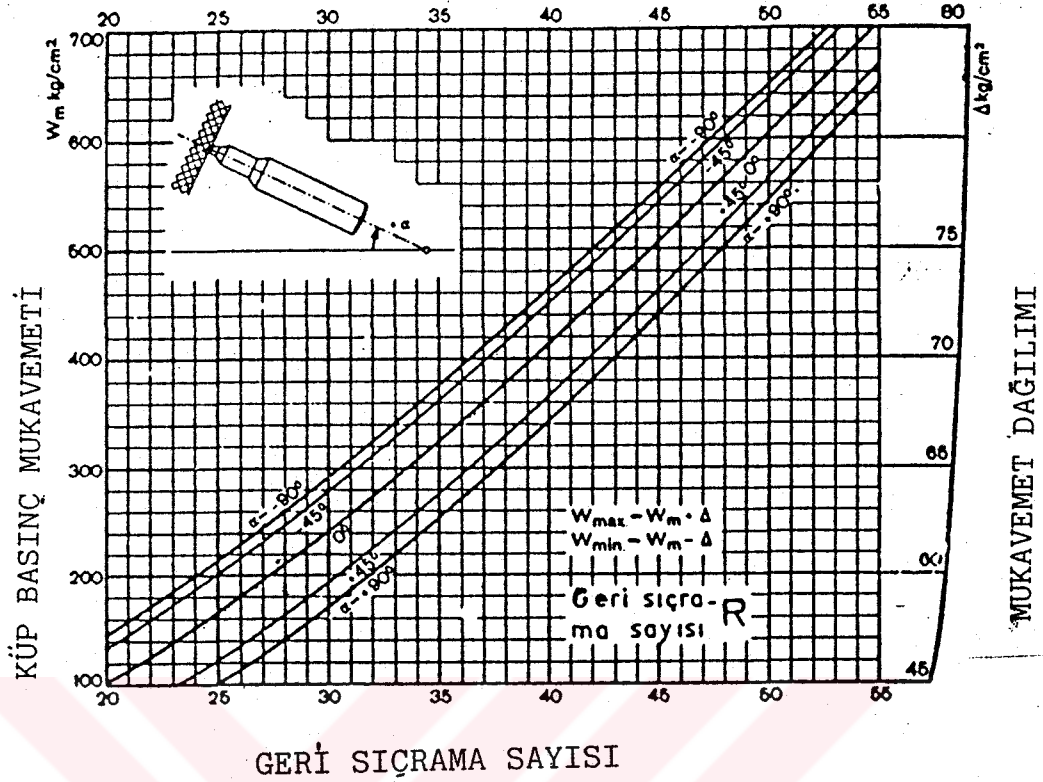
Konya'da bir yapı kooperatifince yaptırılan sekizer katlı, 4 bloklu, 192 daireli kooperatif inşaatında beton kalitesinin yetersizliğinden ve işçilik hatalarından dolayı yapıların emniyetli bir şekilde kullanılıp kullanılamayacağı araştırılmış ve yeterli sağlamlıkta olmadığı verilen teknik raporlar sonucunda anlaşılmıştır. İki bloğun yeniden inşa edilmesine, diğer iki bloğun ise takviye edilmesine karar verilmiştir. Şekil 39 da takviyesi yapılacak kooperatif binasının kat kalıp planı görülmektedir.

Bu çalışmada derlenen bilgiler ve incelenen örneklerden istifade edilerek sözkonusu binanın takviyesinin ne şekilde yapılabileceği ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu sebeble kooperatif inşaatları incelenmiş ve betonarme malzeme kullanılarak takviye edilmesine karar verilmiştir. Takviye projesi hazırlanmadan önce binalar detaylı bir şekilde incelenmiş ve beton kalitesinin çok düşük olduğu ayrıca işçiliğin de iyi olmadığı görülmüştür. Mevcut blokların her katındaki beton mukavemetleri belirlenmiştir. Beton mukavemetleri beton test çekici (Schmidt Harmer) yardımıyla bulunmuştur.

Beton test çekici sertleşmiş betona belli bir kuvvetle vuran metal çubukun geri sıçrama değerlerine bağlı olarak betona zarar vermeden beton mukavemetlerinin belirlenmesini sağlayan bir deney aletidir. Şekil 40 da geri sıçrama sayısı ve beton basınç mukavemetleri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik görülmektedir.



Şekil-39 Takviye Edilecek Binanın Kat Kalıp Planı



Şekil-40 Beton Basınc Mukavemeti-Geri Siçrama Sayısı Arasındaki İlişki

Her bir taşıyıcı elemandaki ortalama geri siçrama okuması için Şekil 40 daki grafik kullanılmış ve beton mukavemeti bulunmuştur (Kolonlar için Tablo 2,3.....9 un ikinci ve üçüncü kolonları bu değerleri ifade etmektedir).

Beton mukavemetleri bulunurken küp basınç mukavemetini silindirik basınç mukavemetine çevirmek için 0.80 katsayısı ile çarpılmış ve çıkan sonuçta malzeme katsayısı olan 1,5 değerine bölünmüştür.

5.1 Takviye Hesapları

Binada takviyenin gerekip gerekmediği veya takviye edilmesinin uygun olup olmadığının belirlenmesi için, önce binaya etki edecek yükler TS498 kullanılarak bulunmuş ve bu yüklere göre binanın statik hesabı yapılmıştır. Statik

hesaplar neticesinde her bir taşıyıcı elemana gelen yükler (moment, kesme kuvveti ve normal kuvvet) bulunmuştur. Daha sonra mevcut binadaki taşıyıcı elemanlarda ölçülen beton mukavemetleri, eleman boyutları ve donatı miktarları dikkate alınarak, taşıyıcı elemanların taşıma güçleri (kapasiteleri) bulunmuştur.

Mevcut binadaki taşıyıcı elemanların taşıma güçleri ile statik hesap sonucunda bulunan statik tesirler (M,V,N) karşılaştırılarak takviyenin gerekli olup olmadığına karar verilmiştir.

Takviye hesapları TS-500'e göre yapılmış olup, taşıma gücü metodu kullanılmıştır. Taşıma gücü metodunda yük katsayısı hareketli yüklerde 1,6 ve zati (ölü) yüklerde 1,4 dür. Ancak, emniyetli tarafta kalmak için iki değişik katsayı kullanmak yerine tek katsayı kullanılmıştır. Bu tek katsayı kullanırken de, hareketli yüklerin zati yüklerle göre daha az olmasına rağmen ağırlıklı ortalama kullanılmamış ve aritmetik ortalama kullanılmıştır.

Takviye hesaplarında yükler için aşağıdaki denklemden faydalanılmıştır.

$$F = 1,5 \times (G + Q) \quad (5.1)$$

Beton mukavemeti içinde aşağıdaki denklemden faydalanılmıştır.

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_{mc} \quad (5.2)$$

Denklem (5.2)deki beton malzeme katsayısı olan γ_{mc} değeri hesaplarda 1,5 olarak alınmıştır.

Temeller

Bina temellerindeki beton mukavemetlerinin belirlenmesi için yapılan test çekici ölçümlerinde ortalama geri sıçrama sayısı 35 olarak okunmuştur. Bu okuma değerine tekabül eden karakteristik beton basınç mukavemeti $f_{ck} = 207.2$

kgf/cm^2 olup buna göre $f_{cd} = 207.2/1.5 = 138 \text{ kgf/cm}^2$ bulunmuş ve takviye edilmesinin gerekmediği belirlenmiştir. Çünkü proje hesaplarında BS14 (B160) ün hesap mukavemeti 95 kgf/cm^2 olup, bulunan değer bunun üzerindedir.

Kolonlar

Kolon kapasiteleri ve statik hesap sonucu bulunan kolon eksenel yükleri ve kolon momentleri Tablo 2, 3, 4, ... 9 da verilmiş olup, bu değerler tabloların 6, 7 ve 9 nolu kolonlarında görülmektedir. 8 nolu kolonda ise eksenel yük ile kolon kapasitesi arasındaki yük farkı bulunmuş ve takviyenin gerekli olup olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 2,3,4...ve 9 daki sonuçların nasıl hesaplandığını göstermek ve tablolara açıklık getirmek amacıyla en kritik eksenel yük ve moment gelen 1. katın S24 nolu kolonunun hesabı aşağıda verilmiştir. Diğer bütün kolonlar benzer şekilde hesaplanmış ve sonuçları Tablo 2,3,4..ve 9 da verilmiştir.

1. kat S24 nolu kolonun hesabı:

S24 kolonunun kesiti ve birim deformasyon durumları Şekil 41'de verilmiştir. Her bir deformasyon durumu için sırayla hesap yapılmıştır.

Kolon boyutları ve donatı miktarları:

$$h = 70 \text{ cm}, b = 29 \text{ cm}, d^1 = 3 \text{ cm}, d^1 = 64 \text{ cm}, A_{s1} = 4.62 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 3.08 \text{ cm}^2, A_{s3} = 4.62 \text{ cm}^2$$

Beton mukavemetinin tayini:

Ortalama okuma = 33.00 buna tekabül eden küp basınç mukavemeti $W_m = 285 \text{ kgf/cm}^2$

$$\text{Mukavemet dağılımı} = 64 \text{ kgf/cm}^2$$

$$W_{min} = W_m - \Delta = 285 - 64 = 221 \text{ kgf/cm}^2$$

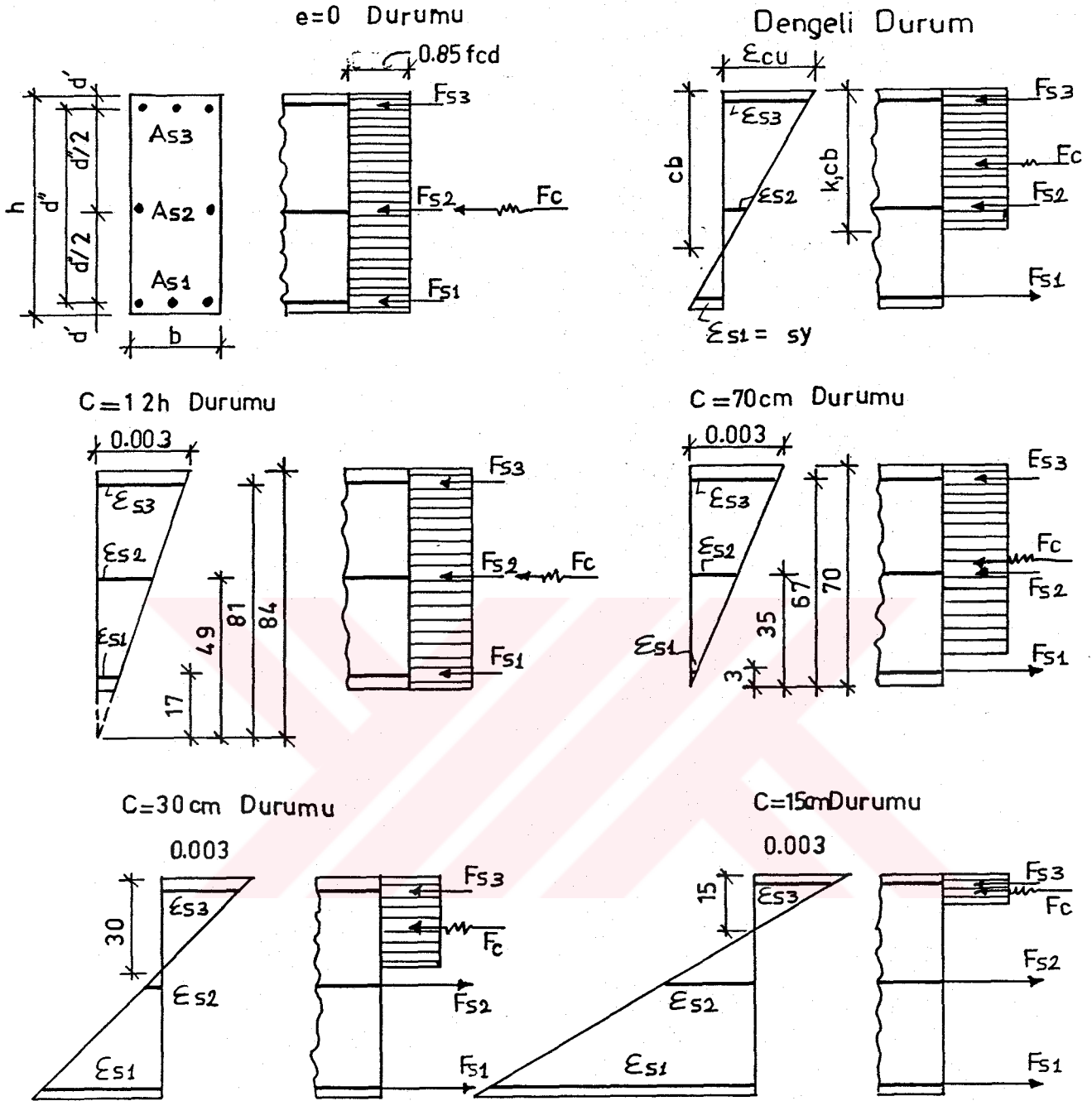
Silindir basınç mukavemeti $f_{ck} = W_{min} \times 0.80$

$$= 221 \times 0.80 = 176.80 \text{ kgf/cm}^2$$

Beton hesap mukavemeti $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_{mc} = 176.80 / 1.5$

$$= 117.87 \text{ kgf/cm}^2$$

Çeligin hesap mukavemeti $f_{yd} = 1910 \text{ kgf/cm}^2$



Şekil-41 1.Kat S24 Kolonu Birim Deformasyonları

a) Eksantrisitenin sıfır olması durumu ($e=0$, $M=0$):

$$\begin{aligned} \text{Nor} &= 0.85 \times f_{cd} \times A_c + f_{yd} \times A_{st} \\ &= 0.85 \times 117.87 \times 70 \times 29 + 1910 \times 12.32 = 226910 \text{ kgf} \\ &= 226.91 \text{ ton.} \end{aligned}$$

b) Dengeli Durum, $\epsilon_{cu} = 0.002$, $\epsilon_{s1} = \epsilon_{sy} = f_{yd} / E_s$

$$\epsilon_{s1} = 1910 / 2100000 = 0.00091$$

Şekil-41 deki benzer üçgenlerden

$$\epsilon_{cu} / \epsilon_{s1} = cb / (h - d - cb), \quad cb \times \epsilon_{s1} = (h - d - cb) \times \epsilon_{cu}$$

$$cb = (h - d) \times \epsilon_{cu} / (\epsilon_{s1} + \epsilon_{cu})$$

$$cb = (70 - 3) \times 0.0003 / (0.00091 + 0.0003) = 51.41 \text{ cm}$$

$$k1 \times cb = 0.85 \times 51.41 = 43.70 \text{ cm}, \quad \epsilon_{s3} = (cb - d) \epsilon_{cu} / cb$$

$$\epsilon_{s3} = (51.41 - 3) \times 0.0003 / 51.41 = 0.00028 > \epsilon_{sy} \text{ olup,}$$

$$\epsilon_{s3} = 1910 \text{ kgf/cm}^2, \quad \epsilon_{s2} = (cb - d/2 - d) \epsilon_{cu} / cb$$

$$\epsilon_{s2} = (51.41 - 64/2 - 3) \times 0.0003 / 51.41 = 0.00096 > \epsilon_{sy} \text{ olup,}$$

$$\epsilon_{s2} = 1910 \text{ kgf/cm}^2$$

$$F_{s1} = A_{s1} \times f_{yd} = 4.62 \times 1910 = 8824 \text{ kgf} = 8.82 \text{ ton}$$

$$F_{s2} = A_{s2} \times \sigma_{s2} = 3.08 \times 1910 = 5883 \text{ kgf} = 5.88 \text{ ton}$$

$$F_{s3} = A_{s3} \times \sigma_{s3} = 4.62 \times 1910 = 8824 \text{ kgf} = 8.82 \text{ ton}$$

$$F_c = 0.85 \times f_{cd} \times b \times k1 \times cb = 0.85 \times 117.87 \times 29 \times 43.70 = 126970 \text{ kgf}$$

$$\text{Denge denkleminde, } F = N_b = F_c + F_{s2} + F_{s3} - F_{s1}$$

$$N_b = 126.97 + 8.82 + 5.88 - 8.82 = 132.85 \text{ ton}$$

Kesit ağırlık merkezine göre moment alırsak,

$$M_b = F_c \times (h/2 - k1 \times cb/2) + F_{s1} \times d/2 + F_{s3} \times d/2$$

$$= 126.97 \times (35 - 21.85 + 2 \times 8.82 \times 32) = 2234.06 \text{ txc} = 22.34 \text{ tm}$$

c) $c = 1.2 h$ durumu: $c = 1.2 \times 70 = 84 \text{ cm}$, $k1c = 0.85 \times 84 = 71.4 \text{ cm}$

$k1c > h = 70 \text{ cm}$ olduğundan $k1c = 70 \text{ cm}$ alındı.

S24 kolonu birim deformasyonu ($c = 1.2h$) durumundan,

$$\epsilon_{s1} = 17 \times 0.003 / 84 = 0.00061 < \epsilon_{sy}, \quad \sigma_{s1} = 1281 \text{ kgf/cm}$$

$$\epsilon_{s2} = 49 \times 0.003 / 84 = 0.0018 > \epsilon_{sy}, \quad \sigma_{s2} = 1910 \text{ kgf/cm}$$

$$\epsilon_{s3} = 81 \times 0.003 / 84 = 0.0029 > \epsilon_{sy}, \quad \sigma_{s3} = 1910 \text{ kgf/cm}$$

$$F_{s1} = A_{s1} \times \sigma_{s1} = 4.62 \times 1281 = 5918 \text{ kgf} = 5.92 \text{ ton}$$

$$F_{s2} = A_{s2} \times \sigma_{s2} = 3.08 \times 1910 = 5883 \text{ kgf} = 5.88 \text{ ton}$$

$$F_{s3} = A_{s3} \times \sigma_{s3} = 4.62 \times 1910 = 8824 \text{ kgf} = 8.82 \text{ ton}$$

$$F_c = 0.85 \times f_{cd} \times b \times k1c = 0.85 \times 117.87 \times 29 \times 70 = 203385 \text{ kgf}$$

$$F = N = F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} + F_c = 5.92 + 5.88 + 8.82 + 203.39 = 224.01 \text{ ton}$$

$$M = F_c x_0 + F_{s2} x_0 + F_{s3} x_d / 2 - F_{s1} x_d / 2 = (8.82 - 5.92) x 32 = 92.8 \text{ tcm}$$
$$M = 0.93 \text{ tm.}$$

d) $c = 70 \text{ cm}$ durumu: $k_1 c = 0.85 x 70 = 59.5 \text{ cm}$

$$\varepsilon_{s1} = 3 x 0.003 / 70 = 0.00013 < \varepsilon_{sy}, \sigma_{s1} = 270 \text{ kgf/cm}^2, F_{s1} = 1.25 \text{ ton}$$

$$\varepsilon_{s2} = 35 x 0.003 / 70 = 0.0015 > \varepsilon_{sy}, \sigma_{s2} = 1910 \text{ kgf/cm}^2, F_{s2} = 5.88 \text{ ton}$$

$$\varepsilon_{s3} = 67 x 0.003 / 70 = 0.0029 > \varepsilon_{sy}, \sigma_{s3} = 1910 \text{ kgf/cm}^2, F_{s3} = 8.82 \text{ ton}$$

$$F_c = 0.85 x 0.11787 x 29 x 59.5 = 172.88 \text{ ton}$$

$$F = N = 8.82 + 5.88 + 172.88 - 1.25 = 186.33 \text{ ton}$$

$$M = F_c x (h/2 - k_1 c / 2) + (F_{s1} + F_{s3}) x d / 2$$

$$M = 172.88 x 5.25 + (1.25 + 8.82) x 32 = 1230 \text{ tcm} = 12.30 \text{ tm.}$$

e) $c = 30 \text{ cm}$ durumu: $k_1 c = 25.50 \text{ cm}$

$$\varepsilon_{s1} = 37 x 0.003 / 30 = 0.0037 > \varepsilon_{sy}, \sigma_{s1} = 1910 \text{ kgf/cm}^2, F_{s1} = 8.82 \text{ ton}$$

$$\varepsilon_{s2} = 5.0 x 0.003 / 30 = 0.0005 < \varepsilon_{sy}, \sigma_{s2} = 1050 \text{ kgf/cm}^2, F_{s2} = 3.23 \text{ ton}$$

$$\varepsilon_{s3} = 27 x 0.003 / 30 = 0.0027 > \varepsilon_{sy}, \sigma_{s3} = 1910 \text{ kgf/cm}^2, F_{s3} = 8.82 \text{ ton}$$

$$F_c = 0.85 x 0.11787 x 29 x 25.5 = 74.09 \text{ ton}$$

$$F = N = 74.09 + 8.82 - 8.82 - 3.23 = 70.86 \text{ ton}$$

$$M = F_c x (h/2 - k_1 c / 2) + (F_{s1} + F_{s3}) x d / 2$$

$$M = 74.09 x 22.25 + 17.64 x 32 = 2212 \text{ tcm} = 22.12 \text{ tm.}$$

f) $c = 15 \text{ cm}$ durumu: $k_1 c = 12.75 \text{ cm}$

$$\varepsilon_{s1} = 52 x 0.003 / 15 = 0.0104 > \varepsilon_{sy}, \sigma_{s1} = 1910 \text{ kgf/cm}^2, F_{s1} = 8.82 \text{ ton}$$

$$\varepsilon_{s2} = 20 x 0.003 / 15 = 0.004 > \varepsilon_{sy}, \sigma_{s2} = 1910 \text{ kgf/cm}^2, F_{s2} = 5.88 \text{ ton}$$

$$\varepsilon_{s3} = 12 x 0.003 / 15 = 0.0024 > \varepsilon_{sy}, \sigma_{s3} = 1910 \text{ kgf/cm}^2, F_{s3} = 8.82 \text{ ton}$$

$$F_c = 0.85 x 0.11787 x 29 x 12.75 = 37.04 \text{ ton}$$

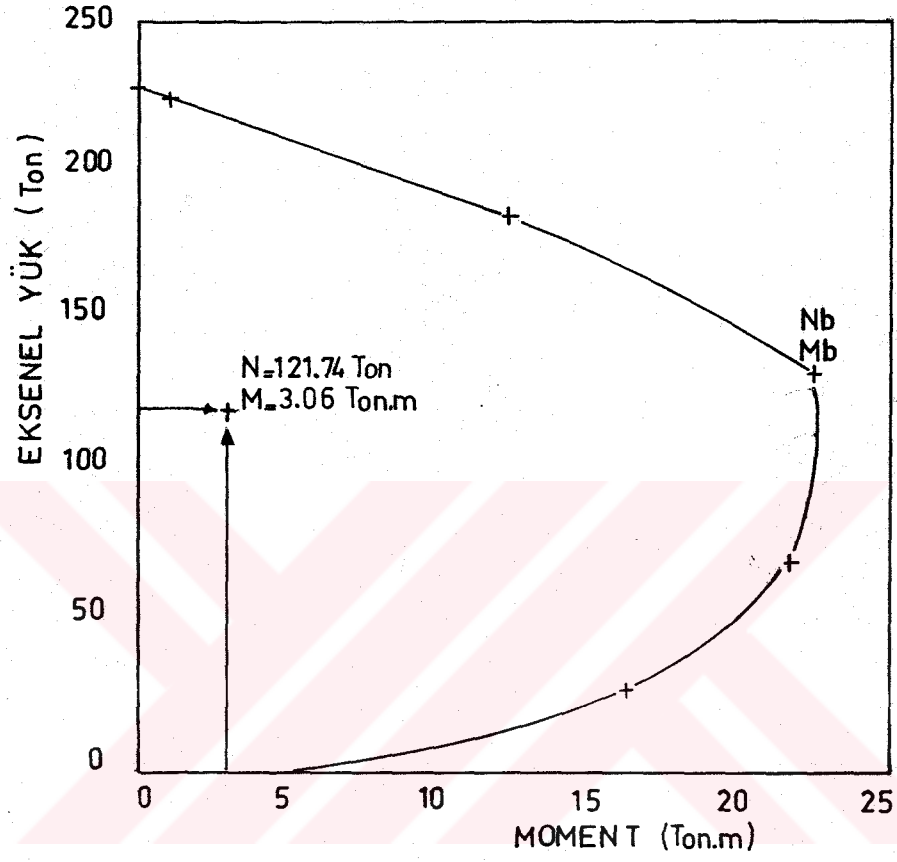
$$F = N = F_c + F_{s3} - F_{s1} - F_{s2} = 37.04 + 8.82 - 8.82 - 5.88 = 31.16 \text{ ton}$$

$$M = F_c x (h/2 - k_1 c / 2) + (F_{s3} + F_{s1}) x d / 2 = 37.04 x 28.63 + 17.64 x 32$$

$$= 1625 \text{ tcm} = 16.25 \text{ tm.}$$

Bulunan değerler yardımıyla ekil 42 de birinci kat S24 kolonuna ait eksenel yük-moment (kolon etkileşim diyağramı) eğrisi çizilmiştir.

Eksenel kolon yükü ve kolon momenti eğrinin içeri-sinde kaldığından bu katta bu kolonun takviyesine gerek yoktur.



Şekil-42 1.Kat S24 Kolonu Eksenel Yük-Moment (N-M) Eğrisi

TABLO 2- 1. KAT KOLON KAPASİTELERİ VE KOLON EKSENEL YÜKLERİ

KOLON NO	ORTALAMA OKUMA	ÖLÇÜLEN MUKAVEMET (kgf/cm ²)	KOLON KESİTİ (cm ²)	DONATI ALANI (cm ²)	KOLON KAPASİTESİ (ton)	EKSENEL KOLON YÜKÜ (ton)	YÜK FARKI (ton)	KOLON MOMENTİ (ton.m)	TAKVİYE GEREKLİMİ
1	2	3	4	5	6	7	8=6-7	9	10
S1	28.60	84.80	1500	12.32	131.65	91.68	39.97	0.86	HAYIR
S2	24.80	56.54	1750	12.32	107.63	122.26	-14.64	Evet	EVET
S3	24.40	51.73	1500	12.32	89.49	91.68	-2.19		"
S4	36.30	148.26	2000	16.08	282.75	168.08	114.67		HAYIR
S5	28.90	84.87	2000	12.32	167.81	198.08	-30.27	0.86	EVET
S6	32.00	112.53	1500	9.24	161.13	173.82	-12.69		"
S7	23.00	47.46	1750	12.32	94.13	197.45	-103.32		"
S8	26.60	69.34	1750	12.32	126.67	180.76	-54.08		"
S9	23.30	49.06	2030	12.32	108.18	38.91	69.27		HAYIR
S10	27.30	72.53	1750	12.32	131.42	125.49	5.93		"
S11	23.40	49.11	1500	9.24	80.26	98.93	-18.66		EVET
S12	26.40	68.26	1500	9.24	104.68	152.30	-47.62		"
S13	31.00	102.40	6235	23.93	588.40	83.64	504.76		HAYIR
S14	22.88	44.80	1500	9.24	74.77	66.65	8.12	0.74	"
S15	23.90	51.73	1500	9.24	83.61	125.72	-42.11	2.01	EVET
S16	21.30	36.20	1500	9.24	63.81	221.75	-157.95	0.21	"
S17	24.60	55.46	1750	12.32	106.03	158.96	-52.93	0.41	"
S18	26.80	70.30	3480	16.08	238.66	142.67	95.98	1.47	HAYIR
S19	22.60	43.20	1740	9.24	100.64	120.45	-19.80	3.03	EVET
S20	28.20	81.60	1500	9.24	140.79	212.70	-71.91	1.41	"
S21	27.40	74.66	1500	9.24	131.94	167.36	-35.42		"
S22	18.20	0.00	1750	12.32	0.00	167.58	-167.58		"
S23	28.00	80.00	1600	8.04	124.16	214.38	-90.22	1.41	"
S24	33.00	117.87	2030	12.32	226.91	121.74	105.17	3.06	HAYIR
S25	25.00	58.56	1750	12.32	110.64	212.13	-101.49	0.41	EVET
S26	21.30	37.33	1750	12.32	79.06	233.55	-154.49	0.86	"
S27	33.90	125.33	1750	12.32	209.96	243.99	-34.03		"
S28	37.20	155.73	1750	12.32	255.18	243.99	11.19		HAYIR
S29	23.60	53.33	1750	12.32	102.86	233.55	-130.69	0.86	EVET
S30	26.80	70.30	1750	12.32	128.10	212.13	-84.03	0.41	"
S31	21.90	35.73	1750	12.32	76.68	131.66	-54.98	1.38	"
S32	25.50	61.33	1750	12.32	114.76	173.84	-59.08		"
S33	24.20	54.44	1750	12.32	104.51	133.80	-29.29		"
S34	32.60	115.20	1750	12.32	194.89	173.84	21.05		HAYIR
S35	30.40	96.68	1750	12.32	167.34	131.66	35.68	1.38	"
S36	21.20	36.27	1740	12.32	77.17	117.93	-40.76	1.28	EVET
S37	27.10	73.60	1740	12.32	132.38	147.81	-15.43	0.90	"
S38	27.30	74.66	1740	12.32	133.95	155.90	-21.95		"
S39	28.10	80.19	2030	16.08	169.08	158.25	10.83	1.28	HAYIR
S40	28.60	84.80	1740	12.32	148.95	155.90	-6.95		EVET
S41	27.50	75.74	1740	12.32	135.55	147.81	-12.26	0.30	"
S42	30.80	103.89	1740	12.32	177.18	117.81	59.37	1.28	HAYIR

TABLO 3- 2. KAT KOLON KAPASİTELERİ VE KOLON EKSENEL YÜKLERİ

KOLON NO	ORTALAMA OKUMA	ÖLÇÜLEN MUKAVEMET (kgf/cm ²)	KOLON KESİTİ (cm ²)	DONATI ALANI (cm ²)	KOLON KAPASİTESİ (ton)	EKSENEL KOLON YÜKÜ (ton)	YÜK FARKI (ton)	KOLON MOMENTİ (ton.m)	TAKVİYE GEREKLİMİ
1	2	3	4	5	6	7	8=6-7	9	10
S1	25.30	59.20	1250	6.16	74.67	79.31	-4.64	0.86	EVET
S2	34.90	135.46	1250	6.16	155.69	105.74	49.96		HAYIR
S3	26.60	70.94	1250	6.16	87.14	79.31	7.84		"
S4	28.00	79.47	1740	9.24	135.19	145.50	-10.31		EVET
S5	26.60	70.94	1740	6.16	116.69	171.20	-54.51	0.86	"
S6	23.40	49.11	1250	6.16	63.94	150.39	-86.45		"
S7	22.00	39.46	1500	6.16	62.08	170.79	-108.71		"
S8	25.00	58.56	1500	6.16	86.43	156.35	-69.92		"
S9	25.90	65.60	1740	6.16	107.91	33.20	74.72		HAYIR
S10	30.50	98.67	1500	6.16	137.57	108.09	29.48		"
S11	21.40	35.31	1250	6.16	49.29	85.04	-35.75		EVET
S12	23.90	52.27	1250	6.16	67.31	181.91	-64.60		"
S13	28.40	82.79	6235	23.93	484.48	72.95	411.54		HAYIR
S14	23.10	47.68	1250	6.16	62.43	57.47	4.94	0.74	"
S15	26.90	70.53	1500	6.16	101.69	110.01	-8.32	2.01	EVET
S16	25.30	60.80	1250	6.16	76.37	192.06	-115.69	0.21	"
S17	30.70	102.28	1500	6.16	142.18	137.45	4.74	0.41	HAYIR
S18	27.30	74.66	3480	16.08	251.55	123.84	127.71	1.47	"
S19	26.00	65.60	1450	6.16	92.62	104.21	-11.59	3.03	EVET
S20	21.00	34.66	1250	6.16	48.60	184.11	-135.51	1.41	"
S21	22.80	45.33	1250	6.16	59.93	144.77	-84.83		"
S22	27.00	72.00	1500	6.16	88.27	144.77	-56.50		"
S23	26.90	71.06	1600	8.04	112.00	185.69	-73.69	1.41	"
S24	31.30	105.06	1740	6.16	167.15	105.23	61.93	3.06	HAYIR
S25	20.00	29.33	1500	6.16	44.00	183.41	-139.41	0.41	EVET
S26	26.60	69.87	1500	6.16	100.85	202.69	-101.85	0.86	"
S27	26.10	65.60	1500	6.16	95.50	212.40	-116.90		"
S28	29.10	80.19	1500	6.16	114.01	212.40	-98.39		"
S29	29.10	80.19	1500	6.16	114.01	202.69	-88.68	0.86	"
S30	26.30	67.52	1500	6.16	97.86	183.41	-85.55	0.41	"
S31	27.80	77.34	1500	6.16	110.38	113.85	-3.47	1.38	"
S32	23.40	49.11	1500	6.16	74.39	150.45	-76.06		"
S33	29.60	91.73	1500	6.16	128.73	115.71	13.02		HAYIR
S34	24.20	54.44	1500	6.16	81.18	150.45	-69.27		EVET
S35	28.20	81.07	1500	6.16	115.13	113.85	1.28	1.38	HAYIR
S36	28.10	80.19	1450	6.16	110.60	101.91	8.69	1.28	"
S37	27.90	78.40	1450	6.16	108.40	128.04	-19.64	0.90	EVET
S38	23.00	48.00	1450	6.16	70.93	134.82	-63.89		"
S39	29.70	91.93	1740	9.24	153.61	136.62	16.99	1.28	HAYIR
S40	30.70	102.82	1450	6.16	138.49	134.82	3.67		"
S41	29.10	88.55	1450	6.16	120.91	128.04	-7.13	0.30	EVET
S42	27.20	74.66	1450	6.16	103.78	101.91	1.87	1.28	HAYIR

TABLO- 4 3. KAT KOLON KAPASİTELERİ VE KOLON EKSENEL YÜKLERİ

KOLON NO	ORTALAMA OKUMA	ÖLÇÜLEN MUKAVEMET (kgf/cm)	KOLON KESİTİ (cm)	DONATI ALANI (cm)	KOLON KAPASİTESİ (ton)	EKSENEL KOLON YÜKÜ (ton)	YÜK FARKI (ton)	KOLON MOMENTİ (ton.m)	TAKVİYE GEREKLİMİ
1	2	3	4	5	6	7	8=6-7	9	10
S1	22.80	45.33	1250	6.16	67.16	67.16	-7.22	0.86	EVET
S2	22.00	41.06	1500	6.16	64.12	89.43	-25.31		"
S3	22.00	41.06	1250	6.16	55.40	67.16	-11.76		"
S4	18.50	0.00	1740	9.24	0.00	123.16	-123.16		"
S5	23.70	53.57	1740	6.16	91.00	144.56	-53.56	0.86	"
S6	21.60	38.40	1250	6.16	52.57	127.19	-74.62		"
S7	26.50	69.61	1500	6.16	100.52	144.36	-43.84		"
S8	20.50	33.60	1500	6.16	54.61	132.15	-77.54		"
S9	22.00	41.06	1740	6.16	72.50	27.75	44.75		HAYIR
S10	20.40	33.22	1500	6.16	54.13	90.92	-36.79		EVET
S11	21.50	38.14	1250	6.16	52.29	75.87	-23.58		"
S12	26.10	65.60	1250	6.16	81.47	111.75	-30.28		"
S13	22.80	45.33	6235	22.93	285.95	62.25	223.70		HAYIR
S14	19.30	0.00	1250	6.16	0.00	124.26	-124.26	0.74	EVET
S15	21.00	36.26	1500	6.16	58.00	94.31	-36.31	2.01	"
S16	20.00	29.33	1250	6.16	44.00	162.60	-118.60	0.21	"
S17	21.80	38.40	1500	6.16	60.73	116.16	-55.93	0.41	"
S18	24.40	54.40	3480	16.08	191.63	105.02	88.61	1.47	HAYIR
S19	24.30	54.36	1450	6.16	78.77	88.22	-9.45	3.03	EVET
S20	26.20	66.66	1250	6.16	82.60	155.73	-73.13	1.41	"
S21	21.00	35.20	1250	6.16	49.17	122.42	-73.25		"
S22	21.30	36.27	1500	6.16	58.01	123.09	-65.06		"
S23	20.40	33.22	1600	8.04	60.54	156.99	-96.45	1.41	"
S24	12.00	0.00	1740	6.16	0.00	88.98	-88.98	3.06	"
S25	22.70	44.54	1500	6.16	68.56	155.06	-86.50	0.41	"
S26	22.90	46.93	1500	6.16	71.66	172.07	-100.46	0.86	"
S27	23.50	50.96	1500	6.16	76.74	181.04	-104.29		"
S28	20.00	29.33	1500	6.16	44.00	181.04	-137.04		"
S29	21.20	37.34	1500	6.16	59.37	172.07	-112.69	0.86	"
S30	21.40	36.37	1500	6.16	58.14	155.06	-96.92	0.41	"
S31	22.40	43.73	1500	6.16	67.53	96.27	-28.74	1.38	"
S32	25.10	56.54	1500	6.16	83.86	127.29	-43.43		"
S33	19.10	0.00	1500	6.16	0.00	97.85	-97.85		"
S34	16.60	0.00	1500	6.16	0.00	127.29	-127.29		"
S35	16.80	0.00	1500	6.16	0.00	96.97	-96.97	1.38	"
S36	19.60	0.00	1450	6.16	0.00	86.15	-86.15	1.28	"
S37	22.50	38.40	1450	6.16	59.10	108.53	-49.43	0.90	"
S38	26.90	71.06	1450	6.16	99.35	114.00	-14.65		"
S39	22.30	41.06	1740	9.24	78.39	115.22	-36.84	1.28	"
S40	23.10	47.46	1450	6.16	70.26	114.00	-43.74		"
S41	21.00	35.73	1450	6.16	55.80	108.53	-52.72	0.30	"
S42	21.20	35.73	1450	6.16	55.80	86.15	-30.34	1.28	"

TABLO- 5 4. KAT KOLON KAPASİTELERİ VE KOLON EKSENEL YÜKLERİ

KOLON NO	ORTALAMA OKUMA	ÖLÇÜLEN MUKAVEMET (kgf/cm)	KOLON KESİTİ (cm)	DONATI ALANI (cm)	KOLON KAPASİTESİ (ton)	EKSENEL KOLON YÜKÜ (ton)	YÜK FARKI (ton)	KOLON MOMENTİ (ton.m)	TAKVİYE GEREKLİMİ
1	2	3	4	5	6	7	8=6-7	9	10
S1	28.60	38.97	1250	6.16	53.14	55.00	-1.86	0.86	EVET
S2	22.30	39.46	1500	6.16	62.08	73.13	-11.05		"
S3	27.50	75.74	1250	6.16	92.24	55.00	37.24		HAYIR
S4	22.80	45.33	1740	9.24	84.69	100.83	-16.14		EVET
S5	23.20	48.32	1740	6.16	83.24	117.92	-34.68	0.86	"
S6	25.30	59.20	1250	6.16	74.67	103.98	-29.31		"
S7	28.00	80.00	1500	6.16	113.77	117.94	-4.15		"
S8	26.40	68.26	1500	6.16	98.800	107.96	-9.16		"
S9	26.10	65.60	1740	6.16	108.79	22.31	86.48		HAYIR
S10	25.60	61.33	1500	6.16	89.97	73.74	16.33		"
S11	28.90	84.87	1250	6.16	101.97	62.21	39.73		"
S12	27.00	72.53	1250	6.16	88.83	91.50	-2.67		EVET
S132	27.00	72.53	6235	23.93	430.10	51.451	378.65		HAYIR
S14	27.50	75.74	1250	6.16	92.24	40.25	51.99	0.74	"
S15	26.40	68.26	1500	6.16	98.80	78.60	20.20	2.01	"
S16	28.10	80.19	1250	6.16	96.97	133.14	-36.17	0.21	EVET
S17	26.10	65.60	1500	6.16	95.41	94.88	0.53	0.41	HAYIR
S18	20.53	33.60	3480	16.08	130.09	86.19	43.90	1.47	"
S19	27.80	77.34	1450	6.16	107.09	72.23	34.86	3.03	"
S20	27.10	73.60	1250	6.16	89.97	127.35	-37.38	1.41	EVET
S21	29.60	91.73	1250	6.16	109.23	100.05	9.18		HAYIR
S22	26.00	65.60	1500	6.16	95.41	100.50	-5.09		EVET
S23	26.90	70.15	1600	8.04	110.76	128.30	-17.54	1.41	"
S24	25.20	60.26	1740	6.16	100.89	72.74	28.15	3.06	HAYIR
S25	29.20	88.68	1500	6.16	124.84	126.71	-1.87	0.41	EVET
S26	29.60	91.73	1500	6.16	128.73	141.44	-12.71	0.86	"
S27	26.00	65.60	1500	6.16	95.41	149.67	-54.26		"
S28	24.20	54.44	1500	6.16	81.18	149.67	-68.49		"
S29	25.40	60.26	1500	6.16	88.60	141.44	-52.84	0.86	"
S30	24.70	56.54	1500	6.16	83.85	126.71	-42.85	0.41	"
S31	26.80	70.83	1500	6.16	102.08	78.69	23.39	1.38	HAYIR
S32	29.70	91.93	1500	6.16	128.98	104.13	24.85		"
S33	26.40	68.26	1500	6.16	98.80	79.80	19.00		"
S34	26.70	68.87	1500	6.16	100.85	104.13	-3.28		EVET
S35	25.40	60.26	1500	6.16	88.59	78.69	9.90	1.38	HAYIR
S36	26.30	67.52	1450	6.16	94.99	70.38	24.61	1.28	"
S37	25.00	58.56	1450	6.16	83.94	89.01	-5.06	0.90	EVET
S38	27.30	74.66	1450	6.16	103.79	93.18	10.61		HAYIR
S39	20.80	34.66	1740	9.24	68.91	93.60	-24.69	1.28	EVET
S40	27.90	78.40	1450	6.16	108.39	93.18	15.22		HAYIR
S41	27.40	74.66	1450	6.16	103.79	89.01	14.78	0.30	"
S42	26.00	65.60	1450	6.16	92.62	70.38	22.24	2.28	"

TABLO-6- 5. KAT KOLON KAPASİTELERİ VE KOLON EKSENEL YÜKLERİ

KOLON NO	ORTALAMA OKUMA	ÖLÇÜLEN MUKAVEMET (kgf/cm)	KOLON KESİTİ (cm)	DONATI ALANI (cm)	KOLON KAPASİTESİ (ton)	EKSENEL KOLON YÜKÜ (ton)	YÜK FARKI (ton)	KOLON MOMENTİ (ton.m)	TAKVİYE GEREKLİMİ
1	2	3	4	5	6	7	8=6-7	9	10
S1	27.10	73.47	1250	6.16	89.83	42.86	46.97	0.86	HAYIR
S2	29.10	88.55	1500	6.16	124.67	56.07	68.60		"
S3	27.30	74.66	1250	6.16	91.09	42.86	48.24		"
S4	28.30	82.13	1740	9.24	139.12	78.50	60.62		"
S5	28.70	84.80	1740	6.16	137.18	91.28	45.90	0.86	"
S6	29.00	89.06	1250	6.16	106.39	80.77	25.62		"
S7	25.10	58.14	1500	6.16	85.89	91.50	-5.60		EVET
S8	28.20	80.32	1500	6.16	114.18	83.76	30.42		HAYIR
S9	31.50	106.66	1740	6.16	169.52	16.86	152.66		"
S10	29.40	83.20	1500	6.16	117.85	56.56	61.29		"
S11	27.60	77.34	1250	6.16	93.94	48.54	45.40		"
S12	26.80	69.87	1250	6.16	86.00	71.43	14.57		"
S13	28.70	84.80	6235	23.93	495.13	40.71	454.42		"
S14	24.00	54.94	1250	6.16	70.14	31.29	38.85	0.74	"
S15	22.90	46.93	1500	6.16	71.61	62.90	8.71	2.01	"
S16	27.40	74.66	1250	6.16	91.10	103.68	-12.58	0.21	EVET
S17	23.40	82.79	1500	6.16	117.33	74.34	42.99	0.41	HAYIR
S18	28.50	84.80	3480	16.08	281.55	67.37	214.18	1.47	"
S19	17.00	0.00	1450	6.16	0.00	56.24	-56.24	3.03	EVET
S20	26.60	69.87	1250	6.16	86.00	98.97	-12.97	1.41	"
S21	19.40	0.00	1250	6.16	0.00	77.69	-77.69		"
S22	23.20	48.45	1500	6.16	73.54	77.91	-4.37		"
S23	23.30	49.06	1600	8.04	82.08	99.60	-17.52	1.41	"
S24	25.30	60.80	1740	6.16	101.69	56.49	45.20	3.06	HAYIR
S25	24.40	55.46	1500	6.16	82.48	98.36	-15.88	0.41	EVET
S26	21.70	38.40	1500	6.16	60.73	110.81	-50.08	0.86	"
S27	31.27	104.00	1500	6.16	144.37	118.31	26.06		HAYIR
S28	28.00	80.00	1500	6.16	113,77	118.31	-4.54		"
S29	25.40	60.26	1500	6.16	88.60	110.81	-22.21	0.86	"
S30	27.90	78.40	1500	6.16	111.73	98.36	13.37	0.41	HAYIR
S31	27.00	72.00	1500	6.16	103.57	61.11	42.46	1.38	"
S32	26.20	66.56	1500	6.16	96.63	80.97	15.66		"
S33	21.70	38.40	1500	6,16	60.73	62.12	-1.39		EVET
S34	25.00	58.56	1500	6.16	86.43	80.97	5.46		HAYIR
S35	24.80	58.12	1500	6.16	85.87	61.11	24.76	1.38	"
S36	21.30	37.33	1450	6.16	57.78	54.62	3.16	1.28	"
S37	22.50	43.20	1450	6.16	65.00	69.50	-4.50	0.90	EVET
S38	20.30	30.93	1450	6.16	49.89	72.36	-22.47		"
S39	21.20	37.33	1740	9,24	72.86	71.99	0.87	1.28	HAYIR
S40	21.60	38.40	1740	6.16	68.56	72.36	-3.80		EVET
S41	22.60	43.20	1740	6.16	75.66	69.50	6.16	0.30	HAYIR
S42	24.70	56.54	1740	6.16	95.39	54.62	40.77	1.28	"

TABLO 7- 6. KAT KOLON KAPASİTELERİ VE KOLON EKSENEL YÜKLERİ

KOLON NO	ORTALAMA OKUMA	ÖLÇÜLEN MUKAVEMET (kgf/cm ²)	KOLON KESİTİ (cm ²)	DONATI ALANI (cm ²)	KOLON KAPASİTESİ (ton)	EKSENEL KOLON YÜKÜ (ton)	YÜK FARKI (ton)	KOLON MOMENTİ (ton.m)	TAKVİYE GEREKLİMİ
1	2	3	4	5	6	7	8=6-7	9	10
S1	29.80	93.33	1250	6.16	110.93	30.71	80.22	0.86	HAYIR
S2	31.60	107.74	1250	6.16	126.24	39.76	86.48		"
S3	30.80	103.36	1250	6.16	121.59	30.71	90.88		"
S4	21.30	30.94	1740	6.16	57.53	56.16	1.37		"
S5	28.90	85.40	1250	6.16	102.51	64.07	37.44	0.86	"
S6	31.30	105.06	1250	6.16	123.40	57.57	65.83		"
S7	30.20	95.99	1250	6.16	113.76	65.07	48.69		"
S8	29.50	90.13	1250	6.16	107.53	59.57	47.96		"
S9	23.70	52.50	1450	6.16	76.48	12.98	63.50		"
S10	23.20	48.45	1250	6.16	63.25	39.39	23.85		"
S11	29.50	93.87	1250	6.16	111.51	34.87	76.64		"
S12	34.10	130.67	1250	6.16	150.61	51.27	99.34		"
S13	31.20	104.00	6235	23.93	596.88	30.01	566.87		"
S14	33.70	125.33	1250	6.16	144.93	22.26	122.57	0.74	"
S15	27.60	77.34	1250	6.16	93.94	38.18	55.76	2.01	"
S16	21.30	30.94	1250	6.16	44.64	74.22	-29.58	0.21	EVET
S17	27.30	74.66	1250	6.16	91.09	53.06	38.03	0.41	HAYIR
S18	29.20	88.68	3480	12.06	285.35	48.54	236.81	1.47	"
S19	29.10	88.55	1450	6.16	120.91	40.25	80.66	3.03	"
S20	30.10	95.09	1250	6.16	112.80	70.59	42.21	1.41	"
S21	25.40	60.26	1250	6.16	75.80	55.32	20.48		"
S22	28.10	80.19	1250	6.16	96.97	55.32	41.65		"
S23	28.20	80.32	1600	8.04	124.59	70.91	53.68	1.41	"
S24	28.10	80.19	1450	6.16	110.60	40.25	70.35	3.06	"
S25	26.80	69.87	1250	6.16	86.00	70.00	16.00	0.41	"
S26	32.90	120.53	1250	6.16	139.83	80.18	59.65	0.86	"
S27	29.80	93.33	1250	6.16	110.93	86.94	23.99		"
S28	27.00	72.00	1250	6.16	88.27	86.94	1.33		"
S29	25.50	61.33	1250	6.16	76.93	80.18	-3.25	0.86	EVET
S30	23.40	49.11	1250	6.16	63.95	70.00	-6.25	0.41	"
S31	31.10	105.06	1250	6.16	123.40	43.53	79.87	1.38	HAYIR
S32	28.30	82.13	1250	6.16	99.03	57.81	41.22		"
S33	29.00	88.53	1250	6.16	105.83	44.25	61.58		"
S34	25.30	59.20	1250	6.16	74.67	57.81	16.86		"
S35	27.70	76.29	1250	6.16	92.82	43.53	49.30	1.38	"
S36	31.70	109.34	1450	6.16	146.53	38.85	107.68	1.28	"
S37	30.20	95.99	1450	6.16	130.08	49.98	80.10	0.90	"
S38	24.90	58.11	1450	6.16	83.39	51.54	31.85		"
S39	30.50	100.27	1450	6.16	135.35	50.37	84.98	1.28	"
S40	22.80	45.33	1450	6.16	67.64	51.54	16.10		"
S41	23.70	53.03	1450	6.16	77.13	49.98	27.15	0.30	"
S42	21.80	33.07	1450	6.16	52.53	38.85	13.68	1.28	"

TABLO-8- 7. KAT KOLON KAPASİTELERİ VE KOLON EKSENEL YÜKLERİ

KOLON NO	ORTALAMA OKUMA	ÖLÇÜLEN MUKAVEMET (kgf/cm ²)	KOLON KESİTİ (cm ²)	DONATI ALANI (cm ²)	KOLON KAPASİTESİ (ton)	EKSENEL KOLON YÜKÜ (ton)	YÜK FARKI (ton)	KOLON MOMENTİ (ton.m)	TAKVİYE GEREKLİMİ
1	2	3	4	5	6	7	8=6-7	9	10
S1	27.00	72.00	1250	6.16	88.27	18.55	69.72	0.86	HAYIR
S2	23.50	50.42	1250	6.16	65.34	23.69	41.65		"
S3	24.90	58.11	1250	6.16	73.52	18.55	54.96		"
S4	17.80	0.00	1740	6.16	0.00	33.83	-33.83		EVET
S5	19.20	0.00	1250	6.16	0.00	38.87	-38.87	0.86	"
S6	23.60	52.27	1250	6.16	67.31	34.37	32.94		HAYIR
S7	19.30	0.00	1250	6.16	0.00	38.87	-38.87		EVET
S8	18.60	0.00	1250	6.16	0.00	35.67	-35.67		"
S9	22.60	43.20	1450	6.16	65.01	7.79	52.22		HAYIR
S10	22.70	44.53	1250	6.16	59.08	22.44	36.64		"
S11	27.40	74.66	1250	6.16	91.10	21.21	69.89		"
S12	33.30	122.67	1250	6.16	142.11	31.11	111.00		"
S13	23.30	49.06	6235	23.93	305.72	19.32	286.40		"
S14	22.00	41.06	1250	6.16	55.40	13.31	42.09	0.74	"
S15	16.70	0.00	1250	6.16	0.00	22.70	-22.70	2.01	EVET
S16	27.70	76.29	1250	6.16	92.83	44.76	48.07	0.21	HAYIR
S17	26.40	68.26	1250	6.16	84.30	31.99	52.31	0.41	"
S18	19.90	0.00	3480	12.06	0.00	29.72	-29.72	1.47	EVET
S19	23.70	53.03	1450	6.16	77.13	24.26	52.87	3.03	HAYIR
S20	21.00	36.26	1250	6.16	50.30	42.21	8.09	1.41	"
S21	22.60	43.20	1250	6.16	57.67	32.96	24.71		"
S22	22.80	45.87	1250	6.16	60.51	32.96	27.55		"
S23	20.80	34.09	1600	8.04	58.13	42.53	15.60	1.41	"
S24	19.30	0.00	1450	6.16	0.00	24.26	-24.26	3.06	EVET
S25	19.40	0.00	1250	6.16	0.00	41.88	-41.88	0.41	"
S26	30.00	94.93	1250	6.16	112.63	49.77	62.86	0.86	HAYIR
S27	19.80	0.00	1250	6.16	0.00	55.80	-55.80		EVET
S28	21.60	38.40	1250	6.16	52.57	55.80	-3.00		"
S29	20.50	33.06	1250	6.16	46.89	49.77	-2.87	0.86	"
S30	18.10	0.00	1250	6.16	0.00	41.88	-41.88	0.41	"
S31	24.10	0.00	1250	6.16	0.00	26.18	-26.18	1.38	"
S32	30.10	95.09	1250	6.16	112.80	34.88	77.92		HAYIR
S33	29.40	83.20	1250	6.16	100.17	26.61	73.56		"
S34	31.40	107.74	1250	6.16	126.24	34.88	91.36		"
S35	17.60	0.00	1250	6.16	0.00	26.18	-26.18	1.38	EVET
S36	16.40	0.00	1450	6.16	0.00	23.09	-23.09	1.28	"
S37	19.80	0.00	1450	6.16	0.00	30.47	-30.47	0.90	"
S38	23.60	52.26	1450	6.16	76.18	30.72	45.46		HAYIR
S39	20.50	33.06	1450	6.16	52.52	29.01	23.51	1.28	"
S40	30.50	99.74	1450	6.16	134.70	30.72	103.98		"
S41	19.40	0.00	1450	6.16	0.00	30.47	-30.47	0.30	EVET
S42	14.00	0.00	1450	6.16	0.00	23.09	-23.09	1.28	"

TABLO- 9- 8. KAT KOLON KAPASİTELERİ VE KOLON EKSENEL YÜKLERİ

KOLON NO	ORTALAMA OKUMA	HESAP MUKAVEMETİ (kgf/cm ²)	KOLON KESİTİ (cm ²)	DONATI ALANI (cm ²)	KOLON KAPASİTESİ (ton)	EKSENEL KOLON YÜKÜ (ton)	YÜK FARKI (ton)	KOLON MOMENTİ (ton.m)	TAKVİYE GEREKLİMİ
1	2	3	4	5	6	7	8=6-7	9	10
S1	-	95.00	1250	6.16	112.70	6.41	106.29	0.45	(*)
S2	-	95.00	1250	6.16	112.70	7.61	105.09	-	
S3	-	95.00	1740	6.16	152.27	6.41	145.86	-	
S4	-	95.00	1250	6.16	112.70	11.49	101.21	-	
S5	-	95.00	1250	6.16	112.70	12.66	100.04	0.45	
S6	-	95.00	1250	6.16	112.70	11.16	101.54	-	
S7	-	95.00	1250	6.16	112.70	12.66	100.04	0.45	
S8	-	95.00	1450	6.16	128.85	11.70	117.15	-	
S9	-	95.00	1250	6.16	112.70	2.60	110.10	-	
S10	-	95.00	1250	6.16	112.70	5.49	107.21	-	
S11	-	95.00	1250	6.16	112.70	7.55	105.15	-	0.48
S12	-	95.00	1250	6.16	112.70	10.95	101.75	-	
S13	-	95.00	6235	23.93	549.18	8.63	540.55	-	
S14	-	95.00	1250	6.16	112.70	4.35	108.35	0.48	
S15	-	95.00	1250	6.16	112.70	7.22	105.48	1.35	
S16	-	95.00	1250	6.16	112.70	15.30	97.40	0.11	
S17	-	95.00	1250	6.16	112.70	10.95	101.75	0.03	
S18	-	95.00	3480	12.06	304.04	10.89	293.15	2.40	
S19	-	95.00	1450	6.16	128.85	8.27	120.58	2.73	
S20	-	95.00	1250	6.16	112.70	13.83	98.87	0.70	
S21	-	95.00	1250	6.16	112.70	10.59	102.11	-	0.41
S22	-	95.00	1250	6.16	112.70	10.59	102.11	-	
S23	-	95.00	1600	8.04	144.56	14.14	130.42	0.70	
S24	-	95.00	1450	6.16	128.85	8.27	120.58	2.73	
S25	-	95.00	1250	6.16	112.70	13.76	98.94	0.41	
S26	-	95.00	1250	6.16	112.70	19.37	93.33	0.48	
S27	-	95.00	1250	6.16	112.70	24.66	88.04	-	
S28	-	95.00	1250	6.16	112.70	24.66	88.04	-	
S29	-	95.50	1250	6.16	112.70	19.37	93.33	0.48	
S30	-	95.00	1250	6.16	112.70	13.71	98.99	0.41	
S31	-	95.00	1250	6.16	112.70	8.82	103.88	-	0.57
S32	-	95.00	1250	6.16	112.70	11.94	100.76	-	
S33	-	95.00	1250	6.16	112.70	7.47	105.23	-	
S34	-	95.00	1250	6.16	112.70	11.94	100.76	-	
S35	-	95.00	1250	6.16	112.70	8.82	103.88	-	
S36	-	95.00	1450	6.16	128.85	7.32	121.53	-	
S37	-	95.00	1450	6.16	128.85	10.95	117.90	0.57	
S38	-	95.00	1450	6.16	128.85	9.90	118.95	-	
S39	-	95.00	1450	6.16	128.85	7.65	121.20	0.62	
S40	-	95.00	1450	6.16	128.85	9.90	118.95	-	
S41	-	95.00	1450	6.16	128.85	10.95	117.90	0.57	0.57
S42	-	95.00	1450	6.16	128.85	7.32	121.53	-	

Not(*):8.Katin betonu dökülü olmadığından bu katta standartlara uygun BS14(B160) kalitesinde beton dökülmelidir.

Tablo 2,3,4... ve 9 dan elde edilen sonuçlara göre hangi katlarda hangi kolonların takviye edileceği tablo 10 da işaretlenmiştir. Ayrıca şekil 43,44,45,46,47,48 ve 49da takviye edilecek kolonların takviye kalıp planları verilmiştir. Tablo 11 de de kolon takviye yükleri verilmiştir. Takviye yükleri bulunurken takviyeli kesitin % 90 verimle çalışacağı kabul edilmiş, buna göre tablo 2,3,4... 9'daki negatif olan yük farkları 1.11 katsayısıyla çarpılarak tablo 11 düzenlenmiştir. Tablo 11 deki takviye yüklerine göre takviye hesapları yapılmış ve gerekli kesitler bulunmuştur.

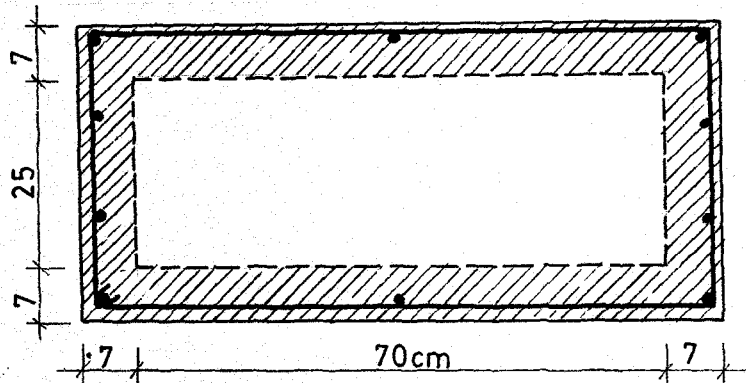
Ancak minimum 7 cm. lik et kalınlığında bir beton manto tabakası uygulanacağı kabul edilmiştir. Kolon takviye kesitleri ve takviye donatıları tablo 12 de verilmiştir. Tablo 12 deki sonuçların nasıl bulunduğu açıklık getirmek amacıyla birinci kat S2 kolonunun hesabı aşağıda verilmiştir. Diğer bütün kolonlar benzer şekilde hesaplanmıştır. Şekil 50 de ise uygulanacak olan takviye detayları verilmiştir.

1. Kat S2 nolu kolonun hesabı:

Takviye yükü: $N=16.27$ ton

Beton basınç mukavemeti: $f_{cd}=130 \text{ kgf/cm}^2$ (BS20)

Gerekli Kesit: $A_c=N/(\phi \cdot f_{cd})=16.27/(\phi \cdot 130)=139 \text{ cm}^2$



Minimum kesit alanı: 7 cm lik manto tabakası dikkate alınır ; $MinA_c=2 \times (70+14) \times 7 + 2 \times 25 \times 7 = 1526 \text{ cm}^2$

$MinDonatı = \rho_{min} = 0.008$ alınır,

$MinA_{st} = minA_c \times \rho_{min} = 1526 \times 0.008 = 12.21 \text{ cm}^2$

Seçilen kesit $> minA_c$ olması şartından 1526 cm^2 lik kesit seçilmiştir. Donatı olarak 8 $\phi 14$ - 2 $\phi 12$ seçilmiştir.

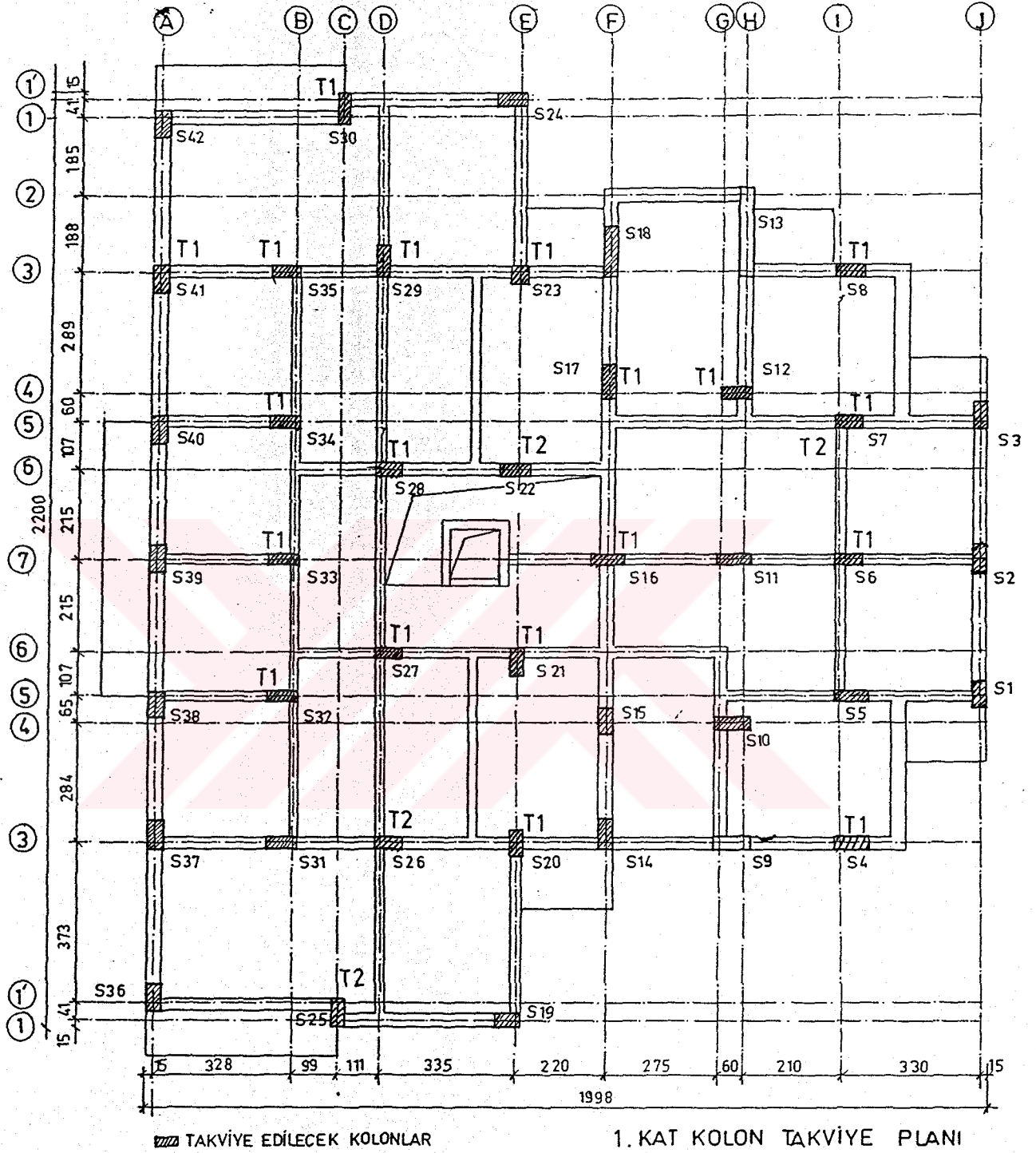
$min A_{st} = 12.21 \text{ cm}^2 < \text{seçilen donatı} = 14.58 \text{ cm}^2$.

TABLO 10. TAKVİYE YAPILACAK KOLONLAR

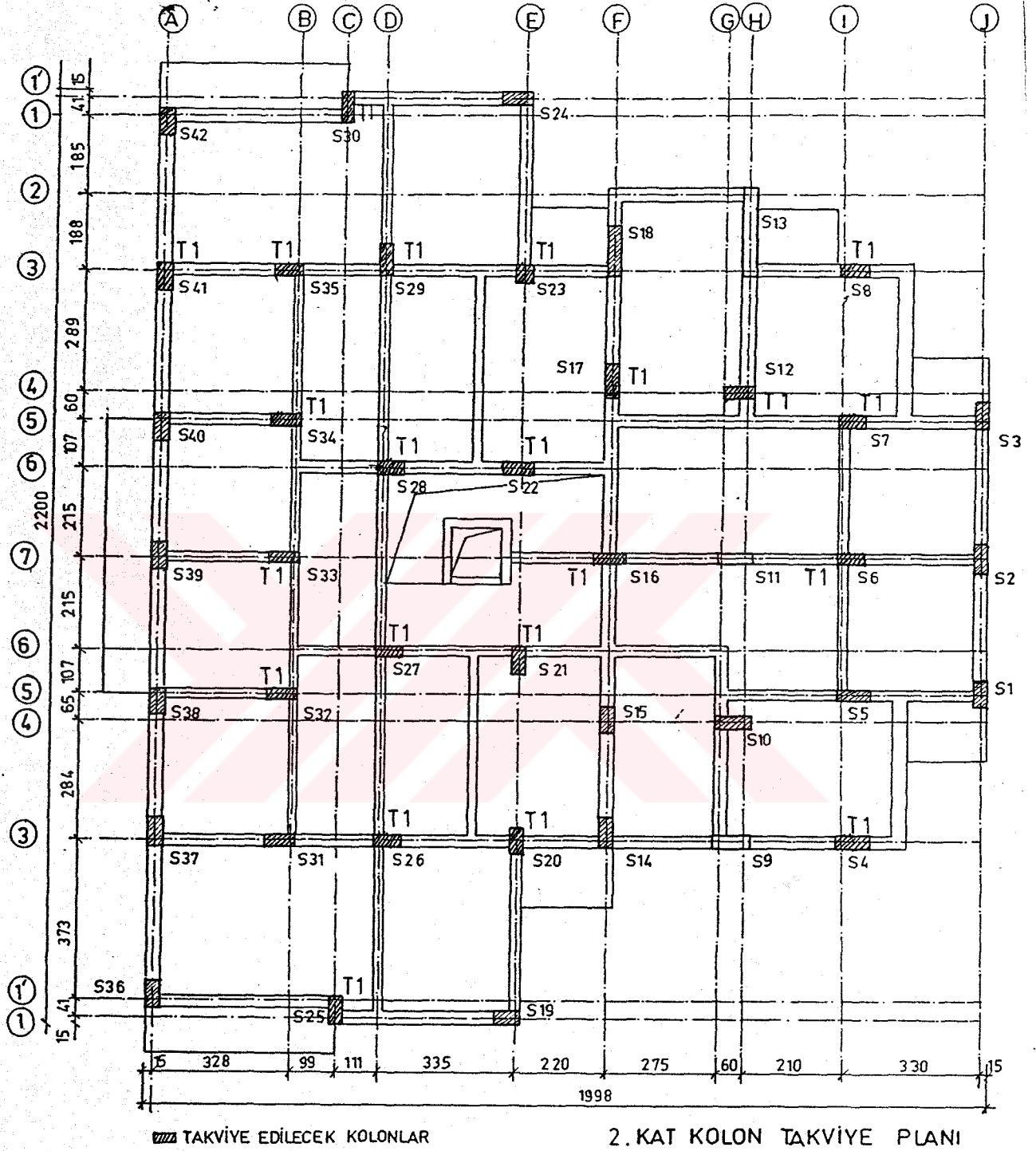
KATLAR KOLONLAR	1.KAT	2.KAT	3.KAT	4.KAT	5.KAT	6.KAT	7.KAT	8.KAT
S1	X	*	*	*				
S2	*	X	*	*				
S3	*	X	*					
S4	X	*	*	*	X	X	*	
S5	*	*	*	*	X	X	*	
S6	*	*	*	*				
S7	*	*	*	*	*	X	*	
S8	*	*	*	*	X	X	*	
S9								
S10	X	X	*					
S11	*	*	*					
S12	*	*	*	*				
S13								
S14	X	X	*					
S15	*	*	*	X	X	X	*	
S#6	*	*	*	*	*	*		
S17	*	X	*					
S18	X	X	X	X	X	X	*	
S19	*	*	*	X	*			
S20	*	*	*	*	*			
S21	*	*	*	X	*			
S22	*	*	*	*	*			
S23	*	*	*	*	*			
S24	X	X	*	X	X	X	*	
S25	*	*	*	*	*	X	*	
S26	*	*	*	*	*			
S27	*	*	*	*	X	X	*	
S28	X	*	*	*	*	X	*	
S29	*	*	*	*	*	*	*	
S30	*	*	*	*	X	*	*	
S31	*	*	*	X	X	X	*	
S32	*	*	*					
S33	*	X	*	X	*			
S34	X	X	*	*				
S35	X	X	*	X	X	X	*	
S36	*	X	*	X	X	X	*	
S37	*	*	*	*	*	X	*	
S38	*	X	*	X	*			
S39	X	X	*	*				
S40	*	X	*	X	*			
S41	*	*	*	X	X	X	*	
S42	X	X	*	X	X	X	*	

* : Kolon taşıma gücünün yetersizliğinden dolayı takviye

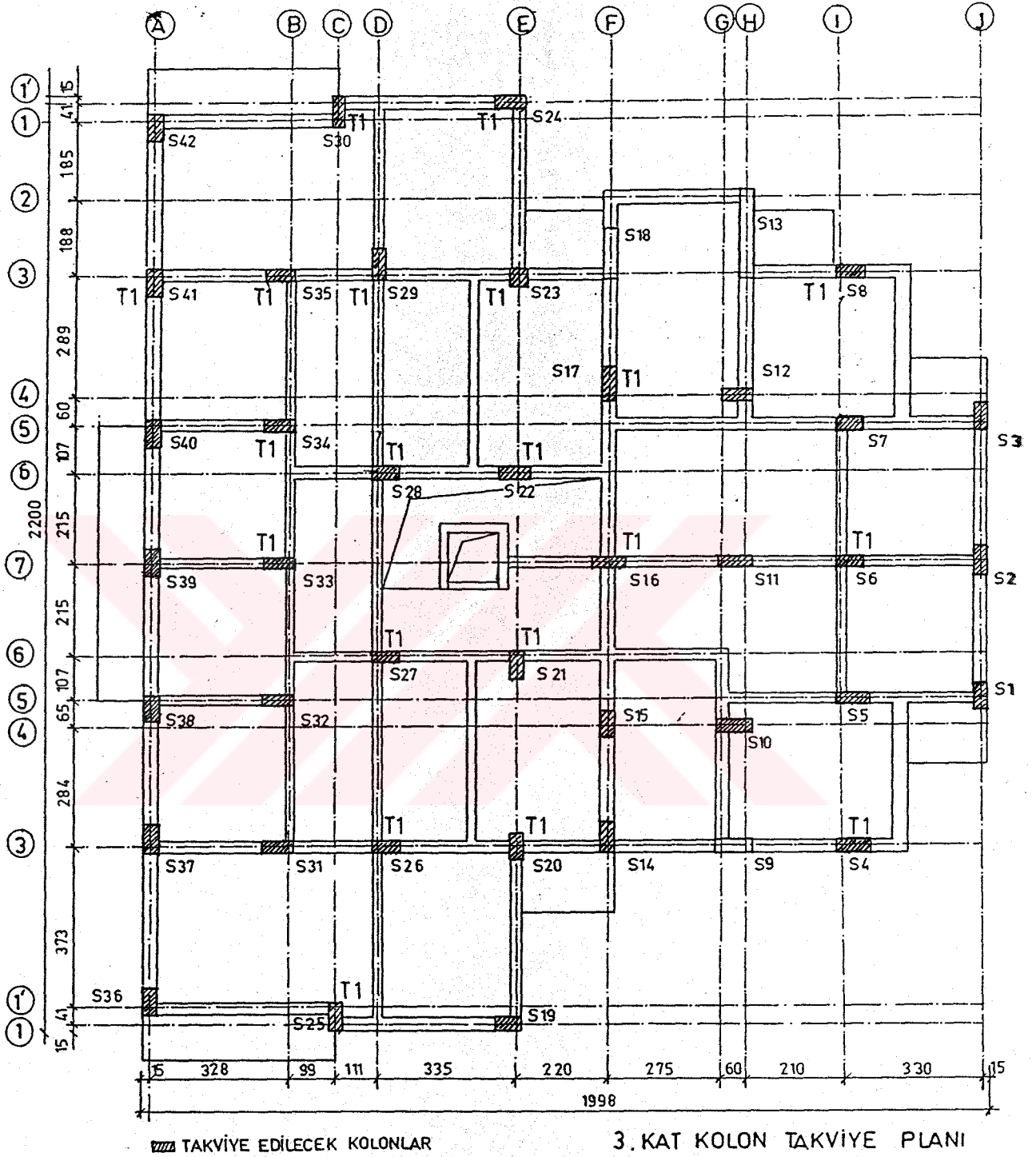
X : Üst kat kolon takviyesinden dolayı takviye



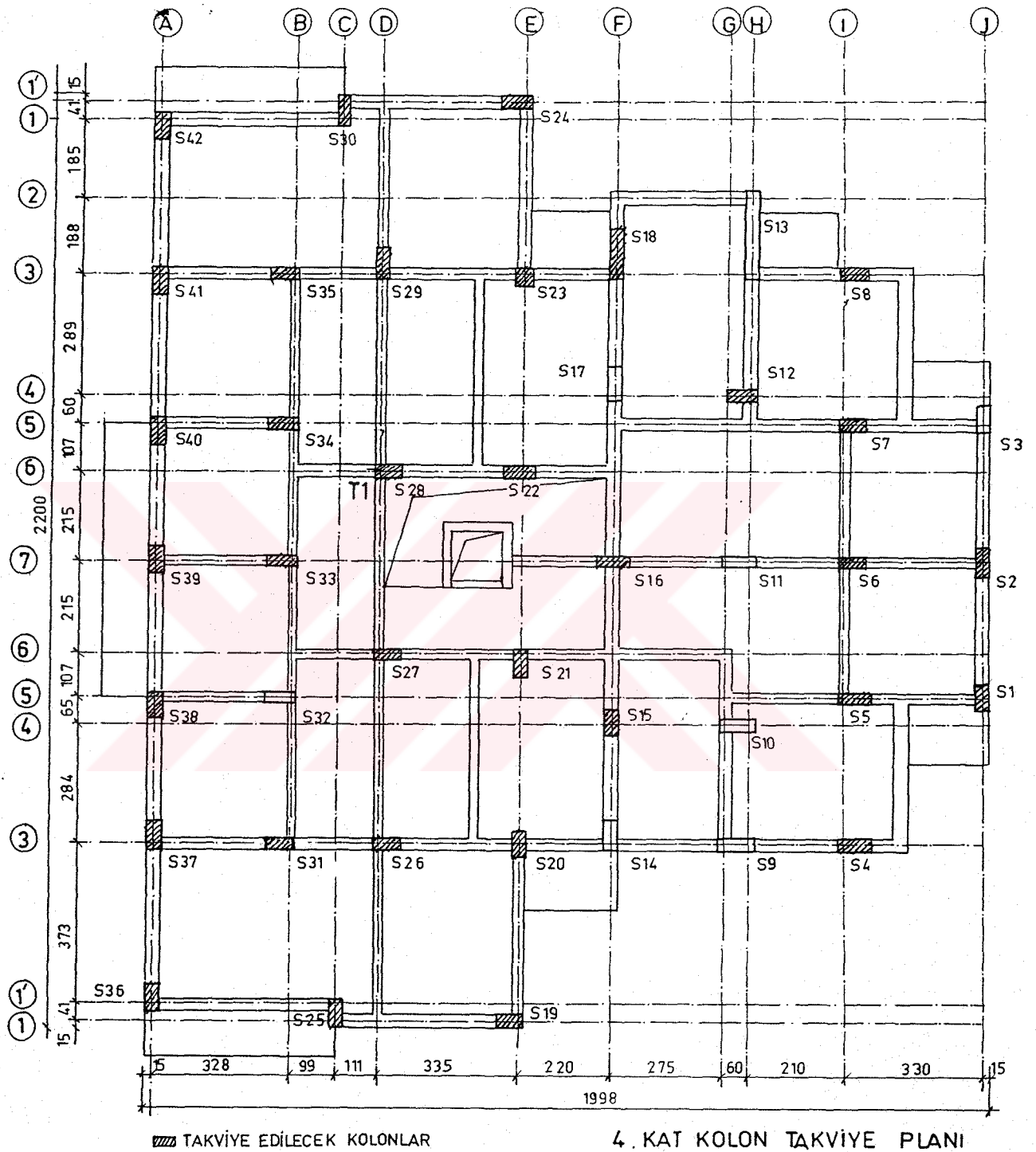
Şekil-43 1.Kat Takviye Kalıp Planı



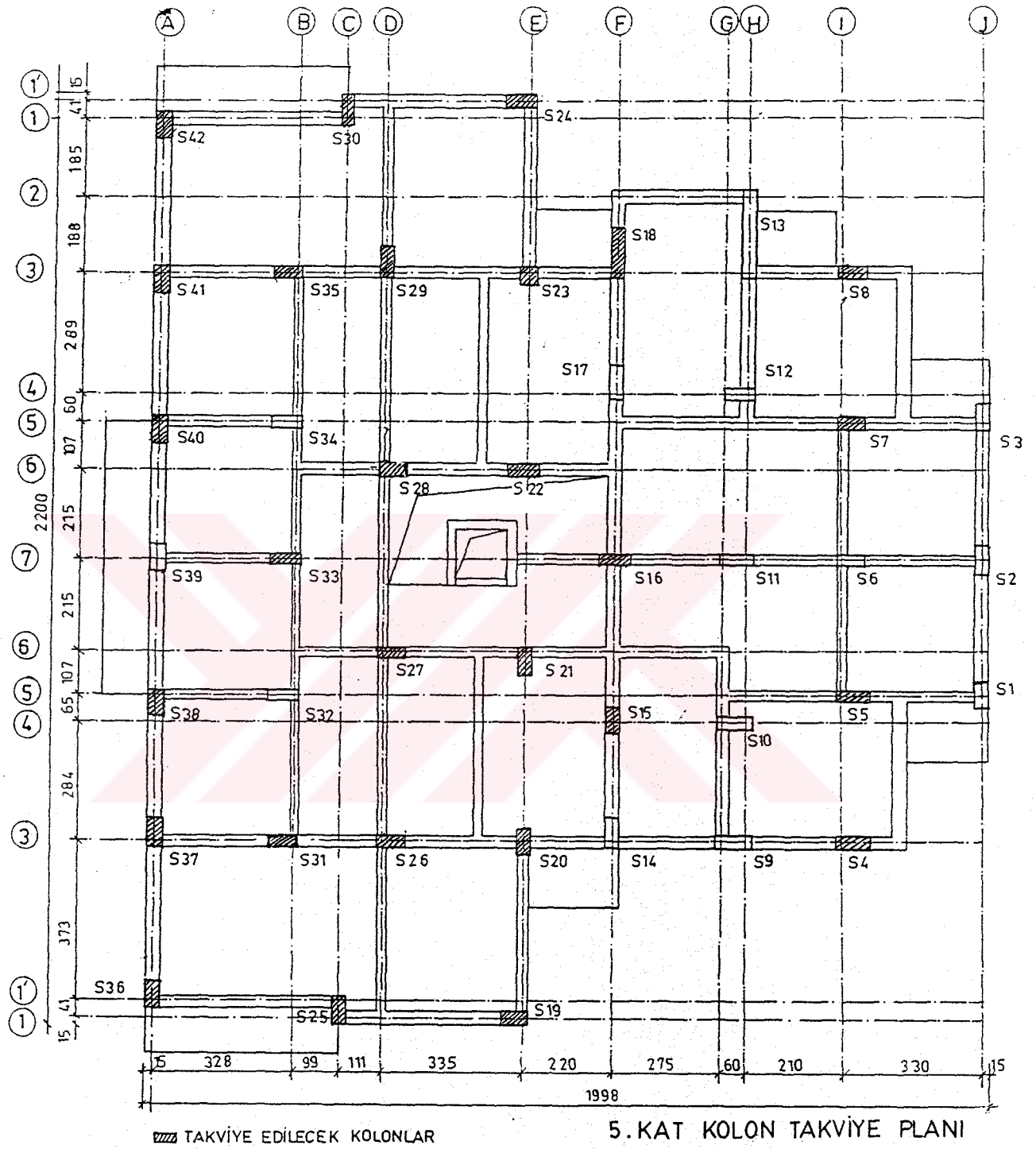
Şekil-44 2.Kat Takviye Kalıp Planı



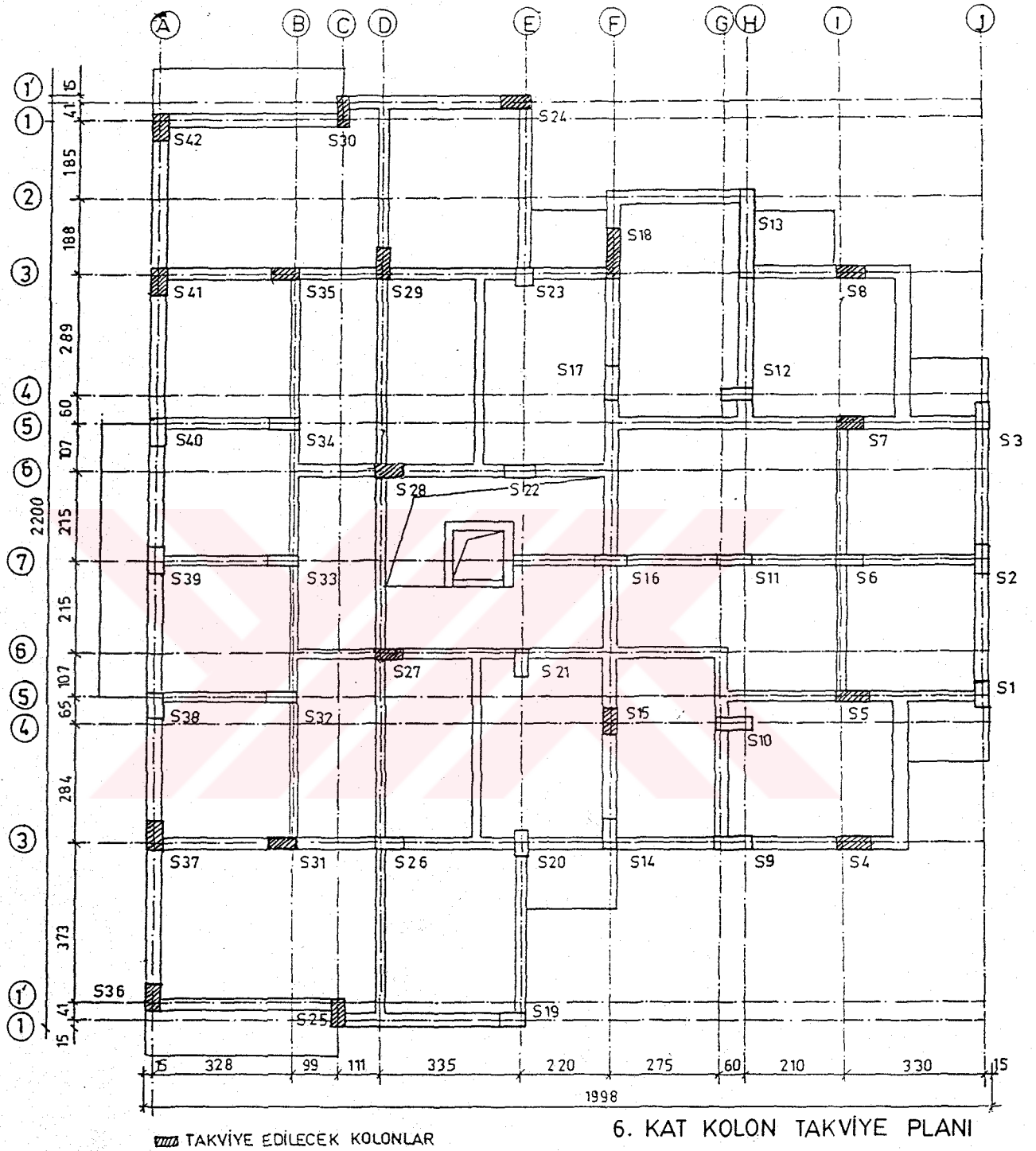
Sekil_45 3.Kat Takviye Kalıp Planı



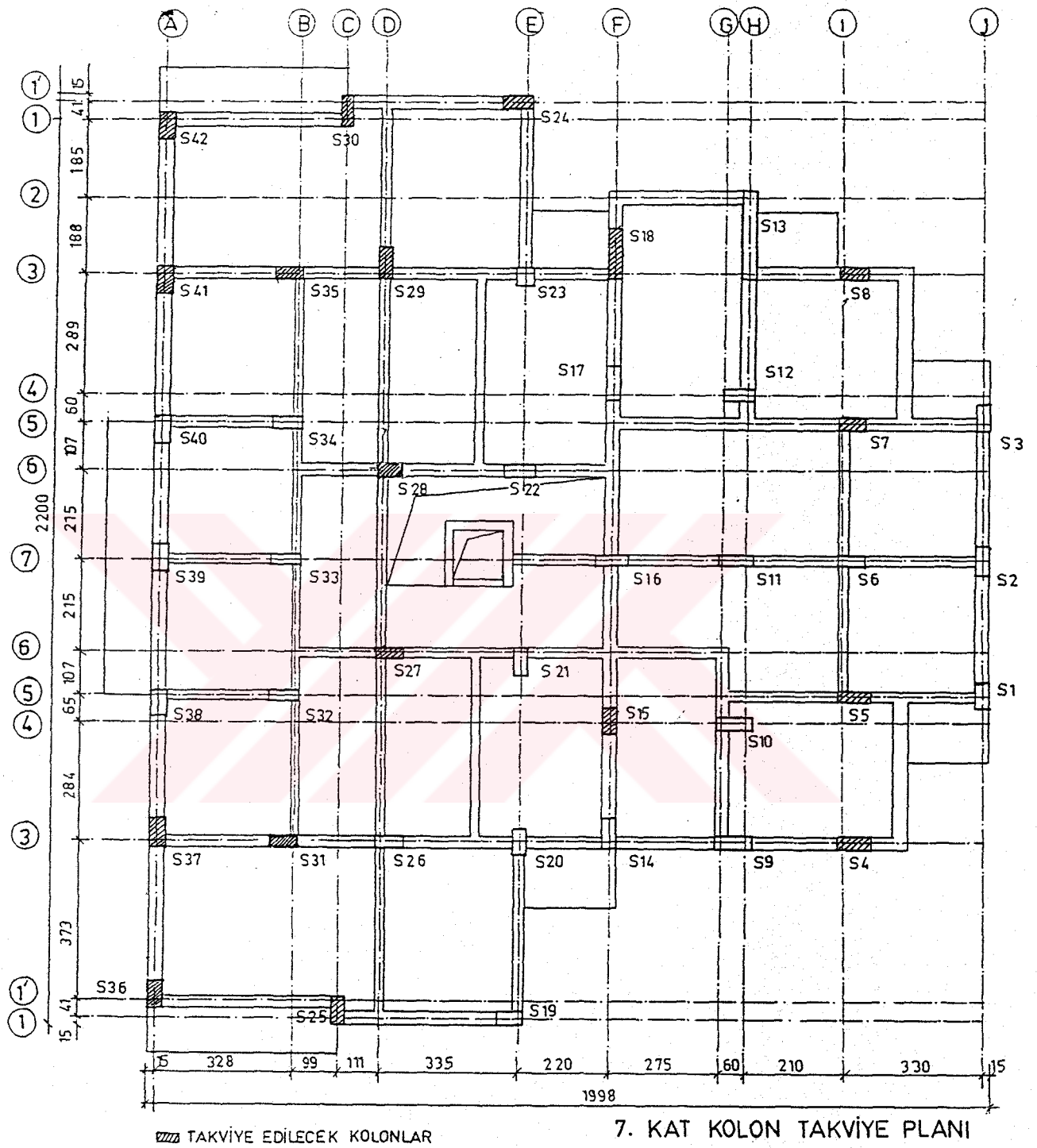
Şekil-46 4.Kat Takviye Kalıp Planı



Şekil-47 5.Kat Takviye Kalıp Planı



Şekil-48 6.Kat Takviye Kalıp Planı



Şekil-49 7.Kat Takviye Kalıp Planı

TABLO-11- KOLON TAKVİYE YÜKLERİ

KAT TAKVİYE YÜKLERİ KOLONLAR	1.KAT (ton)	2.KAT (ton)	3.KAT (ton)	4.KAT (ton)	5.KAT (ton)	6.KAT (ton)	7.KAT (ton)	8.KAT (ton)
S1		5.16	8.02	2.07				
S2	16.27		28.12	12.28				
S3	2.43		13.07					
S4		11.46	136.86	17.93			37.59	
S5	33.63	60.57	59.51	38.53			43.19	
S6	14.10	96.06	82.91	32.57				
S7	114.80	120.79	48.71	4.62	6.22		43.19	
S8	60.09	77.69	86.16	10.18			39.63	
S9								
S10			40.88					
S11	20.73	39.72	26.20					
S12	52.91	71.78	33.64	2.97				
S13								
S14			138.07					
S15	46.79	9.24	40.34				25.22	
S16	175.50	128.54	131.78	40.19	13.98	32.87		
S17	58.81		62.14					
S18							33.02	
S19	22.00	12.88	10.50		62.49			
S20	79.90	150.57	81.26	41.53	14.41			
S21	39.36	94.26	81.39		86.32			
S22	186.20	62.78	72.29	5.66	4.86			
S23	100.24	81.88	107.17	19.49	19.47			
S24			98.87				26.96	
S25	112.77	154.90	96.11	2.08	17.64		46.53	
S26	171.66	113.17	111.62	14.12	55.64			
S27	37.81	129.89	115.88	60.29			62.00	
S28		109.32	152.25	76.10	5.04		3.33	
S29	145.21	98.53	125.21	58.71	24.68	3.61	3.19	
S30	93.37	95.06	107.69	47.61		6.72	46.53	
S31	61.09	3.86	31.93				29.09	
S32	65.64	84.51	48.26					
S33	32.54		1108.72		1.54			
S34		76.97	141.43	3.96				
S35			106.97				29.09	
S36	45.29	95.72					26.66	
S37	17.14	21.82	54.92	5.62	5.00		33.86	
S38	24.39	70.99	16.28		24.97			
S39			40.93	27.43				
S40	7.72		48.60		4.22			
S41	13.62	7.92	58.58				33.86	
S42			33.71				26.66	

Not: Kolon takviye yükleri bulunurken 2, 3,...,9 no.lu tablodaki

- işaretli yük farkları 1.11 katsayısıyla çarpılmıştır.

TABLO-12- KOLON TAKVİYE KESİTLERİ VE TAKVİYE DONATILARI

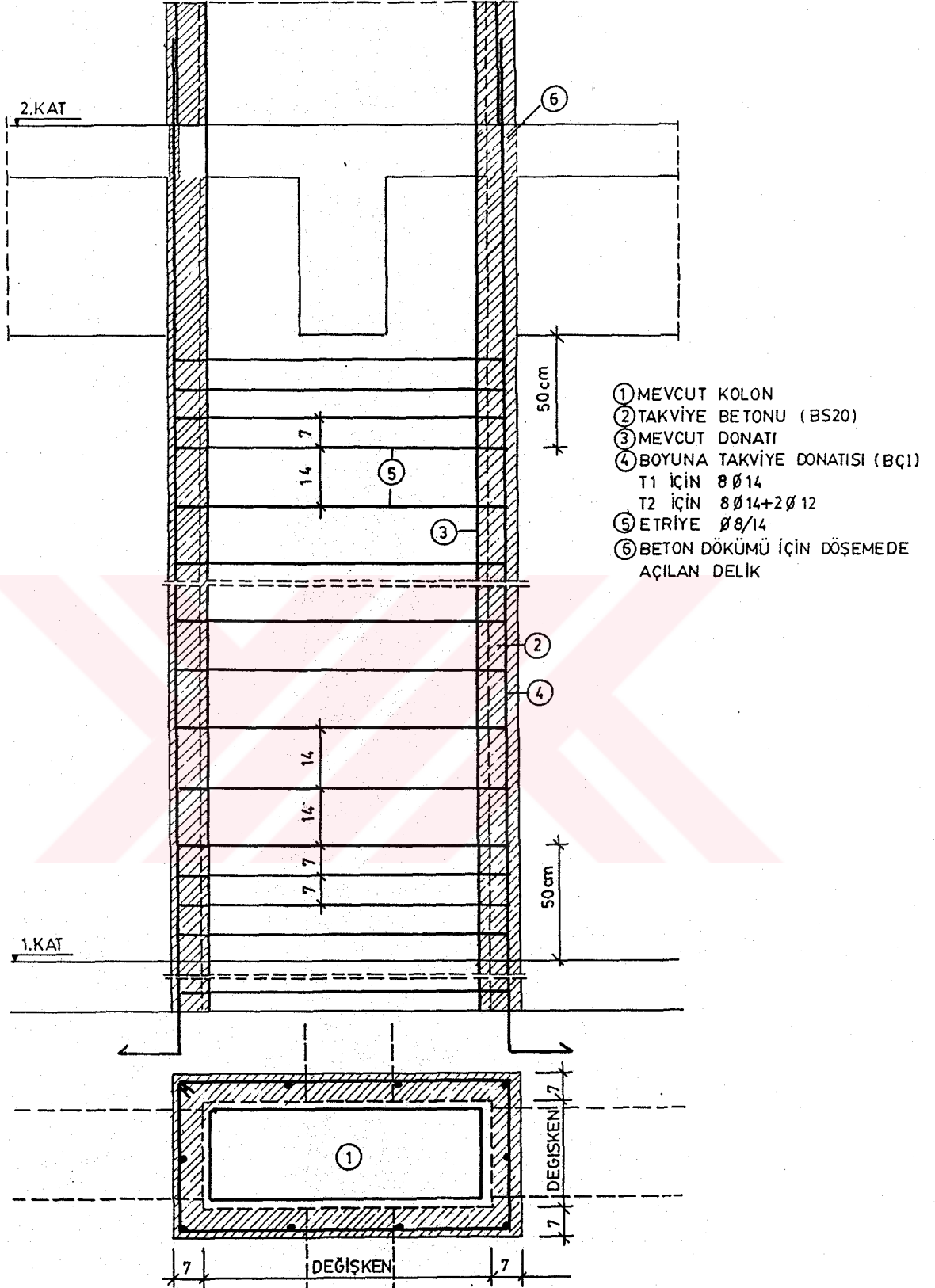
KATLAR	KOLON No	TAKVİYE YÜKÜ (ton)	Gerekli KESİT ALANI (cm ²)	Min KESİT ALANI (cm ²)	Min DONATI ALANI (cm ²)	SEÇİLEN KESİT	SEÇİLEN DONATI
1. KAT	S2	16.27	139.00	1526	12.21	1526	8Ø14-2Ø12
	S3	2.43	20.76	1386	11.09	1386	8Ø14
	S5	33.63	287.00	1666	13.33	1666	8Ø14-2Ø12
	S6	14.10	120.51	1386	11.09	1386	8Ø14
	S7	114.80	981.00	1526	12.21	1526	8Ø14-2Ø12
	S8	60.09	514.00	1526	12.21	1526	8Ø14-2Ø12
	S11	20.73	177.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S12	52.91	452.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S15	46.79	400.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S16	175.50	1350.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S17	58.81	503.00	1526	12.21	1526	8Ø14-2Ø12
	S19	22.00	188.00	1442	11.54	1442	8Ø14
	S20	79.90	683.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S21	39.36	336.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S22	186.20	1432.00	1526	12.21	1526	8Ø14-2Ø12
	S23	100.24	857.00	1316	10.53	1316	8Ø14
	S25	112.77	964.00	1526	12.21	1526	8Ø14-2Ø12
	S26	171.66	1320.00	1526	12.21	1526	8Ø14-2Ø12
	S27	37.81	323.00	1526	12.21	1526	8Ø14-2Ø12
	S29	145.21	1241.00	1526	12.21	1526	8Ø14-2Ø12
	S30	93.37	798.00	1526	12.21	1526	8Ø14-2Ø12
	S31	61.09	522.00	1526	12.21	1526	8Ø14-2Ø12
	S32	65.64	561.00	1526	12.21	1526	8Ø14-2Ø12
	S33	32.54	278.00	1526	12.21	1526	8Ø14-2Ø12
	S36	45.29	387.00	1442	11.54	1442	8Ø14
	S37	17.14	147.00	1442	11.45	1442	8Ø14
	S38	24.39	208.00	1442	11.54	1442	8Ø14
	S40	7.72	65.00	1442	11.54	1442	8Ø14
	S41	13.62	116.00	1442	11.54	1442	8Ø14
2. KAT	S1	5.16	44.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S4	11.46	98.00	1526	12.21	1526	8Ø14-2Ø12
	S5	60.57	518.00	1526	12.21	1526	8Ø14-2Ø12
	S6	96.06	821.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S7	120.79	1032.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S8	77.69	664.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S11	39.72	339.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S12	71.78	613.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S15	9.24	79.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S16	128.54	1099.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S19	12.88	110.00	1442	11.54	1442	8Ø14
	S20	150.57	1155.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S21	94.26	805.00	2246	9.97	1246	8Ø14
	S22	62.28	536.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S23	81.88	700.00	1316	10.53	1316	8Ø14
	S25	154.90	1192.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S26	113.27	967.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S27	129.89	1110.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S28	109.32	934.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S29	98.53	842.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S30	95.06	812.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S31	3.86	33.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S32	84.51	722.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S34	76.97	658.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S37	21.82	187.00	1442	11.54	1442	8Ø14
	S38	70.99	607.00	1442	11.54	1442	8Ø14
	S41	7.92	68.00	1442	11.54	1442	8Ø14

TABLO-12- KOLON TAKVİYE KESİTLERİ VE TAKVİYE DONATILARI DEVAMI

KATLAR	KOLON No	TAKVİYE YÜKÜ (ton)	Gerekli KESİT ALANI (cm ²)	Min KESİT ALANI (cm ²)	Min DONATI ALANI (cm ²)	SEÇİLEN KESİT	SEÇİLEN DONATI
3. KAT	S1	8.02	69.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S2	28.12	240.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S3	13.09	112.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S4	136.86	1169.00	1526	12,21	1526	8Ø14-2Ø12
	S5	59.51	507.00	1526	12.21	1526	8Ø14-2Ø12
	S6	82.91	709.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S7	48.71	416.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S8	86.16	736.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S9	40.88	349.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S11	26.29	224.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S12	33.64	288.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S14	138.07	1180.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S15	40.34	345.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S16	131.78	1126.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S17	62.14	531.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S19	10.50	90.00	1442	11.54	1442	8Ø14
	S20	81.26	695.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S21	81.39	696.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S22	72.29	618.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S23	107.17	916.00	1316	10.53	1316	8Ø14
	S24	98.87	845.00	1442	11.54	1442	8Ø14
	S25	96.11	821.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S26	111.62	954.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S27	115.88	990.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S28	152.25	1301.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S29	125.21	1070.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S30	107.69	920.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S31	31.93	273.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S32	48.26	412.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S33	108.72	929.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S34	141.43	1208.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S35	106/97	914.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S36	95.72	818.00	1442	11.54	1442	8Ø14
	S37	54.92	469.00	1442	11.54	1442	8Ø14
	S38	16.28	139.00	1442	11.54	1442	8Ø14
	S39	40.93	348.00	1442	11.54	1442	8Ø14
	S40	48.60	415.00	1442	11.54	1442	8Ø14
	S41	58.58	501.00	1442	11.54	1442	8Ø14
	S42	33.71	288.00	1442	11.54	1442	8Ø14
4. KAT	S1	2.07	18.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S2	12.28	105.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S4	17.93	153.00	1526	12.21	1526	8Ø14-2Ø12
	S5	38.52	329.00	1526	12.21	1526	8Ø14-2Ø12
	S6	34.57	278.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S7	4.62	40.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S8	10.18	87.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S12	2.97	25.90	1246	9.97	1246	8Ø14
	S16	40.19	344.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S20	41.53	355.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S22	5.66	48.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S23	19.49	167.00	1316	10.53	1316	8Ø14
	S25	2.08	18.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S26	14.12	121.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S27	60.29	515.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S28	76.10	650.00	1386	11.09	1386	8Ø14

TABLO-12- KOLON TAKVİYE KESİTLERİ VE TAKVİYE DONATILARI DEVAMI

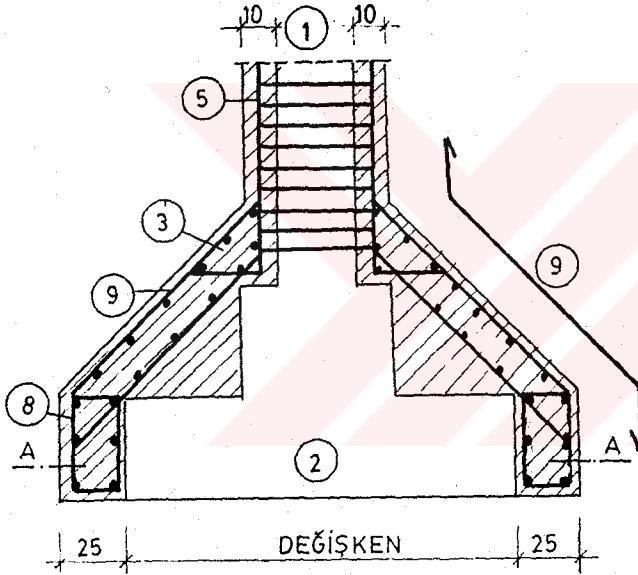
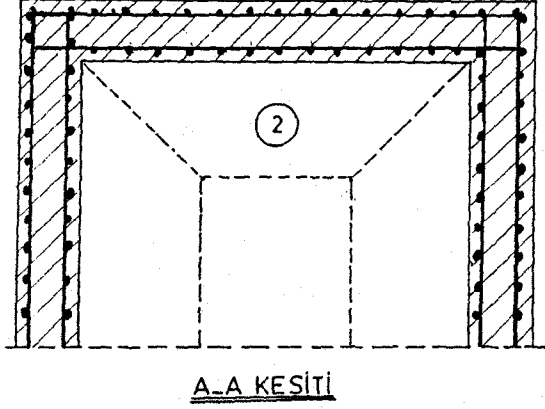
KATLAR	KOLON No	TAKVİYE YÜKÜ (ton)	Gerekli KESİT ALANI (cm ²)	Min KESİT ALANI (cm ²)	Min DONATI ALANI (cm ²)	SEÇİLEN KESİT	SEÇİLEN DONATI
4. KAT	S29	58.71	502.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S30	47.61	405.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S34	3.96	34.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S37	5.62	48.00	1442	11.54	1442	8Ø14
	S39	27.43	234.00	1442	11.54	1442	8Ø14
5. KAT	S7	6.22	53.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S16	13.98	119.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S19	62.49	534.00	1302	10.42	1302	8Ø14
	S20	14.441	123.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S21	86.32	738.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S22	4.86	42.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S23	19.47	166.00	1316	10.53	1316	8Ø14
	S25	17.64	151.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S26	55.64	476.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S28	5.04	43.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S29	24.68	211.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S33	1.54	13.00	1386	11.09	1386	8Ø14
	S37	5.00	53.00	1442	11.54	1442	8Ø14
	S38	24.97	213.00	1442	11.54	1442	8Ø14
	S40	4.22	36.00	1442	11.54	1442	8Ø14
6. KAT	S16	32.87	281.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S29	3.61	31.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S30	6.72	57.00	1246	9.978	1246	8Ø14
7. KAT	S4	37.59	321.00	1442	11.54	1442	8Ø14
	S5	43.19	369.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S7	43.19	369.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S8	39.63	339.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S15	25.22	216.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S18	33.02	282.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S24	26.96	230.00	1442	11.54	1442	8Ø14
	S25	46.53	398.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S27	62.00	530.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S28	3.33	28.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S29	3.19	27.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S30	46.53	398.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S31	29.09	249.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S35	29.09	249.00	1246	9.97	1246	8Ø14
	S36	26.66	228.00	1442	11.54	1442	8Ø14
	S37	33.86	289.00	1442	11.54	1442	8Ø14
	S41	33.86	289.00	1442	11.54	1442	8Ø14
	S42	26.66	228.00	1442	11.54	1442	8Ø14



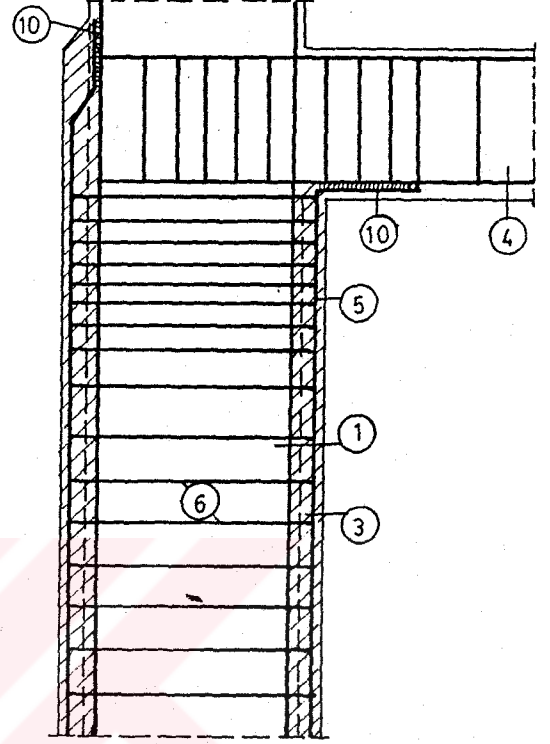
T1.T2 TAKVİYE DETAYI

Şekil-50 Kolon Takviye Detayları

TEMEL BİRLEŞİM TAKVİYE DETAYI



KOLON ÜST BİTİM NOKTASI TAKVİYE DETAYI



AÇIKLAMA

- ① MEVCUT KOLON
- ② MEVCUT TEMEL
- ③ TAKVİYE BETONU
- ④ MEVCUT KİRİŞ
- ⑤ BOYUNA TAKVİYE DONATISI Ø14
- ⑥ ETRİYE Ø8/14
- ⑦ DÜZ BAĞLANTI DEMİRİ Ø12/20
- ⑧ ETRİYE Ø10/20
- ⑨ PİLYE TİPİ BAĞLANTI DEMİRİ Ø14/20
- ⑩ KAYNAK a5

Kirişler

Schimith çekiciyle yapılan ölçümler neticesinde kirişlerdeki ortalama basınç mukavemeti 66 kgf/cm bulunmuştur. Bulunan bu değer kullanılarak her bir kirişin kapasitesi (taşıma gücü) bulunmuş ve kirişlerin takviyesinin gerekip gerekmediği belirlenmeye çalışılmış ve tablo 13 de sonuçlar verilmiştir.

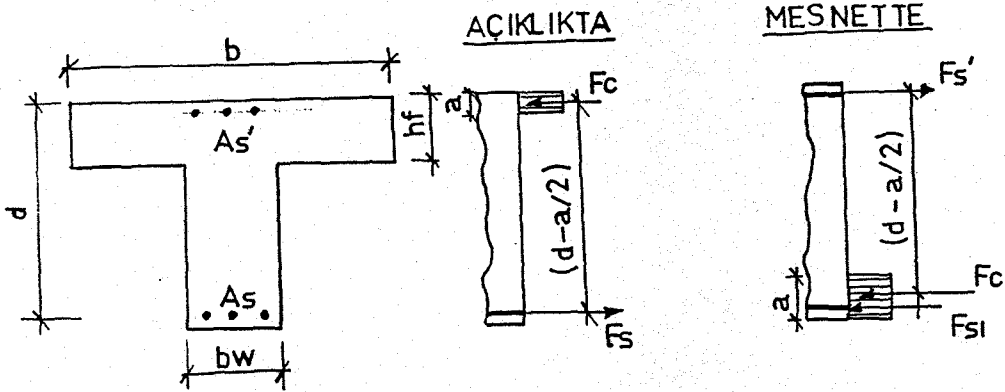
Tablo 13 deki değerlerin nasıl hesaplandığını göstermek ve tabloya açıklık getirmek için ilk iki kirişin hesabı aşağıda verilmiştir.

K801 Kirişi:

K801 Kirişinde meydana gelen en büyük kesme kuvveti mesnet momenti ve açıklık momenti değerleri aşağıda verildiği gibidir.

$M_h = 1.74 \text{ tm}$ (Açıklıkta), $M_h = -4.91 \text{ tm}$ (Mesnette)

$V = 5.13 \text{ ton}$



$l_n=4.00$ m, $b_w=29$ cm, $d=50$ cm, $h_f=12$ cm.

$A_s=5.65$ cm² (açıklıkta), $A_s'=7.22$ cm² (mesnette)

Kiriş açıklıkta tablalı çalışacağından,

$b=b_w+l_p/5$, $l_p=0.8 \times l_n=3.2$ metre, $b=29+320/5=93$ cm

$h_f=k l_c=a$ kabul edilirse, $F_c=0.85 \times f_{cd} \times a \times b$

$F_c=0.85 \times 0.066 \times 12 \times 93=62.61$ ton, $F_s=A_s \times f_{yd}=5.65 \times 1.91=10.79$ t.

$F_c > F_s$ olduğundan $k l_c=a < h_f$

$\sum X=0$ $F_s-F_c=0$, $10.79-0.85 \times 0.066 \times 93 \times a=0$, $a=2.07$ cm

$M=F_s \times (d-a/2)=10.79 \times (48-2.07/2)=507$ tcm= 5.07 tm.

$M=5.07 > 1.74$ tm olduğundan açıklıkta takviye gerekmez.

Mesnette Kontrol:

Mesnette kirişin dikdörtgen kesitli çalıştığı ve basınç donatılı olduğu kabul edilmiştir. Basınç donatısı,

$A_{s1}=A_s/3=2.41$ cm²

$F_s=A_s \times f_{yd}=7.22 \times 1.91=13.79$ ton, $F_{s1}=2.41 \times 1.91=4.6$ ton

$\sum X=0$ $F_s-F_c-F_{s1}=0$, $13.74-4.60-0.85 \times 0.066 \times 29 \times a=0$

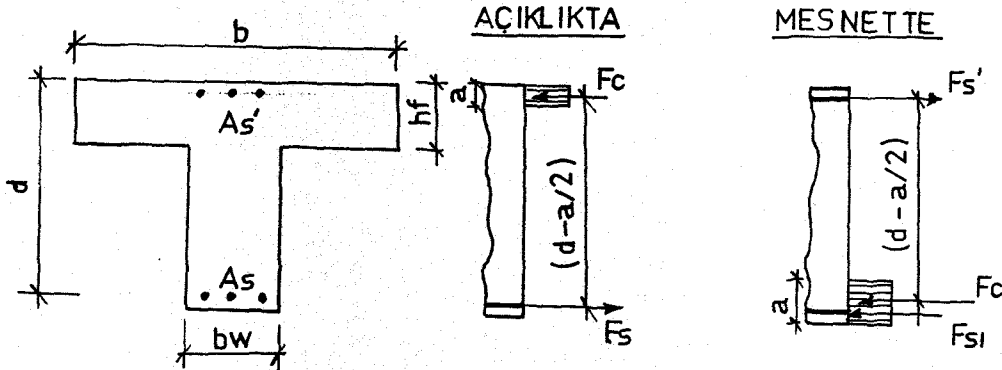
$a=5.65$ cm. $F_c=0.85 \times 0.066 \times 29 \times 5.65=9.19$ ton

$M=F_c \times (d-a/2)+F_{s1} \times 46=9.19(48-5.65/2)+4.60 \times 46=627$ tcm.

$M=6.27$ tm $> M_h=4.91$ tm olduğundan kirişin takviyesine gerek yoktur.

K101 Kirişi: $b_w=29$ cm, $b=93$ cm, $h_f=12$ cm, $b=50$ cm

$A_s=5.65$ cm², $A_s'=10.00$ cm², $M_h=4.88$ tm, $M_h=-10.53$ tm



Açıklıkta: $M=5.07 > M_h=4.88$ tm olduğundan takviye gerekmez.

Mesnette: $F_s=10 \times 1.91=19.10$ ton, $F_{s1}=1.91 \times 10/3=6.37$ ton

$\sum X=0$ $F_{s1}-F_{s1}-F_c=0$, $19.10-6.37-0.85 \times 0.066 \times 29 \times a=0$

$a=7.83$ cm, $F_c=0.85 \times 0.066 \times 29 \times 7.83=12.74$ ton

$M=F_c \times (d-a/2)+F_{s1} \times 46=12.74(48-7.83/2)+6.37 \times 46=855$ tcm

$M=8.55$ tm $< M_h=10.53$ tm olduğundan kirişin mesnette takviye edilmesi gerekir. Bütün kirişler benzer şekilde hesaplanmış ve sonuçları tablo 13 de verilmiştir.

TABLO-13- KIRIŞLARA GELEN MOMENT, KESME KUVVETİ DEĞERLERİ KIRIŞ KAPASİTELERİ

KAT	KIRIŞ NO	SOL MESNET	AÇIKLIK MOMENT (tm)	SAĞ MESNET	DONATI MESNET AÇIKLIKTA	KIRIŞ BOYUTU	KIRIŞ KAPASİTESİ
		KESME (Ton)		KESME (Ton)			MESNETTE
		MOMENT (tm)		MOMENT (tm)			AÇIKLIKTA
ÇATI	K ₈₀₁	3.15 0.69	1.74	5.13 -4.91	7.22 5.65	29/50	6.27 5.07
NORMAL	K ₁₀₁	8.89 3.24	4.88	12.32 -10.53	10.00 5.65	29/50	8.42 * 5.00
ÇATI	K ₈₀₂	7.50 5.30	3.47	4.11 -2.73	6.09 4.52	29/50	5.32 4.04
NORMAL	K ₁₀₂	14.70 11.34	6.79	7.95 -6.14	10.00 4.52	29/50	8.42 * 4.04 *
ÇATI	K ₈₀₃	3.27 0.57	1.68	4.11 -1.95	3.87 3.39	19/50	3.38 3.05
NORMAL	K ₁₀₃	6.57 1.79	2.91	8.01 -4.17	3.87 3.39	19/50	3.38 * 3.05
ÇATI	K ₈₀₄	1.04 0.80	0.48	1.97 -1.79	3.87 3.39	19/50	3.38 3.05
NORMAL	K ₁₀₄	2.52 1.41	0.08	4.58 -3.57	3.87 3.39	19/50	3.38 * 3.05
ÇATI	K ₈₀₅	4.34 2.28	2.57	6.30 -3.18	3.87 3.39	19/50	3.38 3.05
NORMAL	K ₁₀₅	9.36 -5.26	4.19	13.53 -7.13	6.09 3.39	19/50	5.16 * 3.05 *
ÇATI	K ₈₀₆	3.56 2.99	0.26	1.60 -0.18	3.87 3.39	29/50	3.38 3.05
NORMAL	K ₁₀₆	4.29 3.04	0.32	3.72 -0.69	3.87 3.39	29/50	3.45 3.05
ÇATI	K ₈₀₇	0 5.61	2.55	2.03 0	3.87 4.52	29/50	- 4.04
NORMAL	K ₁₀₇	0 -0.39	4.70	5.61 10.58	3.87 7.22	29/50	- 6.27
ÇATI	K ₈₀₈	0 1.41	1.79	-6.09 22.85	4.52 12.00	29/50	- 9.93 *
NORMAL	K ₁₀₈	0 1.04	4.61	-13.82 9.93	4.52 6.09	29/50	4.04 * 5.31 *
ÇATI	K ₈₀₉	0 2.96	2.07	-6.90 20.78	3.39 12.00	29/50	3.05 9.93 *
NORMAL	K ₁₀₉	0 3.08	5.27	-13.47 3.08	4.52 3.87	29/50	4.04 * -
ÇATI	K ₈₁₀	0 6.49	2.52	0 6.69	4.52 1.58	19/50	4.04 -
NORMAL	K ₁₁₀	0 3.06	5.33	0 3.06	4.52 1.58	19/50	4.04 * -
ÇATI	K ₈₁₁	0 6.46	2.51	0 6.46	4.52 1.58	19/50	4.04 -
NORMAL	K ₁₁₁	0 -0.90	5.30	0 1.32	4.52 3.87	19/50	4.04 * 3.38
ÇATI	K ₈₁₂	0 -2.00	0.81	-2.19 2.54	3.39 3.87	19/50	3.05 3.38 *
NORMAL	K ₁₁₂	0 4.50	1.61	-4.77 6.02	3.39 3.87	19/50	3.05 3.38
ÇATI	K ₈₁₃	2.19	2.36	-3.03	4.52	19/50	4.04

* : Takviye edilecek kirişler.

TABLO-13- KİRİŞLERE GELEN MOMENT, KESME KUVVETİ DEĞERLERİ KİRİŞ KAPASİTELERİ DEVAMI

KAT	KİRİŞ NO	SOL MESNET	AÇIKLIK	SAĞ MESNET	DONATI MESNET	KİRİŞ BOYUTU	KİRİŞ KAPASİTESİ
		KESME (Ton) MOMENT (tm)		KESME (Ton) MOMENT (tm)			MESNETTE AÇIKLIKTA
NORMAL	K ₁₁₃	9.76 4.77	4.85	13.57 -6.68	6.09 4.52	19/50	5.15 * 4.04 *
ÇATI	K ₈₁₄	3.45 3.03	0.21	0.77 0	3.87 3.39	19/50	3.38 3.05
NORMAL	K ₁₁₄	7.67 6.68	0.14	1.61 0	3.87 3.39	19/50	- 3.05
ÇATI	K ₈₁₅	1.82 0	1.25	1.82 0.00	3.87 3.39	19/50	- 3.05
NORMAL	K ₁₁₅	4.44 0	3.05	4.44 0	3.87f 3.39	19/50	- 3.05
ÇATI	K ₈₁₆	4.07 2.06	1.50	3.92 -1.76	6.09 3.39	19/50	5.32 3.05
NORMAL	K ₁₁₆	7.73 3.74	3.05	7.73 -3.57	6.09 3.39	19/50	5.32 3.05
ÇATI	K ₈₁₇	2.51 1.76	0.11	2.51 1.71	6.09 3.39	19/50	5.32 3.05
NORMAL	K ₁₁₇	4.82 3.57	0.08	4.91 -3.68	6.09 3.39	19/50	5.32 3.05
ÇATI	K ₈₁₈	1.92 0	0.96	4.38 -3.32	6.09 3.39	19/50	5.32 3.05
NORMAL	K ₁₁₈	3.48 0	1.74	8.82 -7.22	6.09 3.39	19/50	5.32 * 3.05
ÇATI	K ₈₁₉	5.64 3.32	2.84	3.77 0	6.09 5.65	19/50	5.32 5.00
NORMAL	K ₁₁₉	12.58 7.22	6.65	7.35 0	6.09 5.65	19/50	5.15 * 5.00 *
ÇATI	K ₈₂₀	1.50 0	0.48	3.15 -2.06	3.87 3.39	19/50	3.38 3.05
NORMAL	K ₁₂₀	2.07 0	0.78	5.07 3.74	3.87 3.39	19/50	3.38 * 3.05
ÇATI	K ₈₂₁	4.06 2.06	1.52	3.92 -1.76	3.87 3.39	19/50	3.38 3.05
NORMAL	K ₁₂₁	7.73 3.74	3.05	7.73 -3.57	3.87 3.39	19/50	3.38 * 3.05
ÇATI	K ₈₂₂	2.51 1.76	0.11	2.51 -1.71	3.87 3.39	19/50	3.38 3.05
NORMAL	K ₁₂₂	4.82 3.57	0.08	4.90 -3.67	3.87 3.39	19/50	3.38 * 3.05
ÇATI	K ₈₂₃	3.60 3.60	1.59	2.55 0	3.87 3.39	19/50	3.38 * 3.05
NORMAL	K ₁₂₃	7.61 0	3.48	5.38 0	3.87 3.39	19/50	3.38 * 3.05
ÇATI	K ₈₂₄	2.87 1.01	1.37	3.50 -2.21	3.87 3.39	29/50	3.45 3.04
NORMAL	K ₁₂₄	5.57 2.58	2.33	6.32 -3.99	3.87 3.39	29/50	3.45 * 3.05
ÇATI	K ₈₂₅	28.80- 1.95	0.81	2.67 -1.61	3.87 3.39	29/50	3.45 3.05

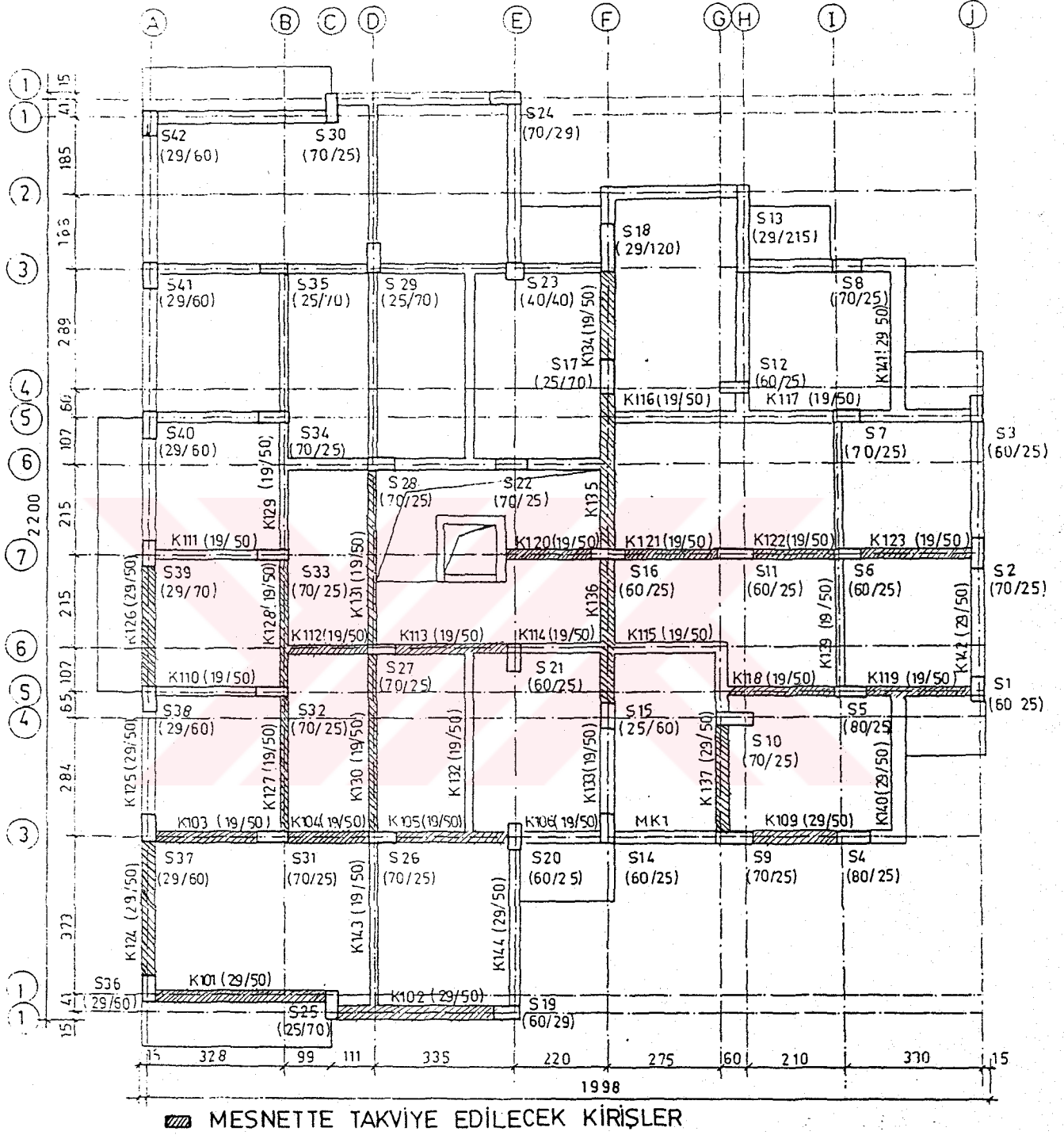
TABLO-13- KİRİŞLERE GELEN MOMENT, KESME KUVVETİ DEĞERLERİ KİRİŞ KAPASİTELERİ DEVAMI

KAT	KİRİŞ NO	SOL MESNET	AÇIKLIK	SAĞ MESNET	DONATI MESNET	KİRİŞ BOYUTU	KİRİŞ KAPASİTESİ
		KESME (Ton)		KESME (Ton)			MESNETTE
		MOMENT (tm)		MOMENT (tm)			AÇIKLIKTA
NORMAL	K ₁₂₅	5.33 3.41	1.55	5.32 -3.45	3.87 3.39	29/50	3.45 3.05
ÇATI	K ₈₂₆	2.85 1.65	0.87	2.22 -0.62	3.87 3.39	29/50	3.45 3.05
NORMAL	K ₁₂₆	7.70 4.16	2.46	6.80 -2.72	3.87 3.39	29/50	3.45 * 3.05
ÇATI	K ₈₂₇	2.55 0	1/70	4.04 -2.57	3.87 3.39	19/50	3.38 3.05
NORMAL	K ₁₂₇	5.70 0	3.75	7.89 -3.89	3.87 3.39	19/50	3.38 * 3.05 *
ÇATI	K ₈₂₈	3.70 2.57	1.39	2.21 0.00	3.87 3.39	19/50	3.38 3.05
NORMAL	K ₁₂₈	7.43 3.85	2.93	5.03 0.00	3.87 3.39	19/50	3.38 * 3.05
ÇATI	K ₈₂₉	2.21 0	1.29	3.70 2.57	3.87 3.39	19/50	3.38 3.05
NORMAL	K ₁₂₉	5.03 0	2.93	7.43 3.86	3.87 3.39	19/50	3.38 * 3.05
ÇATI	K ₈₃₀	2.87 0	2.67	4.28 -3.21	6.09 4.52	19/50	5.15 4.04
NORMAL	K ₁₃₀	6.38 0	5.96	9.83 -7.89	7.02 4.52	19/50	6.27 * 4.04 *
ÇATI	K ₈₃₁	2.91 3.27	1.06	1.41 0	3.87 3.39	19/50	3.38 3.05
NORMAL	K ₁₃₁	7.89 7.89	2.07	4.23 0	7.22 3.39	19/50	6.27 * 3.05
ÇATI	K ₈₃₂	4.16 0	4.75	4.16 0	3.87 4.52	19/50	3.38 4.04 *
NORMAL	K ₁₃₂	8.88 0.00	10.11	8.88 0	3.87 9.24	19/50	- 8.13 *
ÇATI	K ₈₃₃	1.62 0.47	0.48	2.37 -1.55	3.87 3.39	19/50	3.38 3.05
NORMAL	K ₁₃₃	4.11 0.99	1.10	5.25 -3.11	3.87 3.39	19/50	3.38 3.05
ÇATI	K ₈₃₄	3.02 1.82	0.93	6.15 -1.23	3.87 3.39	29/50	3.38 3.05
NORMAL	K ₁₃₄	5.62 3.45	1.69	11.97 -2.79	3.87 3.39	19/50	3.38 * 3.05
ÇATI	K ₈₃₅	3.72 2.90	1.76	3.78 -2.41	3.87 3.39	19/50	3.38 3.05
NORMAL	K ₁₃₅	9.91 7.14	4.03	8.48 -5.90	6.09 3.39	19/50	5.15 * 3.05 *
ÇATI	K ₈₃₆	3.28 2.31	0.83	2.73 -1.77	3.87 3.39	29/50	3.45 3.05 *
NORMAL	K ₁₃₆	7.07 5.51	2.18	6.60 -4.25	4.52 3.39	29/50	4.00 * 3.05
ÇATI	K ₈₃₇	0.26 0	0.92	7.07 -4.37	3.87 3.39	29/50	3.45 * 3.05
NORMAL	K ₁₃₇	0.93 0	3.47	15.83 -9.90	9.24 3.39	29/50	7.83 * 3.05 *

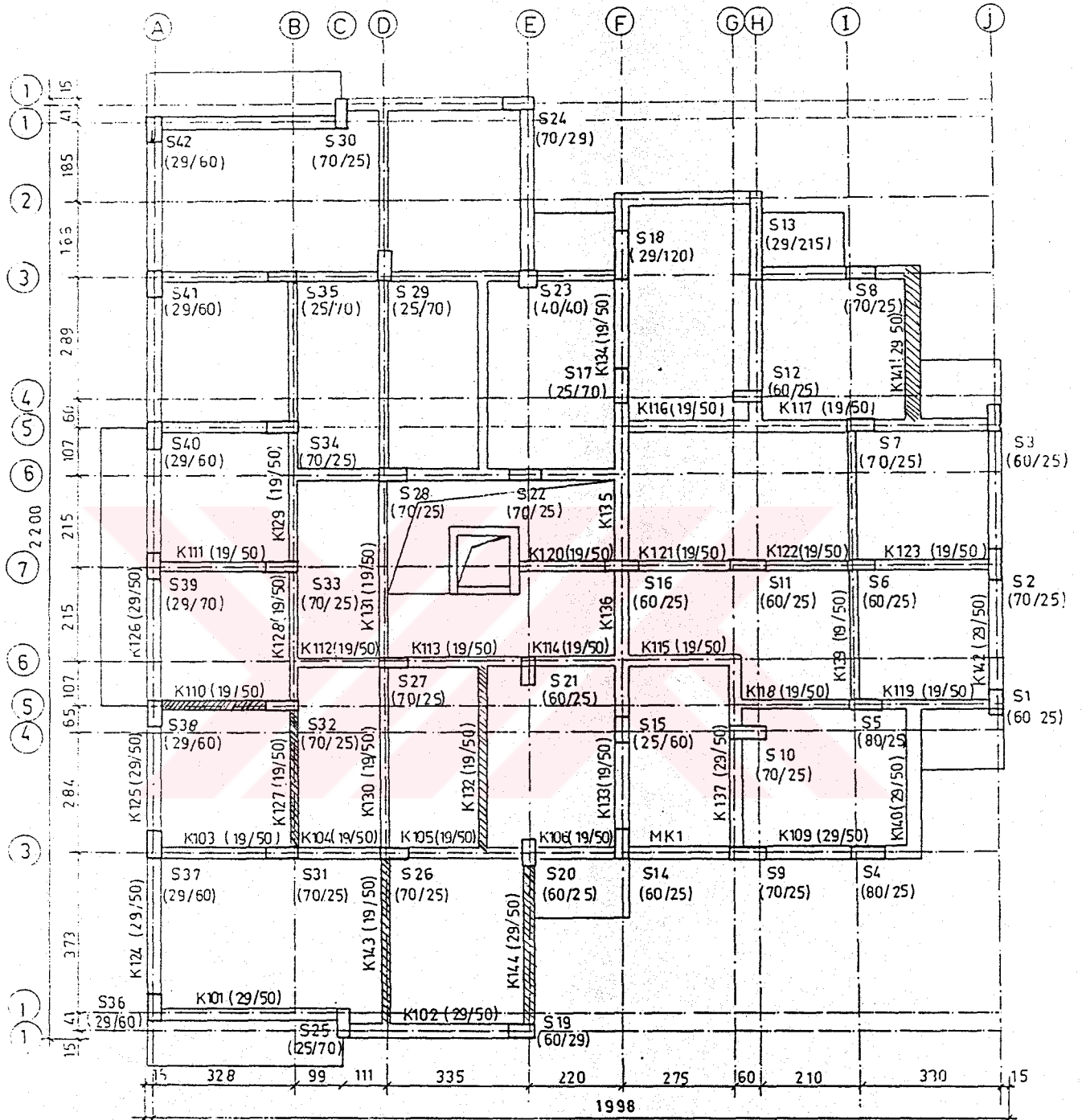
* : Takviye edilecek kirişler.

TABLO-13- KIRIŞLARA GELEN MOMENT, KESME KUVVETİ DEĞERLERİ KIRIŞ KAPASİTELERİ DEVAMI

KAT	KIRIŞ NO	SOL MESNET	AÇIKLIK MOMENT (tm)	SAĞ MESNET	DONATI MESNET AÇIKLIKTA	KIRIŞ BOYUTU	KIRIŞ KAPASİTESİ
		KESME (Ton)		KESME (Ton)			MESNETTE
		MOMENT (tm)		MOMENT (tm)			AÇIKLIKTA
ÇATI	KK ₈₃₈	<u>3.41</u> 0	2.46	<u>3.40</u> 0	<u>3.87</u> 3.39	19/50	- 3.05
NORMAL	K ₁₃₈	<u>6.49</u> 0	4.69	<u>6.50</u> 0	<u>3.87</u> 3.39	19/50	<u>3.38</u> 3.05 *
ÇATI	K ₈₃₉	<u>1.52</u> 0.45	0.66	<u>1.97</u> -1.19	<u>3.87</u> 3.39	19/50	<u>3.38</u> 3.05
NORMAL	K ₁₃₉	<u>4.32</u> 1.73	1.62	<u>5.10</u> -2.99	<u>3.87</u> 3.39	19/50	<u>3.38</u> 3.05
ÇATI	K ₈₄₀	<u>2.22</u> 0	1.94	<u>2.22</u> 0	<u>3.87</u> 4.52	19/50	- 4.04
NORMAL	K ₁₄₀	<u>5.44</u> 0	4.77	<u>5.45</u> 0	<u>3.87</u> 4.52	29/50	- 4.04 *
ÇATI	K ₈₄₁	<u>2.22</u> 0	1.94	<u>2.22</u> 0	<u>3.87</u> 4.52	29/50	- 4.04 *
NORMAL	K ₁₄₁	<u>5.63</u> 0	4.92	<u>5.63</u> 0	<u>3.87</u> 4.52	29/50	<u>3.38</u> 4.04 *
ÇATI	K ₈₄₂	<u>1.51</u> 0.45	0.66	<u>1.97</u> -1.19	<u>3.87</u> 3.39	29/50	<u>3.38</u> 3.05
NORMAL	K ₁₄₂	<u>4.32</u> 1.73	1.62	<u>5.10</u> -2.99	<u>3.87</u> 3.39	19/50	<u>3.38</u> 3.05
ÇATI	K ₈₄₃	<u>4.49</u> 0	4.64	<u>4.49</u> 0	<u>3.87</u> 5.65	29/50	- 5.00
NORMAL	K ₁₄₃	<u>8.97</u> 0	9.27	<u>8.97</u> 0	<u>9.24</u> 9.24	19/50	- 8.13 *
ÇATI	K ₈₄₄	<u>2.85</u> 0	2.85	<u>2.85</u> 0	- 5.65	19/50	- 5.00
NORMAL	K ₁₄₄	<u>6.74</u> 0	6.98	<u>6.74</u> 0	* 5.65	19/50	- 5.00 *



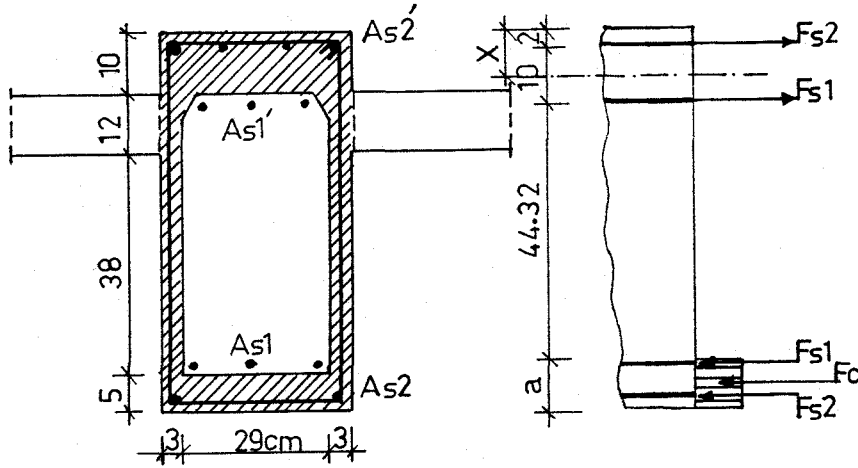
Şekil-51 Kiriş Takviye Kalıp Planı



■ AÇIKLIKTA TAKVİYE EDİLECEK KİRİŞLER

Şekil-52 Kiriş Takviye Kalıp Planı

Kirişlerde Takviye Hesabı:



$$As1 = 3.33 \text{ cm}^2, As2 = 2.26 \text{ cm}^2, As1' = 10 \text{ cm}^2, As2' = 4.52 \text{ cm}^2$$

$a = 8 \text{ cm}$ olduğunu kabul edelim.

$$Fs1 = f_y d x As1 = 1.91 \times 3.33 = 6.37 \text{ ton}$$

$$Fs2 = f_y d x As2 = 1.91 \times 2.26 = 4.32 \text{ ton}$$

$$F_c = 0.85 \times f_{cd} \times b \times a = 0.85 \times 0.066 \times 35 \times 8 = 15.71 \text{ ton}$$

$$Fs1' = f_y d x As1' = 1.91 \times 10 = 19.10 \text{ ton}$$

$$Fs2' = f_y d x As2' = 1.91 \times 4.52 = 8.63 \text{ ton}$$

$\sum X = 0$ şartından $Fs1 + Fs2 = Fs1' + Fs2' + F_c$ olmalı,

$$Fs1 + Fs2 = 27.73 \text{ ton}, Fs1' + Fs2' + F_c = 26.40 \text{ ton}$$

$27.73 > 26.40$ olduğundan $a > 8 \text{ cm}$. Buna göre;

$$a = [Fs1' + Fs2' - (Fs1 + Fs2)] / (0.85 \times 0.066 \times 35) = 8.68 \text{ cm}$$

$$F_c = 17.04 \text{ ton}$$

Kiriş üst tarafındaki donatıların ağırlık merkezi yerinin tayini: $X = (4.52 \times 2 + 10 \times 12) / (4.52 + 10) = 8.89 \text{ cm}$

Kiriş üst tarafındaki donatıların ağırlık merkezine göre moment alınırsa,

$$M = F_c \times (65 - X - a/2) + Fs1 \times (58 - X) + Fs2 \times (63 - X) + Fs2' \times (X - 2) - Fs1' \times (12 - X)$$

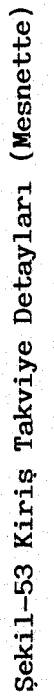
$$M = 17.04 \times 51.77 + 6.37 \times 49.11 + 4.32 \times 54.11 + 8.63 \times 6.89 - 19.10 \times 3.11$$

$$M = 1429 \text{ tcm} = 129 \text{ tm (takviye edilmiş kirişin taşıma gücü).}$$

Tablo 13 de de görüldüğü gibi en büyük mesnet momentine sahip olan K108 kirişindeki moment değeri 13.82 tm. olup, takviye edilmiş kirişin taşıma gücü bu değerden büyük olduğundan mesnette takviyesi gerekli olan kirişlerde şekil 53 de verilmiş olan takviye detayı uygulanacaktır.

Açıklıkta takviyesi gerekli olan kirişlerde ise, şekil 54 de verilmiş olan takviye detayı uygulanacaktır.

NOT: ADERANSIN TAM OLMASI İÇİN
KIRIŞ VE KOLON TAKVİYELERİ BİRLİKTE YAPILMALI.



Döşemeler

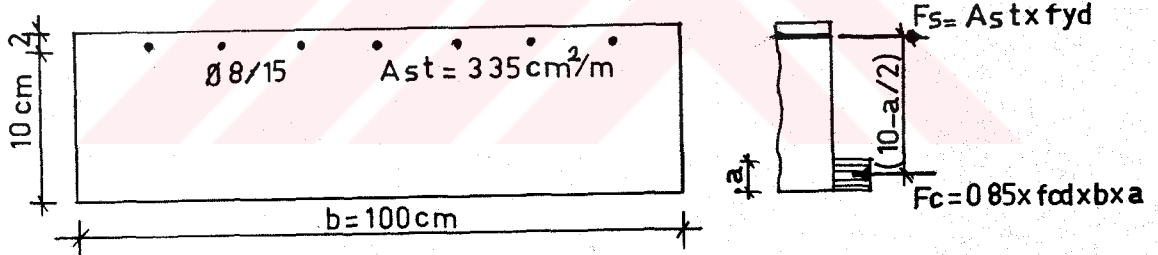
Schmith çekiciyle yapılan ölçümler neticesinde döşemelerdeki ortalama beton basınç mukavemeti 66 kgf/cm^2 bulunmuştur. Bulunan bu değer kullanılarak döşemelerin takviyesinin gerekip gerekmediği belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan hesaplar sonucunda döşemelerde takviyenin gerekmediği belirlenmiştir. Ancak, 7. kat döşemesi iyi korunamamış olduğundan hava şartlarından etkilenmiş ve döşeme donatıları açığa çıkmıştır (pas payı betonu dökülmüştür). Bunun için 7. kat döşemesinin kırılarak yeniden dökülmesi gerekmektedir.

Döşemelerde takviyenin gerekmediğinin nasıl hesaplandığına dair açıklama getirmek amacıyla kritik döşemelerden birisinin hesabı aşağıda verilmiştir.

Döşeme Momentleri:

Açıklıkta: $M=0.41 \text{ tm/m}$

Mesnette: $M=0.55 \text{ tm/m}$



$$A_{st}=3.35 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$f_{yd}=1910 \text{ kgf/cm}^2, f_{cd}=66 \text{ kgf/cm}^2$$

$\Sigma X=0$ denge denkleminde $F_c=F_s$ olup,

$$a=F_s/(0.85 \times f_{cd} \times b)=6.40/(0.85 \times 0.066 \times 100)=1.14 \text{ cm}$$

$$M=F_c \times (d-a/2)=6.40 \times (10-1.14/2)=60.3 \text{ tcm}=0.60 \text{ tm/m}$$

$M=0.60 \text{ tm/m} > M=0.55 \text{ tm/m}$ olduğundan döşemenin takviyesine gerek yoktur.

6. SONUÇLAR ve TAVSİYELER

6.1 Sonuçlar

1- Betonarme kirişlerin takviyesi ve onarımı oldukça başarılı sonuçlar vermektedir. Ancak işçiliğin ve takviye donatısının mevcut kiriş donatısına çok iyi bir şekilde bağlanması gerekir.

2- Kirişlerin takviyesi tamamen ve kısmen olmak üzere iki şekilde moment eğrisine göre yapılabilmektedir.

3- Yüksüz (kirişler askıya alınarak yükü boşaltıldıktan sonra) kirişin tamamen, takviyesi yekpare kiriş eğilme mukavemetinin % 95 ini aşan mukavemetler sağlanabilmektedir. Böyle bir mukavemetin sağlanabilmesi için boyuna takviye donatısını, mevcut kiriş donatısına bağlayan U tipi etriyelerin ve Z tipi pilyelerin sağlıklı bir şekilde kullanılması şarttır.

4- Kirişlerin takviyesi ile süneklikte ve enerji tüketim kapasitesinde artışlar sağlanabilmektedir.

5- Yük altında yapılan kısmi takviyeler, yekpare kiriş mukavemetinin % 90 ına ulaşabilmektedir. Ancak, bu durumda oldukça büyük deformasyonlar olduğundan, bu tür takviye tarzından mümkün mertebe kaçınılmalıdır.

6- Betonarme kolonların takviyesinde mevcut kolon betonu ile takviye sonucunda dökülen manto betonunun kaynaşması tam sağlanmaya çalışılmalıdır. Bunun sağlanması halinde takviye edilmiş kolonlarda gerektiği kadar mukavemet artışı sağlanabilmektedir.

7- Kolon takviyesinde kullanılan boyuna donatılar, kolonun alt ve üst noktalarında iyi ankrajlanmalıdır. Yatay deprem yükleri için bu şarttır.

8- Eğer kolon hasarlı ise betonun ezilmiş kısımları uzaklaştırılmalı, donatıda gerekli düzenleme yapılmalı ve en az mevcut kolonun beton kalitesi seviyesinde bir beton dökülerek onarım tamamlanmalıdır.

9- Çok sayıda elemanın takviyesini gerektiren veya yeterli rijitliği bulunmadığı durumlarda, bazı çerçevelerin betonarme dolgu perdeleriyle takviyesi ekonomik ve etkili olmaktadır.

10- Çerçevelerde oluşturulan betonarme dolgu perdeleriyle rijitlik büyük ölçüde artırılabilir (10 ila 40 kat). Perdeler ile sağlanan mukavemet artışı ise % 300 ila % 600 arasında değişmektedir.

11- Perdeler ile yapılan takviyelerde rijitlik artışı sağlanmasına karşılık depremde yapıya gelen dinamik kuvvette de artış olmaktadır. Ancak, iyi bir düzenleme ile mukavemet yönünden sağlanan artış, kuvvet artışından daha fazla olabilmekte ve betonarme takviye perdeleri deprem davranışını olumlu yönde etkilemektedir.

12- Betonarme takviye perdeleriyle sağlanacak mukavemet artışı, perde donatısının mevcut kolon ve kirişe bağlantısıyla yakından alakalı olup bu bağlantıların yapılmasında özen gösterilmelidir.

6.2 Pratige Dönük Tavsiyeler

Betonarme taşıyıcı elemanların takviyesi ve onarımı günümüzde oldukça sık rastlanılan ve çözüm bulunması gereken önemli bir konudur. Bu sebeple, takviye veya onarıma

ne için gerek duyulduğunun iyi bilinmesi gerekir. Ayrıca, takviyeye ve onarıma gerçekten gerek var mıdır ve bununla istenen netice alınabilecek midir sorularına cevap aranmalı, eğer olumlu sonuç alınıyor ise ekonomik analiz yapılmalı ve uygun takviye metodu seçilmelidir.

Bütün taşıyıcı elemanların gerek takviyesinde gerekse onarımında işçiliğin çok önemli olduğu unutulmamalı ve takviye projelerindeki detaylar yapım sırasında mümkün mertebe tam olarak uygulanmalıdır.

Takviye veya onarım hesapları yapılırken, emniyetli tarafta kalmak için, takviye edilmiş kesitin taşıma gücünün tamamından yararlanmak yerine, eski (mevcut) ve yeni (takviyeli kesit) kesitin birlikte çalışma durumuna göre belli bir oranda azaltma yapılarak dikkate alınması daha uygundur.

Mevcut taşıyıcı elemanın donatısı ile takviyede kullanılan donatının birbirine kaynaklı bağlantısı yapılırken donatı alanının % 25 lik bir bölümünün zarar görebileceği kabul edilmeli ve gerekli donatı miktarı buna göre seçilmelidir.

Betonarme elemanların takviyesi veya onarımı yapılırken alt katlardan başlanmalı, güvenli bir çalışma ortamı sağlanması ve takviye sonunda istenen neticenin alınması için taşıyıcı elemanların yükleri askıya alınarak boşaltılmalıdır.

Yapıların taşıyıcı elemanlarında yapılacak takviyeler rast gele yerlerde yapılmamalıdır. Özellikle deprem yükleri etkisinde, simetrik yapılmayan takviyeler yapının

rijitlik simetrikliğini bozmakta, kütle merkeziyle rijitlik merkezi arasında eksantrisine artmakta, bunun sonucunda da burulma (torsiyon) problemi ortaya çıkmaktadır. Onun için özellikle perdeli takviye sistemlerinde yapının rijitlik simetrisi mümkün mertebe sağlanmaya çalışılmalıdır.

Betonarme taşıyıcı elemanların betonarme malzeme kullanılarak takviyesi veya onarımında malzemenin belli bir mukavemet değerine ulaşması ve işçilik yönünden uzun bir süreye ihtiyaç vardır. Oysa çelik malzemelerde bu süre daha kısa olmaktadır. Bunun için, özellikle betonarme yapı elemanlarının onarımında çelik profillerin (putrellerin) kullanılması daha iyi neticeler verebilmektedir.



KAYNAKLAR

- 1- GÜLKAN, P., Onarılmış Betonarme Kolon-Kiriş Birleşimlerinin Benzeştirilmiş Deprem Etkileri Altındaki Akma Sınırı Ötesi Davranışı, Doçentlik Tezi, O.D.T.Ü Mühendislik Fakültesi, Ankara, Eylül-1976.
- 2- HELLESAND, J., GREEN, E., Tests of Repaired Reinforced Concrete Columns, ACI Journal, proceedings, Vol. 69, no.12, pp. 770-774, December-1972.
- 3- ÇELEBİ, M., PENZIEN, J., Hysteretic Behaviour of epokxy repaired reinforced concrete beams, Earthquake Engineering Research Center University Of California, Berkeley, California, U.S.A, report No EERC 73-5, February-1973.
- 4- HEWLETT, P.C., MORGAN, J.G.D., Static And Cyclic Response Of Reinforced Concrete Beams Repaired By resin injektion, Magazine Of Concrete research Vol. 34, No. 118, pp 5-17, March-1982.
- 5- ÜNSAL, T., Güçlendirilmiş Betonarme Kirişlerin davranış ve dayanımları, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Şubat-1989.
- 6- ERSOY, U., TANKUT, T., ALTIN, S., Betonarme Dolgulu çerçevelerin Dayanım ve Davranışı, Türkiye İnşaat Mühendisliği X. Teknik Kongresi, Ankara ekim-1989.
- 7- TANKUT, T., CAN, H., Betonarme Kirişlerin Eğilme İçin Güçlendirilmesi, Türkiye İnşaat Mühendisliği X. Teknik Kongresi, Ankara, Ekim-1989.
- 8- SACHNOWSKI, K.W., Çeviren, KALAYCIOĞLU, E.F., Betonarme Yapıların Takviye Metotları, İnşaat Mühendisleri Odası Yayınları, Teknik Broşür, Sayı.4, 1964.

- 9- BAYÜLKE, N., Depremlerde Hasar Gören Yapıların Onarımı ve Güçlendirilmesi, T.M.M.O.B. İnşaat mühendisleri Odası, Ankara, 1984.
- 10- ÇAMLİBEL, N., Kat İlavesi Sonucu Çatlamış Binaların Takviyesi Yöntemleri, Birsan kitabevi Yayınları İstanbul, 1984.
- 11- TANKUT, T., KARABAY, M., Dolgu Duvarlarının Betonarme Çerçevelerin Davranışı ve Dayanımı Üzerindeki Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, şubat-1989.
- 12- CELEBİ, M., GÜLKAN, P., The Akkum Building During The February 1, 1974 İzmir Earthquake and its repair, Proceedings Fifth European Conference On Earthquake Engineering, Vol.2, İstanbul, 1975.
- 13- ARIOĞLU, E., ARIOĞLU, Ü., ANADOL, K., 1967 Akyazı Depreminden Ağır Hasar gören Sakarya Valilik Binası Onarım ve Takviye Projesi, Türkiye'de Deprem Sorunu ve Deprem Mühendisliği sempozyumu, O.D.T.Ü, Ankara, 1972.
- 14- ARCIA, J., MALAVER, A., Structural Reparations Of Damaged Buildings Caracas Earthquake Of july, 29, 1967 Proceedings Fifth European Conference on Earthquake Engineering, İstanbul, 1975.
- 15- ERSOY, U., Betonarme Temel İlkeler ve Taşıma Gücü Hesabı T.M.M.O.B. İnşaat Mühendisleri Odası, Cilt 1, Ankara, 1985.
- 16- GÜLKAN, P., The Inelastic Response Of Repaired Reinforced Concrete Beam-Column Connestions, Sixth World Conference On Earthquake Engineering, No 1.7 New delhi, january-1977.

- 17- LEE, D.L.N, Wight, J.K., HANSON, R.D., Repaired Beam-Column Subassemblages Subjected To Earthquake Type Loads, Proceedings Fifth European Conference On Earthquake Engineering, İstanbul 1975.
- 18- BAYÜLKE, N., Depremde Hasar Gören Yapıların Onarımı, Türkiye Mühendislik Haberleri, No.276, Mart, 1978.
- 19- BAYINDIRLIK VE İSKAN BAKANLIĞI, Beton Laboratuvar Deneyleri Teknik el Kitapları-12-, 1985.
- 20- TS-500, Betonarme Yapıların hesap ve Yapım kuralları Ankara, 1984.

ÖZGEÇMİŞ

1966 yılında Erzurum'da doğdum. İlk, orta ve liseyi Ankara'da okudum. 1983 yılında Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümüne girdim. 1987 yılında mezun oldum. 1987 yılında TKİ-Konya Linyitleri İşletmesinde göreve başladım ve burada 1989 yılına kadar çalıştım. 1989 yılında kurum değiştirerek Elektrik İşleri Etüt İdaresine geçtim. Halen bu kurumda görev yapmaktayım.



EKLER

(Takviye Projesi Yapılacak Binanın Değişik Yerlerinde Alınmış Olan Resimler)



Takviye Edilecek Binalara Ait Fotoğraf



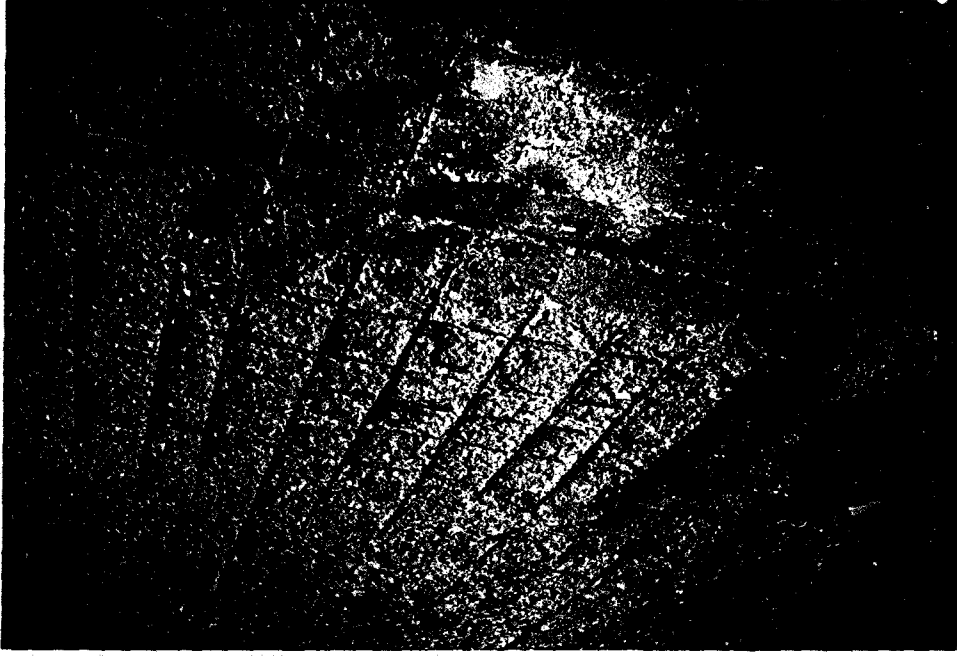
Kolondaki Aks Kaymasına Ait Fotoğraf



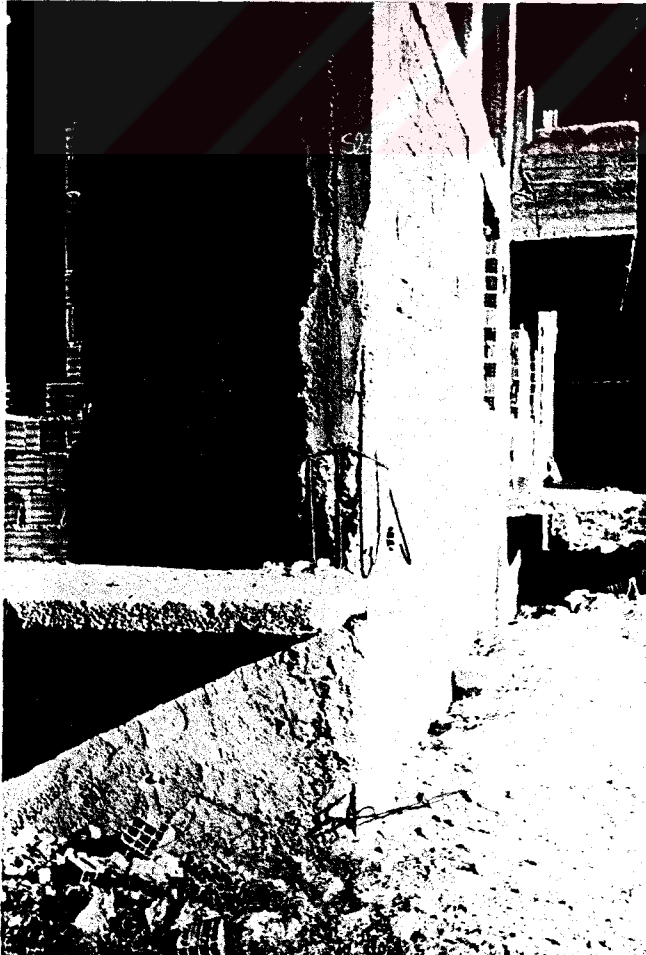
Kolonlarda Meydana Gelmiş Ezilmelere
Ait Fotograf



Bağlantısız Açıkta Kalan Kolon Donatılarına
Ait Fotograf



7. Kat Tavan Döşemesinde Açığa Çıkmış Olan Donatılara
Ait Bir Fotoğraf



Bağılantısız Açıkta Kalmış Kolon
Donatılarına Ait Bir Fotoğraf