

**ÇOK KATLI YAPI TASARIMINDA HAREKETLİ
YÜK KONUMLARININ ARAŞTIRILMASI**

İTÜ MERKEZ KÜTÜPHANESİ

Denirbaş No: 70709

Sınıflama No:

İNŞ
U21382
SAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Fatih SAYIN
(501960052011)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 31 Mayıs 1999
Tezin Savunulduğu Tarih : 16 Haziran 1999

Tez Danışmanı :

Prof.Dr. Sumru PALA

Diğer Jüri Üyeleri

Prof.Dr. Faruk KARADOĞAN

Prof.Dr. Gülay ALTAY (B.Ü.)

(Signatures of Prof. Dr. Sumru Pala, Prof. Dr. Faruk Karadoğan, and Prof. Dr. Gülay Altay)



HAZİRAN 1999

**ÇOK KATLI YAPI TASARIMINDA HAREKETLİ
YÜK KONUMLARININ ARAŞTIRILMASI**

İTÜ MERKEZ KÜTÜPHANESİ

Denirbaş No: 70709

Sınıflama No:

İNŞ
U21382
SAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İnş. Müh. Fatih SAYIN
(501960052011)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 31 Mayıs 1999
Tezin Savunulduğu Tarih : 16 Haziran 1999

Tez Danışmanı :
Diğer Jüri Üyeleri

Prof.Dr. Sumru PALA

Prof.Dr. Faruk KARADOĞAN

Prof.Dr. Gülay ALTAY (B.Ü.)

(Signatures of Prof. Dr. Sumru Pala, Prof. Dr. Faruk Karadoğan, and Prof. Dr. Gülay Altay)



HAZİRAN 1999

ÖNSÖZ

Bu çalışmada kolon ve kiriş kesitlerinde hareketli yük nedeni ile oluşacak kesit zorlarını olabildiğince gerçeğe yakın bir biçimde, en az çözümleme ile elde edebilmek için belirli bir sistematığe dayanan hareketli yük düzenleme yöntemleri karşılaştırılmış, doğrulukları tartışılmış ve yeni bir yükleme önerisi getirilmeye çalışılmıştır.

Yüksek lisans tezi sırasında bilgi ve düşüncelerinden yararlandığım danışman hocam Sayın Prof. Dr. Sumru PALA başta olmak üzere, Sayın Prof. Dr. Günay ÖZMEN ve Yapı Statikçi Çalışma grubu öğretim görevlilerine teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bana her zaman her türlü desteği veren aileme, bu tezde katkısı bulunan arkadaşlarıma ve benim üzerimde emeği olan insanlara teşekkür ederim.

31 MAYIS 1999

Fatih SAYIN

ÖNSÖZ

Bu çalışmada kolon ve kiriş kesitlerinde hareketli yük nedeni ile oluşacak kesit zorlarını olabildiğince gerçeğe yakın bir biçimde, en az çözümleme ile elde edebilmek için belirli bir sistematığe dayanan hareketli yük düzenleme yöntemleri karşılaştırılmış, doğrulukları tartışılmış ve yeni bir yükleme önerisi getirilmeye çalışılmıştır.

Yüksek lisans tezi sırasında bilgi ve düşüncelerinden yararlandığım danışman hocam Sayın Prof. Dr. Sumru PALA başta olmak üzere, Sayın Prof. Dr. Günay ÖZMEN ve Yapı Statikçi Çalışma grubu öğretim görevlilerine teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bana her zaman her türlü desteği veren aileme, bu tezde katkısı bulunan arkadaşlarıma ve benim üzerimde emeği olan insanlara teşekkür ederim.

31 MAYIS 1999

Fatih SAYIN

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR

TABLO LİSTESİ

ŞEKİL LİSTESİ

SEMBOL LİSTESİ

ÖZET

SUMMARY

v
vi
vii
ix
x
xii

1. GİRİŞ

- 1.1. Yapı Sistemlerinin Hesabı İçin Temel İlkeler
- 1.2. Yapı Sistemlerinin Hesabında Gözönüne Alınan Yüklər
 - 1.2.1. Düşey yüklər
 - 1.2.2. Yatay yüklər

1
1
2
2
3

2. YÖNETMELİKLERDEKİ YÜK VE YÜKLEME TANIMLAMALARI

- 2.1. Yönetmeliklerde Tanımlanan Yüklər
- 2.2. Kesit Hesapları
 - 2.2.1. Taşıma gücü yöntemi
 - 2.2.2. Emniyet gerilmeleri yöntemi

5
5
6
6
8

3. YAPI SİSTEMLERİNDE YENİDEN UYUM KAVRAMI

- 3.1. Hesap Yöntemleri
- 3.2. Yeniden Uyum
- 3.3. Yönetmeliklerde Yeniden Uyum
 - 3.3.1. Alman yönetmeliği
 - 3.3.2. Betonarme yapıların hesap ve yapım kuralları TS 500
 - 3.3.3. Eurocode 2
 - 3.3.4. İngiliz yönetmeliği
 - 3.3.5. Rus yönetmeliği
 - 3.3.6. ACI

9
9
12
16
16
16
17
18
18
18

4. ÇOK KATLI YAPILARDA HAREKETLİ YÜK DÜZENLEMELERİ

- 4.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı
- 4.2. Yönetmeliklerdeki Elverişsiz Yükleme Tanımlamaları
- 4.3. Yükleme Önerileri
 - 4.3.1. Yükleme I
 - 4.3.2. Yükleme II
 - 4.3.3. Yükleme III
 - 4.3.4. Balkar mühendislik
 - 4.3.5. Kesin yöntem

20
20
21
22
23
25
26
28
28

5. KULLANILAN YÖNTEMLERİN TİP ÇERÇEVELERE UYGULANMASI	30
5.1. Çerçeve 1	30
5.2. Çerçeve 2	38
5.3. Çerçeve 3	47
5.4. Çerçeve 4	57
6. GENEL DEĞERLENDİRME	64
6.1. Sonuçların Ağırlıklı Ortalama Hatalar İle Değerlendirilmesi	64
6.2. Sonuçların Moment Grafikleri İle Değerlendirilmesi	68
7. GENEL BİR YÖNTEM	70
7.1. Hesap Değerlerinin Bulunması İçin Bir Yükleme Düzeni Önerisi	70
7.2. Önerilen Yükleme Düzeninin Diğer Yöntemlerle Karşılaştırılması	72
8. SONUÇLAR	83
KAYNAKLAR	85
EKLER	87
ÖZGEÇMİŞ	128

KISALTMALAR

ABYYHY	: Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
EEY	: En Elverişsiz Yükleme
G	: Göçme
GÜV	: Güvenlik
i	: İşletme
MAX	: Maksimum
TS498	: Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
TS500	: Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1 : TS 498'de verilen yük şiddetleri	2
Tablo 1.2 : TS498'de öngörülen hareketli yük değerleri	3
Tablo 1.3 : Hareketli yük azaltma katsayıları	3
Tablo 5.1 : Taşıyıcı elemanların enkesitleri	30
Tablo 5.2 : Çerçeve1 için yapılan birim yüklemelerden elde edilen momentler	34
Tablo 5.3 : Çerçeve 1 için yapılan yüklemelere ilişkin sonuçlar	37
Tablo 5.4 : Çerçeve2 için yapılan birim yüklemelerden elde edilen momentler	41
Tablo 5.5 : Çerçeve 2 için yapılan yüklemelere ilişkin sonuçlar	45
Tablo 5.6 : Çerçeve 3 için yapılan birim yüklemelerden elde edilen momentler	50
Tablo 5.7 : Çerçeve 3 için yapılan yüklemelere ilişkin sonuçlar	55
Tablo 5.8 : Çerçeve 4 için yapılan birim yüklemelerden elde edilen momentler	59
Tablo 5.9 : Çerçeve 4 için yapılan yüklemelere ilişkin sonuçlar	63
Tablo 6.1 : Çerçeve 1'e uygulanan yüklemelere ilişkin ağırlıklı ortalama hatalar	65
Tablo 6.2 : Çerçeve 2'ye uygulanan yüklemelere ilişkin ağırlıklı ortalama hatalar	66
Tablo 6.3 : Çerçeve 3'e uygulanan yüklemelere ilişkin ağırlıklı ortalama hatalar	67
Tablo 6.4 : Çerçeve 4'e uygulanan yüklemelere ilişkin ağırlıklı ortalama hatalar	67
Tablo 7.1 : Çerçeve 1'de EEY Yükleme ile diğer yüklemelerin karşılaştırılması	73
Tablo 7.2 : Çerçeve 1'e uygulanan yüklemelere ilişkin AOH	74
Tablo 7.3 : Çerçeve 2'de EEY Yükleme ile diğer yüklemelerin karşılaştırılması	75
Tablo 7.4 : Çerçeve 2'ye uygulanan yüklemelere ilişkin AOH	76
Tablo 7.5 : Çerçeve 3'de EEY Yükleme ile diğer yüklemelerin karşılaştırılması	77
Tablo 7.6 : Çerçeve 3'e uygulanan yüklemelere ilişkin AOH	79
Tablo 7.7 : Çerçeve 4'de EEY Yükleme ile diğer yüklemelerin karşılaştırılması	81
Tablo 7.8 : Çerçeve 4'e uygulanan yüklemelere ilişkin AOH	80

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 3.1	: İdealize edilmiş moment-eğrilik ilişkisi.....	12
Şekil 3.2	: q yükü ile yüklü iki ucu ankastre kiriş.....	13
Şekil 3.3	: Elastik davranış sonundaki moment diyagramı.....	13
Şekil 3.4	: İki ucunda plastik mafsall oluşmuş kiriş.....	14
Şekil 3.5	: Kirişin taşıma kapasitesine ulaşması.....	14
Şekil 3.6	: Kirişin mekanizma durumuna erişmesi.....	14
Şekil 4.1	: Elverişsiz mesnet momentleri için yapılan yüklemeler.....	23
Şekil 4.2	: Model yükün çerçeveye uygulanması.....	24
Şekil 4.3	: Elverişsiz mesnet momentleri için yapılan yüklemeler.....	24
Şekil 4.4	: Furlong yüklemesi.....	25
Şekil 4.5	: Kat çerçevelerine yapılan yüklemeler.....	27
Şekil 5.1	: Çerçeve 1.....	31
Şekil 5.2	: Çerçeve 1 için yapılan birim yüklemeler.....	32
Şekil 5.3	: Yükleme I'in çerçeve 1'e uygulanması.....	35
Şekil 5.4	: Yükleme II'nin çerçeve 1'e uygulanması.....	36
Şekil 5.5	: Yükleme III'ün çerçeve 1'e uygulanması.....	36
Şekil 5.6	: Çerçeve 2.....	38
Şekil 5.7	: Çerçeve 2 için yapılan birim yüklemeler.....	39
Şekil 5.8	: Yükleme I'in çerçeve 2'ye uygulanması.....	43
Şekil 5.9	: Yükleme II'nin çerçeve 2'ye uygulanması.....	44
Şekil 5.10	: Yükleme III'ün çerçeve 2'ye uygulanması.....	44
Şekil 5.11	: Çerçeve 3.....	47
Şekil 5.12	: Çerçeve 3 için yapılan birim yüklemeler.....	48
Şekil 5.13	: Yükleme I'in Çerçeve3'e uygulanması.....	52
Şekil 5.14	: Yükleme II'nin Çerçeve 3'e uygulanması.....	53
Şekil 5.15	: Yükleme III'ün Çerçeve 3'e uygulanması.....	54
Şekil 5.16	: Çerçeve 4.....	57
Şekil 5.17	: Çerçeve 4 için yapılan birim yüklemeler.....	58
Şekil 5.18	: Yükleme I'in Çerçeve 4'e uygulanması.....	61
Şekil 5.19	: Yükleme II'nin Çerçeve 4'e uygulanması.....	62
Şekil 5.20	: Yükleme III'ün Çerçeve 4'e uygulanması.....	62
Şekil 7.1	: EEY Yüklemesi.....	71
Şekil E.1	: Çerçeve 1 açıklık kesitleri moment değerleri.....	112
Şekil E.2	: Çerçeve 1 mesnet kesitleri moment değerleri.....	113
Şekil E.3	: Çerçeve 2 açıklık kesitleri moment değerleri.....	114
Şekil E.4	: Çerçeve 2 mesnet kesitleri moment değerleri.....	115
Şekil E.5	: Çerçeve 3 açıklık kesitleri moment değerleri.....	116
Şekil E.6	: Çerçeve 3 mesnet kesitleri moment değerleri.....	117
Şekil E.7	: Çerçeve 4 açıklık kesitleri moment değerleri.....	118
Şekil E.8	: Çerçeve 4 mesnet kesitleri moment değerleri.....	119

Şekil F.1	: Çerçeve 1 açıklık kesitleri moment değerleri.....	120
Şekil F.2	: Çerçeve 1 mesnet kesitleri moment değerleri.....	121
Şekil F.3	: Çerçeve 2 açıklık kesitleri moment değerleri.....	122
Şekil F.4	: Çerçeve 2 mesnet kesitleri moment değerleri.....	123
Şekil F.5	: Çerçeve 3 açıklık kesitleri moment değerleri.....	124
Şekil F.6	: Çerçeve 3 mesnet kesitleri moment değerleri.....	125
Şekil F.7	: Çerçeve 4 açıklık kesitleri moment değerleri.....	126
Şekil F.8	: Çerçeve 4 mesnet kesitleri moment değerleri.....	127

SEMBOL LİSTESİ

ρ	: Çekme donatısı oranı
α	: Hareketli yük azaltma değeri
σ	: İşletme yüklerinden oluşan gerilmeler
μ	: Poisson oranı
Σ	: Toplam
β	: Toplam hareketli yüke göre azaltma değeri
ρ'	: Basınç donatısı oranı
σ_1	: Lineer-elastik sınır gerilmesi
ρ_b	: Dengeli donatı oranı
$\sigma_{güv}$	: Güvenlik gerilmesi
φ_{max}	: Maksimum eğrilik
A_s	: Çekme donatısı alanı
A_s'	: Basınç donatısı alanı
c	: İlgili kesitteki tarafsız eksen yüksekliği
d	: Kesitteki efektif yükseklik
E	: Deprem etkisi. Elastisite modülü
e	: Güvenlik katsayısı
E_s	: Çelik elastisite modülü
f_c	: Beton basınç dayanımı
f_y	: Çelik akma dayanımı
G	: Sabit yük
I	: Atalet momenti
I	: Açıklık
M	: Çerçevelerdeki moment değerleri
m	: Çerçevenin açıklık sayısı
M_i	: Moment değerleri
M_n	: Kesitin moment taşıma kapasitesi
M_p	: Plastik moment
M_r	: Kesitin moment taşıma kapasitesi
P_g	: Göçme yükü
P_i	: İşletme yükleri
q	: Birim yayılı yük
Q	: Hareketli yük
T	: Sıcaklık
W	: Rüzgar yükü

ÇOK KATLI YAPI TASARIMINDA HAREKETLİ YÜK KONUMLARININ ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Yüksek lisans tezi olarak sunulan bu çalışmada, kolon ve kiriş kesitlerinde hareketli yük nedeni ile oluşacak kesit zorlarını olabildiğince gerçeğe yakın bir biçimde, en az çözümleme ile elde edebilmek için belirli bir sistematığe dayanan hareketli yük düzenleme yöntemleri karşılaştırılacak ve doğrulukları tartışılacaktır.

Toplam yedi bölümden oluşan çalışmanın birinci bölümünde genel olarak yapı sistemlerinin hesap ilkeleri ve bu hesapta gözüne alınan yüklerden bahsedilmiştir.

İkinci bölümde, yürürlükteki yönetmeliklerdeki yapı sistemlerin hesabında kullanılan yük ve yüklemeler ile ilgili konular incelenmiştir.

Üçüncü bölümde, özellikle betonarme yapıların tasarımında yer alması gereken yeniden uyum kavramına yer verilmiş ve getirdiği avantajlardan bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde, çok katlı yapılarda hareketli yük düzenlenmesi konusuna girilmiş, çeşitli dünya yönetmeliklerindeki elverişsiz yükleme tanımlamaları verilmiştir. Yine bu bölümde yapısal çözümlemede kullanılmak üzere gerekli olan kesit tesirlerini bulmak amacıyla önerilen ve uygulamada kullanılan yöntemler anlatılmıştır.

Beşinci bölümde, dördüncü bölümde anlatılan yükleme önerilerinin örnek olarak seçilen dört ayrı çerçeve için uygulaması yapılmıştır. Bunun için öncelikle çerçeveler tanımlanmış, bu çerçevelerdeki tüm kesitler için kesin hesap değerleri bulunmuştur. Daha sonra yükleme önerilerinin seçilen bu çerçevelere uygulanması sonucu yaklaşık değerler hesaplanmıştır.

Altıncı bölümde, bir önceki bölümde yapılan önerilerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Bunun için iki ayrı yol izlenmiş ve tüm çerçevelere uygulanmıştır.

Yedinci bölümde, bu çalışmada yapılan tüm hesaplamalar gözönüne alınarak en elverişsiz kesit zorlarının bulunması için, uygulanması kolay, yeteri yaklaşıklıkla sonuç verecek ve emniyetli tarafta kalacak bir yükleme düzeni önerilmeye çalışılmıştır. Ayrıca önerilen bu yüklemenin diğer yükleme önerileri ile bir karşılaştırılması yapılmıştır. Bu karşılaştırma yapılırken daha önce de kullanılan ağırlıklı ortalama hatalar ile moment grafiklerinden yararlanılmıştır.

Son bölümde ise yapı analizinde kullanılan yükleme önerileri ile bu çalışmada önerilen yöntem genel olarak anlatılmış ve elde edilen sonuçlar hakkında bilgi verilmiştir.

INVESTIGATION ABOUT THE POSITIONS OF THE LIVE LOADS FOR THE DESIGN OF MULTI-STOREY FRAME STRUCTURES

SUMMARY

In this study submitted as graduate thesis, live load arrangement methods based on a certain systematic, shall be compared and their accuracies shall be discussed in order to obtain internal forces that will appear in beam and column sections due to live loads as much closer to actual values as possible.

In the first chapter of the study that consists of 7 chapters; calculation principles of structural systems and loads which are taken into consideration in this calculation are generally discussed.

In the second chapter, topics related to loads and loadings used in calculation of structural systems in regulations, codes and rules are considered.

In the third chapter, concept of redistribution that should take place in the design of especially reinforced concrete structures is considered and advantages of this concept are stated.

In the fourth chapter, topics of live load arrangement in multi-storey structures is introduced, inconvenient loading definitions in various worldwide regulations are provided. Also, within this chapter, methods used in application and suggested in order to find internal forces necessary to be used in structural analysis are mentioned.

In the fifth chapter, application of loading suggestions mentioned before for four separate frames selected as samples are realized. For this reason, frames are defined priorly and calculation values for all sections in these frames are found. After application of loading suggestions to these selected frames, approximate values are calculated.

In the sixth chapter, evaluation of the suggestions made in chapter 5 is provided. For that purpose, two separate methods are followed and applied to all of the frames.

In the seventh chapter, a loading arrangement that shall be within safety side and shall give solution with sufficient approximation and easier to apply is tried to suggest in order to find the most inconvenient section forces regarding all the works done in this study. Additionally a comparison between this suggested loading arrangement and the other types of loading suggestions is provided. Weighted average errors and moment graphs used before are utilized while this comparison is being made.

Finally, in the last chapter, loading arrangement suggestions used in this study and methods suggested, are generally discussed and information about the obtained results is given.

1. GİRİŞ

1.1 Yapı Sistemlerinin Hesabı İçin Temel İlkeler

Bir yapı mühendisinin amacı, yapıları belirli bir güvenlik, yeter bir rijitlik altında en ekonomik şekilde boyutlandırılmasını sağlamaktır. Bu amaca ulaşabilmek için genellikle aşağıda verilen adımlar izlenir:

1. Yapı taşıyıcı sisteminin ve kullanılacak malzemenin seçimi.
2. Yapı ömrü süresince yapıya etkiyecek yüklerin saptanması.
3. Bu yükler altında, varsayılan rijitlikler temel alınarak kesit zorlamalarının bulunması (yapısal çözümleme).
4. Yapıyı oluşturan elemanların, teker teker ve birarada, hesaplanan kesit zorlamaları altında dayanım, yerdeğiştirmeler ve çatlaklar açısından belirli bir güvenliği sağlayacak şekilde boyutlandırılması.
5. Yapının, tasarımda öngörülene uygun olarak yapımının denetlenmesi [1].

Bir yapının projelendirilmesinde temel ilke, taşıyıcı elemanların yapım sırasında ve kullanım süresi boyunca yapıya gelmesi beklenen çeşitli yük ve diğer etkilere emniyetle ve yapının kullanım amaçına zarar vermeden karşı koyabilmesidir. Bu nedenle işe başlarken ele alınacak konular arasında yapıya ömrü boyunca gelebilecek yüklerin tipi, büyüklüğü ve etkiye şeklinin belirlenmesi büyük önem kazanır.

Yükleri gerçeğe yakın biçimde belirlenmesi iki bakımdan önemlidir. Etkimesi muhtemel olan yüklerin gereğinden büyük belirlenmesi yapıyı oluşturan elemanların ihtiyaçtan fazla boyutlarda ortaya çıkması sonucunu doğurur. Bu ise hem ekonomik değildir ve hem de yapı ağırlığı ve kütle ile orantılı deprem yüklerini arttırdığından ek problemleri beraberinde getirir. Bunun yanında yüklerin düşük şiddette alınmaları

ise, taşıyıcı sistemin güvenliğinin kabul edilebilir düzeyde olmamasına neden olur [2].

1.2 Yapı Sistemlerinin Hesabında Gözönüne Alınan Yükler

Yapı mühendisliğinde yapıya etkileyen yükler genel olarak düşey ve yatay yükler olmak üzere iki kısımda ele alınmaktadır.

1.2.1 Düşey yükler

• **Sabit Yükler** : Yapının ömrü boyunca taşıyıcıya etkileyen ve şiddeti değişmeyen yüklere “sabit yükler” denir. Sabit yükler, taşıyıcı elemanlar, kaplama, döşeme, çatı örtüsü, yalıtım, duvar v.s. gibi yapıyı meydana getiren elemanların kendi ağırlıklarından oluşur. Bu tip yükler için bilgiler TS 498 Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri’nde verilmektedir [3]. Örnek olmak üzere bazı malzemeler için yük şiddetleri Tablo 1.1’de verilmiştir.

Tablo 1.1 - TS 498’de verilen yük şiddetleri

Yükün Cinsi	Yük Şiddeti (kN/m ²)
Betonarme Plak	0.250
Karo Mozaik	0.220
Ahşap Parke	0.080
Halı	0.030
Seramik	0.220
Granit	0.280
Alüminyum	0.270
Çelik	0.785
Çimento	0.160

• **Hareketli Yükler** : Hareketli yükler genellikle büyüklükleri ve konumları zamanla değişen yüklerdir. Yapının, fonksiyonundan dolayı taşınması gereken yüklerdir. Açıklık içindeki yayılışları değişik şekillerde ortaya çıkabilirse de, belirlenmesindeki belirsizlikten dolayı genellikle düzgün yayılı yük olarak kabul edilirler.

Tablo 1.2’de bina türü yapılar için TS 498’de öngörülen hareketli yük değerleri verilmiştir. Bunların minimum değerler olduğu unutulmamalı ve gereken durumlarda daha büyük değerler alınmalıdır.

Tablo 1.2 - TS 498'de öngörülen hareketli yük değerleri

Kullanma Şekli	Yük Şiddeti (kN/m ²)
Çatı arası odalar	1.50
Konut ve hastane odaları; bürolar	2.00
Sınıflar; konut merdivenleri	3.50
Cami, tribün, tiyatro ve sinema	5.00
Büro, hastane ve okul koridorları	5.00
Garajlar	5.00

Özellikle düşey taşıyıcı elemanların boyutlandırılmasında tüm katlarda hareketli yüklerin varlığını kabul etmek ekonomik olmayan sonuçlara götürebilir. Bu amaçla üç katın üzerindeki yapılarda hareketli yük azaltması (α) veya tüm hareketli yükün varlığından hareketle hesaplanan toplam yük azaltması (β) yapılabilir. TS 498'de konut ve işyerleri için farklı olarak öngörülen bu katsayılar Tablo 1.3'de verilmiştir [2].

Tablo 1.3 - Hareketli yük azaltma katsayıları

Kat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
α (%)	0	0	0	20	40	60	80	80	90	40	40	40
Konut β (%)	100	100	100	95	88	80	71	65	60	60	60	60
İşyeri α (%)	0	0	0	10	20	30	40	40	40	20	20	20
β (%)	100	100	100	98	94	90	86	83	80	80	80	80

α : Hareketli Yük Azaltma Değeri

β : Toplam Hareketli Yüke Göre Azaltma Değeri

Ağır makina yüklerinde, taşıt yüklerinde ve dinamik etkisi önemli olan yüklerde, ayrıntılı bir inceleme yaparak yükün açıklıktaki çeşitli konumlarına göre kesit etkilerinin hesap edilmesi ve bu amaçla tesir çizgileri veya tesir yüzeylerinin kullanılması, dinamik etki ve çarpma katsayılarının gözönüne alınması gerekir.

1.2.2 Yatay Yükler

Özellikle yüksek yapılarda önem kazanan, hesaplamalarda gözönüne alınması gereken yatay yüklerin en önemlileri; rüzgar yükü ve deprem bölgelerinde deprem yükleridir.

Bunlardan başka bazı özel durumlarda gözönüne alınması gereken yatay yükler de vardır. Bunlar arasında; sanayi yapılarındaki vinçlerin hareket yönündeki fren, onadik doğrultudaki çarpma etkileri, bir iskele veya rıhtımda gemi yanaşması, dalga

etkileri, yol kenarlarındaki yapılarda araç çarpması, yüksek yapılarda yapıya bağlanan kule vinç etkileri sayılabilir [5].

Rüzgar ve deprem etkileri dinamik karakterlidir. Ancak bu yükler genellikle eşdeğer statik yüklemeyle çevrilerek hesap yapılır. Bu konuda uygulanacak yöntem rüzgar yükleri için TS 498’de, deprem yükleri için ise Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY) [4]’de yer almaktadır.

ABYYHY’ye göre aksi belirtilmedikçe, deprem yüklerinin sadece yatay düzlemde ve binanın birbirine dik iki ekseni doğrultusunda ayrı ayrı etkidikleri varsayılacaktır. Deprem yükleri ile diğer yüklerin ortak etkisi altındaki binanın taşıyıcı sistem elemanlarında oluşacak tasarım iç kuvvetlerinin taşıma gücü ilkesine göre hesabında kullanılacak yük katsayıları, aksi belirtilmedikçe, ilgili yapı yönetmeliklerinden alınacaktır. Deprem yükleri ile rüzgar yüklerinin binaya aynı zamanda etkimediği varsayılacak ve her bir yapı elemanının boyutlandırılmasında, deprem ya da rüzgar etkisi için hesaplanan büyüklüklerden elverişsiz olanı gözönüne alınacaktır. Ancak, rüzgardan oluşan sonuçların daha elverişsiz olması durumunda bile; elemanların boyutlandırılması, detaylandırılması ve birleşim noktalarının düzenlenmesinde, bu yönetmelikte belirtilen koşullara uyulması zorunludur.

2. YÖNETMELİKLERDEKİ YÜK VE YÜKLEME TANIMLAMALARI

2.1 Yönetmeliklerde Tanımlanan Yükler

TS 500 Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları [6]'da tanımlanan, betonarme yapılarda gözönüne alınması gereken yük ve etkiler aşağıda belirtilmiştir.

- Yapı kısımlarının kendi ağırlıkları
- İşletme yükleri
- Hareketli yük
- Kar yükü
- Rüzgar etkisi
- Deprem etkileri
- Merkezkaç kuvvetleri
- Sıcaklık değişimleri ve büzülme
- Sünme etkisi
- Toprak etkisi
- Su basıncı
- Suyun alttan kaldırması
- Yanlama kuvvetler
- Düşen yükler
- Periyodik yükler
- Fren kuvvetleri
- Mesnet sürtünme kuvvetleri
- Mesnet yer değişimleri
- Ayak dönmeleri vb.

Tanımlanan yük ve etkilerden, boyutlandırmada sonucu değiştirmeyeceği önceden bilinenler, hesaplarda belirtilmek koşuluyla ihmal edilebilirler.

İşletme ve hareketli yük gibi belirsiz olan yük etkileri, durumlarına göre belirli katsayılarla (sademe) artırılmalıdır [6].

Yukarıda sıralanan yüklerden, sıcaklık değişimi, burulma ve sünme etkileri ile ilgili bilgiler TS 500' de, Deprem ve Afetlerde meydana gelebilecek etkilerle ilgili bilgiler ABYYHY' de, diğerleri ise TS 498' de verilmiştir.

2.2 Kesit Hesapları

Tasarımda, yapıya etkime olasılığı olan tüm yük kombinezonları dikkate alınmalı, ilave yükler elemanda en kritik kesit zorlamaları yaratacak biçimde düzenlenmelidir. Çeşitli yük kombinezonlarına göre yapılan yapısal çözümleme sonucu elde edilen en elverişsiz iç etkilere göre yapıyı oluşturan elemanların kesitleri boyutlandırılır. TS 500' de kesit hesabı için Taşıma Gücü ve Emniyet Gerilmeleri Yöntemi olmak üzere iki değişik yöntem önerilmiştir.

2.2.1 Taşıma Gücü Yöntemi

Taşıma Gücü Yönteminde, beton ve donatı çeliğinin gerçek davranışları temel alınarak, kırılma anındaki kesit kapasitesi saptanmaya çalışılır.

Bu yöntemde, çeşitli belirsizlikler nedeniyle şartnamelerde yer alan karakteristik yükler, yük katsayısı olarak tanımlanan belirli katsayılar ile arttırılarak hesap yükü elde edilir ve yapısal çözümlemeye bu değerler kullanılır.

Yük katsayıları yapıya etkileyen yüklerin nitelik ve niceliğine göre değişir ve yüklerdeki belirsizliğin etkilerini hesaba katmak için kullanılır. Sözü edilen bu belirsizliğin çeşitli nedenleri olabilir.

Yüklerin saptanmasında hatalar olabilir. Bu hatalar tasarımda yapılan kabullerden kaynaklanabileceği gibi, yapım kusurlarından da doğabilir.

Değişik yüklerin bir arada etkiye ve aynı anda maksimum değerlere ulaşma olasılıkları farklıdır. Örneğin yalnız düşey yükler gözönüne alındığında, bunların sabit ve hareketli bölümlerinin karakteristik değerleri aşma olasılıkları farklıdır. Bu farklılık, farklı yük katsayılarının kullanılmasını gerektirir. Düşey yüklerle beraber, rüzgar ya da deprem etkisi gibi geçici yüklerin de hesaba katılması durumunda,

bütün bu yüklerin aynı anda maksimum değerlerine ulaşması olasılığı çok küçüktür. Seçilen yük katsayılarının, bu küçük olasılığa uygun olması gerekir [7].

Yapının öngörülen ömrü içerisinde, bazı yüklerde artış olabilir. Genellikle bu artışlar hareketli yükler için sözkonusudur. Şu halde hareketli yükler için öngörülen yük katsayıları, sabit yüke oranla daha büyük olmalıdır.

Yapıya etkileyen yüklerin ve gerçek dayanımın hesaplarda varsayılandan çok daha değişik olabileceği gözönünde bulundurularak, yüklerdeki belirsizliğin etkilerini hesaba katmak için kullanılan ve 1.0'den büyük olan yük katsayıları yapı ömrüne ve bu süre içerisinde yükün göstereceği istatistiksel değişime bağlı olarak saptanmalıdır [8].

Şartnamelerde öngörülen yük katsayıları ve değişik tür yüklerin birlikte etkimeleri halinde dikkate alınması gereken yük kombinasyonları aşağıda verilmiştir.

▪ **Yalnız düşey yükler için:**

$$1.4 \times G + 1.6 \times Q \quad (2.1)$$

$$1.0 \times G + 1.2 \times Q + 1.2 \times T \quad (2.2)$$

İkinci kombinездaki T, farklı oturma, sıcaklık farkı, büzülme vb. şekil değiştirmeler nedeni ile oluşan yük etkisidir. Bu kombinезon ancak bu tür etkilerin ihmal edilemeyeceği durumlarda dikkate alınmalıdır. Hareketli yükün öz ağırlığa oranının 1/3 veya daha az olduğu ve çerçeveyi oluşturan kirişlerin eşit açıklıklı veya en küçük açıklığın en büyük açıklığa oranının 0.8'den küçük olmadığı durumlarda, birinci yük kombinезonu basit olarak $1.5 \times (G + Q)$ alınabilir.

▪ **Rüzgar yükünün söz konusu olduğu durumlarda:**

$$1.0 \times G + 1.3 \times Q + 1.3 \times W \quad (2.3)$$

$$1.4 \times G + 1.6 \times Q \quad (2.4)$$

▪ Depremın söz konusu olduğu durumlarda:

$$1,0 \times G + 1,0 \times Q + 1,0 \times E \quad (2.6)$$

$$1,4 \times G + 1,6 \times Q \quad (2.7)$$

$$0,9 \times G + 1,0 \times E \quad (2.8)$$

H ile gösterilen yatay toprak basıncı söz konusu olduğuunda, yukardaki ilgili bağıntıya $1,6 \times H$ eklenmelidir. G veya Q nun H yi azalttığı durumlarda $1,4 \times G$ yerine $0,9 \times G$ konulmalı Q ise sıfır alınmalıdır [6].

2.2.2 Emniyet Gerilmeleri Yöntemi

Emniyet Gerilmelerine göre betonarme kesitlerin hesabında beton ve çeliğin doğrusal elastik davranışları varsayılarak elastisite teorisi uygulanabilir. Bu yöntem ile hesap yapılırken, standart veya yönetmeliklerde öngörülen yükler aynen kullanılır. Taşıma Gücünde olduğu gibi belirli yük katsayıları ile çarpılmaz. Neticede hesaplanan gerilmeler, belli bir emniyetle sınır gerilmelerden küçük kalmalıdır.

σ : İşletme yüklerinden oluşan gerilmeler

σ_1 : Lineer-elastik sınır gerilmesi

e : Güvenlik katsayısı, olmak üzere

$\sigma \times e \leq \sigma_1$ olmalıdır veya $\sigma_{güv} = \sigma_1 / e$ olmak üzere

$\sigma \leq \sigma_{güv}$ olmalıdır [8].

Böylece lineer elastik sınır gerilmesine karşı bir 'e' güvenliği sağlanmış olmaktadır.

3. YAPI SİSTEMLERİNDE YENİDEN UYUM KAVRAMI

3.1 Hesap Yöntemleri

Yapı sistemlerinin hesabının amacı, dış etkilerden meydana gelen iç etkiler (kesit zorları), şekil değiştirme ve yerdeğiştirmelerin bulunmasıdır. Yapı sistemlerinin hesabında; Lineer Teori ve Lineer Olmayan Teori olmak üzere iki önemli teori kullanılır.

• Lineer Teori :

Bu teoride gözönüne alınan varsayımlar,

- a) Malzeme lineer elastiktir.
- b) Yerdeğiştirmeler yeteri kadar küçüktür. Denge denklemlerine etkisi ihmal edilebilir, bu nedenle denge denklemleri şekil değiştirmemiş eksen üzerinde yazılabilir.
- c) Tepki kuvvetleri çift yönlüdür ve sistemin boyutları yükleme ile değişmemektedir.

Bu varsayımların kabul edilebildiği durumlarda I. Mertebe teorisi ile hesap yapılabilir ve süperpozisyon kuralı geçerlidir.

Bu teoride tehlike sınırı olarak, lineer elastik sınır gerilmesi esas alınmaktadır. Ayrıca yerdeğiştirmeler, şekildeğiştirmeler, betonarme yapılarda çatlak kalınlıkları sınırlı olmalı ve burkulmaya karşı yeterli bir güvenlik sağlanmalıdır.

Ancak yapı elastik sınırın ötesinde de yük taşıyabilir. Dolayısı ile (Göçme Yüğü/Elastik Sınır Yüğü) oranı sabit değildir.

Bu oran kesit şekline, sisteme, malzemeye ve yükleme şekline bağlı değerler alır. Bu nedenle lineer teori,

- Göçmeye karşı sabit bir emniyet vermez.
- Malzemenin lineer sınırının ötesindeki taşıma kapasitesinden faydalanılamaz.

▪ Lineer Olmayan Teori :

Yapı sistemlerinin lineer olmayan davranışları üç durumda gözönüne alınabilir.

- a) Malzeme bakımından lineer olmayan sistemler
Bu sistemlerde malzeme lineer elastik değildir. Ancak yerdeğıştirmeler küçüktür. Bu durumda denge denklemleri şekil değıştirmemiş sistem üzerinde yazılabilir.
- b) Geometri değışimi bakımından lineer olmayan sistemler
Bu sistemlerde malzeme lineer elastiktir, ancak yerdeğıştirmeler büyüktür. Bu durumda denge denklemleri şekil değıştirmiş sistem üzerinde yazılmalıdır.
- c) Hem malzeme hem de geometri değışimi bakımından lineer olmayan sistemler
Sistem hem malzeme hem de geometri bakımından lineer değildir. Yani hem malzeme lineer elastik değıl hem de yerdeğıştirmeler büyüktür.

Lineer olmayan teori ile hesapda genel olarak iki yol izlenir.

1. Yapı ve işletme yükleri (P_i) verilmiştir. Yapının emniyeti tahkik edilir. Bunun için P_g göçme yükü bulunur.

$$P_g / P_i = e \quad (3.1)$$

ile yapının emniyet katsayısı hesaplanır.

2. (P_i) işletme yükleri ve (e) emniyet katsayısı belli iken yapının boyutlandırılması istenir.

$$P_i \times e = P_g \quad (3.2)$$

olacak şekilde yapı boyutlandırılır.

Ayrıca işletme yükleri altında

- Büyük yerdeğıştirmeler, büyük çatlaklar olmamalıdır.
- Değışen yükler altında plastik deformasyonların yığılmasını önlemek için işletme yükleri altındaki gerilmeler elastik sınırı pek aşmamalıdır.

Linear olmayan teori şu özellikleri sağlamaktadır.

- Göçmeye karşı sabit bir güvenlik sağlar.
- Sistemin linear elastik sınır yükünden sonraki taşıma gücünden yararlanılır.
- Buna karşılık işletme yükleri altında istenilen özellikler sağlanır.

Betonarme elemanlarının boyutlandırılmasında, artırılmış yükler altındaki taşıyıcı sistemin linear teoriye dayanan çözümünde bulunan etkinin, kesitin güvenli olarak karşılayabileceği etkiden küçük kalması şartıyla, sistemin taşıma gücünün bulunmasına gidilmiştir. Burada sistemin çözümünün elastik hesap kabulü ile yapılırken, kesit taşıma gücünün bulunmasında doğrusal olmayan malzeme davranış kabullerinin kullanılması bir uyumsuzluk olarak belirmektedir. Daha gerçekçi bir yaklaşım, taşıyıcı sistemin çözümünde de elastik ötesi davranışın gözönüne alınarak, taşınabilecek yükün bulunmasıdır. Ancak bu durumda çözümün karmaşıklığı, süperpozisyon ilkesinin uygulanamaması gibi zorluklarla karşılaşılır [7].

Taşıyıcı sistem çözümündeki elastik ötesi davranış plastik hesap olarak karşımıza çıkmaktadır ve Eurocode 2 Design of Concrete Structures [9]'da yapılan tanımlaması aşağıda verilmiştir.

Bu hesap yönteminde çözüm, plastisite teorisinin gerçek yükü için verdiği alt sınır ve üst sınır ilkelerine dayanarak yapılır. Göçme yükü, kararlı denge durumunda ve etkin bir şekilde eğilme momenti altında bulunan bir taşıyıcı sistemde plastik sınır durumlar aşağıdaki şartların sağlanmasıyla elde edilir:

1. Denge şartları sağlanmalıdır.
2. Bütün sistemde momentler, plastik sınır momentten büyük olmamalıdır.
3. Taşıyıcı sistem yük taşıyamayacak bir mekanizma durumuna erişmelidir.
4. Momentin en büyük değere eriştiği plastik mafsalda, kesit dönmesi aynı yönde olmalıdır.

Verilen bu şartların hepsinin birden sağlanması yerine bir kısmının sağlanması ile taşıma gücü sınır yüküne alttan veya üstten yaklaşmak mümkün olabilir.

Statik alttan sınır teoremi: Dış yüklerle dengede olan herhangi bir kuvvet durumunda her kesitte $M < M_p$ ise bu iç kuvvet durumuna karşı gelen yük limit yükü değildir veya ondan daha küçüktür. Betonarme kiriş ve yüksek kirişlerde kullanılan kafes

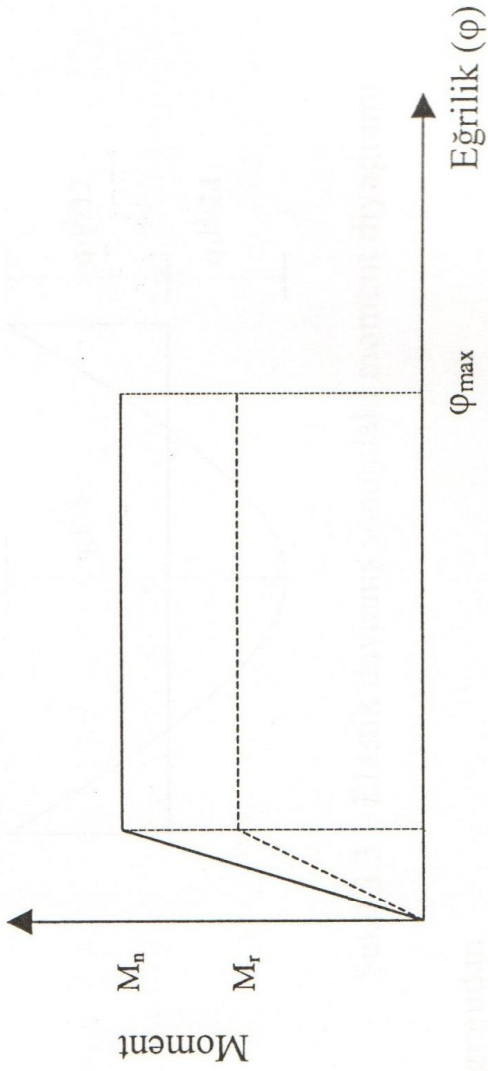
sistem benzeşimi ve plaklarda şeritlerin kabulü ile yük dağıtılması bu teoremin uygulamasıdır.

Kinematik üstten sınır teoremi: Sisteme ait herhangi bir mekanizma durumu için bulunan yük, limit yükten büyük veya ona eşittir. Buna göre mümkün olan bütün mekanizma durumları için bulunan yüklerin en küçüğü sistemin limit yüküne eşittir. Sürekli kirişlerde ve çerçevelerde kullanılan plastik mafsallarda kabulü ile plaklarda akma çizgileri yöntemi ile göçme yükünün bulunması bu teoremin uygulamasıdır [9].

3.2 Yeniden Uyum

Doğrusal elastik davranış varsayımına dayanan bir çözümleme yöntemi kullanıldığında elde edilen iç etkiler, gerçek davranış dikkate alınarak, denge koşullarını sağlamak koşulu ile belirli bir oranda değiştirilebilirler.

Elastik olmayan teoremin betonarme çerçevelere uygulanması Limit Analiz olarak adlandırılır. Bu analiz donatılandırılmış kesitin moment - eğrilik ilişkisi üzerine kurulmuştur. İdealize edilmiş moment-eğrilik ilişkisi Şekil 3.1’de verilmiştir.



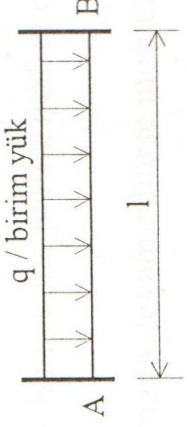
Şekil 3.1 - İdealize Edilmiş Moment-Eğrilik İlişkisi

Şekilde verilen idealizasyonun anlamı eğilme etkisindeki kesitte uygulanan yük altında oluşan moment, M_n değerine ulaşınca kadar eğrilik ile orantılı olarak artar. M_n , kesitin moment taşıma kapasitesidir.

Bundan sonra yapılacak yüklemelerde kesitteki moment artmaz, ancak kesit akar ve eğrilik, sabit moment altında artmaya devam eder. Bu durumda kesitte plastik mafsall oluştuğu kabul edilir. Eğrilik sınır değerine (ϕ_{max}) ulaştığında ise kesit göçer.

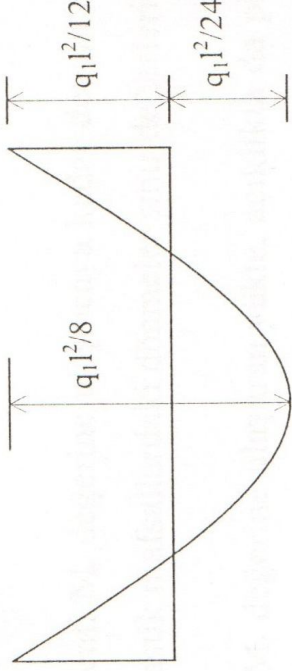
Eğer malzeme direnç faktörleri hesaba katılırsa, kesitin taşıma kapasitesi M_n yerine M_r olarak adlandırılır ve moment-eğrilik ilişkisi şeklindeki kesik çizgilerle ifade edilir ve kesitteki moment bu yeni değere ulaştığında plastik mafsall oluşur.

Aşağıda verilen Şekil 3.2 'de artan q yayılı yükü etkisindeki hiperstatik sistem örnek olarak ele alınarak, yeniden uyumun sisteme getirdiği etkiler tartışılacaktır.



Şekil 3.2 - q yükü ile yüklü iki ucu ankastre kiriş

Bu yükleme etkisinde kirişteki maksimum moment, kesitin taşıma kapasitesi M_r 'ye ulaşınca kadar kiriş elastik bir davranış gösterir. A ve B mesnet kesitlerinde oluşan $(q \times l^2 / 12)$ değerindeki moment, sistemde oluşan en büyük moment değeridir. q yükü altında mesnet kesitlerindeki moment, taşıma kapasitesine ulaştığında elastik davranış limitine varılır ve bu kesitlerde plastik mafsall oluşur. Bu yük altındaki moment diyagramı Şekil 3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.3 – Elastik davranış sonundaki moment diyagramı

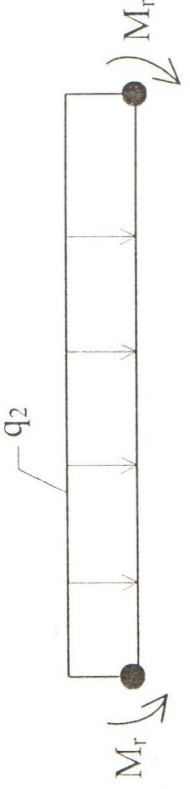
Bu diyagramdan

$$M_r = \frac{q_1 \times l^2}{12} \quad (3.3)$$

$$q_1 = \frac{12 \times M_r}{l^2} \quad (3.4)$$

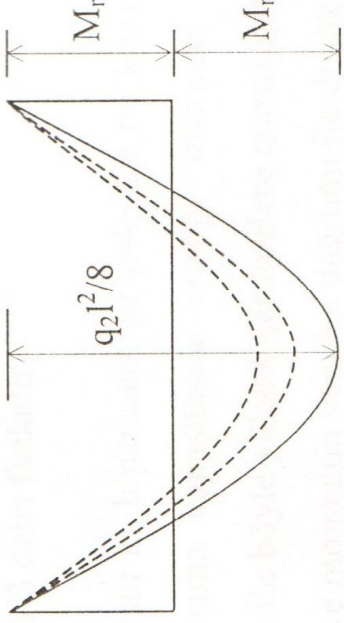
olarak elde edilir.

Yapılan ilave herhangi bir yükleme, mesnet momentlerini arttırmaz fakat bu kesitteki eğrilik artar ve böylece kiriş, Şekil 3.4'de gösterildiği gibi sabit M_r momenti altında basit mesnetli kiriş gibi davranır.



Şekil 3.4 - İki ucunda plastik mafsalsı oluşmuş kiriş

Bu durumda q yükü arttırılmaya devam edilirse mesnet momentleri değişmez, sadece açıklık kesitinde bir moment artışı meydana gelir ve bu durum Şekil 3.5'de kesik çizgilerle gösterilmiştir.



Şekil 3.5 - Kirişin taşıma kapasitesine ulaşması

Bu artış, açıklık momenti M_r değerine ulaşınca kadar devam eder, ancak bu arada mesnetlerde oluşan plastik mafsallardaki dönmeler sınır değerlerini aşmamalıdır.

Açıklıktaki momenti M_r değerine ulaştıran yükte, açıklıkta da plastik mafsalsı oluşur. Bu haldeki eğilme momenti diyagramı koyu çizgi ile Şekil 3.5'de gösterilmiştir.

Bu durumda Şekil 3.6'da gösterildiği gibi kirişte 3 adet plastik mafsalsı oluşmuş ve kiriş daha fazla yük taşıyamayacak mekanizma durumuna erişmiştir.



Şekil 3.6 - Kirişin mekanizma durumuna erişmesi

Moment diyagramından da görülebilen mesnet veya açıklık momentlerinde bir artış olmaksızın, taşınabilecek yük M_r momentini oluşturan q_2 'nin üstüne çıkamaz, bu imkansızdır.

Böylece başlangıçta verilen iki ucu ankastre kirişte 3. plastik mafsall oluşunca bir göçme mekanizması meydana gelir ve bu duruma karşı gelen sonuç yük ise

$$M_r = \frac{q_2 \times l^2}{8 \times 2} \quad (3.5)$$

$$q_2 = \frac{16 \times M_r}{l^2}, \text{ dir.} \quad (3.6)$$

Bu örnekte göçme yükü $q_2 = \frac{16 \times M_r}{l^2}$ olmuştur ve elastik analiz neticesinde elde edilen q_1 yükünden 1/3 daha fazladır.

Bu basit örnek göstermiştir ki, hiperstatik bir sistemde bir kesitin taşıma kapasitesine erişmesi sisteminde taşıma kapasitesine eriştiği anlamına gelmemektedir. Tam tersine ilave yüklemeler ile böyle yüksek gerilmelere maruz kesitler lokal olarak akar (plastik mafsall oluşur) ve momentin yeniden dağılımı ile düşük gerilmeli kesitler yük taşımaya devam eder.

İki ucu ankastre q_f üniform yükü ile yüklü kirişte elastik teori ile analiz sonucu elde edilen hesap momenti $M_f = q_f \times l^2 / 12$ 'dir. Açıklık momenti ise $q_f \times l^2 / 24$ 'tür. Eğer kiriş tüm kesitlerde aynı rijitliğe sahipse, bunun anlamı açıklık kesitinden tam olarak yararlanılmıyor demektir. Aynı kiriş limit analiz yöntemi ile analiz edilir ve momentin yeniden dağılımı gözönüne alınırsa hesap momenti $q_f \times l^2 / 16$ olur ki bu elastik analiz dizayn momentinin %75'ine tekabül eder. Böylece elastik olmayan davranışın getirdiği ekonomiden yararlanılmış olur [10].

Momentin yeniden dağılımın düşüncesinden yararlanarak moment diyagramında küçük düzeltmeler yapılabilir ve bu şekilde daha ekonomik bir boyutlandırma mümkün olabilir.

Ancak yeniden dağılımın tümüyle gerçekleştirilmesi için, plastik mafsall oluşabilecek bölgelerin yeterli dönme kapasitesine sahip olması gerekmektedir [11]. Kırılma arasındaki toplam şekil değişiminin lineer şekil değiştirmelere oranı süneklik oranı

açısından istenen bir özelliiktir. Betonarme kesitler için sünekliği etkileyen faktörler aşağıda verilmiştir.

- Kesitteki çekme donatısı oranı arttıkça süneklik oranı azalır.
- Kapalı etriye ve sargı donatısı arttıkça süneklik artar.
- Aynı kesit yüksekliği için basınç donatısı oranı arttıkça süneklik artar.
- Normal kuvvet oranı arttıkça süneklik azalır [12].

3.3 Yönetmeliklerde Yeniden Uyum

Çeşitli dünya yönetmeliklerde yeniden uyum adıyla adlandırılan bu konu ile ilgili görüşlerin bir kısmına aşağıda yer verilmiştir.

3.3.1 Alman Yönetmeliği (DIN 1045) [13]

DIN 1045'te tanımlanan normal binalar, dinamik tesirli yükleri olmayan, düzgün yayılı hareketli yüklerin değeri 500 kg/m^2 den az olup açıklıkları çok fazla değişik olmayan yapılardır. Bu tür yapıların sürekli olan plak ve kirişlerinde, en elverişsiz yüklemekten elde edilen mesnet momentleri, istenildiği takdirde, en fazla % 15 artırılıp eksiltilebilir. Ancak bu değişikliklik sırasında, yeni mesnet momentine göre açıklık momentlerinin değerleri yeniden hesaplanmalı ve boyutlandırma bu momentlere göre yapılmalıdır. Bu prensiplere dayanan yaklaşık hesaplara, örneğin DIN 4224'e göre, müsaade edilmiştir.

Bu hesap şekli, kesitlerin elasto-plastik çalışmasının basit bir uygulamasıdır. Elastisite teorisine göre hesaplanan mesnet momentlerinin bir kısmı mesnet kesiti tarafından alınmakta, bu kesit yarı plastik duruma geçerek fazla gelen momentleri açıklık kesitlerine aktarmaktadır. Bu denemeler iyi netice verdiği takdirde, ileride statik hesapların plastik teoriye göre yapılmaya başlanacağı açıktır.

3.3.2 Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları (TS 500)

Sürekli eğilme elemanlarında, yapının doğrusal elastik davrandığı varsayımına dayanan bir çözümleme sonucu bulunan momentlerin en büyüğü (mesnet veya açıklık momenti) en fazla %15 azaltılabilir. Ancak bu yapılırken söz konusu açıklıktaki diğer momentler de denge koşulunu sağlayacak biçimde değiştirilmelidir.

En büyük momentin azaltılabilmesi için aşağıdaki koşulun sağlanması zorunludur.

$$\rho \leq 0.6\rho_b \quad (3.7)$$

veya

$$(\rho - \rho') \leq 0.6\rho_b \quad (3.8)$$

Bu bağıntılarda,

ρ : Çekme donatısı oranı

ρ' : Basınç donatısı oranı

ρ_b : Dengeli donatı oranı

olarak tanımlanmaktadır.

3.3.3 Eurocode 2

Yönetmelikte kesit hesaplarının verildiği bölümde taşıma gücü sınır durumunda, doğrusal olan elastik davranış kabulü kullanılarak ve maksimum %30 moment uyumu ile hesap yapılmasına izin verilmektedir.

3.3.4 İngiliz Yönetmeliği (CP110:1972)

İngiliz Yönetmeliği elastik hesap sonucu bulunan en büyük momenti % $[(0.6-c/d) \times 100]$ 'e kadar düşürmeye izin verir fakat bu değer %30'dan fazla olamaz. Burada,

c : ilgili kesitteki tarafsız eksen yüksekliği

d : kesitteki efektif yüksekliktir.

Bunlar yapılırken

- İç kuvvetler ve dış yükler arasında statik denge sağlanmalıdır
- Kesitteki elastik moment, elemanın herhangi bir yerindeki en büyük elastik momentin %30'undan fazla düşürülemez.

Böylece tarafsız eksen yüksekliği $0.3 \times d$ 'e eşit veya daha küçük olan durumlarda İngiliz yönetmeliği %30 indirime gitmeye izin vermektedir. Tarafsız eksen yüksekliği $0.3 \times d$ 'den büyük olan durumlarda $0.5 \times d$ 'ye kadar lineer olarak indirim

oranı %10'a kadar düşer. Dört kattan yüksek binalarda, çerçevenin yatay stabilitesinin sağlanması için momentteki azaltma %10 ile sınırlandırılır.

3.3.5 Rus Yönetmeliği

Rus Yönetmeliği eşit açıklıklı üniform yüklenmiş sürekli kirişin pozitif ve negatif momentlerin dizaynında elastik eğilme momentinin %30 moment yeniden dağılımına izin verir. Ancak tarafsız eksen yüksekliği, efektif derinliğin %30'undan küçük olmalıdır.

3.3.6 ACI 318-71 American Concrete Institute

Herhangibir yükleme kombinasyonu için sürekli eğilme elemanlarının mesnetlerindeki negatif momenti aşağıda verilen değer kadar azaltma ya da arttırmaya izin vermektedir.

$$\% [20 \times (1 - (\rho - \rho') / \rho_b)] \quad (3.9)$$

Burada

$$\rho = A_s / (b \times d) \quad (3.10a)$$

$$\rho' = A_s' / (b \times d) \quad (3.10b)$$

$$\rho_b = \{ 0.85 \times \beta_1 \times f_c' / f_y \} + \{ 0.003 \times E_s / (0.003 \times E_s + f_y) \} \text{ 'dir.} \quad (3.10c)$$

Mesnetlerdeki düzeltilmiş negatif moment açıklıklardaki momentin hesaplanmasında kullanılır. Bu yapılırken dış yükler ile iç yükler arasındaki statik denge mutlaka sağlanmalıdır. Böyle bir ayarlama sadece momentin azaltıldığı kesitte aşağıdaki

$$\rho - \rho' \leq 0.5 \times \rho_b \quad (3.11)$$

şartın sağlanması ile olur.

Bu eşitliklerden ACI Code'un mesnet momentlerini kesitin sünekliğine bağlı olarak en fazla %20 oranında değiştirilmesine izin verdiği ortaya çıkmaktadır.

moment yeniden dağılımının yüzdesi aşağıdaki koşullara bağlıdır.

- Servis yüklerinde aşırı çatlak genişliklerini önleyecek yeterli donatıya sahip kesit olmalıdır.
- Plastik mafsall oluşabilecek noktalardaki kesitler yeterli süneklığe sahip olmalıdır.

İngiliz ve Rus yönetmelikleri karşılaştırıldığında ACI'nın bu konuda daha tutucu kaldığı görülmektedir [11].

4. ÇOK KATLI YAPILARDA HAREKETLİ YÜK DÜZENLEMELERİ

4.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Yönetmelikler yapısal çözümlemede hareketli yüklerin en büyük kesit tesirlerini oluşturacak biçimde düzenlenmesini öngörür. Çok katlı bir yapıda bu kuralın tam olarak uygulanması durumunda yapısal çözümlemenin çok sayıda farklı yükleme için tekrarlanması gerekir. Bu kadar çok çözümleme yapmak, günümüzde ulaşılan bilgisayar teknolojisiyle de olsa pek pratik ve ekonomik değildir [14].

Çok katlı, çok açıklıklı bir çerçevede maksimum ve minimum kesit zorlamalarının bulunabilmesi için ilgili zorun tesir çizgileri çizilmeli ve bundan yararlanılarak çok sayıda yükleme ve çözümleme yapılmalıdır. Fakat bu konuda bu denli hassas davranılması da aşağıdaki nedenlerle gereksizdir.

- Yük düzenlemesi sayıca arttıkça, belirli bir yük düzeninin gerçekleşmesi olasılığı azalmaktadır.
- Kesit zorları ilgili kesitten uzaktaki yüklerden çok az etkilenmektedir.
- Yapılan doğrusal elastik çözümleme betonarme için tam doğru olmayan birçok varsayım içerdiğinden, “kesin çözümleme” olarak adlandırılan yaklaşımlarda kesin olmaktan uzaktır. Betonarme yapılarda büzülme ve sünme nedeniyle elastisite modülünün azalması, çatlama nedeni ile eylemsizlik momentinin değişimi hesaba tam olarak yansıtılamaz. Bu nedenle gelen hatalar oldukça büyük olabilir.
- Yapısal çözümleme çok sayıda varsayım dayandığından, daha kesin sonuç için çözümü bu ölçüde tekrarlamanın da anlamı yoktur. Betonarme hiperstatik sistemlerde kesit kuvvetlerinin bulunması ve kesit hesabı için kullanılan yöntemler yaklaşıktır. En iyi, en ileri yöntemlerde dahi, koşullara göre değişen karmaşık beton davranışı idealize edilmeye çalışılmıştır.

■ Yapıda kullanılan beton ve çeliğin dayanımları ve yapıya etkijen yükler ile hesaplarda ele alınan elemanların boyutları öngörülenden oldukça farklı olabilir. Örneğin, yapıda bulunan gerçek beton dayanımının, beton işçiliği iyi olsa dahi, istenenden %10-%20 değişik olması mümkündür. Şantiyede imal edilen betonarme eleman boyutlarının, projede öngörülenden %5 mertebesinde farklı olması doğaldır [7].

O halde burada yapılması gereken, kesinlikten bir miktar ödün vererek, daha az sayıda çözümleme ve yeterli bir yaklaşımla sonuca gitmektir.

Bu çalışmada kolon ve kiriş kesitlerinde hareketli yük nedeni ile oluşacak kesit zorlarını olabildiğince gerçeğe yakın bir biçimde, en az çözümleme ile elde edebilmek için belirli bir sistematığe dayanan hareketli yük düzenleme yöntemleri karşılaştırılacak ve doğrulukları tartışılacaktır.

4.2 Yönetmeliklerdeki Elverişsiz Yükleme Tanımlamaları

Yönetmelikler en elverişsiz kesit tesirlerine göre boyutlandırma yapılmasını öngörmüş fakat elverişsiz kesit tesirlerinin nasıl bulunması gerektiği konusuna pek değinmemişlerdir. Tasarım için bu denli önem taşıyan bir konudaki yayın sayısı oldukça azdır.

Yapısal çözümleme ve elverişsiz yüklemelerle ilgili çeşitli yönetmeliklerde belirtilen esaslar aşağıda verilmiştir:

■ DIN 1045 Yeni Alman Betonarme Şartnamesi

İnşaatın yapılması sırasında ve yapının kullanılması esnasında meydana gelen en elverişsiz durumlar için kesit tesirleri hesaplanmalıdır. Burada aynı zamanda sistemin uzay rijitliği, stabilitesi ve rötreden meydana gelen kesit tesirlerinin değerleri ile bunların elverişsiz olacak şekilde süperpozisyonu da gözönüne alınmalıdır.

Kesit tesirleri hareketli yüklerin en elverişsiz konumları için hesaplanmalıdır. Eğer gerekli ise bunun için tesir çizgileri kullanılmalıdır. Ancak düzgün yayılı hareketli

tam dolduracak en elverişsiz şekilde gözönüne alınması yeterlidir.

Görüldüğü gibi elverişsiz yüklem yapılıması öngörülmekte fakat nasıl yapılması gerektiği konusunda detaya girilmemektedir.

• EUROCODE 2 Design of Concrete Structures

Konsolu olmayan sürekli kirişlerde bilinen elverişsiz yüklem durumları için çözüm yapılacaktır. Yönetmelik sürekli kirişlerde mesnetlerin burulma rijitliğine sahip olmaları ve yüklemenin etkisinin uzaklaştıkça azalması nedeniyle, mesnet momenti için yapılacak hareketli yük düzeninde, sadece mesnetin iki tarafındaki açıklığın yüklenmesini yeterli görmektedir.

• TS 500 Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları

Tasarımda, yapıya etkiye olasılığı olan tüm yük kombinezonları dikkate alınmalıdır. Deprem ve rüzgar etkilerinin sözkonusu olduğu kombinezonlar dışında, değişken yük, elemanda en kritik kesit zorlamaları yaratacak biçimde düzenlenmelidir.

TS 500 de elverişsiz yüklemelerin yapılmasını istemekte fakat ayrıntıya girmemektedir.

4.3 Yükleme Önerileri

Yapısal çözümlemede kullanılmak üzere gerekli olan kesit tesirlerini bulmak amacıyla önerilen yöntemlerde olması istenen özellikler

- Mümkün olduğunca az yüklem yapılması
- Gerçeğe yakın sonuçlar elde edilmesi
- Sistematik olması, kolaylıkla herkes tarafından uygulanabilmesi

şeklinde özetlenebilir. Uygulamada kullanılan bu tür yöntemlere aşağıda yer verilecektir.

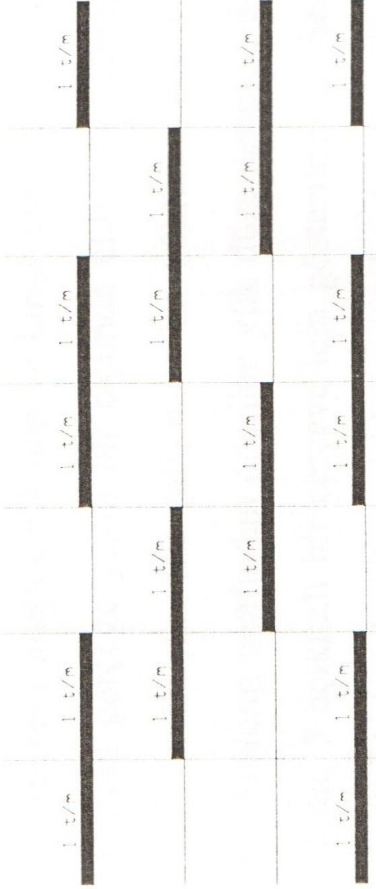
Prof. Dr. Uğur Ersoy tarafından önerilmiştir. Sayın Ersoy'un [14] de verilen çalışmasında çerçevenin kat ve açıklık sayısı ne olursa olsun, 5 yüklemenin yeterli olduğu ifade edilmektedir. Bu çalışmada, bu yükleme Yükleme I olarak isimlendirilecektir.

Kirişlerde maksimum ve minimum açıklık momentlerinin elde edilmesinde önerilen yük düzeni, tesir çizgilerinden elde edilen klasik düzenidir. İki ayrı tür yüklemeyi içeren bu düzen Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Kiriş mesnet ve kolon maksimum momentlerini verecek düzenleme için 'iki komşu açıklık dolu, bunları takip eden açıklık boş' şeklinde bir yük modeli kullanılmıştır. Bu model çerçeveye uygulanırken, Şekil 4.2'de gösterildiği gibi, her katta bir açıklık kaydırılarak yerleştirilecektir. Bundan sonraki her aşamada yük modelinin bir açıklık sağa kaydırılması öngörülmektedir. Yukarıda belirtildiği gibi her türlü çerçeve için toplam 5 adet yükleme yapılması yeterlidir. Mesnet kesitlerindeki elverişsiz momentleri bulmak için kullanılan bu yüklemenin, örnek olarak alınan çerçeve için uygulanması Şekil 4.3'de verilmiştir [14].

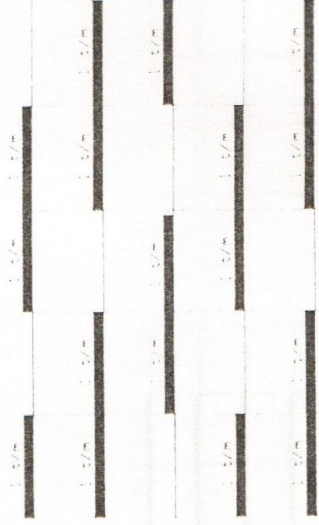
Önerilen yükleme ile kirişlerdeki maksimum kesme kuvvetleri de elde edilebilir.



Şekil 4.1 - Elverişsiz açıklık momentleri için yapılan yüklemeler

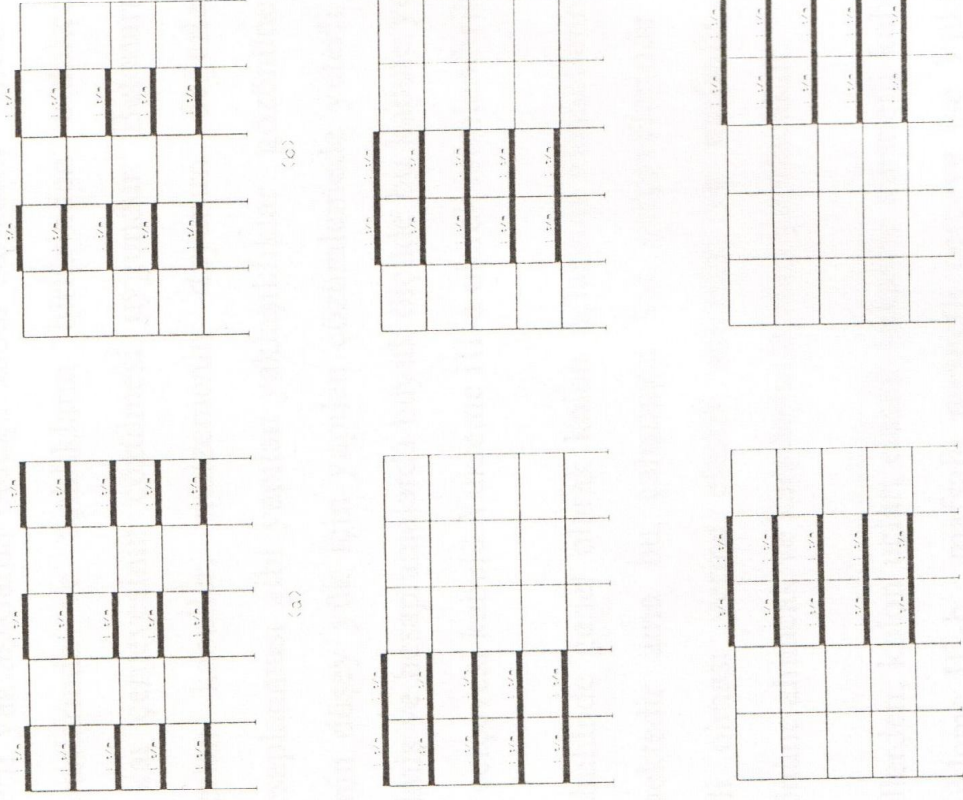


Şekil 4.2 - Model Yükün Çerçeveye Uygulanması



Şekil 4.3 - Elverişsiz mesnet momentleri için yapılan yüklemeler

Furlong tarafından önerilen yöntemin temel amacı, olabildiğince az hareketli yük düzenlenmesi ile çerçeveyi oluşturan kolon ve kirişlerde oluşacak kesme kuvveti ve eğilme momentlerinin gerçeğe yakın bir biçimde elde edilebilmesidir. Bu yöntem [14] nolu yayında verilmiştir. Bu çalışmada bu yükleme tipi Yükleme II olarak isimlendirilmiştir. Furlong tarafından önerilen yük düzenlenmesi Şekil 4.4'de örnek olarak alınan 5 katlı, 5 açıklıklı bir çerçeve için gösterilmiştir. Şekilden görüleceği gibi, (a) ve (b) yüklemeleri kat ve açıklık sayısından bağımsızdır. Buna karşın (c) yüklemesi (m-1) yükleme düzenlenmesi gerektirmektedir. Burada “m” çerçevenin açıklık sayısıdır. Bu durumda Furlong yönteminde, gerekli çözüm sayısı (veya yük düzeni sayısı) $2+(m-1)$ olmaktadır. Örneğin, 5 açıklıklı bir çerçevede hareketli yük için 6 düzenleme gerekmektedir [14].



Şekil 4.4 - Furlong Yüklemesi

Betonarme hesap kurallarının verildiği TS 500 [6]'da elverişsiz yükleme döşeme plakları ve bina türü yapıların kolon ve kiriş kesitlerinin hesabında söz konusu olmaktadır.

Yüklerini iki doğrultuda mesnetlerine aktaran döşeme plaklarının boyutlandırılmasında, bu plakların tek tek gözönüne alınmalarına izin verdiğinden, elverişsiz yükleme durumu tek olarak ortaya çıkar.

Bina türü yapılarda kolonların kirişlerle birleşmelerinden çerçeveler elde edilir. Yaklaşık olarak çerçevelerin düşey yükler altında birbiri ile etkileşmeden, bağımsız olarak yük taşıdıkları kabul edilir. Gerçekte de herhangi bir çerçevedeki yüklemenin etkisi, yükleme bölgesinden uzaklaştıkça azalır. Bu nedenle düşey yükler altındaki çerçevenin çözümünde tüm çerçeve ele alınmadan yapılan kat çerçevesi çözümünün pratik açıdan yeterli yaklaşıklarda olduğu kabul edilebilir. Ancak değişik sabit ve hareketli yük oranlarında ve açıklıkların birbirinden oldukça farklı olması durumunda tüm kat çerçevesinin çözülmesi uygundur. Betonarme hesaplarında yükler için yapılan kabuller, malzemenin dayanım değerleri, kesit atalet momentlerinin hesaplanması gibi yapılan yaklaşıklıklar gözönüne alındığında, kat çerçevesi modelinin düşey yük için yapılan çözümlemeye yeterli yaklaşıma sahip olduğu kabul edilmiş ve hesaplamalarda büyük ölçüde bu kabule yer verilmiştir [2]. Bu çalışmada kat çerçevesi kabulü Yükleme III-a olarak isimlendirilmiştir.

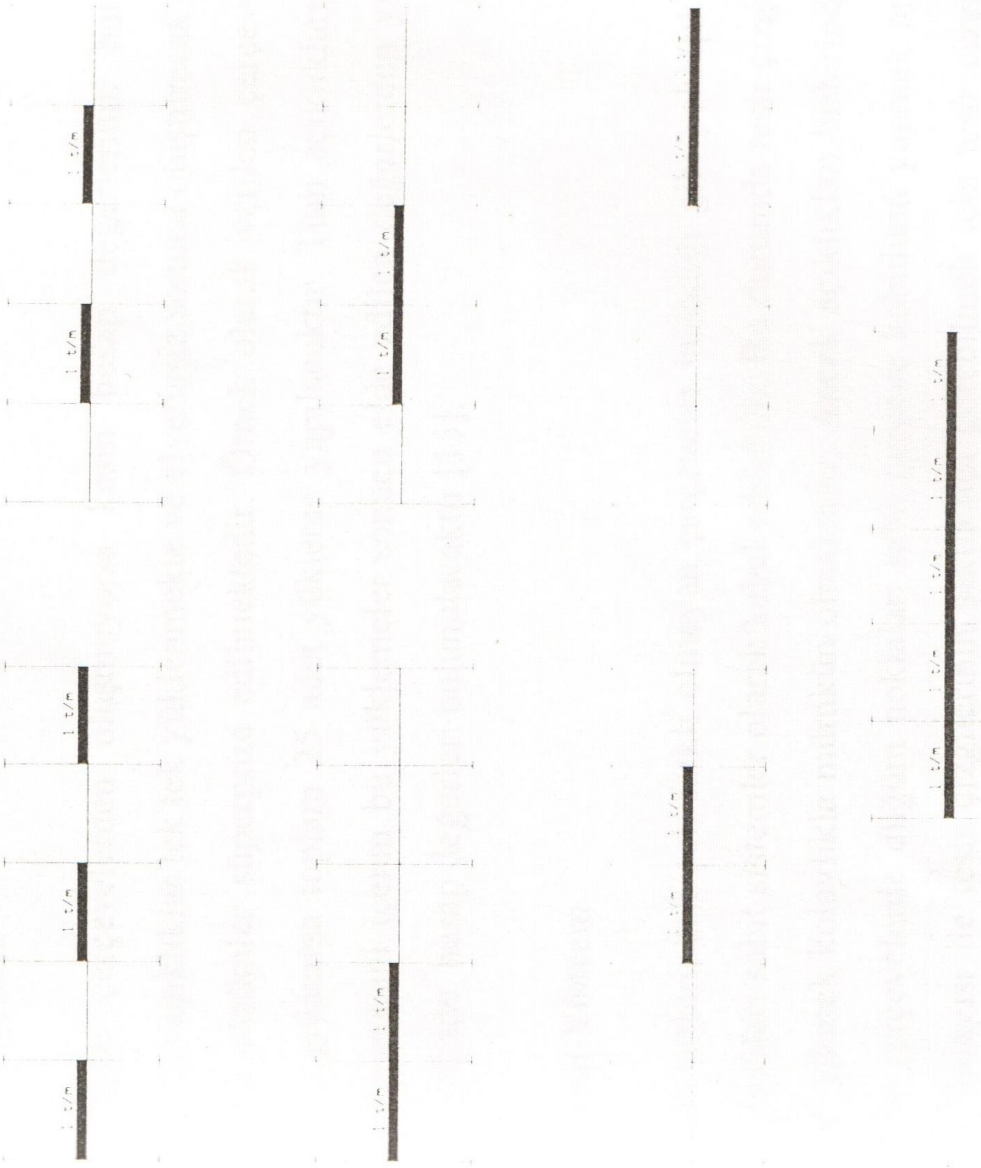
Kat çerçevesi kabullünde genel olarak kolon uçlarının mesnetlenme şekli ankastre olarak düşünülmektedir ama bu çalışmada kat çerçevelerinde kolon uçlarının ankastre mesnetli olması yerine elastik ankastre ve mafsallı mesnetli olması durumlarında gözönüne alınacak ve karşılaştırılmaları yapılacaktır.

Yapılan bu kabullerden; kolon uçları elastik ankastre mesnetli kabul edilen çerçeve bu çalışmada Yükleme III-b, mafsallı mesnetli çerçeve ise Yükleme III-c olarak adlandırılacaktır.

Elastik ankastre mesnetlenme kabulü, kolon atalet momenti $0.90 \times I$ alınarak; mafsallı mesnetlenme kabulü ise kolon atalet momenti $0.75 \times I$ olarak alınarak

ankastre mesnetli düşünülecektir.

Kat çerçevelerinde açıklık ve mesnet momentleri için yapılması gereken hareketli yük düzenlemeleri, örnek olarak verilen 5 açıklıklı çerçevede uygulanacaktır. Bu yükleme Şekil 4.5’de gösterilmiştir. Kesme kuvvetine ait en elverişsiz yükleme durumları ise, aynı açıklıktaki değişik kesitler için farklı yüklemeler yapılmasını gerektirir. Ancak, kat çerçevesi yaklaşımında böyle ayrıntılı hesaba gidilmeyip, bütün açıklıkların dolu olmasına karşı gelen yükleme durumunun sonuçları ile yetinilebilir.



Şekil 4.5 - Kat çerçevelerine yapılan yüklemeler

Türkiye’de çok katlı yapılar konusunda büyük deneyimlere sahip olan Balkar Mühendislik Bürosu’nun elverişsiz yüklemeler ile ilgili izlediği yöntem aşağıda verilmiştir.

Düzgün ortogonal çerçevelere sahip olan yapılarda açıklık momentleri için iki ayrı yükleme yapılmaktadır. Birincisinde tüm çerçeve gözönüne alınarak açıklıklar pasırtmalı olarak yüklenmekte, ikincisinde ise birinci aşamada yüklenmeyen açıklıklar yüklenmektedir.

Mesnet kesitleri için ise iki bitişik açıklığın aynı anda yüklenmesi ve bunun bir açıklık atlayarak tüm çerçeveye uygulanması ile elde edilen sonuçlar kullanılmaktadır. Gözönüne alınan çerçeve için yapılan yüklemeler Yükleme I de gösterilen şekildedir.

Yapı düzgün çerçevelerden oluşmuyorsa kesin hesap değerlerinin bulunması amacıyla tüm açıklıklar tek tek yüklenmekte ve elverişsiz sonucu oluşturacak şekilde elde edilen çözümler süperpoze edilmektedir. Örnek olarak verilen çerçevede bu yükleme uygulanırsa toplam 25 adet yükleme yapılacaktır. Tüm açıklıkların teker teker yüklenmesini içeren bu yüklemeler sonucu elde edilen değerlerden yukarıda belirtilen şekilde hesap değerleri bulunulacaktır [15].

4.3.5 Kesin Yöntem

Açıklıkları birbirinden çok farklı olmayan çerçeveler bilindiği gibi yaklaşık olarak düğüm noktaları sabit sistemler olarak kabul edilebilir. Bu durumda tesir çizgilerinin şekillerini çizmek kolaylıkla mümkün olmaktadır. Ancak açıklıkları birbirinden çok farklı olan çerçevelerde düğüm noktaları sabit çerçeve kabulünü yapmak mümkün değildir. Dolayısı ile tesir çizgilerinin şekillerini görebilmek için tesir çizgilerinin sayısal olarak çizilmesi gereklidir ki bu da oldukça zaman alıcı bir işlemdir. Bunun yerine düşey yükler için kesitlerdeki en elverişsiz kesit tesirlerinin kesin değerlerini bulmak amacı ile uygulanan yöntemlerden biri de birim yükleme yapılmasıdır. Bu yükleme şeklinde tüm açıklıkların ayrı ayrı 10 kN/m’lik düzgün yayılı yükle yüklenmesi ve süperpozisyon ile en elverişsiz kesit zorlarının bulunması

kabul edilmektedir.

Bu yükleme şeklinde yapılması gereken yükleme sayısı (açıklık sayısı $\times$ kat sayısı) kadardır. Bu durumda da çok sayıda çözümleme yapmak gerekmektedir. Ancak bilgisayar olanaklarının çok arttığı günümüzde bu çözüm, tesir çizgilerinin çiziminden daha kolay uygulanabilir.

Bu çalışmada ele alınan örneklerde kesin değerlerin elde edilebilmesi amacı ile bu yöntem kullanılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilerek açıklık ve mesnet kesitleri için en elverişsiz sonuçlar tablolarda verilmiştir.

Örneğin 5 açıklıklı, 10 katlı bir çerçeve için toplam 50 adet birim yükleme yapılacaktır. Açıklık kesitleri için; birim yüklemelerden o açıklık için elde edilen pozitif değerler toplanarak maksimum pozitif moment, negatif moment değerleri toplanarak minimum negatif moment elde edilecektir.

Mesnet kesitleri içinde; birim yüklemelerden ilgili mesnet kesiti için elde edilen negatif moment değerleri toplanarak minimum negatif moment, pozitif moment değerleri toplanarak maksimum pozitif moment elde edilir. Açıklık ve mesnet kesitleri için bulunan bu değerler boyutlandırmada esas alınacak kesin hesap momentleridir.

Ayrıca kesin hesap değerlerini oluşturan yüklemeleri ve bu değere olan katkılarını gösteren diyagramlar çizilerek, ilgili kesit için yapılması gereken elverişsiz yüklemeler ve her bir açıklıktaki yüklemenin kesin hesap değerine olan etkileri gösterilecektir.

5. KULLANILAN YÖNTEMLERİN TİP ÇERÇEVELERE UYGULANMASI

Bu bölümde, dört adet tip çerçeve ele alınmış ve dördüncü bölümde açıklanan yüklemeler bu çerçevelere uygulanmıştır.

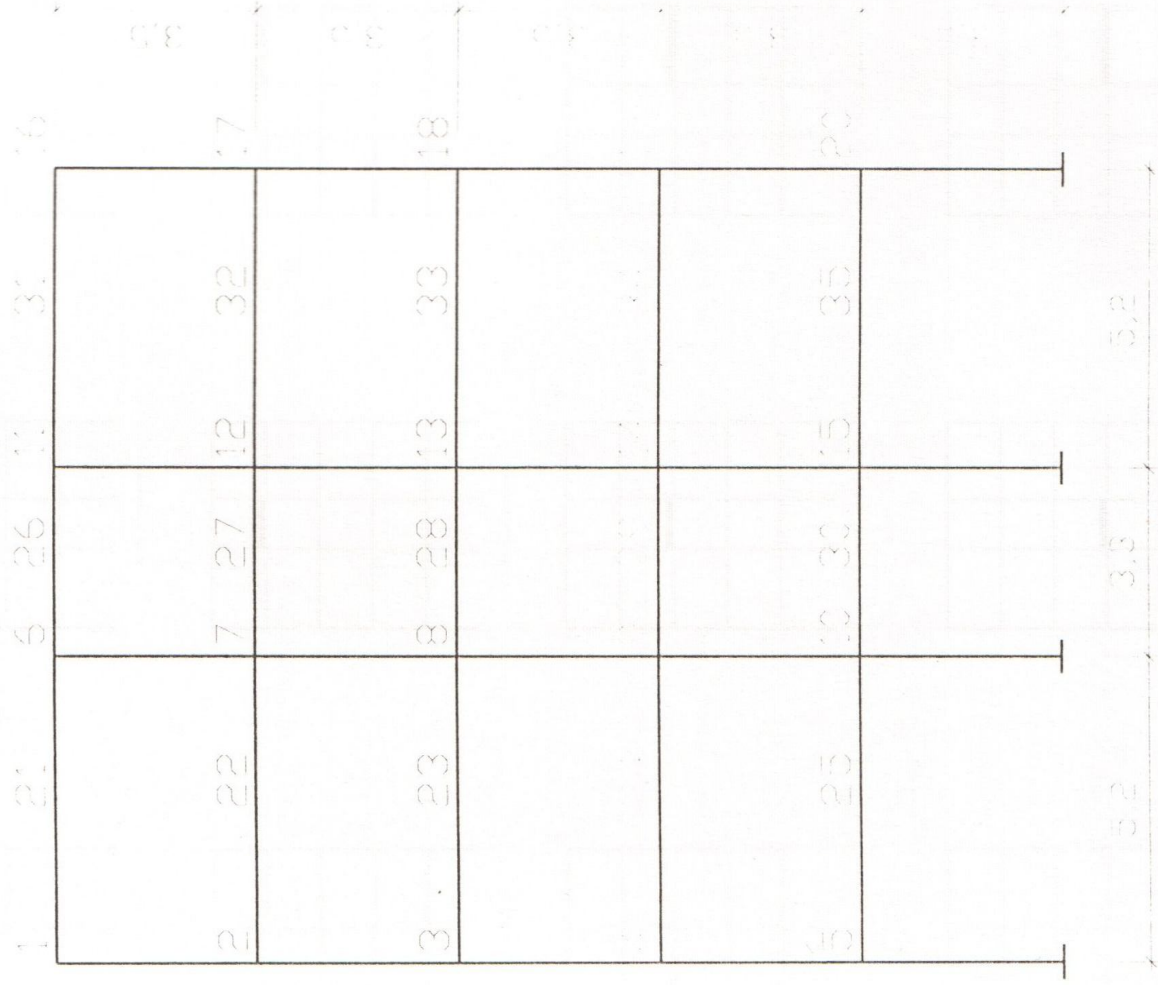
1, 2, 3 ve 4 numaraları ile adlandırılmış olan bu çerçeveler için yapılan çalışmalar aşağıda verilmiştir.

5.1 Çerçeve 1

Çerçeve 1 olarak adlandırılan sisteme ilişkin geometrik özellikler, eleman boyutları ve gözönüne alınan kesit numaraları Şekil 5.1’de verilmiştir. Kullanılan malzemenin Elastisite modülü $E=200000000 \text{ kN/m}^2$, poisson oranı $\mu=0.20$ ’dir. Taşıyıcı elemanların enkesitleri Tablo 5.1’de gösterilmiştir

Tablo 5.1 - Taşıyıcı Elemanların Enkesitleri

Katlar	Kiriş enkesitleri (m)	Kolon enkesitleri (m)
1	0.30*0.50	0.40*0.40
2	0.30*0.50	0.40*0.40
3	0.30*0.50	0.40*0.40
4	0.30*0.50	0.30*0.30
5	0.30*0.50	0.30*0.30

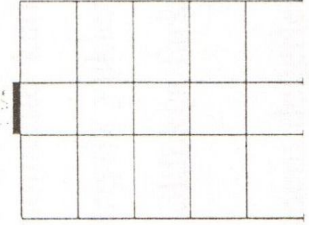


Şekil 5.1 - Çerçeve 1

Bu çerçeve için yapılan birim yüklemeler Şekil 5.2'de gösterilmiştir.



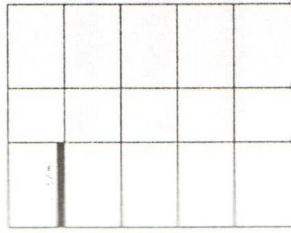
1. nokta yüklemesi



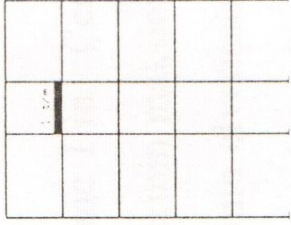
5. nokta yüklemesi



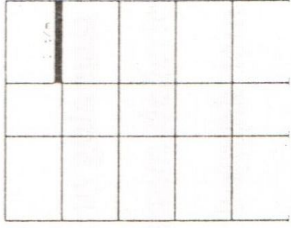
11. nokta yüklemesi



2. nokta yüklemesi



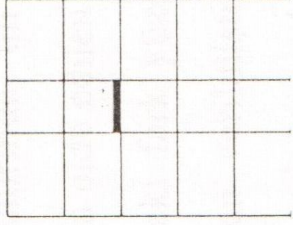
7. nokta yüklemesi



12. nokta yüklemesi



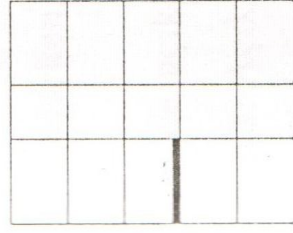
3. nokta yüklemesi



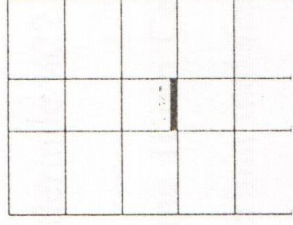
8. nokta yüklemesi



13. nokta yüklemesi



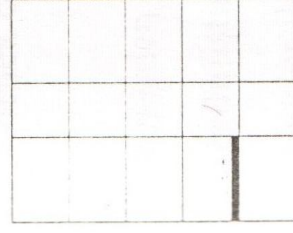
6. nokta yüklemesi



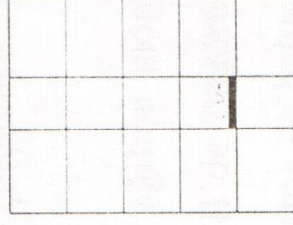
9. nokta yüklemesi



14. nokta yüklemesi



4. nokta yüklemesi



10. nokta yüklemesi



15. nokta yüklemesi

Çerçeve-1 için yapılan birim yüklemeler sonucunda elde edilen eğilme momenti değerleri Tablo 5.2'de verilmiştir.

Bu çerçeve için yapılan birim yüklemeler sonucunda, çerçevedeki tüm kesitler için yapılması gereken elverişsiz yüklemeler ve her bir açıklıktaki yüklemenin söz konusu kesitteki en elverişsiz momente katkısı yüzde olarak Ek-A'da verilmiştir. Buradan görülebileceği gibi elverişsiz yüklemeler, düğüm noktaları sabit çerçeveler için verilen yükleme düzeninden oldukça farklıdır.

Bu şekilde elde edilen kesin moment değerleri, Tablo 5.3'de Kesin Değer başlığı ile verilen satırda gösterilmiştir.

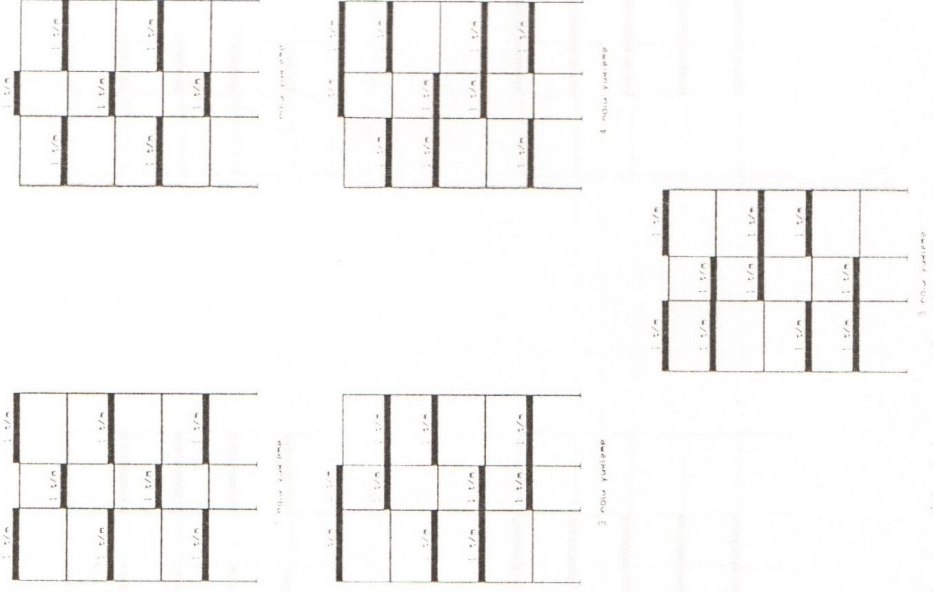
Bölüm 4.3'de açıklanan Yükleme I'nin Çerçeve-1 için uygulaması Şekil 5.3'de gösterilmiştir. Açıklık momentlerinin maksimum ve minimum değerleri için 1. ve 2. Yüklemeler; mesnet momentlerinin elverişsiz değerlerini bulmak için ise 3, 4 ve 5. Yüklemeler çerçeveye uygulanacaktır. Bu yüklemelerden elde edilen sonuçlar Tablo 5.3'deki YÜKLEME I satırında 'tm' boyutunda verilmiştir. Yükleme I'de öngörülen yüklemeler sonucunda elde edilen yaklaşık değerler ile birim yükleme ile bulunan kesin değerler arasındaki fark yüzde olarak Tablo 5.3'ün ilgili yükleme satırının altında yüzde cinsinden verilmiştir. Buradan da görülebileceği gibi bu yöntem açıklık kesitleri için gayet iyi sonuçlar vermekle beraber mesnet kesitlerinde aynı başarıyı gösterememektedir. Açıklık kesitlerinde kesin değerlerle en fazla %2..80 fark olurken, mesnet kesitlerinde %22.13'e varan hatalar bulunmaktadır.

Bölüm 4.3'de açıklanan Yükleme II'nin Çerçeve-1 için uygulaması Şekil 5.4'de gösterilmiştir. Açıklık momentlerinin maksimum ve minimum değerleri için 1. ve 2. Yüklemeler; mesnet momentlerinin elverişsiz değerlerini bulmak için ise 3 ve 4. Yüklemeler örnek olarak verilen çerçeveye uygulanacaktır.

Bu yüklemelerden elde edilen eğilme momentleri Tablo 5.3'deki YÜKLEME II satırında verilmiştir. Yükleme II'de öngörülen yüklemeler sonucunda elde edilen yaklaşık değerler ile birim yükleme ile bulunan kesin değerler arasındaki fark yüzde olarak Tablo 5.3'deki ilgili yükleme satırının altında verilmiştir. Bu yükleme hem açıklık hemde mesnet kesitlerinde pek iyi sonuçlar vermemiştir. Yükleme sonuçlarıyla kesin değerler arasında açıklık kesitlerinde % 29.35, mesnetlerde ise

Tablo 5.2 – Çerçeve 1 için yapılan birim yüklemelerden elde edilen momentler

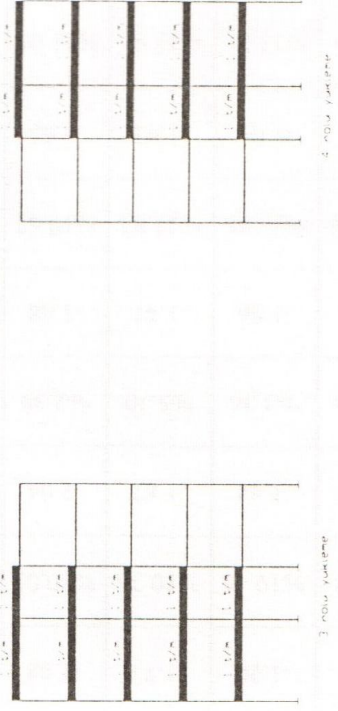
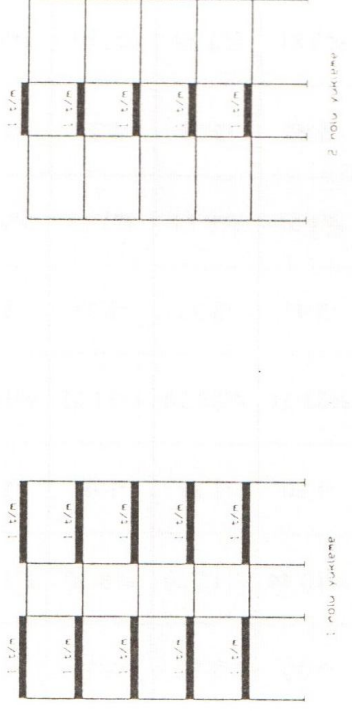
YÜKLEME NO	AÇIKLIK KESİTİ														MESNET KESİTİ					
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2.12	-0.04	0.02	0.01	0.00	-0.66	0.07	0.00	0.00	0.00	-0.63	-0.23	-0.06	0.05	-0.02	-1.89	0.15	0.10	0.07	0.03
2	-0.03	1.91	-0.03	0.01	0.00	0.06	-0.54	0.04	-0.01	0.00	-0.19	-0.97	-0.14	-0.04	-0.02	0.13	-1.97	0.08	0.07	0.03
3	0.03	-0.03	1.69	-0.07	0.02	0.00	0.04	-0.40	0.06	-0.01	-0.01	-0.12	-1.36	-0.17	0.00	0.08	0.07	-2.03	0.02	0.03
4	0.01	0.02	-0.07	1.56	-0.06	0.00	-0.01	0.06	-0.32	0.05	-0.01	-0.01	-1.56	-0.12	0.04	0.05	0.02	0.02	-2.07	0.00
5	0.01	0.01	0.02	-0.06	1.55	0.00	0.00	-0.01	0.05	-0.31	-0.01	0.00	-0.12	-1.57	0.02	0.02	0.03	0.00	-2.10	0.02
6	-0.16	0.02	0.00	0.00	0.00	0.89	0.00	0.02	0.01	0.00	-0.04	-0.05	-0.04	-0.02	-0.32	0.09	0.05	0.04	0.02	0.02
7	0.03	-0.13	0.01	0.00	0.00	0.01	0.82	0.00	0.01	0.00	-0.02	-0.04	-0.04	-0.02	0.07	-0.29	0.07	0.04	0.02	0.02
8	0.00	0.01	-0.10	0.02	0.00	0.02	0.00	0.73	-0.03	0.01	-0.02	-0.03	0.04	-0.04	-0.02	0.03	0.06	-0.24	0.07	0.02
9	0.00	0.00	0.02	-0.08	0.01	0.01	0.02	-0.02	0.68	-0.02	-0.01	-0.02	0.03	0.05	-0.02	0.02	0.02	0.07	-0.21	0.05
10	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.08	0.01	0.01	0.01	0.67	-0.01	-0.01	-0.02	-0.02	-0.02	0.07	0.01	0.01	0.01	0.05	-0.22
11	0.04	-0.07	-0.02	-0.01	0.00	-0.66	0.07	0.00	0.00	0.00	-0.03	0.06	0.04	0.02	0.11	-0.16	-0.09	-0.06	-0.03	-0.03
12	-0.08	0.04	-0.03	-0.01	0.00	0.06	-0.54	0.04	0.00	0.00	-0.05	0.03	0.05	0.02	-0.15	0.14	-0.09	-0.06	-0.03	-0.03
13	-0.02	-0.03	0.03	-0.03	0.00	0.00	0.04	-0.40	0.06	-0.01	0.02	-0.06	0.01	0.02	-0.07	-0.09	0.13	-0.06	-0.03	-0.03
14	-0.02	-0.01	-0.03	0.03	-0.02	0.00	-0.01	0.06	-0.32	0.05	0.01	0.03	0.01	-0.06	0.00	-0.04	-0.05	0.11	-0.03	-0.03
15	-0.01	-0.01	0.00	-0.02	0.02	0.00	0.00	-0.01	0.05	-0.31	0.01	0.02	0.00	-0.09	-0.02	-0.02	-0.02	-0.03	0.14	0.14



Şekil 5.3 - Yükleme I' in Çerçeve-1'e uygulanması

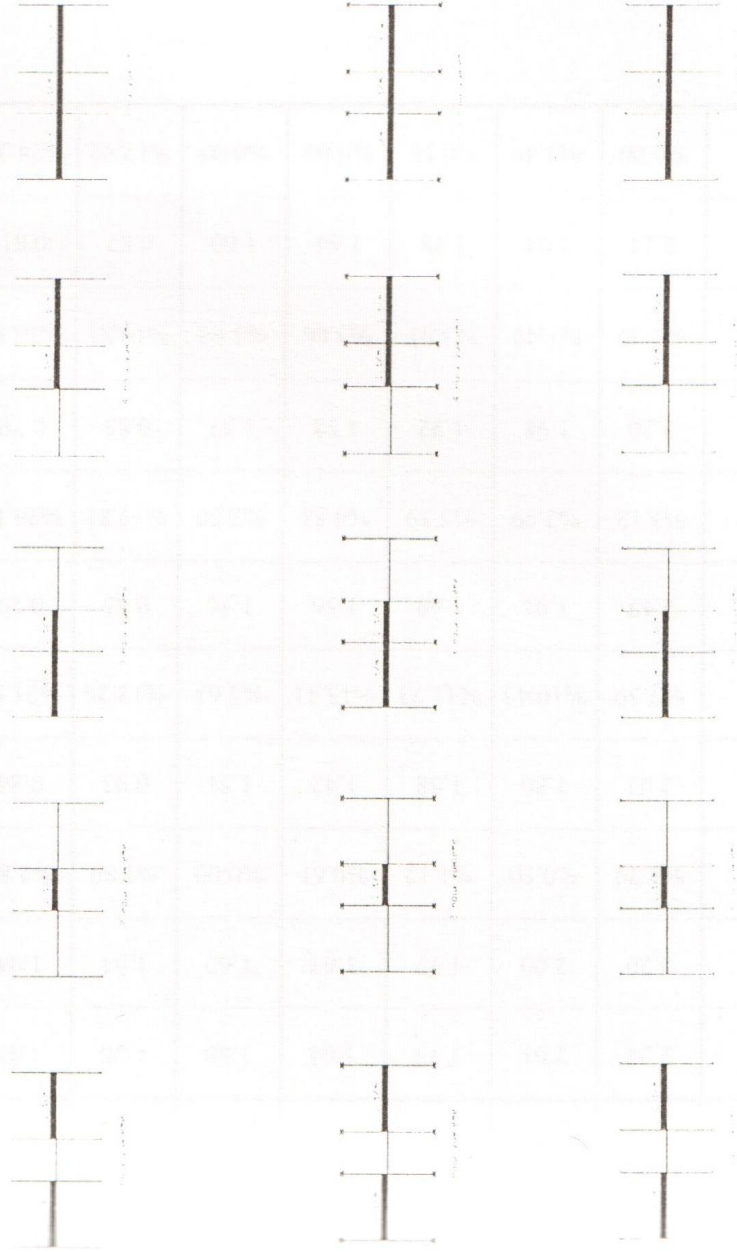
Bölüm 4.3'de açıklanan Yükleme III-a, III-b ve III-c'nin Çerçeve-1 için uygulaması Şekil 5.5'de sırasıyla verilmiştir. Açıklık momentlerinin maksimum ve minimum değerleri için 1. Yükleme ve 2. Yükleme; mesnet momentlerinin elverişsiz değerleri için ise 3, 4 ve 5. Yüklemler şekilde verilen kat çerçevelerine uygulanacaktır. Bu yüklemelerden elde edilen sonuçlar sırasıyla Tablo 5.3'deki YÜKLEME III-a, YÜKLEME III-b ve YÜKLEME III-c satırlarında verilmiştir. Bu yüklemeler sonucunda elde edilen yaklaşık değerler ile birim yükleme ile bulunan kesin değerler arasındaki farklar Tablo 5.3'deki ilgili yüklemelerin bir alt satırında verilmiştir.

Bu üç çerçeve arasındaki fark kolon uçlarının mesnetlenme şekli olup, açıklık kesitlerinde en iyi sonucu mafsallı mesnetlenme şekline sahip çerçeve vermiştir. Mesnet kesitlerinde ise ankastre mesnetli çerçeveden daha iyi neticeler elde edilmiştir.



Şekil 5.4 - Yükleme II'nin Çerçeve-1'e uygulanması

Bu örnekten elde edilen sonuçlar ve diğer örneklerden elde edilen sonuçlarla yapılan karşılaştırmalar Bölüm 6'da genel olarak verilecektir.



Şekil 5.5 – Yükleme III'ün Çerçeve-1'e uygulanması

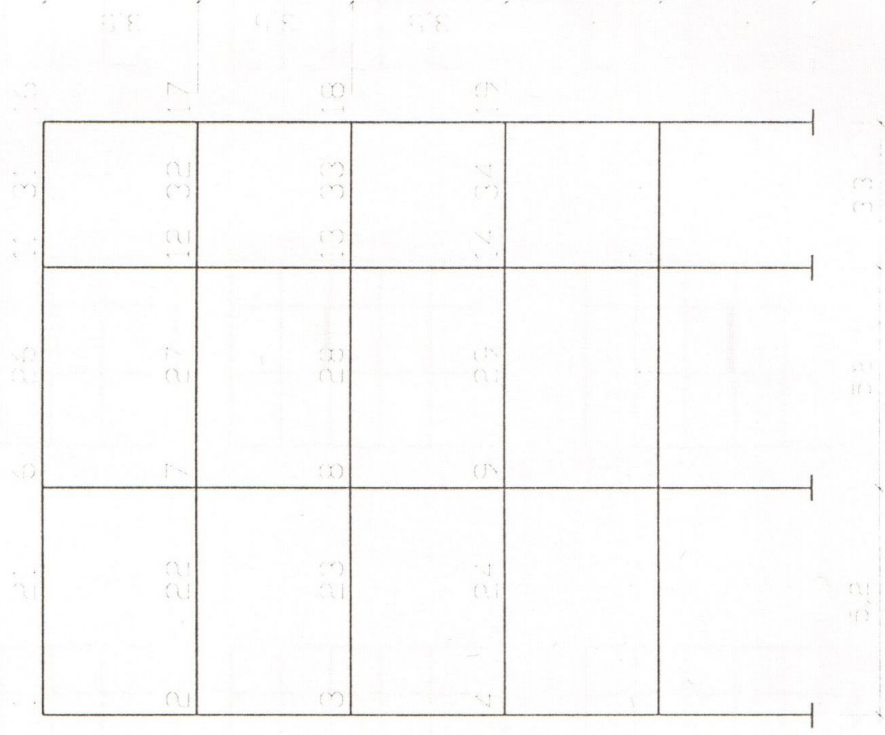
Tablo 5.3 – Çerçeve 1 için yapılan yüklemelere ilişkin sonuçlar

		GER	1	DESI	II	DESI	III-a	DESI	III-b	DESI	III-c	DESI	
25	2.24	2.01	2.20	%1.79	2.07	%7.59	2.17	%3.12	2.20	%1.79	2.24	%0.00	
26	1.79	2.00	1.77	%0.50	1.80	%10.45	1.95	%2.99	1.98	%1.49	2.04	-%1.49	
27	1.64	1.63	1.60	%0.61	1.42	%13.41	1.56	%4.88	1.58	%3.66	1.64	%0.00	
28	1.60	1.60	1.60	%0.00	1.51	%5.63	1.56	%2.50	1.57	%1.88	1.60	%0.00	
29	1.06	1.06	1.04	%1.89	0.93	%12.26	0.85	%19.81	0.85	%19.81	0.87	%17.92	
30	1.07	1.04	0.96	%2.80	0.84	%21.50	0.79	%26.17	0.79	%26.17	0.81	%24.30	
31	0.96	0.92	0.92	%0.00	0.73	%23.96	0.71	%26.04	0.72	%25.00	0.74	%22.92	
32	0.92	0.78	0.92	%0.00	0.65	%29.35	0.66	%28.26	0.67	%27.17	0.69	%25.00	
33	0.78	0.94	0.78	%6.38	0.66	%15.38	0.66	%15.38	0.67	%14.10	0.68	%12.82	
34	-0.94	-1.20	-0.88	%19.46	-0.90	%4.26	-1.06	%27.66	-0.64	%31.91	-0.56	%40.43	
1	-1.49	-1.73	-1.20	%10.36	-1.44	%5.70	-1.47	%23.83	-1.01	%32.21	-0.90	%39.60	
2	-1.93	-1.88	-1.70	%10.05	-1.82	%2.39	-1.68	%11.58	-1.43	%25.91	-1.33	%31.09	
3	-2.09	-2.23	-1.70	%10.53	-2.04	%7.37	-1.68	%3.21	-1.65	%21.05	-1.56	%25.36	
4	-2.49	-2.25	-1.70	%10.44	-1.80	%27.71	-2.41	%8.14	-2.42	%2.81	-2.43	%14.21	
5	-2.58	-2.31	-2.25	%12.79	-1.85	%28.29	-2.37	%7.91	-2.38	%7.75	-2.39	%7.36	
6	-2.53	-2.21	-2.31	%8.70	-1.93	%23.72	-2.33	%8.43	-2.33	%7.91	-2.35	%7.11	
7	-2.49	-2.21	-2.31	%11.24	-2.01	%19.28	-2.28	%8.43	-2.29	%8.03	-2.31	%7.23	

5.2 Çerçeve 2

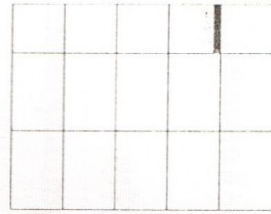
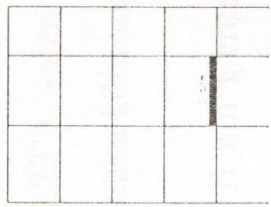
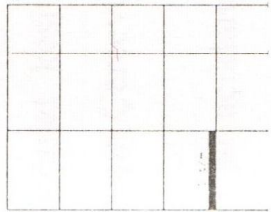
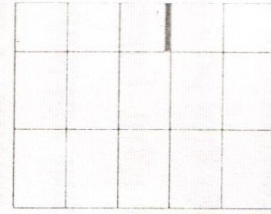
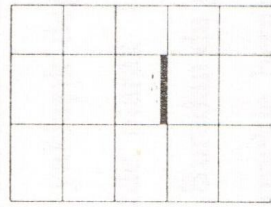
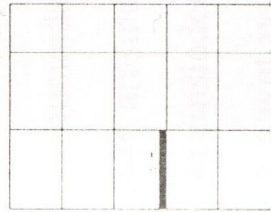
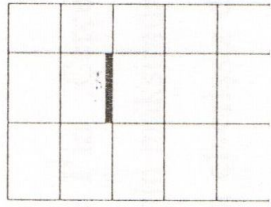
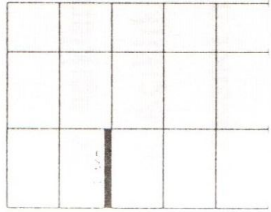
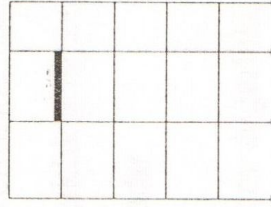
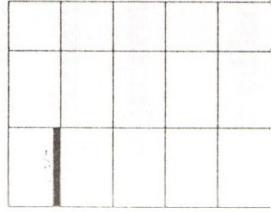
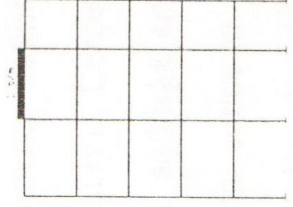
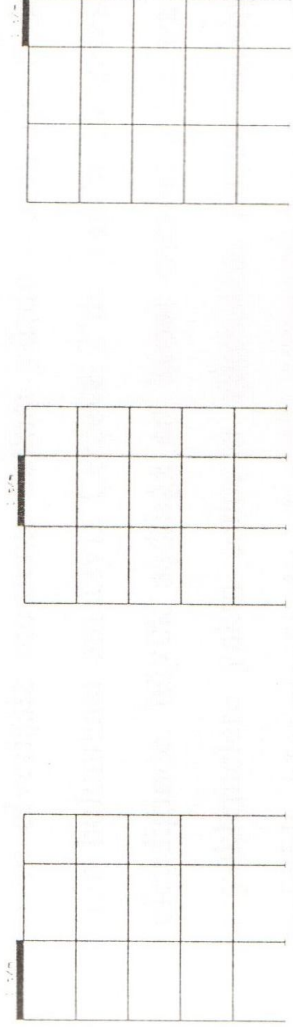
Çerçeve 2 olarak adlandırılan sisteme ilişkin geometrik özellikler, eleman boyutları ve gözönüne alınan kesit numaraları Şekil 5.6'da verilmiştir. Bu çerçevede görüldüğü gibi Çerçeve 1'deki küçük açıklık simetri ekseninden kaydırılarak kenar açıklık olarak alınmıştır. Kullanılan malzemenin Elastisite modülü $E=200000000$ kN/m^2 , poisson oranı $\mu=0.20$ 'dir.

Taşıyıcı elemanların enkesitleri Tablo 5.1’de gösterilmiştir



Şekil 5.6 - Çerçeve 2

Bu çerçeve için yapılan birim birim yüklemeler Şekil 5.7’de gösterilmiştir.



Şekil 5.7 - Çerçeve-2 için yapılan birim yüklemeler

değerleri Tablo 5.4'de verilmiştir.

Bu çerçeve için yapılan birim yüklemeler sonucunda, çerçevedeki tüm kesitler için yapılması gereken elverişsiz yüklemeler ve her bir açıklıktaki yüklemenin sözkonusu kesitteki en elverişsiz momente katkısı yüzde olarak Ek-B'de verilmiştir. Hesap değerlerinin bulunması amacıyla Çerçeve 2'de yapılması gereken elverişsiz yüklemeler incelendiğinde, büyük açıklığa ait kenar mesnette ve ara mesnetlerde Çerçeve 1'deki yüklemelere yakın sonuçlar çıkmakta, küçük açıklığa ait kenar mesnette ise farklılık göstermektedir. Açıklık kesitlerinde ise, kenardaki büyük açıklık Çerçeve 1 ile aynı sonucu vermekte, orta açıklıktaki yükleme şekli bir miktar değişmektedir. Kenardaki küçük açıklıkta ise orta açıklığa yakın bir yükleme şekli ile kesin hesap değerlerine ulaşılmaktadır.

Bu şekilde elde edilen kesin moment değerleri, Tablo 5.5'in Kesin Değer başlığı ile verilen satırında gösterilmiştir.

Bölüm 4.3'de açıklanan Yükleme I'in Çerçeve-2 için uygulaması Şekil 5.8'de gösterilmiştir. Açıklık momentlerinin maksimum ve minimum değerleri için 1. ve 2. Yükleme; mesnet momentlerinin elverişsiz değerlerini bulmak için ise 3, 4 ve 5. Yükleme bu çerçeveye uygulanacaktır. Bu yüklemelerden elde edilen sonuçlar Tablo 5.5'deki YÜKLEME I satırında verilmiştir. Yükleme I'de öngörülen yüklemeler sonucunda elde edilen yaklaşık değerler ile birim yükleme ile bulunan kesin değerler arasındaki fark yüzde olarak Tablo 5.5'ün ilgili yükleme satırının altında yüzde cinsinden verilmiştir. Buradan da görülebileceği gibi bu yöntem açıklık kesitleri için gayet iyi sonuçlar vermekle beraber mesnet kesitlerinde aynı başarıyı gösterememektedir. Açıklık kesitlerinde kesin değerlerle en fazla %4.76 fark olurken, mesnet kesitlerinde %43.23'e varan hatalar bulunmaktadır. Yükleme I Çerçeve-2 için Çerçeve-1'e oranla daha kötü sonuçlar vermiştir.

Bölüm 4.3'de açıklanan Yükleme II'nin Çerçeve-2 için uygulaması Şekil 5.9'da gösterilmiştir. Açıklık momentlerinin maksimum ve minimum değerleri için 1. ve 2. Yükleme; mesnet momentlerinin elverişsiz değerlerini bulmak için ise 3 ve 4. Yükleme örnek olarak verilen çerçeveye uygulanacaktır. Bu yüklemelerden elde edilen eğilme momentleri Tablo 5.5'deki YÜKLEME II satırında verilmiştir.

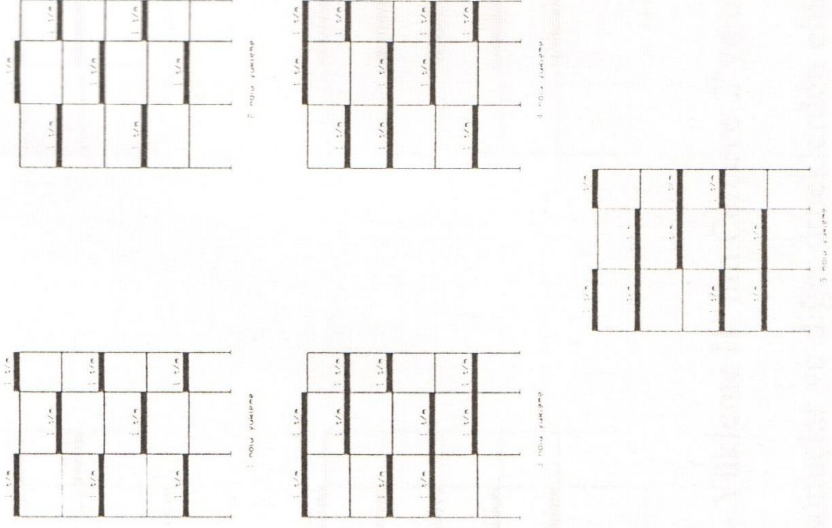
Tablo 5.4 – Çerçeve 2 için yapılan birim yüklemelerden elde edilen momentler

AÇIKLIK KESİTİ															YÜKLEME NO
35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	1
0.00	-0.01	-0.01	-0.07	0.11	0.00	0.00	0.00	0.05	-0.49	0.00	0.00	0.02	-0.07	2.19	2
0.00	0.00	-0.03	0.08	-0.07	0.00	-0.01	0.03	-0.39	0.04	0.00	0.01	-0.05	1.96	-0.07	3
-0.02	0.04	-0.03	-0.01	-0.01	0.04	-0.22	0.05	-0.01	0.00	-0.07	1.59	-0.09	0.02	0.01	4
0.04	-0.02	0.00	-0.01	-0.01	-0.21	0.04	-0.01	0.00	0.00	1.57	-0.07	0.02	0.00	0.01	5
0.00	0.00	0.01	0.08	-0.60	0.01	0.01	0.03	0.01	1.85	0.00	0.00	0.00	0.05	-0.47	6
0.00	0.00	0.05	-0.52	0.09	0.01	0.02	0.00	1.72	0.01	0.00	-0.01	0.03	-0.38	0.05	7
-0.01	0.07	-0.39	0.05	0.02	0.01	-0.04	1.58	0.00	0.04	-0.01	0.05	-0.28	0.03	0.00	8
0.05	-0.32	0.07	0.00	0.01	-0.04	1.49	-0.04	0.03	0.02	0.04	-0.22	0.05	0.00	0.00	9
-0.31	0.05	-0.01	0.01	0.01	1.47	-0.04	0.02	0.01	0.01	-0.21	0.04	-0.01	0.00	0.00	10
0.00	0.00	0.01	-0.02	0.99	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.16	0.00	0.00	-0.01	-0.02	0.02	11
0.00	0.01	-0.02	0.89	-0.02	0.00	0.00	0.01	-0.14	0.02	0.00	0.00	-0.01	0.02	-0.03	12
0.01	-0.04	0.78	-0.02	0.02	0.00	0.02	-0.10	0.01	0.00	0.00	-0.01	0.01	-0.01	-0.01	13
-0.03	0.71	-0.04	0.01	0.01	0.01	-0.08	0.02	0.00	0.00	-0.01	0.01	-0.01	0.00	-0.01	14
0.71	-0.03	0.01	0.00	0.00	-0.08	0.01	0.00	0.00	0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	15

Tablo 5.4 – Çarpıcı 2 için yapılan bütün yöklemelerden elde edilen sonuçlar

MESNET KESİTİ																				ELEM NO
20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
0.0	0.03	0.04	0.00	-0.04	-0.03	-0.07	-0.10	-0.20	0.27	0.02	0.04	0.06	0.06	-1.75	-0.01	-0.03	-0.02	-0.20	-0.63	1
0.0	0.03	0.01	-0.07	-0.01	-0.03	-0.06	-0.12	0.25	-0.16	0.02	0.04	0.02	-1.85	0.05	-0.01	-0.01	-0.12	-0.99	-0.18	2
0.0	0.00	-0.07	0.00	0.01	-0.02	-0.08	0.22	-0.10	-0.06	0.02	-0.02	-0.02	-1.94	0.05	0.01	-0.16	-1.38	-0.11	0.00	3
-0.0	-0.07	0.00	0.02	0.01	-0.08	0.20	-0.02	-0.04	-0.04	-0.03	-2.00	-0.02	0.03	0.03	-0.11	-1.59	-0.16	0.00	-0.01	4
-0.0	-0.01	0.01	0.01	0.00	0.22	-0.08	-0.02	-0.02	-0.02	0.02	-0.03	0.02	0.01	0.01	-1.60	-0.11	0.01	-0.01	0.00	5
-0.0	-0.10	-0.13	-0.11	0.02	0.04	0.07	0.08	-1.61	-0.01	-0.01	0.00	-0.06	-1.44	-0.04	-0.04	-0.08	-0.10	-0.08	0.07	6
-0.0	-0.11	-0.12	0.05	-0.05	0.02	0.04	0.04	-1.73	0.07	-0.01	-0.01	-0.04	-1.58	-0.04	-0.04	-0.09	-0.09	0.11	-0.03	7
-0.0	-0.11	0.11	-0.07	-0.05	0.03	-0.01	-1.86	0.04	0.06	0.00	-0.08	-1.75	-0.03	0.02	-0.04	-0.07	0.15	-0.05	-0.04	8
-0.0	0.13	-0.08	-0.05	-0.03	-0.02	-1.94	-0.01	0.04	0.03	-0.06	-1.85	-0.07	0.01	0.01	-0.04	0.16	-0.06	-0.05	-0.02	9
0.10	-0.06	-0.04	-0.02	-0.01	-1.96	-0.02	0.02	0.02	0.02	-1.85	-0.06	0.01	0.00	0.01	0.20	-0.04	-0.04	-0.02	-0.01	10
-0.0	-0.02	-0.02	-0.08	-0.20	0.01	0.03	0.04	-0.54	-0.02	-0.04	-0.05	-0.08	-0.08	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	-0.01	11
-0.0	-0.01	-0.06	-0.33	-0.07	0.01	0.03	0.02	-0.61	0.03	-0.02	-0.06	0.05	-0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	-0.01	0.00	12
0.00	-0.08	-0.48	-0.05	0.00	0.02	-0.01	-0.69	0.03	0.02	-0.02	0.06	-0.05	-0.03	0.01	0.00	-0.02	0.01	0.01	0.01	13
-0.0	-0.57	-0.07	0.00	0.00	-0.01	-0.73	-0.01	0.02	0.02	-0.03	0.06	-0.05	-0.02	-0.02	-0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	14
-0.5	-0.05	0.00	0.00	0.00	-0.74	-0.01	0.02	0.01	0.01	0.07	-0.03	-0.01	-0.01	-0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	15

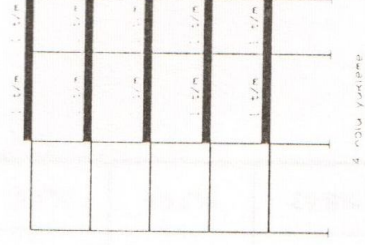
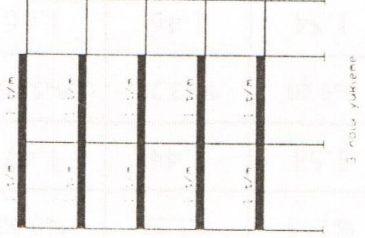
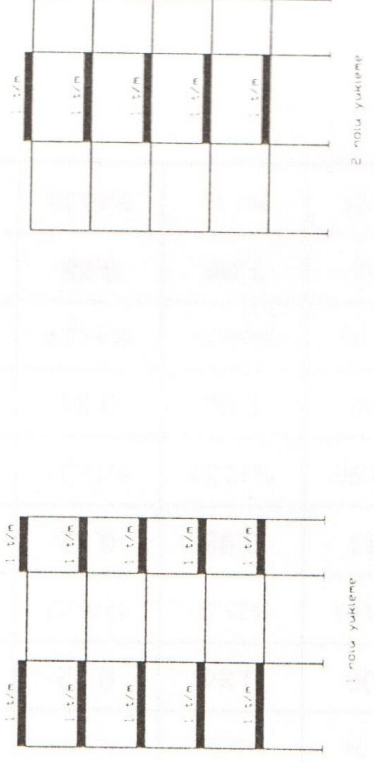
Yükleme II'de öngörülen yüklemeler sonucunda elde edilen yaklaşık değerler ile birim yükleme ile bulunan kesin değerler arasındaki fark yüzde olarak Tablo 5.4'deki Yükleme II satırının hemen altında verilmiştir. Bu yükleme hem açıklık hemde mesnet kesitlerinde iyi sonuçlar vermemiştir. Açıklık kesitlerinde % 28.41; mesnetlerde ise %48.69'a varan hatalar çıkmaktadır.



Şekil 5.8 - Yükleme I' in Çerçeve-2'ye uygulanması

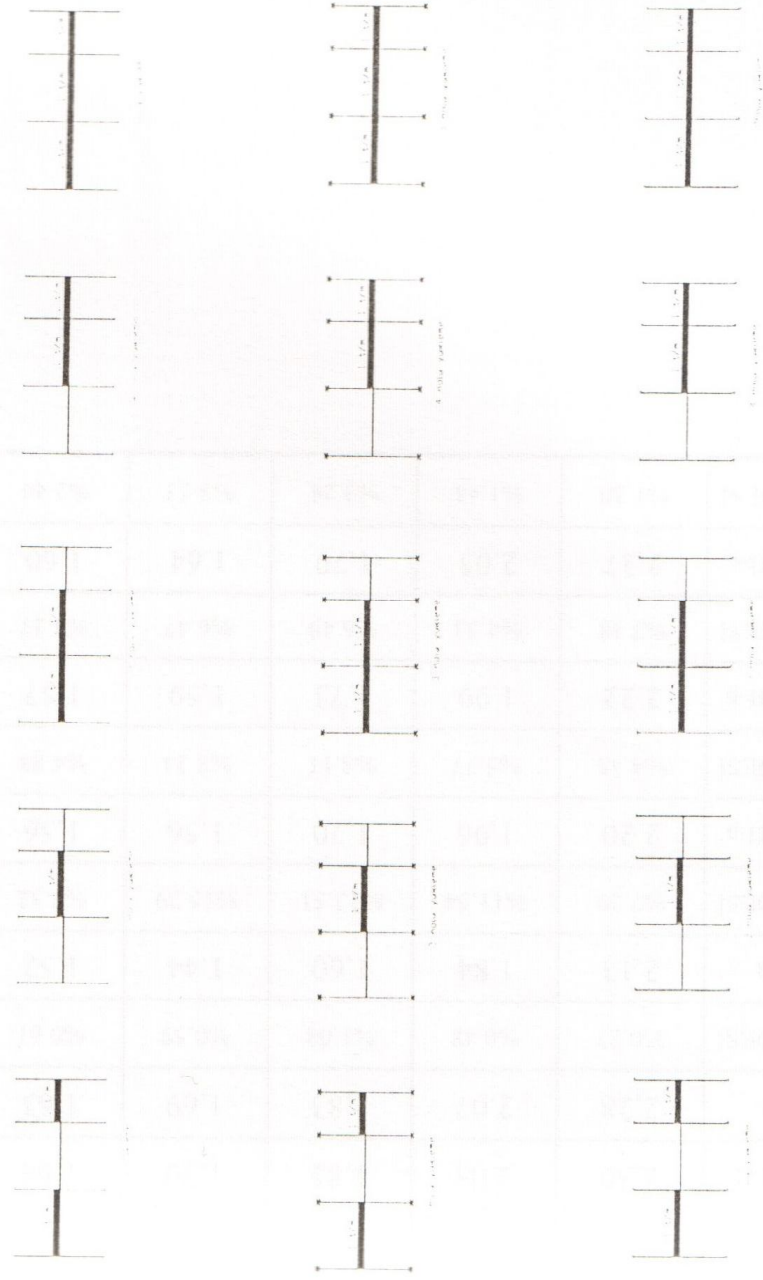
Bölüm 4.3' de açıklanan Yükleme III-a, III-b ve III-c'nin Çerçeve-2 için uygulaması Şekil 5.10'da sırasıyla verilmiştir. Açıklık momentlerinin maksimum ve minimum değerleri için 1. Yükleme ve 2. Yükleme; mesnet momentlerinin elverişsiz değerleri için ise 3, 4 ve 5. Yüklemeler şekilde verilen kat çerçevelerine uygulanacaktır. Bu yüklemelerden elde edilen sonuçlar sırasıyla Tablo 5.4'deki YÜKLEME III-a, YÜKLEME III-b ve YÜKLEME III-c satırlarında verilmiştir. Bu yüklemeler sonucunda elde edilen yaklaşık değerler ile birim yükleme ile bulunan kesin değerler arasındaki farklar Tablo 5.5'deki ilgili yüklemelerin bir alt satırında verilmiştir.

Bu üç çerçeve arasındaki fark kolon uçlarının mesnetlenme şekli olup, açıklık kesitlerinde en iyi sonucu mafsallı mesnetlenme şekline sahip çerçeve vermiştir. Mesnet kesitlerinde ise ankastre mesnetli çerçeveden daha iyi neticeler elde edilmiştir.



Şekil 5.9 - Yükleme II' nin Çerçeve-2'ye uygulanması

Bu örnekten elde edilen sonuçlar ve diğer örneklerden elde edilen sonuçlarla yapılan karşılaştırmalar Bölüm 6'da genel olarak verilecektir.



Şekil 5.10 - Yükleme III'ün Çerçeve-2'ye uygulanması

Tablo 5.5 - Çerçeve 2 için yapılan yüklemelere ilişkin sonuçlar – Ağırlık Kesilen

SIT NO	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
SİN DEĞER	2.30	2.08	1.85	1.70	1.64	1.99	1.88	1.74	1.64	1.55	1.26	1.12	0.98	0.88	0.81
KLEME I	2.28	2.07	1.83	1.69	1.63	1.96	1.85	1.72	1.62	1.55	1.20	1.12	0.95	0.88	0.80
RK YÜZDESI	%0.87	%0.48	%1.08	%0.59	%0.61	%1.51	%1.60	%1.15	%1.22	%0.00	%4.76	%0.00	%3.06	%0.00	%1.23
KLEME II	2.13	1.84	1.60	1.44	1.52	1.94	1.77	1.58	1.44	1.47	1.00	0.84	0.72	0.63	0.69
RK YÜZDESI	%7.39	%11.54	%13.51	%15.29	%7.32	%2.51	%5.85	%9.20	%12.20	%5.16	%20.63	%25.00	%26.53	%28.41	%14.81
KLEME III-a	2.20	1.96	1.70	1.56	1.56	1.79	1.67	1.54	1.46	1.46	1.11	0.98	0.82	0.74	0.74
RK YÜZDESI	%4.35	%5.77	%8.11	%8.24	%4.88	%10.05	%11.17	%11.49	%10.98	%5.81	%11.90	%12.50	%16.33	%15.91	%8.64
KLEME III-b	2.22	1.99	1.73	1.59	1.57	1.80	1.69	1.56	1.48	1.47	1.12	1.00	0.84	0.75	0.74
RK YÜZDESI	%3.48	%4.33	%6.49	%6.47	%4.27	%9.55	%10.11	%10.34	%9.76	%5.16	%11.11	%10.71	%14.29	%14.77	%8.64
KLEME III-c	2.27	2.05	1.79	1.64	1.60	1.82	1.72	1.59	1.51	1.49	1.15	1.04	0.88	0.79	0.76
RK YÜZDESI	%1.30	%1.44	%3.24	%3.53	%2.44	%8.54	%8.51	%8.62	%7.93	%3.87	%8.73	%7.14	%10.20	%10.23	%6.17

Tablo 3.5 – Çerçeve 2 için yapılan yüklemelere ilişkin sonuçlar – Mesnet kesilen

SİT NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
İN DEĞER	-0.93	-1.52	-1.99	-2.20	-1.91	-3.36	-3.68	-3.99	-4.21	-4.07	-2.43	-2.70	-2.92	-3.05	-2.89	-0.46	-0.78	-1.07	-1.19	-0.95
KLEME I	-0.91	-1.28	-1.84	-1.94	-1.75	-2.73	-2.58	-2.59	-2.39	-2.60	-1.99	-2.18	-2.27	-2.25	-2.27	-0.37	-0.71	-0.94	-0.95	-0.87
AK YÜZDESI	%2.15	%15.79	%7.54	%11.82	%8.38	%18.75	%29.89	%35.09	%43.23	%36.12	%18.11	%19.26	%22.26	%26.23	%21.45	%19.57	%8.97	%12.15	%20.17	%8.42
KLEME II	-0.87	-1.40	-1.80	-2.02	-1.74	-2.39	-2.25	-2.17	-2.16	-2.40	-1.62	-1.67	-1.86	-2.01	-2.04	-0.40	-0.68	-0.89	-0.97	-0.69
AK YÜZDESI	%6.45	%7.89	%9.55	%8.18	%8.90	%28.87	%38.86	%45.61	%48.69	%41.03	%33.33	%38.15	%36.30	%34.10	%29.41	%13.04	%12.82	%16.82	%18.49	%27.37
KLEME III-a	-0.65	-1.06	-1.47	-1.69	-1.69	-2.93	-2.82	-2.70	-2.61	-2.15	-2.20	-2.20	-2.20	-2.21	-2.21	-0.27	-0.38	-0.55	-0.63	-0.63
AK YÜZDESI	%30.11	%30.26	%26.13	%23.18	%11.52	%12.80	%23.37	%32.33	%38.00	%35.87	%11.52	%18.52	%24.66	%27.54	%23.53	%41.30	%51.28	%48.60	%47.06	%33.68
KLEME III-b	-0.61	-1.01	-1.42	-1.65	-1.67	-2.94	-2.84	-2.72	-2.62	-2.61	-2.15	-2.20	-2.20	-2.21	-2.21	-0.25	-0.36	-0.53	-0.61	-0.62
AK YÜZDESI	%34.41	%33.55	%28.64	%25.00	%12.57	%12.50	%22.83	%31.83	%37.77	%35.87	%11.52	%18.52	%24.66	%27.54	%23.53	%45.65	%53.85	%50.47	%48.74	%34.74
KLEME III-c	-0.53	-0.91	-1.32	-1.56	-1.63	-2.95	-2.87	-2.76	-2.66	-2.63	-2.16	-2.20	-2.20	-2.21	-2.21	-0.22	-0.32	-0.49	-0.58	-0.60
AK YÜZDESI	%43.01	%40.13	%33.67	%29.09	%14.66	%12.20	%22.01	%30.83	%36.82	%35.38	%11.11	%18.52	%24.66	%27.54	%23.53	%52.17	%58.97	%54.21	%51.26	%36.84

5.3 Çerçeve 3

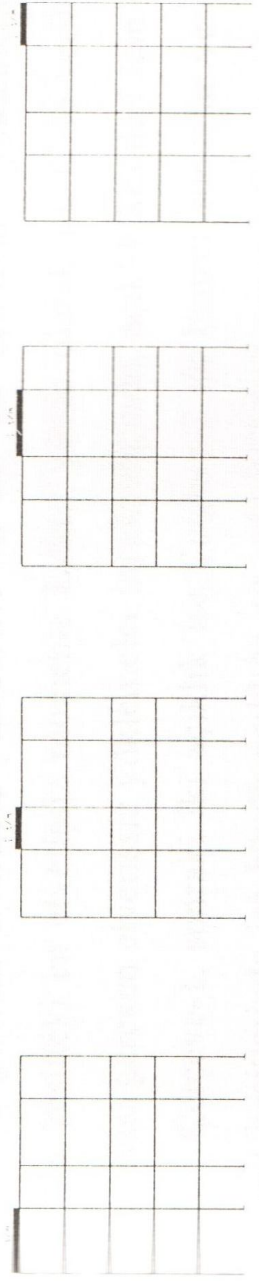
Çerçeve 3 olarak adlandırılan sisteme ilişkin geometrik özellikler, eleman boyutları ve gözönüne alınan kesit numaraları Şekil 5.11’de verilmiştir. Bu çerçeve, Çerçeve 1’e bir küçük açıklık daha ilave edilerek elde edilmiştir. Kullanılan malzemenin Elastisite modülü $E=20000000 \text{ kN/m}^2$, poisson oranı $\mu=0.20$ ’dir.

Taşıyıcı elemanların enkesitleri Tablo 5.1’ de gösterilmiştir

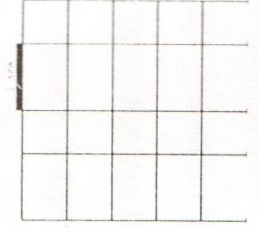
	26	6	31	11	36	16	41	21
1								
2		7	32	12	37	17	42	
3	28	8	33	13	38	18	43	23
4	29	9	34	14	39	19	44	24
5	30	10	35	15	40	20	45	
6								

Şekil 5.11 - Çerçeve 3

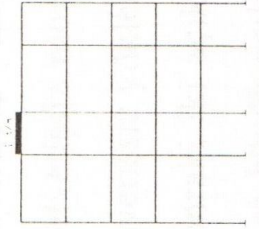
Bu çerçeve için yapılan birim yüklemeler Şekil 5.12’de gösterilmiştir.



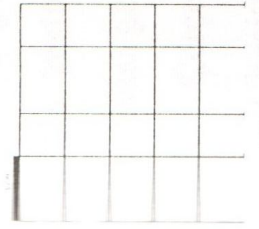
1. 1/4



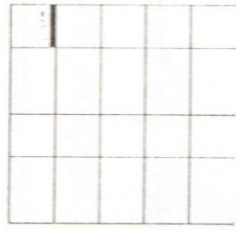
1. 1/4



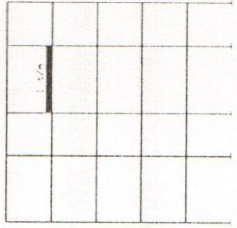
1. 1/4



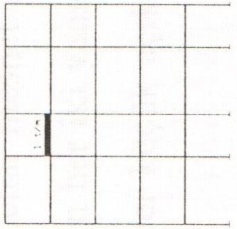
1. 1/4



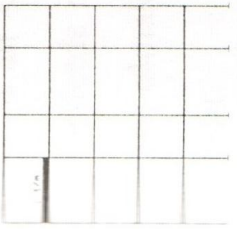
1. 1/4



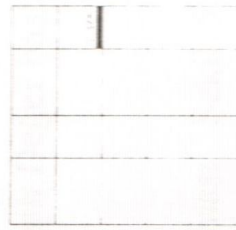
1. 1/4



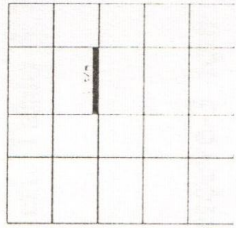
1. 1/4



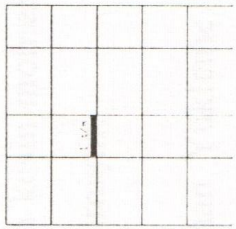
1. 1/4



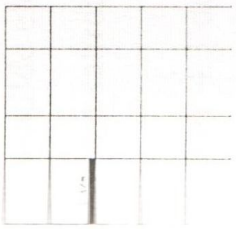
1. 1/4



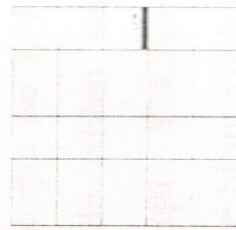
1. 1/4



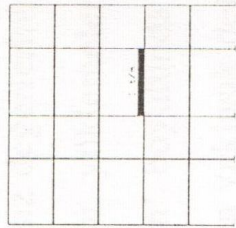
1. 1/4



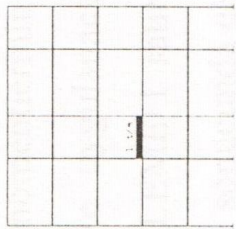
1. 1/4



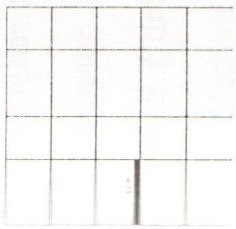
1. 1/4



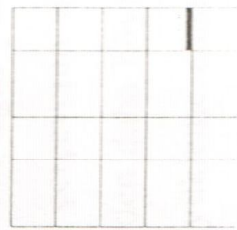
1. 1/4



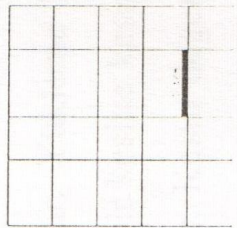
1. 1/4



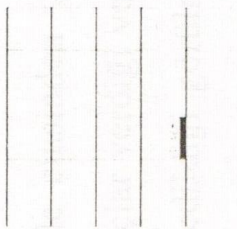
1. 1/4



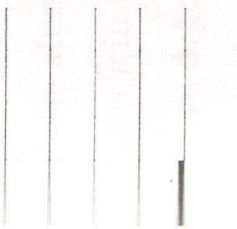
1. 1/4



1. 1/4



1. 1/4



1. 1/4

Şekil 5.12 - Çerçeve-3 için yapılan birim yüklemeler

değerleri Tablo 5.6'da verilmiştir.

Bu çerçeve için yapılan birim yüklemeler sonucunda, çerçevedeki tüm kesitler için yapılması gereken elverişsiz yüklemeler ve her bir açıklıktaki yüklemenin söz konusu kesitteki en elverişsiz momente katkısı yüzde olarak Ek-C'de verilmiştir. Yapılması gereken elverişsiz yüklemeler incelendiğinde, açıklık kesitleri için ilk iki açıklık Çerçeve-1, sonraki iki açıklık ise Çerçeve-2 ile benzer sonuçlar vermiştir. Mesnet kesitlerinde ise büyük açıklığa ait soldaki kenar mesnet Çerçeve 1, küçük açıklığa ait sağdaki kenar mesnet ise Çerçeve-2 ile benzer sonuçlar vermiştir. Ara mesnetlerde ise kesitin her iki yanının da dolu olması şeklindeki yüklemeler buradada geçerli olmakla beraber küçük açıklıktaki yüklemenin etkisi Çerçeve 1'e göre daha fazladır.

Bu şekilde elde edilen kesin moment değerleri, Tablo 5.7'de Kesin Değer başlığı ile verilen satırda gösterilmiştir.

Bölüm 4.3'de açıklanan Yükleme I'in Çerçeve-3 için uygulaması Şekil 5.13'de gösterilmiştir. Açıklık momentlerinin maksimum ve minimum değerleri için 1. ve 2. Yüklemler; mesnet momentlerinin elverişsiz değerlerini bulmak için ise 3, 4 ve 5. Yüklemler çerçeveye uygulanacaktır. Bu yüklemelerden elde edilen sonuçlar Tablo 5.7'deki YÜKLEME I satırında 'tm' boyutunda verilmiştir. Yükleme I'de öngörülen yüklemeler sonucunda elde edilen yaklaşık değerler ile birim yükleme ile bulunan kesin değerler arasındaki fark yüzde olarak Tablo 5.7'nin ilgili yükleme satırının altında yüzde cinsinden verilmiştir. Yükleme I'in bu çerçevenin açıklık kesitleri için iyi sonuçlar verdiği ve hatta bir kesitte kesin değerden daha büyük bir moment değeri elde edildiği görülmektedir. Kesin değerle, bu yükleme arasındaki fark en çok %5.50'ye çıkmaktadır. Mesnet kesitlerinde ise diğer çerçevelere oranla çok büyük farklar çıkmıştır. Bu fark %34.04 değerine kadar ulaşmaktadır.

Bölüm 4.3'de açıklanan Yükleme II'nin Çerçeve-3 için uygulaması Şekil 5.14'de gösterilmiştir. Açıklık momentlerinin maksimum ve minimum değerleri için 1. ve 2. Yüklemler; mesnet momentlerinin elverişsiz değerlerini bulmak için ise 3 ve 4. Yüklemler örnek olarak verilen çerçeveye uygulanacaktır.

Tablo 5.6 – Çerçeve 3 için yapılan birim yüklemelerden elde edilen momentler – Ağırlık kesitleri

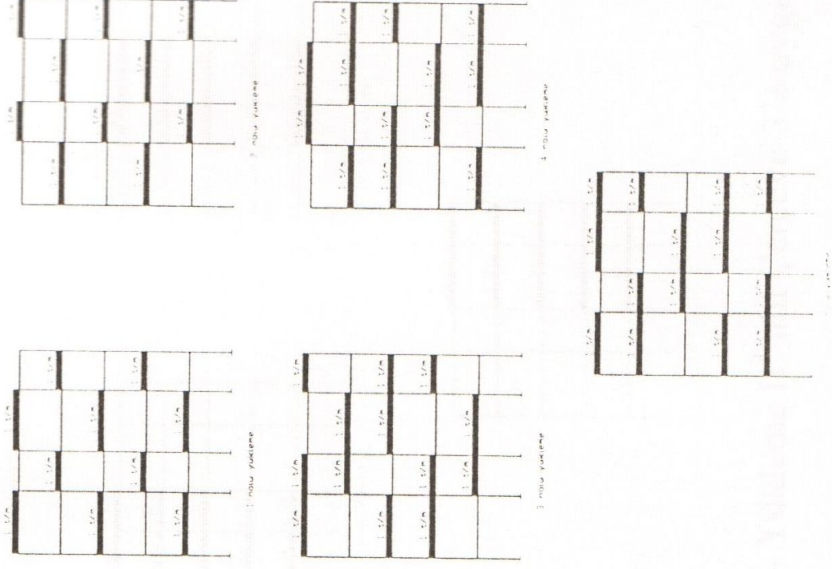
YÜKLEME NO		26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
1		2.12	-0.04	0.02	0.01	0.00	-0.66	0.06	0.00	0.00	0.04	-0.06	-0.02	-0.01	-0.01	-0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
2		-0.03	1.91	-0.03	0.02	0.00	0.06	-0.54	0.04	0.00	-0.06	0.04	-0.03	-0.01	-0.01	0.02	-0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
3		0.03	-0.03	1.69	-0.07	0.02	0.00	0.04	-0.40	0.06	-0.01	-0.02	-0.03	0.03	0.01	0.01	0.01	-0.01	0.01	0.00	0.00
4		0.02	0.02	-0.07	1.56	-0.06	0.00	0.00	0.06	-0.32	0.05	-0.02	-0.01	-0.02	0.03	-0.01	0.00	0.01	0.01	-0.01	0.00
5		0.01	0.01	0.02	-0.06	1.55	0.00	0.00	-0.01	0.05	-0.31	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01
6		-0.16	0.02	0.00	0.00	0.88	0.01	0.02	0.01	0.00	-0.14	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.03	-0.01	0.00	0.00	0.00
7		0.03	-0.13	0.01	0.00	0.01	0.81	0.00	0.01	0.00	0.01	-0.12	0.01	0.00	0.00	-0.03	0.02	-0.01	0.00	0.00	0.00
8		0.01	0.01	-0.10	0.02	0.00	0.02	0.00	0.73	-0.02	0.01	0.00	0.01	-0.09	0.01	0.00	-0.01	-0.01	0.02	-0.01	0.00
9		0.00	0.00	0.02	-0.08	0.01	0.02	-0.02	0.68	-0.02	0.00	0.00	0.01	-0.08	0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0.01	-0.01	-0.01
10		0.00	0.00	0.00	0.01	-0.08	0.01	0.01	0.01	-0.02	0.67	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.07	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.01
11		0.03	-0.06	-0.02	-0.01	-0.57	0.03	-0.01	0.00	0.00	1.80	0.04	0.02	0.01	-0.59	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12		-0.06	0.04	-0.03	-0.01	0.03	-0.48	0.02	0.00	0.05	1.68	0.01	0.02	0.01	0.08	-0.50	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
13		-0.03	-0.03	0.03	-0.02	0.00	-0.01	0.02	-0.37	0.05	-0.01	0.05	0.02	1.55	-0.03	0.02	0.01	0.04	-0.39	0.06	-0.01
14		-0.02	-0.01	-0.02	0.03	-0.01	0.00	-0.01	0.05	-0.30	0.04	0.03	-0.02	1.47	-0.03	0.01	0.00	0.06	-0.31	0.05	0.05
15		-0.01	-0.01	0.00	-0.01	0.03	0.00	-0.01	0.04	-0.29	0.01	0.01	0.02	-0.03	1.45	0.00	0.00	-0.01	0.05	-0.31	-0.31
16		0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.03	-0.01	0.00	0.00	-0.16	0.01	0.00	0.00	0.99	-0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
17		0.00	-0.01	0.00	0.00	-0.03	0.02	-0.01	0.00	0.00	0.01	-0.13	0.01	0.00	0.00	-0.02	0.89	-0.02	0.01	0.00	0.00
18		0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.02	-0.01	0.00	0.00	0.01	-0.10	0.02	0.00	0.02	-0.01	0.78	-0.04	0.01	0.01
19		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	-0.08	0.01	0.01	0.01	-0.04	0.71	-0.03	-0.03
20		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	-0.08	0.00	0.00	0.01	-0.03	0.70	0.70

AÇIKLIK KESİTİ

Tablo 5.6 – Çerçeve 3 için yapılan birim yüklemelerden elde edilen momentler – Mesnet kesitleri

		MESNET KESİTİ																								
KİTME NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
1	-0.63	-0.23	-0.05	-0.05	-0.02	-1.88	0.16	0.10	0.06	0.03	0.10	-0.28	-0.16	-0.12	-0.06	-0.04	0.06	0.04	0.03	0.01	-0.02	-0.01	0.03	0.03	0.01	
2	-0.20	-0.98	-0.14	-0.03	-0.02	0.14	-1.96	0.08	0.06	0.03	-0.22	0.14	-0.19	-0.11	-0.06	0.05	-0.06	0.03	0.03	0.01	-0.02	-0.03	0.01	0.03	0.01	
3	-0.01	-0.13	-1.36	-0.18	0.00	0.08	0.07	-2.03	0.03	0.03	-0.10	-0.14	0.16	-0.17	-0.05	0.02	0.03	-0.06	0.02	0.01	0.01	0.00	-0.03	-0.01	0.02	
4	-0.01	-0.01	-0.17	-1.57	-0.13	0.04	0.05	-2.06	0.00	-0.06	-0.07	-0.14	0.16	-0.10	0.01	0.02	0.02	-0.05	0.01	0.01	0.02	-0.01	-0.03	-0.01	-0.01	
5	-0.01	-0.01	0.00	-0.13	-1.58	0.02	0.02	0.03	0.00	-2.09	-0.03	-0.04	-0.04	-0.10	0.21	0.01	0.01	0.01	0.01	-0.06	0.00	0.01	0.01	-0.01	-0.05	
6	0.01	-0.04	-0.04	-0.04	-0.02	-0.47	0.00	0.02	0.01	0.01	-0.49	0.01	0.02	0.01	0.00	0.04	-0.08	-0.06	-0.04	-0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	
7	-0.02	0.02	-0.04	-0.04	-0.02	0.00	-0.54	0.00	0.01	0.00	0.02	-0.56	0.00	0.01	0.00	-0.07	0.06	-0.06	-0.04	-0.02	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	
8	-0.02	-0.03	0.04	-0.04	-0.02	0.02	0.00	-0.63	-0.03	0.01	0.02	0.00	-0.64	-0.02	0.01	-0.04	-0.05	0.06	-0.05	-0.02	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	
9	-0.01	-0.01	-0.02	0.04	-0.02	0.01	-0.02	-0.68	-0.02	0.01	0.01	-0.02	-0.69	-0.02	-0.02	-0.05	-0.03	-0.05	0.06	-0.03	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	
10	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	0.06	0.01	0.01	-0.02	-0.69	0.01	0.01	-0.02	-0.69	-0.01	-0.01	-0.02	-0.03	-0.02	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	
11	0.00	0.02	0.01	0.01	0.07	-0.24	-0.18	-0.14	-0.07	-1.59	0.05	0.03	0.01	0.01	-1.57	0.04	0.05	0.02	0.01	0.01	-0.12	-0.14	-0.12	-0.06	-0.06	
12	0.01	-0.01	0.02	0.01	0.00	-0.18	-0.14	-0.07	0.06	-1.71	0.01	0.02	0.01	0.01	0.04	-1.69	0.01	0.03	0.01	0.01	-0.05	-0.13	-0.12	-0.06	-0.06	
13	0.03	0.03	-0.02	0.03	-0.02	0.17	-0.08	-0.07	0.05	0.02	-1.84	-0.03	0.01	0.05	0.03	0.02	-1.83	-0.03	0.02	-0.03	-0.08	0.10	-0.12	-0.06	-0.06	
14	0.00	0.00	0.01	-0.02	0.01	-0.06	-0.13	0.17	-0.08	0.03	-0.02	-1.92	-0.03	0.03	0.03	0.03	-0.02	-1.91	-0.03	-0.03	-0.06	-0.08	0.13	-0.06	-0.06	
15	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.03	-0.04	-0.09	0.24	0.01	0.01	-0.03	-1.93	0.01	0.01	0.02	-0.03	-1.93	-0.01	-0.03	-0.05	-0.06	0.19	-0.06	-0.06	
16	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	-0.01	0.00	0.05	-0.09	-0.05	-0.04	-0.04	-0.02	-0.54	0.04	0.04	0.02	0.01	0.02	0.01	-0.20	-0.08	-0.02	-0.01	-0.01	
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.08	0.06	-0.06	-0.04	-0.02	0.04	-0.61	0.02	0.02	0.02	0.01	-0.07	-0.33	-0.05	-0.01	-0.01	
18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.04	-0.05	-0.06	-0.05	-0.02	0.03	0.02	-0.69	-0.01	-0.73	0.01	0.00	-0.05	-0.48	0.00	0.00	
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02	-0.03	-0.03	-0.05	-0.03	0.02	0.02	-0.01	-0.73	-0.01	0.01	0.00	0.00	-0.07	-0.57	-0.06	
20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.03	0.08	0.01	0.01	-0.01	-0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.06	-0.57	-0.57	

Bu yüklemelerden elde edilen egilme momentleri Tablo 5.7'deki YÜKLEME II satırında 'tm' boyutunda verilmiştir. Yükleme II'de öngörülen yüklemeler sonucunda elde edilen yaklaşık değerler ile birim yüklemeye ile bulunan kesin değerler arasındaki fark yüzde olarak Tablo 5.7'deki ilgili yüklemeye satırının altında verilmiştir. Bu yüklemeye açıklık kesitleri için %30, mesnet kesitleri için ise %40 mertebelerinde hatalar vermektedir.

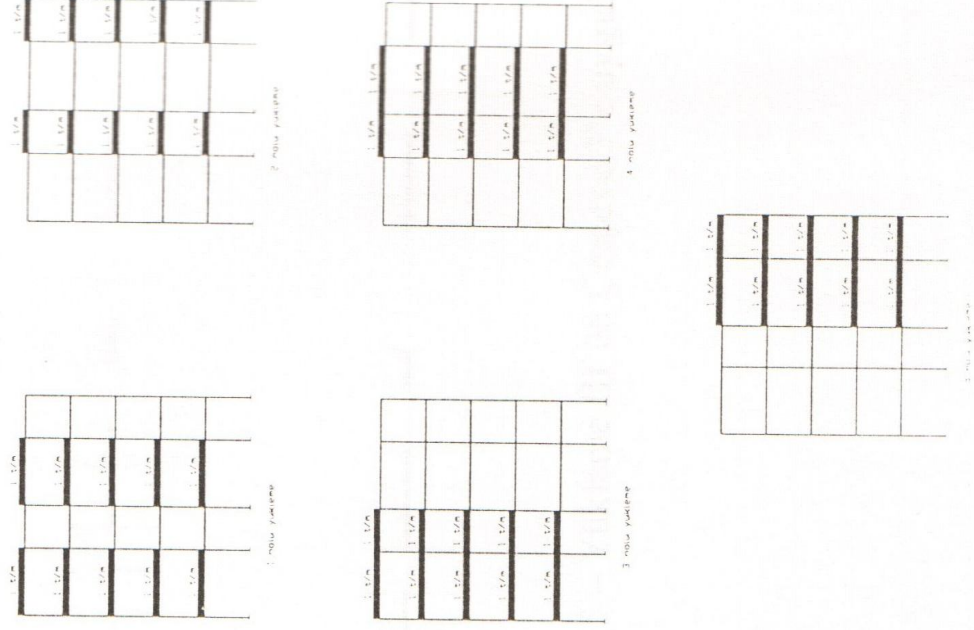


Şekil 5.13 - Yükleme I' in Çerçeve-3' e uygulanması

Bölüm 4.3'de açıklanan Yükleme III-a, III-b ve III-c'nin Çerçeve-3 için uygulaması Şekil 5.15'de sırasıyla verilmiştir. Açıklık momentlerinin maksimum ve minimum değerleri için 1. Yükleme ve 2. Yükleme; mesnet momentlerinin elverişsiz değerleri için ise 3, 4 ve 5. Yüklemler şekilde verilen kat çerçevelerine uygulanacaktır. Bu yüklemelerden elde edilen sonuçlar sırasıyla Tablo 5.7'deki YÜKLEME III-a, YÜKLEME III-b ve YÜKLEME III-c satırlarında 'tm' boyutunda verilmiştir. Bu yüklemeler sonucunda elde edilen yaklaşık değerler ile birim yüklemeye ile bulunan kesin değerler arasındaki farklar Tablo 5.7'deki ilgili yüklemelerin bir alt satırında verilmiştir.

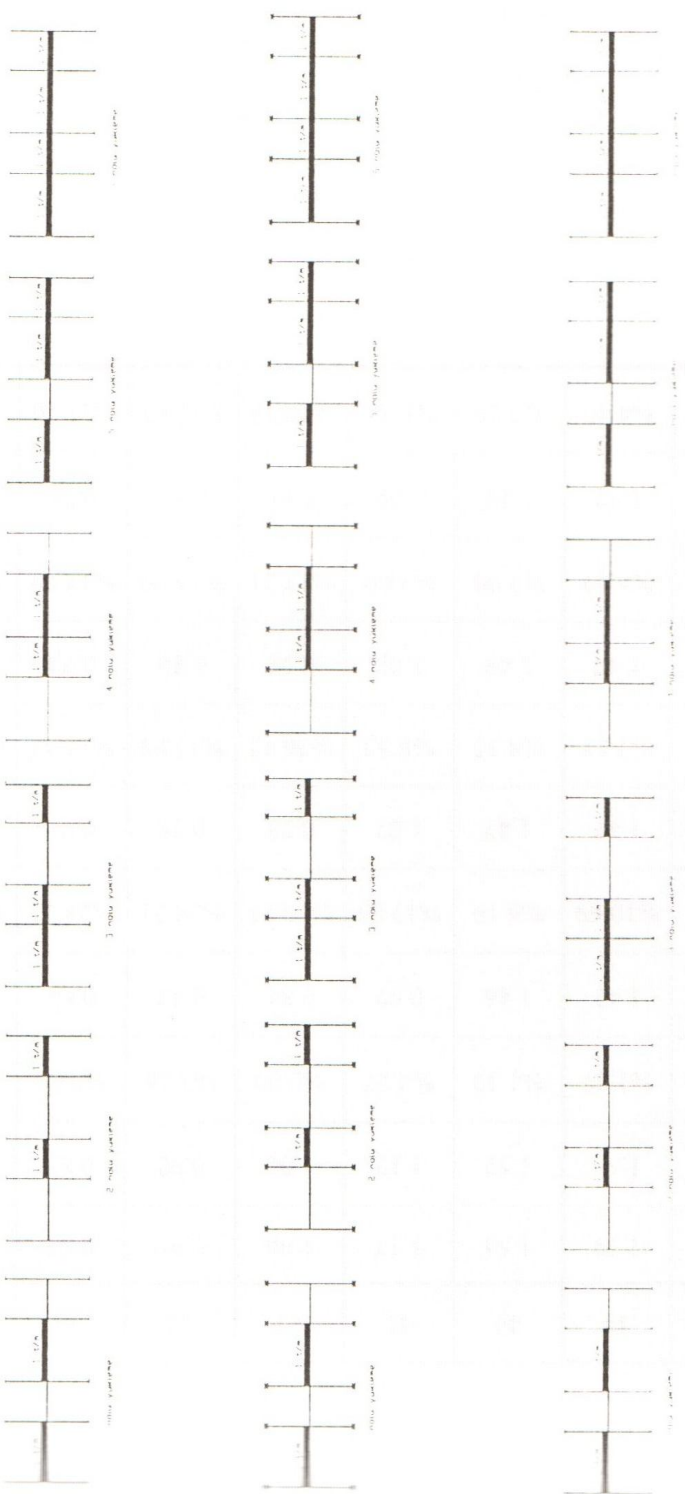
Bu üç çerçeve arasındaki fark kolon uçlarının mesnetlenme şekli olup, açıklık kesitlerinde en iyi sonucu maksallı mesnetlenme şeklinde elde edilmiştir.

edilmiştir.



Şekil 5.14 - Yükleme II' nin Çerçeve-3'e uygulanması

Bu örnekten elde edilen sonuçlar ve diğer örneklerden elde edilen sonuçlarla yapılan karşılaştırmalar Bölüm 6'da genel olarak verilecektir.



Şekil 5.15 – Yükleme III'ün Çerçeve 3'e uygulanması

Tablo 5.7 – Çerçeve 3 için yapılan yüklemelere ilişkin sonuçlar-Agırlık kesitleri

SİT	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
PLAM	2.25	2.01	1.79	1.65	1.61	1.04	1.02	0.95	0.91	0.78	2.00	1.86	1.70	1.59	1.54	1.17	1.06	0.95	0.85	0.77
KLEME I	2.20	2.00	1.77	1.63	1.60	1.01	0.99	0.93	0.90	0.78	1.89	1.78	1.66	1.56	1.52	1.12	1.06	0.92	0.85	0.78
RK YÜZDESI	%2.22	%0.50	%1.12	%1.21	%0.62	%2.88	%2.94	%2.11	%1.10	%0.00	%5.50	%4.30	%2.35	%1.89	%1.30	%4.27	%0.00	%3.16	%0.00	-%1.30
KLEME II	2.07	1.80	1.58	1.42	1.51	0.91	0.82	0.71	0.64	0.66	1.87	1.72	1.56	1.42	1.46	0.97	0.84	0.72	0.64	0.68
RK YÜZDESI	%8.00	%10.45	%11.73	%13.94	%6.21	%12.50	%19.61	%25.26	%29.67	%15.38	%6.50	%7.53	%8.24	%10.69	%5.19	%17.09	%20.75	%24.21	%24.71	%11.69
KLEME III-a	2.33	1.94	1.69	1.56	1.56	0.93	0.82	0.73	0.68	0.68	1.88	1.69	1.55	1.47	1.47	1.07	0.78	0.78	0.71	0.71
RK YÜZDESI	-%3.56	%3.48	%5.59	%5.45	%3.11	%10.58	%19.61	%23.16	%25.27	%12.82	%6.00	%9.14	%8.82	%7.55	%4.55	%8.55	%26.42	%17.89	%16.47	%7.79
KLEME III-b	2.35	1.97	1.72	1.58	1.57	0.94	0.83	0.74	0.69	0.68	1.89	1.70	1.57	1.49	1.48	1.08	0.92	0.80	0.72	0.72
RK YÜZDESI	-%4.44	%1.99	%3.91	%4.24	%2.48	%9.62	%18.63	%22.11	%24.18	%12.82	%5.50	%8.60	%7.65	%6.29	%3.90	%7.69	%13.21	%15.79	%15.29	%6.49
KLEME III-c	2.38	2.03	1.78	1.64	1.59	0.94	0.84	0.76	0.71	0.69	1.90	1.73	1.60	1.52	1.49	1.09	0.95	0.83	0.75	0.73
RK YÜZDESI	-%5.78	-%1.00	%0.56	%0.61	%1.24	%9.62	%17.65	%20.00	%21.98	%11.54	%5.00	%6.99	%5.88	%4.40	%3.25	%6.84	%10.38	%12.63	%11.76	%5.19

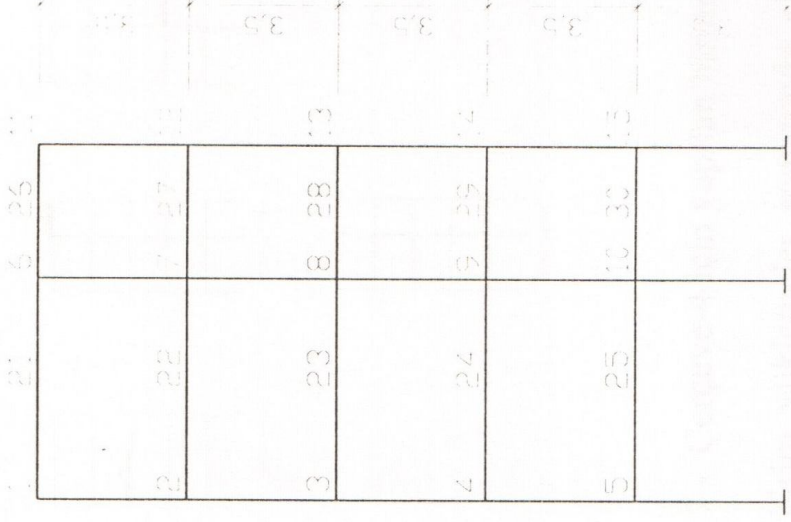
Tablo 5.7 – Çerçeve 3 için yapılan yüklemelere ilişkin sonuçlar - Mesnet kesitleri

		-0.92	-1.47	-1.87	-2.12	-1.86	-2.73	-3.01	-3.23	-3.32	-3.09	-2.64	-2.98	-3.22	-3.37	-2.53	-2.29	-3.03	-2.20	-1.81	-2.03	-2.09	-1.84	-2.24	-0.37	-0.69	-0.95	-0.97	-0.87	
1	2	-1.47	-1.87	-1.87	-2.12	-1.86	-2.73	-3.01	-3.23	-3.32	-3.09	-2.64	-2.98	-3.22	-3.37	-2.53	-2.29	-3.03	-2.20	-1.81	-2.03	-2.09	-1.84	-2.24	-0.37	-0.69	-0.95	-0.97	-0.87	
2	3	-1.47	-1.87	-1.87	-2.12	-1.86	-2.73	-3.01	-3.23	-3.32	-3.09	-2.64	-2.98	-3.22	-3.37	-2.53	-2.29	-3.03	-2.20	-1.81	-2.03	-2.09	-1.84	-2.24	-0.37	-0.69	-0.95	-0.97	-0.87	
3	4	-1.87	-1.87	-1.87	-2.12	-1.86	-2.73	-3.01	-3.23	-3.32	-3.09	-2.64	-2.98	-3.22	-3.37	-2.53	-2.29	-3.03	-2.20	-1.81	-2.03	-2.09	-1.84	-2.24	-0.37	-0.69	-0.95	-0.97	-0.87	
4	5	-1.87	-1.86	-1.71	-1.85	-1.71	-2.21	-2.20	-2.25	-2.19	-2.27	-2.15	-2.32	-2.43	-2.29	-2.03	-2.09	-1.81	-2.20	-1.81	-2.03	-2.09	-1.84	-2.24	-0.37	-0.69	-0.95	-0.97	-0.87	
5	6	-1.86	-1.76	-1.76	-2.03	-1.76	-1.80	-1.77	-1.91	-1.99	-2.12	-1.63	-1.80	-1.95	-2.04	-1.71	-1.89	-2.01	-2.05	-1.62	-1.71	-1.89	-2.01	-2.04	-0.43	-0.70	-0.67	-1.00	-0.71	
6	7	-1.80	-1.80	-1.80	-2.03	-1.76	-1.80	-1.77	-1.91	-1.99	-2.12	-1.63	-1.80	-1.95	-2.04	-1.71	-1.89	-2.01	-2.05	-1.62	-1.71	-1.89	-2.01	-2.04	-0.43	-0.70	-0.67	-1.00	-0.71	
7	8	-1.77	-1.77	-1.77	-2.03	-1.76	-1.80	-1.77	-1.91	-1.99	-2.12	-1.63	-1.80	-1.95	-2.04	-1.71	-1.89	-2.01	-2.05	-1.62	-1.71	-1.89	-2.01	-2.04	-0.43	-0.70	-0.67	-1.00	-0.71	
8	9	-1.77	-1.77	-1.77	-2.03	-1.76	-1.80	-1.77	-1.91	-1.99	-2.12	-1.63	-1.80	-1.95	-2.04	-1.71	-1.89	-2.01	-2.05	-1.62	-1.71	-1.89	-2.01	-2.04	-0.43	-0.70	-0.67	-1.00	-0.71	
9	10	-1.77	-1.77	-1.77	-2.03	-1.76	-1.80	-1.77	-1.91	-1.99	-2.12	-1.63	-1.80	-1.95	-2.04	-1.71	-1.89	-2.01	-2.05	-1.62	-1.71	-1.89	-2.01	-2.04	-0.43	-0.70	-0.67	-1.00	-0.71	
10	11	-1.77	-1.77	-1.77	-2.03	-1.76	-1.80	-1.77	-1.91	-1.99	-2.12	-1.63	-1.80	-1.95	-2.04	-1.71	-1.89	-2.01	-2.05	-1.62	-1.71	-1.89	-2.01	-2.04	-0.43	-0.70	-0.67	-1.00	-0.71	
11	12	-1.77	-1.77	-1.77	-2.03	-1.76	-1.80	-1.77	-1.91	-1.99	-2.12	-1.63	-1.80	-1.95	-2.04	-1.71	-1.89	-2.01	-2.05	-1.62	-1.71	-1.89	-2.01	-2.04	-0.43	-0.70	-0.67	-1.00	-0.71	
12	13	-1.77	-1.77	-1.77	-2.03	-1.76	-1.80	-1.77	-1.91	-1.99	-2.12	-1.63	-1.80	-1.95	-2.04	-1.71	-1.89	-2.01	-2.05	-1.62	-1.71	-1.89	-2.01	-2.04	-0.43	-0.70	-0.67	-1.00	-0.71	
13	14	-1.77	-1.77	-1.77	-2.03	-1.76	-1.80	-1.77	-1.91	-1.99	-2.12	-1.63	-1.80	-1.95	-2.04	-1.71	-1.89	-2.01	-2.05	-1.62	-1.71	-1.89	-2.01	-2.04	-0.43	-0.70	-0.67	-1.00	-0.71	
14	15	-1.77	-1.77	-1.77	-2.03	-1.76	-1.80	-1.77	-1.91	-1.99	-2.12	-1.63	-1.80	-1.95	-2.04	-1.71	-1.89	-2.01	-2.05	-1.62	-1.71	-1.89	-2.01	-2.04	-0.43	-0.70	-0.67	-1.00	-0.71	
15	16	-1.77	-1.77	-1.77	-2.03	-1.76	-1.80	-1.77	-1.91	-1.99	-2.12	-1.63	-1.80	-1.95	-2.04	-1.71	-1.89	-2.01	-2.05	-1.62	-1.71	-1.89	-2.01	-2.04	-0.43	-0.70	-0.67	-1.00	-0.71	
16	17	-1.77	-1.77	-1.77	-2.03	-1.76	-1.80	-1.77	-1.91	-1.99	-2.12	-1.63	-1.80	-1.95	-2.04	-1.71	-1.89	-2.01	-2.05	-1.62	-1.71	-1.89	-2.01	-2.04	-0.43	-0.70	-0.67	-1.00	-0.71	
17	18	-1.77	-1.77	-1.77	-2.03	-1.76	-1.80	-1.77	-1.91	-1.99	-2.12	-1.63	-1.80	-1.95	-2.04	-1.71	-1.89	-2.01	-2.05	-1.62	-1.71	-1.89	-2.01	-2.04	-0.43	-0.70	-0.67	-1.00	-0.71	
18	19	-1.77	-1.77	-1.77	-2.03	-1.76	-1.80	-1.77	-1.91	-1.99	-2.12	-1.63	-1.80	-1.95	-2.04	-1.71	-1.89	-2.01	-2.05	-1.62	-1.71	-1.89	-2.01	-2.04	-0.43	-0.70	-0.67	-1.00	-0.71	
19	20	-1.77	-1.77	-1.77	-2.03	-1.76	-1.80	-1.77	-1.91	-1.99	-2.12	-1.63	-1.80	-1.95	-2.04	-1.71	-1.89	-2.01	-2.05	-1.62	-1.71	-1.89	-2.01	-2.04	-0.43	-0.70	-0.67	-1.00	-0.71	
20	21	-1.77	-1.77	-1.77	-2.03	-1.76	-1.80	-1.77	-1.91	-1.99	-2.12	-1.63	-1.80	-1.95	-2.04	-1.71	-1.89	-2.01	-2.05	-1.62	-1.71	-1.89	-2.01	-2.04	-0.43	-0.70	-0.67	-1.00	-0.71	
21	22	-1.77	-1.77	-1.77	-2.03	-1.76	-1.80	-1.77	-1.91	-1.99	-2.12	-1.63	-1.80	-1.95	-2.04	-1.71	-1.89	-2.01	-2.05	-1.62	-1.71	-1.89	-2.01	-2.04	-0.43	-0.70	-0.67	-1.00	-0.71	
22	23	-1.77	-1.77	-1.77	-2.03	-1.76	-1.80	-1.77	-1.91	-1.99	-2.12	-1.63	-1.80	-1.95	-2.04	-1.71	-1.89	-2.01	-2.05	-1.62	-1.71	-1.89	-2.01	-2.04	-0.43	-0.70	-0.67	-1.00	-0.71	
23	24	-1.77	-1.77	-1.77	-2.03	-1.76	-1.80	-1.77	-1.91	-1.99	-2.12	-1.63	-1.80	-1.95	-2.04	-1.71	-1.89	-2.01	-2.05	-1.62	-1.71	-1.89	-2.01	-2.04	-0.43	-0.70	-0.67	-1.00	-0.71	
24	25	-1.77	-1.77	-1.77	-2.03	-1.76	-1.80	-1.77	-1.91	-1.99	-2.12	-1.63	-1.80	-1.95	-2.04	-1.71	-1.89	-2.01	-2.05	-1.62	-1.71	-1.89	-2.01	-2.04	-0.43	-0.70	-0.67	-1.00	-0.71	
YÜZDESI	EME I	-0.89	-1.21	-1.71	-1.85	-1.71	-2.21	-2.20	-2.25	-2.19	-2.27	-2.15	-2.32	-2.43	-2.29	-2.03	-2.09	-1.81	-2.20	-1.81	-2.03	-2.09	-1.84	-2.24	-0.37	-0.69	-0.95	-0.97	-0.87	
YÜZDESI	EME II	-0.90	-1.44	-1.81	-2.03	-1.76	-1.80	-1.77	-1.91	-1.99	-2.12	-1.63	-1.80	-1.95	-2.04	-1.71	-1.89	-2.01	-2.05	-1.62	-1.71	-1.89	-2.01	-2.04	-0.43	-0.70	-0.67	-1.00	-0.71	
YÜZDESI	EME III-a	-0.38	-1.05	-1.45	-1.68	-1.68	-2.34	-2.38	-2.33	-2.29	-2.29	-1.88	-2.13	-2.16	-2.18	-2.21	-2.22	-2.08	-2.18	-2.17	-2.08	-2.22	-2.13	-2.22	-0.12	-0.35	-0.52	-0.61	-0.61	
YÜZDESI	EME III-b	-0.34	-1.00	-1.41	-1.65	-1.66	-2.35	-2.39	-2.34	-2.30	-2.29	-1.99	-2.13	-2.16	-2.17	-2.21	-2.22	-2.08	-2.18	-2.17	-2.08	-2.22	-2.13	-2.22	-0.13	-0.33	-0.50	-0.59	-0.60	
YÜZDESI	EME III-c	-0.29	-0.90	-1.30	-1.55	-1.62	-2.35	-2.41	-2.36	-2.31	-2.30	-1.99	-2.12	-2.15	-2.17	-2.22	-2.23	-2.17	-2.17	-2.12	-2.08	-2.22	-2.22	-2.22	-0.11	-0.29	-0.46	-0.55	-0.58	
YÜZDESI	YÜZDESI	%68.48	%38.78	%30.48	%26.89	%12.90	%13.92	%19.93	%26.93	%30.42	%25.57	%24.62	%28.86	%33.23	%35.61	%28.38	%13.10	%12.25	%20.36	%24.23	%22.38	%75.56	%63.75	%57.01	%54.92	%39.58				

5.4 Çerçeve 4

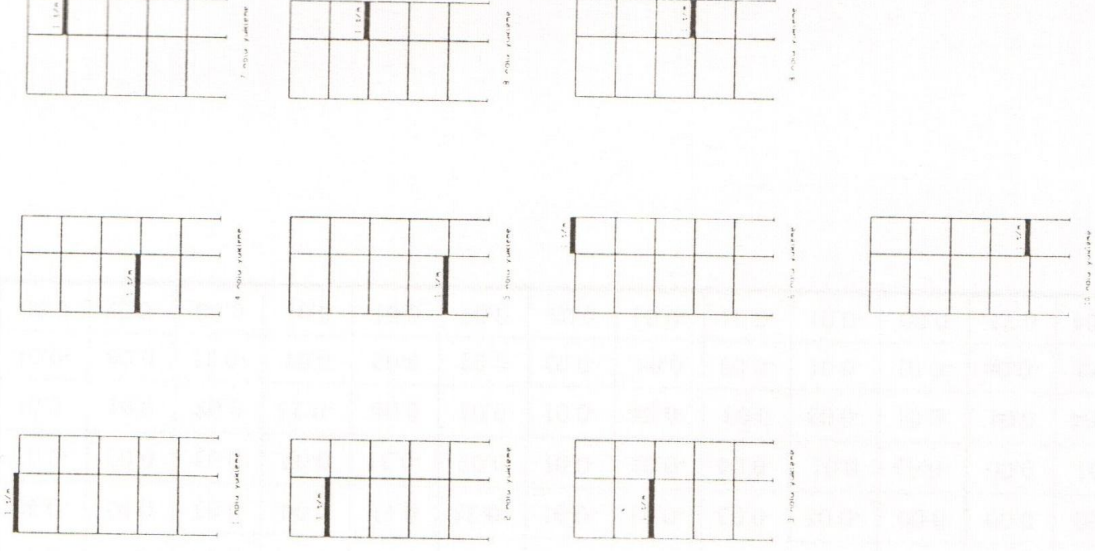
Çerçeve 4 olarak adlandırılan sisteme ilişkin geometrik özellikler, eleman boyutları ve gözönüne alınan kesit numaraları Şekil 5.16'da verilmiştir. Bu çerçeve, Çerçeve 1'in sağdaki büyük açıklığı kaldırılarak elde edilmiştir. Kullanılan malzemenin Elastisite modülü $E=20000000 \text{ kN/m}^2$, poisson oranı $\mu=0.20$ 'dir.

Taşıyıcı elemanların enkesitleri Tablo 5.1'de gösterilmiştir



Şekil 5.16 - Çerçeve 4

Bu çerçeve için yapılan birim yüklemeler Şekil 5.17'de gösterilmiştir.



Şekil 5.17 - Çerçeve-4 için yapılan birim yüklemeler

Çerçeve-4 için yapılan birim yüklemeler sonucunda elde edilen eğilme momenti değerleri Tablo 5.8’de verilmiştir.

Bu çerçeve için yapılan birim yüklemeler sonucunda, çerçevedeki tüm kesitler için yapılması gereken elverişsiz yüklemeler ve her bir açıklıktaki yüklemenin sö konusu kesitteki en elverişsiz momente katkısı yüzde olarak Ek-D’de verilmiştir. Kesin hesap değerinin bulunması için gerekli olan elverişsiz yüklemeler incelendiğinde mesnet kesitleri için büyük açıklığa ait kenar mesnet Çerçeve 1, küçük açıklığa ait kenar mesnet ise Çerçeve 2’deki benzer kesitler için gerekli olan yüklemelere yakın sonuçlar vermiştir. Ara mesnet kesitleri için ise her bir açıklıkta

Tablo 5.8 – Çerçeve 4 için yapılan birim yüklemelerden elde edilen momentler

LEME NO	AÇIKLIK KESİTİ															MESNET KESİTİ														
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15					
1	2.14	-0.05	0.02	0.01	0.00	-0.70	0.11	0.02	0.01	0.00	-0.62	-0.24	-0.08	-0.07	-0.03	-1.87	0.15	0.09	0.04	-0.02	-0.15	-0.09	-0.07	-0.03	-0.03					
2	-0.04	1.92	-0.03	0.01	0.00	0.12	-0.59	0.06	0.00	0.01	-0.19	-0.97	-0.15	-0.06	-0.03	0.11	-1.95	0.08	0.04	-0.08	0.00	-0.12	-0.06	-0.03	-0.03					
3	0.03	-0.03	1.69	-0.08	0.01	0.02	0.06	-0.43	0.08	-0.01	-0.02	-0.13	-1.34	-0.17	-0.01	0.08	0.07	-2.03	0.02	0.04	-0.03	0.05	-0.14	-0.03	-0.03					
4	0.01	0.02	-0.07	1.57	-0.06	0.02	0.01	0.08	-0.34	0.06	-0.02	-0.02	-0.17	-1.55	-0.12	0.05	0.06	-2.07	-0.01	-0.02	-0.03	-0.10	0.07	-0.09	-0.09					
5	0.01	0.00	0.02	-0.06	1.55	0.01	0.01	-0.01	0.06	-0.34	-0.01	-0.02	-0.01	-1.54	0.02	0.03	0.04	0.00	-2.11	-0.01	-0.02	-0.02	-0.09	0.09	0.09					
6	-0.17	0.03	0.00	0.00	0.00	1.00	-0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.05	-0.03	-0.03	-0.01	0.11	0.04	0.03	0.02	-0.20	-0.08	-0.03	-0.03	-0.01	-0.01					
7	0.03	-0.15	0.02	0.00	0.00	-0.02	0.90	-0.02	0.01	0.00	-0.03	0.01	-0.04	-0.02	-0.01	0.09	0.07	0.03	0.02	-0.07	-0.33	-0.06	-0.02	-0.01	-0.01					
8	0.01	0.02	-0.11	0.02	0.00	0.01	-0.02	0.78	-0.04	0.01	-0.01	-0.03	0.03	-0.04	-0.01	0.03	0.06	-0.25	0.08	0.01	-0.01	-0.05	-0.47	-0.08	0.00					
9	0.01	0.00	0.02	-0.09	0.01	0.01	0.01	-0.04	0.72	-0.04	-0.01	-0.01	-0.03	0.04	-0.03	0.02	0.07	-0.21	0.06	-0.01	-0.01	-0.07	-0.56	-0.05	-0.05					
10	0.00	0.00	0.01	-0.09	0.00	0.00	0.00	0.01	-0.04	0.71	0.00	-0.01	-0.01	-0.03	0.05	0.01	0.01	0.06	-0.22	0.00	-0.01	0.00	-0.05	-0.56	-0.56					

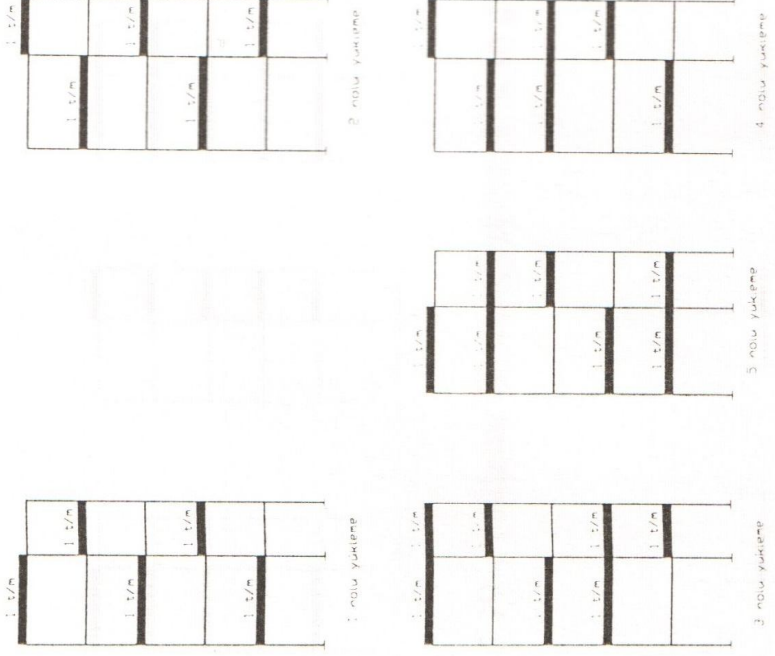
çerçevelerdekine benzemekle beraber, kesin degerin bulunmasında diğer açıklıklardaki yükleme etkileri de ihmal edilmeyecek mertebelere dır.

Bu şekilde elde edilen kesin moment değerleri, Tablo 5.9'da Kesin Değer başlığı ile verilen satırda gösterilmiştir.

Bölüm 4.3'de açıklanan Yükleme I'in Çerçeve-4 için uygulaması Şekil 5.18'de gösterilmiştir. Açıklık momentlerinin maksimum ve minimum değerleri için 1. ve 2. Yükleme; mesnet momentlerinin elverişsiz değerlerini bulmak için ise 3, 4 ve 5. Yüklemler çerçeveye uygulanacaktır. Bu yüklemelerden elde edilen sonuçlar Tablo 5.9'daki YÜKLEME I satırında 'tm' boyutunda verilmiştir. Yükleme I'de öngörülen yüklemeler sonucunda elde edilen yaklaşık değerler ile birim yükleme ile bulunan kesin değerler arasındaki fark yüzde olarak Tablo 5.9'un ilgili yükleme satırının altında yüzde cinsinden verilmiştir. Yükleme I'in bu çerçevenin açıklık kesitleri için iyi sonuçlar verdiği ve hatta bir kesitte kesin değerden daha büyük bir moment değeri elde edildiği görülmektedir. Kesin değerle, bu yükleme arasındaki fark en çok % 4.20'ye çıkmaktadır. Mesnet kesitlerinde ise diğer çerçevelere oranla çok büyük farklar çıkmıştır. Bu fark % 22.22 değerine kadar ulaşmaktadır.

Bölüm 4.3 de açıklanan Yükleme II'nin Çerçeve-4 için uygulaması Şekil 5.19'da gösterilmiştir. Açıklık momentlerinin maksimum ve minimum değerleri için 1. ve 2. Yüklemler; mesnet momentlerinin elverişsiz değerlerini bulmak için ise 3 ve 4. Yüklemler örnek olarak verilen çerçeveye uygulanacaktır.

Bu yüklemelerden elde edilen eğilme momentleri Tablo 5.9'daki YÜKLEME II satırında 'tm' boyutunda verilmiştir. Yükleme II'de öngörülen yüklemeler sonucunda elde edilen yaklaşık değerler ile birim yükleme ile bulunan kesin değerler arasındaki fark yüzde olarak Tablo 5.9'daki ilgili yükleme satırının altında verilmiştir. Bu yükleme açıklık kesitleri için %26.14, mesnet kesitleri için ise %22.12'ye varan hatalar vermektedir.

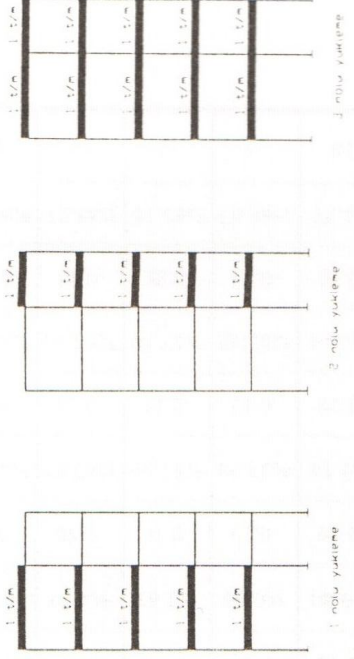


Şekil 5.18 - Yükleme I'in Çerçeve-4'e uygulanması

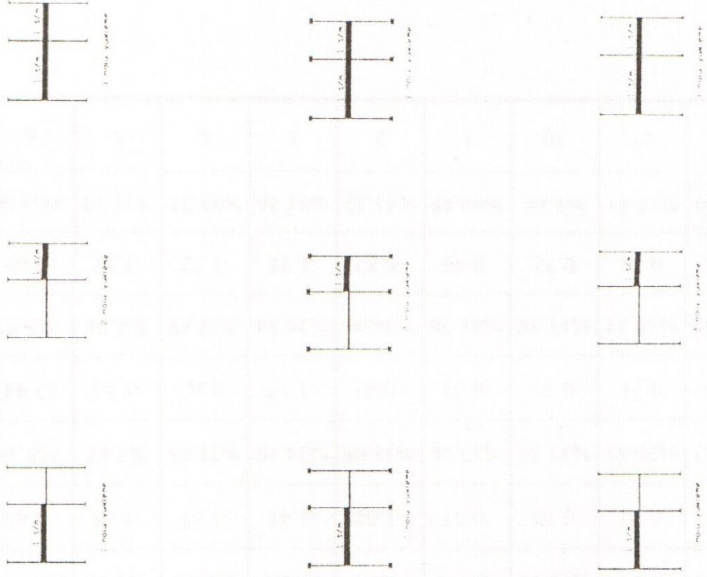
Bölüm 4.3'de açıklanan Yükleme III-a, III-b ve III-c'nin Çerçeve-4 için uygulaması Şekil 5.20'de sırasıyla verilmiştir. Açıklık momentlerinin maksimum ve minimum değerleri için 1. Yükleme ve 2. Yükleme; mesnet momentlerinin elverişsiz değerleri için ise 3, 4 ve 5. Yüklemeyle şekilde verilen kat çerçevelerine uygulanacaktır. Bu yüklemelerden elde edilen sonuçlar sırasıyla Tablo 5.9'daki YÜKLEME III-a, YÜKLEME III-b ve YÜKLEME III-c satırlarında 'tm' boyutunda verilmiştir. Bu yüklemeler sonucunda elde edilen yaklaşık değerler ile birim yükleme ile bulunan kesin değerler arasındaki farklar Tablo 5.9'daki ilgili yüklemelerin bir alt satırında verilmiştir.

Bu üç çerçeve arasındaki fark kolon uçlarının mesnetlenme şekli olup, açıklık kesitlerinde en iyi sonucu mafsallı mesnetlenme şekline sahip çerçeve vermiştir. Mesnet kesitlerinde ise ankastre mesnetli çerçeveden daha iyi neticeler elde edilmiştir. Ancak bulunan yaklaşık momentler ile kesin değerler arasında büyük farklar vardır.

Bu örnekten elde edilen sonuçlar ve diğer örneklerden elde edilen sonuçlarla yapılan karşılaştırmalar Bölüm 6'da genel olarak verilecektir.



Şekil 5.19 - Yükleme II' nin Çerçeve-4' e uygulanması



Şekil 5.20 – Yükleme III'ün Çerçeve 4' e uygulanması

Tablo 5.9 – Çerçeve 4 için yapılan yüklemelere ilişkin sonuçlar

	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
GER	2.24	1.99	1.77	1.62	1.57	1.19	1.1	0.96	0.88	0.79	-0.91	-1.48	-1.86	-2.09	-1.79	-2.22	-2.26	-2.28	-2.28	-2.34	-0.45	-0.76	-0.96	-1.1	-0.8
E I	2.21	1.99	1.76	1.62	1.59	1.14	1.09	0.94	0.87	0.78	-0.88	-1.26	-1.71	-1.89	-1.70	-1.97	-1.96	-2.04	-2.06	-2.23	-0.35	-0.68	-0.87	-0.95	-0.7
ZDESI	%1.34	%0.00	%0.56	%0.00	-%1.27	%4.20	%0.91	%2.08	%1.14	%1.27	%3.30	%14.86	%8.06	%9.57	%5.03	%11.26	%13.27	%10.53	%9.65	%4.70	%22.22	%10.53	%9.38	%13.64	%3.3
E II	2.14	1.87	1.62	1.45	1.51	0.99	0.87	0.74	0.65	0.68	-0.91	-1.45	-1.84	-2.06	-1.76	-1.81	-1.76	-1.82	-1.90	-2.12	-0.45	-0.74	-0.92	-1.02	-0.7
ZDESI	%4.46	%6.03	%8.47	%10.49	%3.82	%16.81	%20.91	%22.92	%26.14	%13.92	%0.00	%2.03	%1.08	%1.44	%1.68	%18.47	%22.12	%20.18	%16.67	%9.40	%0.00	%2.63	%4.17	%7.27	%11
E III-a	2.12	1.88	1.66	1.53	1.53	0.98	0.88	0.76	0.70	0.70	-0.57	-1.02	-1.41	-1.65	-1.65	-2.43	-2.38	-2.34	-2.29	-2.29	-0.19	-0.34	-0.50	-0.60	-0.6
ZDESI	%5.36	%5.53	%6.21	%5.56	%2.55	%17.65	%20.00	%20.83	%20.45	%11.39	%37.36	%31.08	%24.19	%21.05	%7.82	%9.46	%5.31	%2.63	%0.44	%2.14	%57.78	%55.26	%47.92	%45.45	%25
E III-b	2.14	1.91	1.68	1.55	1.54	0.99	0.89	0.78	0.71	0.70	-0.53	-0.97	-1.37	-1.62	-1.63	-2.44	-2.39	-2.34	-2.30	-2.29	-0.17	-0.32	-0.48	-0.58	-0.5
ZDESI	%4.46	%4.02	%5.08	%4.32	%1.91	%16.81	%19.09	%18.75	%19.32	%11.39	%41.76	%34.46	%26.34	%22.49	%8.94	%9.91	%5.75	%2.63	%0.88	%2.14	%62.22	%57.89	%50.00	%47.27	%27
E III-c	2.18	1.96	1.74	1.60	1.56	1.01	0.92	0.81	0.74	0.72	-0.46	-0.87	-1.26	-1.52	-1.59	-2.45	-2.41	-2.36	-2.31	-2.30	-0.15	-0.28	-0.43	-0.54	-0.5
ZDESI	%2.68	%1.51	%1.69	%1.23	%0.64	%15.13	%16.36	%15.63	%15.91	%8.86	%49.45	%41.22	%32.26	%27.27	%11.17	%10.36	%6.64	%3.51	%1.32	%1.71	%66.67	%63.16	%55.21	%50.91	%29

6. GENEL DEĞERLENDİRME

Bu bölümde gözönüne alınan tip çerçevelere 4. Bölüm’de açıklanan yüklemelerin uygulanması sonucu elde edilen çözümler, bulunan kesin değerler ile karşılaştırılarak genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Elde edilen sonuçların karşılaştırılması, hesaplanan ağırlıklı ortalama hataların değerlendirilmesi ve çeşitli çözümlerde elde edilen kesit moment değerlerinin birlikte, grafiklerle gösterilmesi şeklinde yapılmıştır.

6.1 Sonuçların Ağırlıklı Ortalama Hatalar İle Değerlendirilmesi

Gözönüne alınan kritik kesitlerde çeşitli yüklemelerden elde edilen kesit zorları ile birim yüklemeler ile elde edilen kesin moment değerleri karşılaştırılarak, her yükleme için ağırlıklı ortalama hatalar hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar açıklık ve mesnet kesitleri için ayrı ayrı yapılmıştır. Ağırlıklı Ortalama Hataların (AOH) hesabı için aşağıda verilen yol izlenmiştir.

$$AOH = \frac{\sum M_{FARK}}{\sum M_{KESIN}} \times 100 \quad (6.1)$$

Her kesitte “ Kesin moment değeri – Yaklaşık moment değeri ” olarak hesaplanan fark momentlerinin toplamı ($\sum M_{FARK}$) ve Kesin momentlerin toplamı ($\sum M_{KESIN}$) hesaplanmış ve AOH bunların oranı olarak tanımlanmıştır.

▪ Çerçeve 1 :

Çerçeve-1 için yapılan toplam beş yüklemenin açıklık ve mesnet momentleri için bulunan ağırlıklı ortalamaları Tablo 6.1’de verilmiştir. Bulunan ağırlıklı ortalamalar incelendiğinde açıklık momentleri için Yükleme I ‘in en iyi sonucu veren öneri

olduğu görülmektedir. Bu yüklemelerde kesin değerlerden %1 mertebesinde farklı sonuçlar elde edilmiştir. Ancak bulunan değerler güvenli tarafa kalmamaktadır.

Mesnet kesitlerine bakıldığında ise en iyi sonuçların bile kesin değerlerden %12 mertebesinde farklı olduğu görülmektedir. Bu fark bazı yükleme önerilerinde %16 düzeylerine ulaşmaktadır. Bu sonuçlardan kullanılan bu yükleme önerilerinin mesnet kesitleri için pek de iyi sonuçlar vermediği ortaya çıkmaktadır.

Tablo 6.1 – Çerçeve 1'e uygulanan yüklemelere ilişkin ağırlıklı ortalama hatalar

AĞIRLIKLIL ORTALAMA HATA (A.O.H)						
Yükleme Tipi	Yaklaşık Açıklık Momenti	Yaklaşık Mesnet Momenti	Kesin Açıklık Momenti	Kesin Mesnet Momenti	Açıklık Momenti A.O.H	Mesnet Momenti A.O.H
YÜKLEME I	13.94	-18.29	14.07	-20.88	%0.92	%12.40
YÜKLEME II	12.19	-17.67	14.07	-20.88	%13.36	%15.37
YÜKLEME III-a	12.6	-18.24	14.07	-20.88	%10.45	%12.64
YÜKLEME III-b	12.75	-18.11	14.07	-20.88	%9.38	%13.27
YÜKLEME III-c	13.09	-17.76	14.07	-20.88	%6.97	%14.94

■ Çerçeve 2 :

Çerçeve 2 için yapılan 5 ayrı yükleme önerisinin açıklık ve mesnet momentleri için bulunan ağırlıklı ortalama hataları Tablo 6.2 de verilmiştir. Bulunan AOH'ler incelendiğinde açıklık momentleri içinYükleme I'in en iyi sonucu veren yükleme önerisi olduğu görülmektedir. Bu yüklemelerde kesin değerden %1.15 oranında daha küçük moment elde edilmiştir.

Mesnet kesitlerine ait AOH'ler incelendiğinde tüm yükleme önerileri %20'nin üzerinde farklı sonuçlar vermektedir. Yükleme II'de bu fark %30.82'ye ulaşmaktadır.

Çerçeve 2'de özellikle mesnet kesitleri için elde edilen sonuçlar ilk çerçeveye göre kesin değerlerden çok farklıdır. Bu sonuç, çok katlı yapılarda elverişsiz kesit zorlarının hesabında kullanılan hareketli yük düzenlemelerinin çerçevedeki

açıklıkların boyutları ve konumları değişikçe çok farklı sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Tablo 6.2 – Çerçeve 2’ye uygulanan yüklemelere ilişkin ağırlıklı ortalama hatalar

AĞIRLIKLİ ORTALAMA HATALAR (A.O.H.)						
Yükleme Tipi	Yaklaşık Açıklık Momenti	Yaklaşık Mesnet Momenti	Kesin Açıklık Momenti	Kesin Mesnet Momenti	Açıklık Momenti A.O	Mesnet Momenti A.O
Yükleme I	23.15	-35.41	23.42	-46.30	%1.15	%23.52
Yükleme II	20.61	-32.03	23.42	-46.30	%12.00	%30.82
Yükleme III-a	21.29	-33.66	23.42	-46.30	%9.09	%27.30
Yükleme III-b	21.55	-33.43	23.42	-46.30	%7.98	%27.80
Yükleme III-c	22.10	-33.01	23.42	-46.30	%5.64	%28.70

■ Çerçeve 3 :

Dördüncü bölümde açıklanan Yükleme I, Yükleme II, Yükleme III-a, III-b ve III-c’nin Çerçeve 3 için uygulanması sonucu elde edilen ağırlıklı ortalama hatalar Tablo 6.3’de verilmiştir. Buradaki verilerden açıklık kesitleri için Yükleme I’in diğer önerilere göre en iyi sonucu verdiği görülmektedir. Hesap momentleriyle arasında %2’lik bir ağırlıklı ortalama hata vardır.

Boyutlandırmada esas alınan mesnet momentlerine bakıldığında çok büyük hatalar ile karşılaşılmaktadır. En iyi sonucu veren Yükleme I’deki AOH %22.95 olup; Yükleme III-c’de bu değer %30,76’ya çıkmaktadır.

Tablo 6.3 – Çerçeve 3’e uygulanan yüklemelere ilişkin ağırlıklı ortalama hatalar

AĞIRLIKLİ ORTALAMA HATA (A.O.H.)						
Yükleme Tipi	Yaklaşık Açıklık Momenti	Yaklaşık Mesnet Momenti	Kesin Açıklık Momenti	Kesin Mesnet Momenti	Açıklık Momenti A.O	Mesnet Momenti A.O
Yükleme I	26.95	-43.74	27.50	-56.77	%2.00	%22.95
Yükleme I	24.00	-39.78	27.50	-56.77	%12.73	%29.93
Yükleme III-a	25.15	-41.60	27.50	-56.77	%8.55	%26.72
Yükleme III-b	25.44	-41.30	27.50	-56.77	%7.49	%27.25
Yükleme III-c	25.95	-40.90	27.50	-56.77	%5.64	%27.95

■ Çerçeve 4 :

Çerçeve 4 için yapılan ve Tablo 6.4’de verilen önerilen yüklemelere ilişkin ağırlıklı ortalama hatalar incelendiğinde açıklık kesitleri için en iyi sonuç, kesin değerden % 0.85 bir farkla Yüklem I’den elde edilmiştir.

Mesnet kesitleri için bulunan sonuçlar diğer çerçevelere göre daha iyidir. En iyi sonuç Yüklem I’in çerçeveye uygulanması sonucu elde edilmiştir. Kesin değerle % 9.58’lik bir fark vardır.

Tablo 6.4 – Çerçeve 4’e uygulanan yüklemelere ilişkin ağırlıklı ortalama hatalar

AĞIRLIKLİ ORTALAMA HATA (A.O.H.)						
Yükleme Tipi	Yaklaşık Açıklık Momenti	Yaklaşık Mesnet Momenti	Kesin Açıklık Momenti	Kesin Mesnet Momenti	Açıklık Momenti A.O	Mesnet Momenti A.O
Yükleme I	13.99	-21.33	14.11	-23.59	%0.85	%9.58
Yükleme II	12.52	-21.28	14.11	-23.59	%11.27	%9.79
Yükleme III-a	12.74	-20.26	14.11	-23.59	%9.71	%14.12
Yükleme III-b	12.89	-20.02	14.11	-23.59	%8.65	%15.13
Yükleme III-c	13.24	-19.50	14.11	-23.59	%6.17	%17.34

Elde edilen sonuçları değerlendirebilmek amacı ile her çerçevede yapılan yüklemeler sonucunda kritik kesitlerde elde edilen moment değerleri toplu olarak bir grafikte gösterilmiştir. Böylece bulunan sonuçların kesin değerler ve birbirleri ile karşılaştırılması daha kolay yapılabilecektir. Değerlendirmenin daha sağlıklı yapılabilmesi amacıyla grafiklerde mesnet momentlerinin mutlak değerleri kullanılmıştır.

▪ Çerçeve 1 :

Çerçeve 1'in açıklık ve mesnet kesitleri için ayrı ayrı hazırlanan grafikler sırasıyla Şekil E.1 ve Şekil E.2'de verilmiştir. Bunlardan açıklık kesitleri moment grafiği incelendiğinde Yükleme I ile kesin değerin hemen hemen tüm kesitlerde çakıştığı, özellikle kenar açıklıklarda Yükleme II haricindeki yüklemelerde doğruya yakın sonuçların elde edildiği görülmektedir. Ancak tüm yükleme önerileri kesin değerden daha küçük yani elverişsiz neticeler vermektedir.

Mesnet kesitleri moment grafikleri incelendiğinde ise kenar açıklıkta Yükleme II'nin iyi sonuçlar verdiği, orta açıklıkta ise kat çerçevelerine ilişkin çözümlerin diğerlerine kıyasla daha gerçeğe yakın olduğu görülmektedir. Ancak genelde tüm sonuçların kesin değerlerden önemli miktarlarda düşük olduğu bu grafiklerden anlaşılmaktadır.

▪ Çerçeve 2 :

Çerçeve 2'deki açıklık ve mesnet kesitleri için ayrı ayrı hazırlanan grafikler sırasıyla Şekil E.3 ve Şekil E.4'de verilmiştir. Çerçeve 2 için düzenlenen açıklık kesitleri moment grafiği incelendiğinde sol kenardaki açıklıkta Yükleme I ve Yükleme III-c'nin kesin değere yakın fakat daha küçük kalan sonuçlar verdiği, orta ve sağdaki açıklıkta ise Yükleme I'in daha doğru olduğu görülmektedir.

Mesnet kesitlerine bakıldığında kenardaki mesnetlerde Yükleme I ile Yükleme II daha iyi sonuçlar verirken ara mesnetlerde genelde kesin değerden çok uzak kalan moment değerleri elde edilmiştir.

emniyetsiz tarafta değerler elde edilmiş olmaktadır.

■ Çerçeve 3 :

Çerçeve 3 için verilen açıklık ve mesnet moment değerlerine ait grafikler Şekil E.5 ve Şekil E.6'da verilmiştir.

Açıklık kesitlerindeki elverişsiz yükleme sonucu oluşan momentler incelendiğinde çerçevenin en solundaki açıklık için Yükleme II haricindeki yüklemeler, çerçevenin ikinci açıklığında Yükleme I, üçüncü açıklıkta Yükleme I ve Yükleme III-c, en sağdaki açıklıkta ise Yükleme I'in en iyi sonucu verdiği görölmektedir.

Mesnet kesitlerine bakıldığında sol dış mesnette Yükleme II, ilk açıklığın sağ mesnedinde Yükleme III-b, bir sonrakinde Yükleme I, son açıklığın sol mesnedinde Yükleme III-c ve Yükleme I, en sağdaki mesnette ise Yükleme I en iyi sonucu vermiştir.

Ancak özellikle mesnet kesitleri için buradan elde edilen sonuçlar hep kesin değerin altında kalmaktadır.

■ Çerçeve 4 :

Çerçeve 4'deki açıklık ve mesnet kesitleri için ayrı ayrı hazırlanan grafikler sırasıyla Şekil E.7 ve Şekil E.8'de verilmiştir.

Bu çerçevenin açıklık kesitlerinde Yükleme II dışındaki öneriler makul sonuçlar vermiştir.

Mesnet kesitlerinde ise momentler sadece bir kesitte güvenli tarafta kalırken, diğer kesitler % 50'ler mertebesinde hata vermektedir.

7. GENEL BİR YÖNTEM

7.1 Hesap Değerinin Bulunması İçin Bir Yükleme Düzeni Önerisi

Bu bölüme kadar yapılan incelemeler düşünüldüğünde, değişik yayınlarda ve yönetmeliklerde önerilen yöntemlerin bazı durumlarda iyi sonuç vermediği görülmektedir. Bu çalışmada yapılan tüm hesaplar gözönüne alınarak en elverişsiz kesit zorlarının bulunması için, uygulanması kolay ve yeteri yaklaşıklıkla çözüm verecek ve emniyetli tarafta kalacak bir yükleme düzeni önerilmeye çalışılmıştır. Bu öneri EEY (En Elverişsiz Yükleme) Yüklemesi olarak adlandırılmıştır.

Açıklık kesitleri için yapılan uygulamalarda bulunan moment değerlerine bakıldığında, tesir çizgilerine uygun bir şekilde düzenlenen ve Yükleme I 'de de önerilen yöntem iyi sonuçlar elde edilmektedir. Ancak bazı çerçevelerde emniyetsiz tarafta kalan sonuçlar çıkmaktadır. Bu çalışmada açıklık kesitlerindeki en elverişsiz kesit zorlarını bulmak için açıklık ve kat sayısı ne olursa olsun her türlü çerçeve için Yükleme I'de verilen toplam iki adet yüklemenin kullanılması önerilmektedir. Ancak yukarıda da değinilen elverişsiz tarafta kalma problemine bir çözüm olmak üzere, bu yüklemekten elde edilen değerlerin **1.05** katsayısı ile artırılması gerektiği düşünülmektedir. Önerilen yükleme Şekil 7.1'de gösterilmiştir.

Mesnet kesitleri için yapılan çalışmalarda ise uygulanan yöntemlerin kesin sonuçlardan çok fazla uzaklaştığı görülmüştür. Belli çerçeveler için iyi sonuçlar veren yöntemler, çerçevelerdeki aks sayısına ve/veya açıklıklar arasındaki oranlara bağlı olarak hatalı sonuçlar vermektedirler. Bu hatalar bazı durumlarda % 50 mertebesine kadar çıkmaktadır.

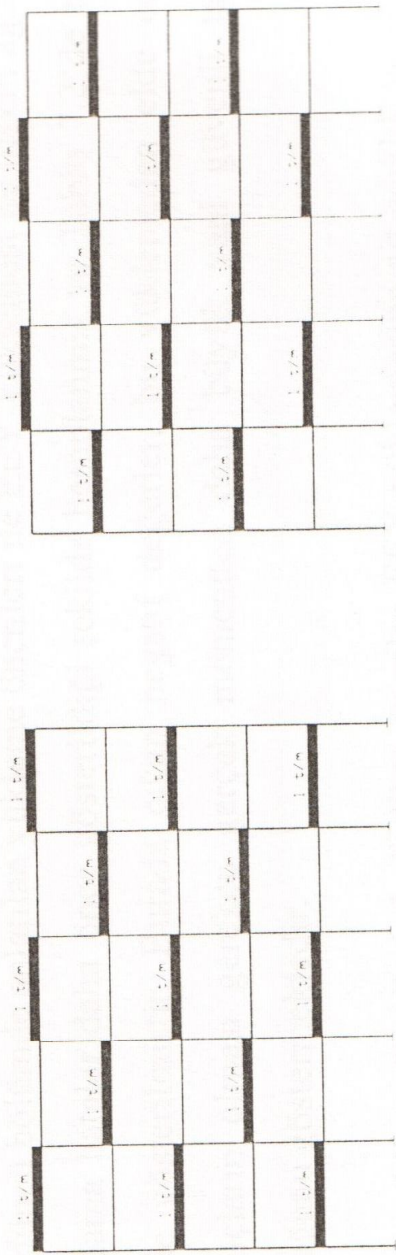
Bu çalışmada mesnet kesitleri momentleri için önerilen yöntem, tek bir yüklemeyi içermektedir. Burada, gözönüne alınan çerçevenin tüm açıklıkları aynı anda yüklenmesi önerilmektedir. Çözümleme sonucu elde edilen kesit zorları belirli katsayılar ile çarpılarak arttırılacaktır.

▪ Çerçevelerin dış kenarlarında kalan mesnet kesitleri için; 1.30

▪ Ortalarda kalan ara mesnet kesitleri için; 1.45

olarak alınması öngörülmüştür. Bu yükleme önerisi Şekil 7.1' de gösterilmiştir.

Bu katsayılar, gözönüne alınan dört çerçeve için yapılan çalışmalar neticesinde kesin değerlere yakın sonuçlar elde etmek amacıyla önerilmiştir. Önerilen bu yükleme sonucunda elde edilen değerlerin arasında azda olsa emniyetsiz tarafta kalanlar bulunmaktadır. Çok katlı yapılar bilindiği gibi hiperstatiklik derecesi yüksek olan yapılardır ve bu nedenle yeniden uyum düşüncesinin burada sisteme yardımcı olacağı kabul edilebilir. Elverişsiz tarafta kalan az sayıdaki kesitin bu nedenle sorun yaratmayacağı düşünülmüştür. Böylece kesin değer ile yapının ekonomik boyutlandırılması arasında optimum bir değer sağlanılmasına çalışılmıştır.



$M_i * 1.05$

$M_i * 1.05$



$M_i * 1.30$

$M_i * 1.45$

$M_i * 1.30$

Şekil 7.1- EEY Yüklemesi

7.2 Önerilen Yükleme Düzeninin Dış Etkileri

Bu bölümde, Bölüm 6'da diğer yöntemler için verilen ağırlıklı ortalama hatalar ve moment grafikleri EEY Yüklemesi için de hazırlanmış ve daha önce verilen tablo ve grafiklere elde edilen bu yeni değerler ilave edilmiştir. Böylelikle çok katlı yapıların hesabında kullanılan hareketli yük düzenlenmesi ile ilgili olarak bu çalışmada önerilen yükleme düzeninin diğer yükleme tipleri ile karşılaştırılması amacıyla altıncı bölümde diğer yöntemler için verilen ağırlıklı ortalama hatalar ile moment grafikleri EEY Yüklemesi içinde verilmiştir.

▪ Çerçeve 1:

Önerilen EEY Yüklemesinin Çerçeve 1'e uygulanması sonucu elde edilen moment değerleri ile kesin değerler arasındaki fark açıklık ve mesnet kesitleri için Tablo 7.1'de verilmiştir. EEY Yüklemesi için fark yüzdesi satırında negatif değerler çıkması önerilen yüklemenin güvenli tarafta kalan sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Dördüncü bölümde anlatılan yükleme önerileri ile EEY Yüklemesi'ne ilişkin ağırlıklı ortalama hatalar daha önce gösterildiği şekilde hesaplanmış ve Tablo 7.2'de toplu halde gösterilmiştir. Burada çıkan negatif değerler, bu yüklemekten elde edilen sonuçların olması gereken gerçek momentten daha büyük yani güvenli tarafta olduğunu göstermektedir.

Tüm yükleme önerileri ile birlikte önerilen EEY yüklemesine ait açıklık ve mesnet kesitlerine ilişkin moment grafikleri sırasıyla Şekil F.1 ve Şekil F.2'de verilmiştir. Grafiklerde mesnet kesitlerindeki moment değerlerinin mutlak değerleri kullanılmıştır.

▪ Çerçeve 2:

Önerilen EEY Yüklemesinin Çerçeve 2'ye uygulanması sonucu elde edilen moment değerleri ile kesin değerler arasındaki fark açıklık ve mesnet kesitleri için Tablo 7.3 de verilmiştir. Bu çerçevedeki mesnet kesitlerinde kesin değerlerden küçük kalan moment değerleri daha fazla sayıda olduğundan AOH %1.94 oranında güvensiz tarafta kalmıştır. Açıklık kesitleri için ise %3.80 oranında güvenli tarafta kalan bir

Tablo 7.1 – Çerçeve I’de EFY Yükleme I ile Diğer Yöntemlerin Karşılaştırılması

NO	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N DEĞER	2.24	2.01	1.79	1.64	1.60	1.06	1.07	0.96	0.92	0.78	-0.94	-1.49	-1.93	-2.09	-1.90	-2.49	-2.58	-2.53	-2.49	-2.44
YÜKLEMESİ	2.31	2.10	1.86	1.71	1.68	1.09	1.09	1.01	0.97	0.82	-1.16	-1.83	-2.30	-2.60	-2.31	-2.86	-2.83	-2.87	-2.93	-3.05
K YÜZDESİ	-3.13	-4.48	-3.83	-4.36	-5.00	-3.02	-2.06	-5.00	-5.00	-5.00	-23.09	-23.02	-19.22	-24.40	-21.79	-14.72	-9.59	-13.48	-17.63	-24.80
LEMME I	2.20	2.00	1.77	1.63	1.60	1.04	1.04	0.96	0.92	0.78	-0.88	-1.20	-1.73	-1.88	-1.70	-2.23	-2.25	-2.31	-2.21	-1.90
K YÜZDESİ	1.79	0.50	1.12	0.61	0.00	1.89	2.80	0.00	0.00	0.00	6.38	19.46	10.36	10.05	10.53	10.44	12.79	8.70	11.24	22.13
LEMME II	2.07	1.80	1.58	1.42	1.51	0.93	0.84	0.73	0.65	0.66	-0.90	-1.44	-1.82	-2.04	-1.76	-1.80	-1.85	-1.93	-2.01	-2.12
K YÜZDESİ	7.59	10.45	11.73	13.41	5.63	12.26	21.50	23.96	29.35	15.38	4.26	3.36	5.70	2.39	7.37	27.71	28.29	23.72	19.28	13.11
LEMME III-a	2.17	1.95	1.69	1.56	1.56	0.85	0.79	0.71	0.66	0.66	-0.68	-1.06	-1.47	-1.68	-2.41	3.21	8.14	7.91	8.43	6.56
K YÜZDESİ	3.12	2.99	5.59	4.88	2.50	19.81	26.17	26.04	28.26	15.38	27.66	28.86	23.83	19.62	11.58	3.21	8.14	7.91	8.43	6.56
LEMME III-b	2.20	1.98	1.72	1.58	1.57	0.85	0.79	0.72	0.67	0.67	-0.64	-1.01	-1.43	-1.65	-1.67	-2.42	-2.38	-2.33	-2.29	-2.29
K YÜZDESİ	1.79	1.49	3.91	3.66	1.88	19.81	26.17	25.00	27.17	14.10	31.91	32.21	25.91	21.05	12.11	2.81	7.75	7.91	8.03	6.15
LEMME III-c	2.24	2.04	1.78	1.64	1.60	0.87	0.81	0.74	0.69	0.68	-0.56	-0.90	-1.33	-1.56	-1.63	-2.43	-2.39	-2.35	-2.31	-2.30
K YÜZDESİ	0.00	-1.49	0.56	0.00	0.00	17.92	24.30	22.92	25.00	12.82	40.43	39.60	31.09	25.36	14.21	2.41	7.36	7.11	7.23	5.74

A¼IRLIKLI ORTALAMA HATA (A.O.H)						
Y¼kleme Tipi	Yaklaşık A¼ıklık Momenti	Yaklaşık Mesnet Momenti	Kesin A¼ıklık Momenti	Kesin Mesnet Momenti	A¼ıklık Momenti A.O.H	Mesnet Momenti A.O.H
EEY Y¼KLEMESİ	14.64	-24.73	14.07	-20.88	-%4.03	-%18.46
Y¼KLEME I	13.94	-18.29	14.07	-20.88	%0.92	%12.40
Y¼KLEME II	12.19	-17.67	14.07	-20.88	%13.36	%15.37
Y¼KLEME III-a	12.6	-18.24	14.07	-20.88	%10.45	%12.64
Y¼KLEME III-b	12.75	-18.11	14.07	-20.88	%9.38	%13.27
Y¼KLEME III-c	13.09	-17.76	14.07	-20.88	%6.97	%14.94

EEY Y¼klemesinde mesnet kesitlerinden özellikle 7, 8, 9 ve 10 nolu kesitlerdeki sonu¼lar daha b¼y¼k mertebelerde g¼vensiz tarafta kalmaktadır. 9 nolu kesit i¼in bu fark %30 dur. Bu farkı kapatmak i¼in ¼nerilen y¼klemede kullanılan ¼arpanları b¼y¼tmek yoluna gidilebilir. Ancak bu durumda diğeryer¼evelerde hi¼ ekonomik olmayan sonu¼lar elde edilecektir. Bu ¼alıřmada kesin değerlerle, ¼nerilen y¼kleme arasındaki fark yeniden uyum davranışı ile telafi edilebilecek mertebelerde bırakılmıştır. B¼ylece plastik analizin getirdiği ekonomiden yararlanılabileceği d¼ř¼n¼lm¼řt¼r.

D¼rd¼nc¼ b¼l¼mde anlatılan y¼kleme ¼nerileri ile EEY Y¼klemesi'ne ilişkin ağırlıklı ortalama hatalar daha ¼nce g¼sterildięi şekilde hesaplanmış ve Çerçeve 2 i¼in Tablo 7.4'de toplu halde g¼sterilmiřtir. Burada ¼ıkan negatif değerler, bu y¼klemeden elde edilen sonu¼ların olması gereken ger¼ek momentten daha b¼y¼k yani g¼venli tarafta olduğunu g¼stermektedir.

T¼m y¼kleme ¼nerileri ile birlikte ¼nerilen EEY y¼klemesine ait a¼ıklık ve mesnet kesitlerine ilişkin moment grafikleri sırasıyla şekil F.3 ve şekil F.4'de verilmiştir. Mesnet kesitlerindeki moment değerlerinin mutlak değerleri kullanılmıştır.

Tablo 7.3 – Çerçeve 2’de EFY Yüklemesi ile Diğer Yöntemlerin Karşılaştırılması– Açıklık kesitleri

NO	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
DEĞER	2.30	2.08	1.85	1.70	1.64	1.99	1.88	1.74	1.64	1.55	1.26	1.12	0.98	0.88	0.81
ÖKLEMESE	2.39	2.17	1.92	1.77	1.71	2.06	1.94	1.81	1.70	1.63	1.26	1.18	1.00	0.92	0.84
YÜZDESI	-%4.09	-%4.50	-%3.86	-%4.38	-%4.36	-%3.42	-%3.32	-%3.79	-%3.72	-%5.00	-%0.00	-%5.00	-%1.79	-%5.00	-%3.70
EME I	2.28	2.07	1.83	1.69	1.63	1.96	1.85	1.72	1.62	1.55	1.20	1.12	0.95	0.88	0.80
YÜZDESI	%0.87	%0.48	%1.08	%0.59	%0.61	%1.51	%1.60	%1.15	%1.22	%0.00	%4.76	%0.00	%3.06	%0.00	%1.23
EME II	2.13	1.84	1.60	1.44	1.52	1.94	1.77	1.58	1.44	1.47	1.00	0.84	0.72	0.63	0.69
YÜZDESI	%7.39	%11.54	%13.51	%15.29	%7.32	%2.51	%5.85	%9.20	%12.20	%5.16	%20.63	%25.00	%26.53	%28.41	%14.8
EME III-a	2.20	1.96	1.70	1.56	1.56	1.79	1.67	1.54	1.46	1.46	1.11	0.98	0.82	0.74	0.74
YÜZDESI	%4.35	%5.77	%8.11	%8.24	%4.88	%10.05	%11.17	%11.49	%10.98	%5.81	%11.90	%12.50	%16.33	%15.91	%8.64
EME III-b	2.22	1.99	1.73	1.59	1.57	1.80	1.69	1.56	1.48	1.47	1.12	1.00	0.84	0.75	0.74
YÜZDESI	%3.48	%4.33	%6.49	%6.47	%4.27	%9.55	%10.11	%10.34	%9.76	%5.16	%11.11	%10.71	%14.29	%14.77	%8.64
EME III-c	2.27	2.05	1.79	1.64	1.60	1.82	1.72	1.59	1.51	1.49	1.15	1.04	0.88	0.79	0.76
YÜZDESI	%1.30	%1.44	%3.24	%3.53	%2.44	%8.54	%8.51	%8.62	%7.93	%3.87	%8.73	%7.14	%10.20	%10.23	%6.17

Tablo 7.4 – Çerçeve 2’e uygulanan yüklemelere ilişkin ağırlıklı ortalama hatalar

AĞIRLIKLIL ORTALAMA HATA (A.O.H.)						
Yükleme Tipi	Yaklaşık Açıklık Momenti	Yaklaşık Mesnet Momenti	Kesin Açıklık Momenti	Kesin Mesnet Momenti	Açıklık Momenti A.O	Mesnet Momenti A.O
EEY Yüklemesi	24.31	-45.40	23.42	-46.30	-%3.80	%1.94
Yükleme I	23.15	-35.41	23.42	-46.30	%1.15	%23.52
Yükleme II	20.61	-32.03	23.42	-46.30	%12.00	%30.82
Yükleme III-a	21.29	-33.66	23.42	-46.30	%9.09	%27.30
Yükleme III-b	21.55	-33.43	23.42	-46.30	%7.98	%27.80
Yükleme III-c	22.10	-33.01	23.42	-46.30	%5.64	%28.70

■ Çerçeve 3:

Önerilen EEY Yüklemesinin Çerçeve 3’e uygulanması sonucu elde edilen moment değerleri ile kesin değerler arasındaki fark açıklık ve mesnet kesitleri için Tablo 7.5’de verilmiştir. EEY Yüklemesi için fark yüzdesi satırında negatif değerler çıkması önerilen yüklemenin güvenli tarafta kalan sonuçlar verdiğini göstermektedir.

EEY Yüklemesi açıklık kesitlerinde bir kesit hariç tüm kesitlerde güvenli tarafta kalmaktadır. Mesnet kesitlerinde ise birkaç kesitte güvensiz tarafta kalan sonuçlar vermekte ve bunların kesin değerden farkı en çok %12.21 değerine ulaşmaktadır. Bu çalışmada oluşan bu farkın yeniden uyum ile karşılanabileceği ve EEY Yüklemesinden elde edilen sonucun boyutlandırma için yeterli olduğu kabul edilmektedir.

Dördüncü bölümde anlatılan yükleme önerileri ile EEY Yüklemesi’ne ilişkin ağırlıklı ortalama hatalar daha önce gösterildiği şekilde hesaplanmış ve Çerçeve 3 için Tablo 7.6’da toplu halde gösterilmiştir. Açıklık ve mesnet kesitleri için güvenli tarafta kalan ve kesin değerden çok farklı olmayan sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 7.5 – Çerçeve 3'de EFY Yüklemesi ile Diğer Yöntemlerin Karşılaştırılması-Ağırlık Kesitleri

4		26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2.25	2.01	1.79	1.65	1.61	1.04	1.02	0.95	0.91	0.78	2.00	1.86	1.70	1.59	1.54	1.17	1.06	0.95	0.85
		2.31	2.10	1.86	1.71	1.68	1.06	1.04	0.98	0.95	0.82	1.98	1.87	1.74	1.64	1.60	1.18	1.11	0.97	0.89
		DESI	-2.67%	-4.48%	-3.83%	-3.73%	-4.35%	-1.97%	-1.91%	-2.79%	-3.85%	-5.00%	-0.78%	-2.53%	-3.02%	-3.64%	-0.51%	-5.00%	-1.68%	-5.00%
	1	2.20	2.00	1.77	1.63	1.60	1.01	0.99	0.93	0.90	0.78	1.89	1.78	1.66	1.56	1.52	1.12	1.06	0.92	0.85
		DESI	2.22%	0.50%	1.12%	1.21%	0.62%	2.88%	2.94%	2.11%	1.10%	5.50%	4.30%	2.35%	1.89%	1.30%	4.27%	0.00%	3.16%	0.00%
	II	2.07	1.80	1.58	1.42	1.51	0.91	0.82	0.71	0.64	0.66	1.87	1.72	1.56	1.42	1.46	0.97	0.84	0.72	0.64
		DESI	8.00%	10.45%	11.73%	13.94%	6.21%	12.50%	19.61%	25.26%	15.38%	6.50%	7.53%	8.24%	10.69%	5.19%	17.09%	20.75%	24.21%	24.71%
		III-a	2.33	1.94	1.69	1.56	1.56	0.93	0.82	0.73	0.68	1.88	1.69	1.55	1.47	1.47	1.07	0.78	0.71	0.71
		DESI	-3.56%	3.48%	5.59%	5.45%	3.11%	10.58%	19.61%	23.16%	12.82%	6.00%	9.14%	8.82%	7.55%	4.55%	8.55%	26.42%	17.89%	16.47%
		III-b	2.35	1.97	1.72	1.58	1.57	0.94	0.83	0.74	0.69	1.89	1.70	1.57	1.49	1.48	1.08	0.92	0.80	0.72
		DESI	-4.44%	1.99%	3.91%	4.24%	2.48%	9.62%	18.63%	22.11%	12.82%	5.50%	8.60%	7.65%	6.29%	3.90%	7.69%	13.21%	15.79%	15.29%
		III-c	2.38	2.03	1.78	1.64	1.59	0.94	0.84	0.76	0.71	1.90	1.73	1.60	1.52	1.49	1.09	0.95	0.83	0.75
		DESI	-5.78%	-1.00%	0.56%	0.61%	1.24%	9.62%	17.65%	20.00%	11.98%	5.00%	6.99%	5.88%	4.40%	3.25%	6.84%	10.38%	12.63%	11.76%
		ZDESI	5.78%	1.00%	0.56%	0.61%	1.24%	9.62%	17.65%	20.00%	11.98%	5.00%	6.99%	5.88%	4.40%	3.25%	6.84%	10.38%	12.63%	11.76%

Tablo 7.5 – Çerçeve 3'de EFY Yüklemesi ile Diğer Yöntemlerin Karşılaştırılması-Mesnet Kesitleri

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	-0.92	-1.47	-1.87	-2.12	-1.86	-2.73	-3.01	-3.23	-3.32	-3.09	-2.64	-2.98	-3.22	-3.37	-3.03	-2.29	-2.53	-2.80	-2.93	-2.86	-0.45	-0.80	-1.07
SI	-1.14	-1.83	-2.31	-2.60	-2.29	-2.87	-2.81	-2.84	-2.91	-3.06	-2.77	-2.91	-3.03	-3.12	-2.97	-2.44	-2.54	-2.73	-2.87	-3.00	-0.56	-0.94	-1.18
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	%24.3	%24.7	%23.7	%22.6	%23.0	%23.0	%6.5	%12.0	%12.2	%1.0	-%4.9	%2.2	%5.9	%7.5	%1.9	-%6.4	-%0.3	%2.6	%2.0	-%4.9	%24.2	%17.0	%10.6
	-0.89	-1.21	-1.71	-1.85	-1.71	-2.21	-2.20	-2.25	-2.19	-2.27	-2.15	-2.32	-2.43	-2.29	-2.20	-1.81	-2.03	-2.09	-1.84	-2.24	-0.37	-0.69	-0.95
	%3.3	%17.7	%8.6	%12.7	%8.1	%19.0	%26.9	%30.3	%34.0	%26.5	%18.6	%22.1	%24.5	%32.0	%27.4	%21.0	%19.8	%25.4	%37.2	%21.7	%17.8	%13.8	%11.2
	-0.90	-1.44	-1.81	-2.03	-1.76	-1.80	-1.77	-1.91	-1.99	-2.12	-1.63	-1.80	-1.95	-2.04	-2.05	-1.62	-1.71	-1.89	-2.01	-2.04	-0.43	-0.70	-0.67
SI	%2.2	%2.0	%3.2	%4.2	%5.4	%34.1	%41.2	%40.9	%40.1	%31.4	%38.3	%39.6	%39.4	%39.5	%32.3	%29.3	%32.4	%32.5	%31.4	%28.7	%4.4	%12.5	%37.4
	-0.38	-1.05	-1.45	-1.68	-1.68	-2.34	-2.38	-2.29	-2.29	-1.88	-2.13	-2.16	-2.18	-2.18	-2.08	-2.21	-2.22	-2.22	-2.22	-0.12	-0.35	-0.52	
SI	%58.7	%28.6	%22.5	%20.8	%9.7	%14.3	%20.9	%27.9	%31.0	%25.9	%28.8	%28.5	%32.9	%35.3	%28.1	%9.2	%12.6	%20.7	%24.2	%22.4	%73.3	%56.3	%51.4
b	-0.34	-1.00	-1.41	-1.65	-1.66	-2.35	-2.39	-2.34	-2.30	-2.29	-1.99	-2.13	-2.16	-2.17	-2.18	-2.08	-2.21	-2.22	-2.13	-0.13	-0.33	-0.50	
SI	%63.0	%32.0	%24.6	%22.2	%10.8	%13.9	%20.6	%27.6	%30.7	%25.9	%24.6	%28.5	%32.9	%35.6	%28.1	%9.2	%12.6	%20.7	%27.3	%25.5	%71.1	%58.8	%53.3
c	-0.29	-0.90	-1.30	-1.55	-1.62	-2.35	-2.41	-2.36	-2.31	-2.30	-1.99	-2.12	-2.15	-2.17	-2.17	-1.99	-2.22	-2.23	-2.22	-0.11	-0.29	-0.46	
SI	%68.5	%38.8	%30.5	%26.9	%12.9	%13.9	%19.9	%26.9	%30.4	%25.6	%24.6	%28.9	%33.2	%35.6	%28.4	%13.1	%12.3	%20.4	%24.2	%22.4	%75.6	%63.8	%57.0

kesitlerine ilişkin moment grafikleri sırasıyla Şekil F.5 ve Şekil F.6'da verilmiştir. Mesnet kesitlerindeki moment değerlerinin mutlak değerleri kullanılmıştır.

Tablo 7.6 – Çerçeve 3'e uygulanan yüklemelere ilişkin ağırlıklı ortalama hatalar

AĞIRLIKLIL ORTALAMA HATA (A.O.H.)						
Yükleme Tipi	Yaklaşık Açıklık Momenti	Yaklaşık Mesnet Momenti	Kesin Açıklık Momenti	Kesin Mesnet Momenti	Açıklık Momenti A.O	Mesnet Momenti A.O
EEY Yüklemesi	28.30	-57.97	27.50	-56.77	-%2.91	-%2.11
Yükleme I	26.95	-43.74	27.50	-56.77	%2.00	%22.95
Yükleme I	24.00	-39.78	27.50	-56.77	%12.73	%29.93
Yükleme III-a	25.15	-41.60	27.50	-56.77	%8.55	%26.72
Yükleme III-b	25.44	-41.30	27.50	-56.77	%7.49	%27.25
Yükleme III-c	25.95	-40.90	27.50	-56.77	%5.64	%27.95

■ Çerçeve 4:

Önerilen EEY Yüklemesinin Çerçeve 4'e uygulanması sonucu elde edilen moment değerleri ile kesin değerler arasındaki fark açıklık ve mesnet kesitleri için Tablo 7.7 de verilmiştir. Açıklık ve mesnet kesitleri için güvenli tarafta kalan sonuçlar elde edilmiştir. Mesnet kesitlerinin bazılarında elde edilen sonuçlar güvenli tarafta kalmakla beraber kesin değerlerden %30 mertebelerinde farklıdır.

Dördüncü bölümde anlatılan yükleme önerileri ile EEY Yüklemesi'ne ilişkin ağırlıklı ortalama hatalar daha önce gösterildiği şekilde hesaplanmış ve Çerçeve 4 için Tablo 7.8'de toplu halde gösterilmiştir. Bu tablo incelendiğinde tüm kesitlerde güvenli tarafta kalan sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Açıklık kesitleri için kesin değere göre % 4.18, mesnet kesitlerinde ise %23.36'lık bir fark oluşmaktadır.

Tüm yükleme nerileri ile birlikte nerilen EEY yüklemesine ait açıklık ve mesnet kesitlerine ilişkin moment grafikleri sırasıyla şekil F.7 ve şekil F.8’de verilmiştir. Mesnet kesitlerindeki moment değerlerinin mutlak değerleri kullanılmıştır.

Tablo 7.8 – ere ve 4’e uyulanan yüklemelere ilişkin ağırlıklı ortalama hatalar

AĞIRLIKLI ORTALAMA HATA (A.O.H.)							
Yükleme Tipi	Yaklaşık Açıklık Momenti	Yaklaşık Mesnet Momenti	Kesin Açıklık Momenti	Kesin Mesnet Momenti	Açıklık Momenti A.O	Mesnet Momenti A.O	
EEY Yüklemesi	14.70	-29.10	14.11	-23.59	-%4.18	-%23.36	
Yükleme I	13.99	-21.33	14.11	-23.59	%0.85	%9.58	
Yükleme II	12.52	-21.28	14.11	-23.59	%11.27	%9.79	
Yükleme III-a	12.74	-20.26	14.11	-23.59	%9.71	%14.12	
Yükleme III-b	12.89	-20.02	14.11	-23.59	%8.65	%15.13	
Yükleme III-c	13.24	-19.50	14.11	-23.59	%6.17	%17.34	

Tablo 7.7 – Çerçeve 4’de EFY Yükleme ile Diğer Yöntemlerin Karşılaştırılması-Açıklık Kesitleri

KESİT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
KESİN DEĞER	-0.91	-1.48	-1.86	-2.09	-1.79	-2.22	-2.26	-2.28	-2.28	-2.34	-0.45	-0.76	-0.96	-1.1	-0.81
EFY YÜKLEMESİ	-1.18	-1.89	-2.39	-2.68	-2.29	-2.35	-2.29	-2.37	-2.47	-2.76	-0.59	-0.96	-1.20	-1.33	-0.94
FARK YÜZDESİ	-%30.00	-%27.36	-%28.60	-%28.13	-%27.82	-%5.99	-%1.24	-%3.77	-%8.33	-%17.78	-%30.00	-%26.58	-%24.58	-%20.55	-%15.56
YÜKLEM I	-0.88	-1.26	-1.71	-1.89	-1.70	-1.97	-1.96	-2.04	-2.06	-2.23	-0.35	-0.68	-0.87	-0.95	-0.78
FARK YÜZDESİ	%3.30	%14.86	%8.06	%9.57	%5.03	%11.26	%13.27	%10.53	%9.65	%4.70	%22.22	%10.53	%9.38	%13.64	%3.70
YÜKLEM II	-0.91	-1.45	-1.84	-2.06	-1.76	-1.81	-1.76	-1.82	-1.90	-2.12	-0.45	-0.74	-0.92	-1.02	-0.72
FARK YÜZDESİ	%0.00	%2.03	%1.08	%1.44	%1.68	%18.47	%22.12	%20.18	%16.67	%9.40	%0.00	%2.63	%4.17	%7.27	%11.11
YÜKLEM III-a	-0.57	-1.02	-1.41	-1.65	-1.65	-2.43	-2.38	-2.34	-2.29	-2.29	-0.19	-0.34	-0.50	-0.60	-0.60
FARK YÜZDESİ	%37.36	%31.08	%24.19	%21.05	%7.82	-%9.46	-%5.31	-%2.63	-%0.44	%2.14	%57.78	%55.26	%47.92	%45.45	%25.93
YÜKLEM III-b	-0.53	-0.97	-1.37	-1.62	-1.63	-2.44	-2.39	-2.34	-2.30	-2.29	-0.17	-0.32	-0.48	-0.58	-0.59
FARK YÜZDESİ	%41.76	%34.46	%26.34	%22.49	%8.94	-%9.91	-%5.75	-%2.63	-%0.88	%2.14	%62.22	%57.89	%50.00	%47.27	%27.16
YÜKLEM III-c	-0.46	-0.87	-1.26	-1.52	-1.59	-2.45	-2.41	-2.36	-2.31	-2.30	-0.15	-0.28	-0.43	-0.54	-0.57
FARK YÜZDESİ	%49.45	%41.22	%32.26	%27.27	%11.17	-%10.36	-%6.64	-%3.51	-%1.32	%1.71	%66.67	%63.16	%55.21	%50.91	%29.63

Tablo 7.7 – Çerçeve 4'de EFY Yüklemesi ile Diğer Yöntemlerin Karşılaştırılması-Mesnet Kesitleri

KESİT	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
KESİN DEĞER	2.24	1.99	1.77	1.62	1.57	1.19	1.1	0.96	0.88	0.79
EFY YÜKLEMESİ	2.32	2.09	1.85	1.70	1.67	1.20	1.14	0.99	0.91	0.82
FARK YÜZDESİ	-%3.59	-%5.00	-%4.41	-%5.00	-%6.34	-%0.59	-%4.05	-%2.81	-%3.81	-%3.67
YÜKLEM I	2.21	1.99	1.76	1.62	1.59	1.14	1.09	0.94	0.87	0.78
FARK YÜZDESİ	%1.34	%0.00	%0.56	%0.00	-%1.27	%4.20	%0.91	%2.08	%1.14	%1.27
YÜKLEM II	2.14	1.87	1.62	1.45	1.51	0.99	0.87	0.74	0.65	0.68
FARK YÜZDESİ	%4.46	%6.03	%8.47	%10.49	%3.82	%16.81	%20.91	%22.92	%26.14	%13.92
YÜKLEM III-a	2.12	1.88	1.66	1.53	1.53	0.98	0.88	0.76	0.70	0.70
FARK YÜZDESİ	%5.36	%5.53	%6.21	%5.56	%2.55	%17.65	%20.00	%20.83	%20.45	%11.39
YÜKLEM III-b	2.14	1.91	1.68	1.55	1.54	0.99	0.89	0.78	0.71	0.70
FARK YÜZDESİ	%4.46	%4.02	%5.08	%4.32	%1.91	%16.81	%19.09	%18.75	%19.32	%11.39
YÜKLEM III-c	2.18	1.96	1.74	1.60	1.56	1.01	0.92	0.81	0.74	0.72
FARK YÜZDESİ	%2.68	%1.51	%1.69	%1.23	%0.64	%15.13	%16.36	%15.63	%15.91	%8.86

8. SONUÇLAR

Yönetmelikler yapısal çözümlemede hareketli yüklerin en büyük kesit tesirlerini oluşturacak biçimde düzenlenmesini öngörür. Çok katlı, çok açıklıklı bir çerçevede maksimum ve minimum kesit zorlamalarının bulunması için yapılması gereken yüklemeler tesir çizgileri yardımı ile belirlenebilir. Ancak çok katlı yapılar gibi hiperstatiklik derecesi yüksek olan yapılarda tesir çizgilerinin çizilmesi oldukça uzun işlemler gerektirmektedir. Ayrıca bir yapıda bu kuralın tam olarak uygulanması durumunda yapısal çözümlemenin çok sayıda farklı yükleme için tekrarlanması gerekir. Bu kadar çok çözümleme yapmak, günümüzde ulaşılan bilgisayar teknolojisiyle de olsa pek pratik ve ekonomik değildir.

Bu durumda yapılması gereken, kesinlikten bir miktar ödün vererek, daha az sayıda çözümleme ve yeterli bir yaklaşımla sonuca gitmektir.

Bu çalışmada kolon ve kiriş kesitlerinde hareketli yük nedeni ile oluşacak kesit zorlarını olabildiğince gerçeğe yakın bir biçimde, en az çözümleme ile elde edebilmek için daha önce önerilmiş olan yük düzenlemeleri ele alınmış ve bu yüklemelerde elde edilen sonuçlar kesin sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda değişik yayınlarda ve yönetmeliklerde önerilen yöntemlerin bazı durumlarda iyi sonuç vermediği görülmüştür. Yapılan tüm hesaplamalar gözönüne alınarak en elverişsiz kesit zorlarının bulunması için, uygulanması kolay ve yeteri yaklaşıklıkla çözüm verecek ve emniyetli tarafta kalacak bir yükleme düzeni önerilmeye çalışılmıştır. Bu öneri EEY (En Elverişsiz Yükleme) Yükleme olarak adlandırılmıştır.

Yapılan incelemeler sonucunda aşağıda verilen sonuçlar elde edilmiştir.

- Yönetmeliklerde öngörülen kat çerçevesi kabulü ve bu durumda yapılan yüklemelerden elde edilen sonuçlar kesin değerlerden çok uzakta kalmaktadır.

■ Degışik mesnetlenme şekilleri için mesnet kesitleri için, mafsallı mesnetlenme kabulü ankastre mesnetlenmesi kabulü mesnet kesitleri için, mafsallı mesnetlenme kabulü ise açıklık kesitleri için daha iyi sonuçlar vermiştir.

■ Açıklık kesitleri eğilme momentleri için, tesir çizgilerine uygun bir şekilde düzenlenen ve Yükleme I 'de de önerilen yöntem iyi sonuçlar vermektedir. Ancak bu sonuçlar bazı çerçevelerde emniyetsiz tarafta kalmaktadır.

■ Mesnet kesitleri için yapılan çalışmalarda ise uygulanan yöntemlerin kesin sonuçlardan çok fazla uzaklaştığı görülmüştür. Belli çerçeveler için iyi sonuçlar veren yöntemler, çerçevelerdeki aks sayısına ve/veya açıklıklar arasındaki oranlara bağlı olarak hatalı sonuçlar vermektedirler. Bu hatalar bazı durumlarda %50 mertebesine kadar çıkmaktadır.

■ Bu çalışmada açıklık kesitlerindeki en elverişsiz kesit zorlarını bulmak için açıklık ve kat sayısı ne olursa olsun her türlü çerçeve için Yükleme I'de verilen toplam iki adet yüklemenin kullanılması önerilmiştir. Ancak yukarıda da değinilen elverişsiz tarafta kalma problemine bir çözüm olmak üzere, bu yüklemekten elde edilen eğilme momenti değerlerinin **1.05** katsayısı ile çarpılarak artırılması gerektiği düşünülmektedir.

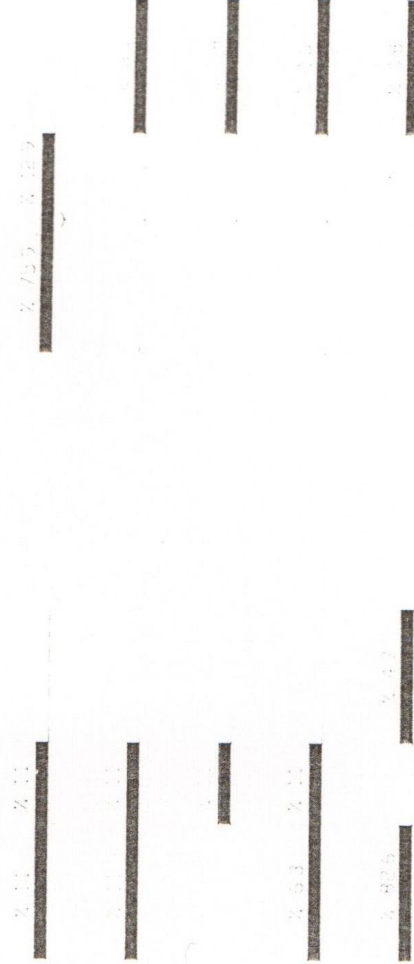
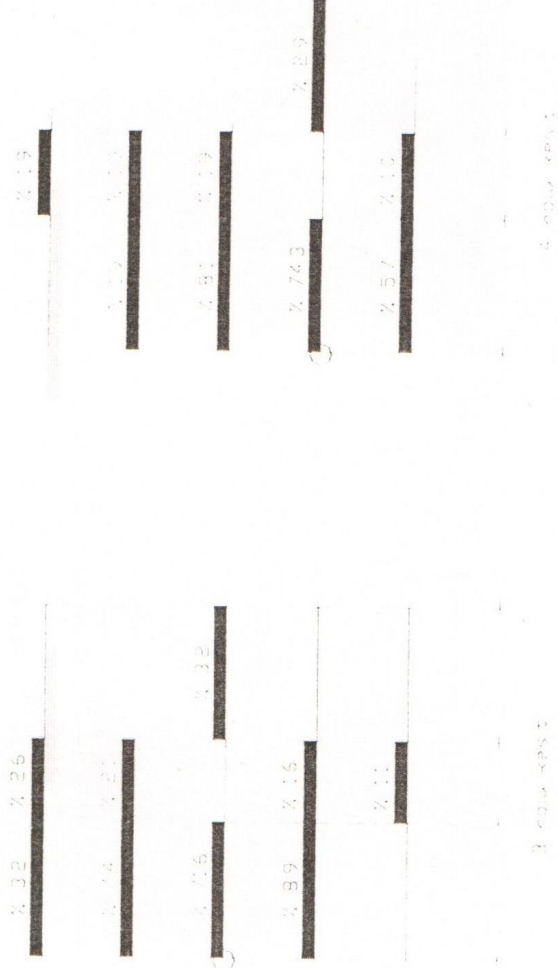
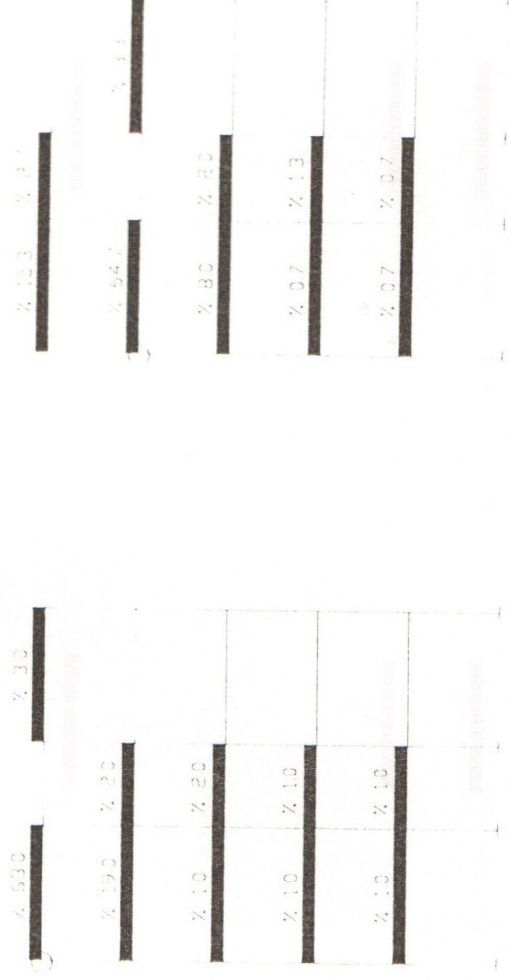
■ Bu çalışmada mesnet kesitleri momentleri için önerilen yöntem, tek bir yüklemeyi içermektedir. Bu yüklemeye, gözönüne alınan çerçevenin tüm açıklıkları aynı anda yüklenmesi önerilmektedir. Çözümleme sonucu elde edilen kesit zorları belirli katsayılar ile çarpılarak arttırılacaktır. Bu katsayıların, çerçevelerin dış kenarlarında kalan mesnet kesitleri için; **1.30**, ortalarda kalan ara mesnet kesitleri için; **1.45** olarak alınması öngörülmüştür.

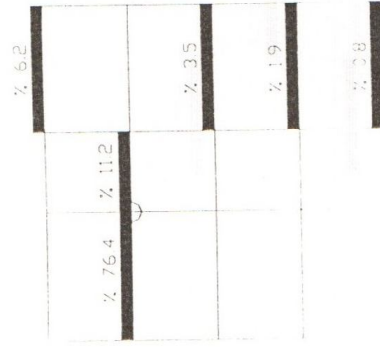
KAYNAKLAR

- [1] Çetmeli, E. ve Çakıroğlu, A., 1995. Yapı Statığı I, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul.
- [2] Celep, Z. ve Kumbasar, N., 1998. Betonarme Yapılar, Sema Matbaacılık, İstanbul.
- [3] TS-498, 1987. Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [4] Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (ABYYHY), 1997. İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, Ankara.
- [5] Aka, İ. ve Keskinel, F. ve Arda, T.S., 1987. Betonarme Yapı Elemanları, Birsan Yayınevi, İstanbul.
- [6] TS-500, 1984. Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara.
- [7] Ersoy, U., 1998. Betonarme Temel İlkeler ve Taşıma Gücü Hesabı Cilt 1, Doğan Ofset, İstanbul.
- [8] Berktaş, İ., 1995. Betonarme 1 Taşıma Gücü ve Kesit Hesapları, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, İstanbul.
- [9] Design of Concrete Structures (Eurocode 2), 1992. *European Committee For Standardization*, Brussels.
- [10] Pillai, S.V., 1988. Reinforced Concrete Design, McGraw-Hill, Toronto.
- [11] Park, R. and Paulay, T., 1975. Reinforced Concrete Structures, John Wiley, New York.
- [12] Sayın, F., 1998. Yeni Deprem Yönetmeliği Üzerine, Bakırköy'de Mimarlık, 23, 46, İstanbul.
- [13] Çetmeli, E., 1974. Yeni Alman Betonarme Şartnamesi (DIN 1045, 1972), Uluğ Kitabevi, İstanbul.
- [14] Ersoy, U., 1992. Çok Katlı Yapıların Çözümünde Hareketli Yük Düzenlemesi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi, 3, 555-561 Ankara.

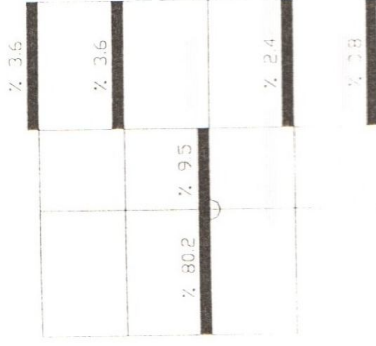
- [15] **Wilson, E.L. and Habibullah, A.**, 1992. Structural Analysis Program, SAP 90, Computers & Structures Inc., California.

EK A. ÇERÇEVE 1 İÇİN YAPILMASI GEREKEN EL VERİŞSİZ YÜKLEMELER

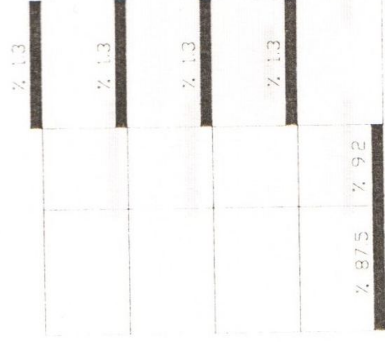
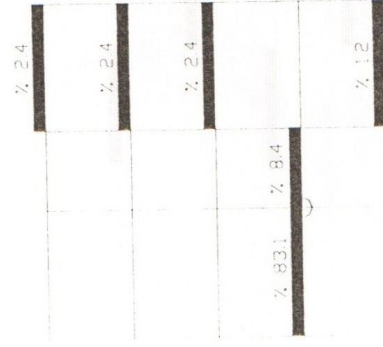


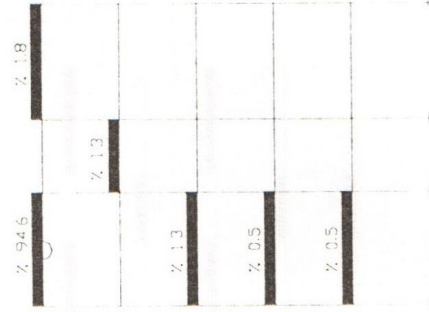


7 now rest

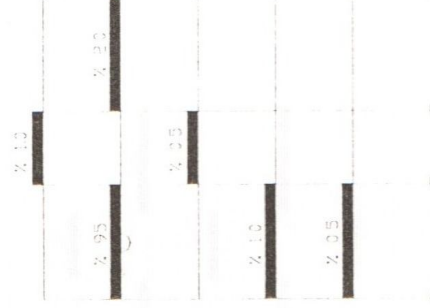


8 now rest

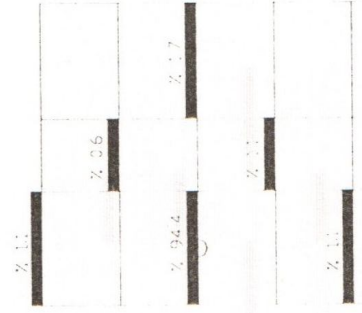




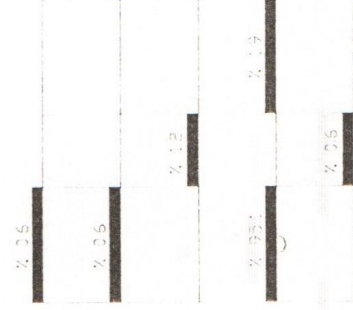
25 rows test



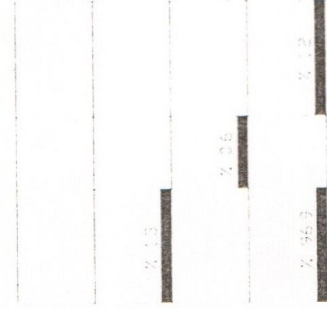
26 rows test



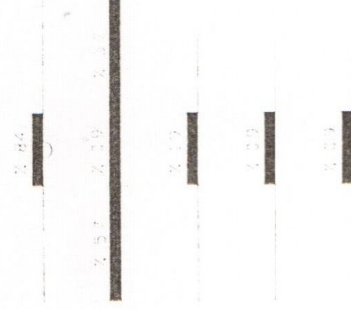
27 rows test



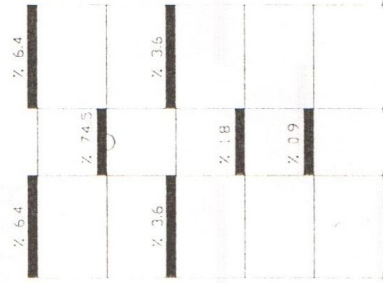
28 rows test



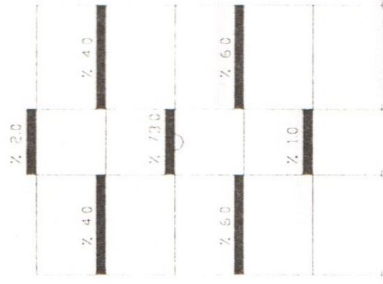
29 rows test



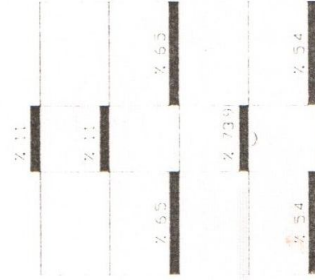
30 rows test



31 new test



32 new test



33 new test



34 new test

EK B. ÇERÇEVE 2 İÇİN YAPILMASI GEREKEN ELVERİŞSİZ YÜKLEMELER



% 256	% 053
	% 9149
% 160	% 053
	% 160
	% 053

28 now test

% 172	% 057
% 172	
% 287	% 115
	% 9080
	% 115

29 now test

% 361	
% 122	
% 305	% 122
% 9085	
% 244	% 061

30 now test

% 065	
% 065	
% 065	
% 258	% 530
% 9484	% 065

31 now test

% 714	% 159
% 079	% 079
% 079	
% 714	% 089
% 446	

32 now test

% 714	% 089
% 446	
% 089	
% 714	% 089
% 446	

33 now test

% 5774	% 108
% 1935	% 323
% 128	% 430
% 128	% 215
	% 108

1 row res 1

% 1316	% 326
% 5513	% 066
% 724	% 329
	% 329
% 066	% 132

2 row res 1

% 101	% 353
% 503	% 452
% 5935	% 101
% 504	% 302
% 201	

3 row res 1

% 135	% 354
% 345	% 429
% 727	% 315
% 7227	% 391
% 500	% 132

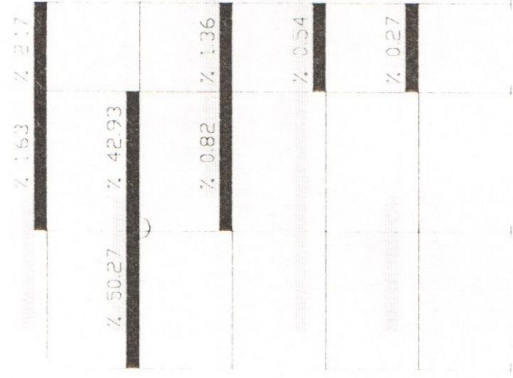
4 row res 1

% 209
% 209
% 375
% 209
% 209
% 105

% 1208
% 260
% 105

5 row res 1

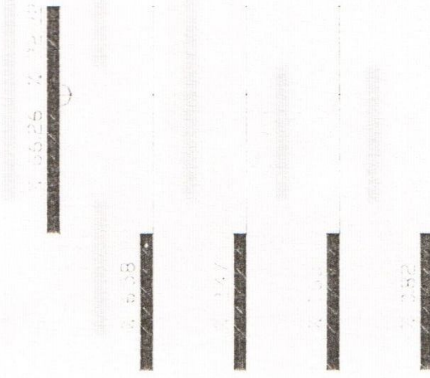
6 row res 1



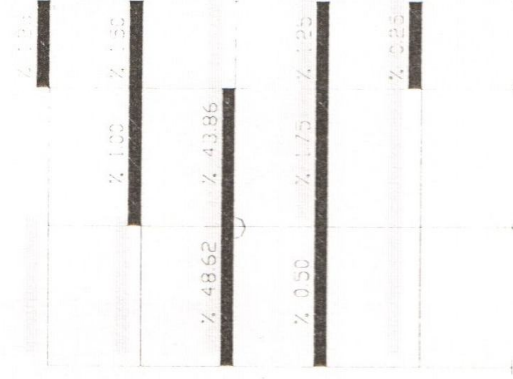
7 rows



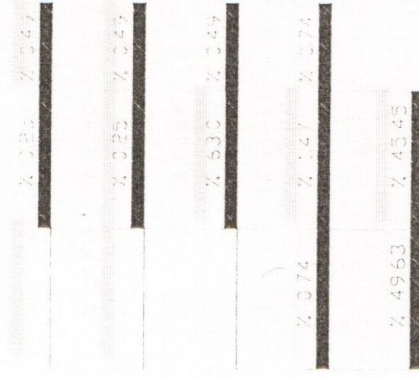
7 rows



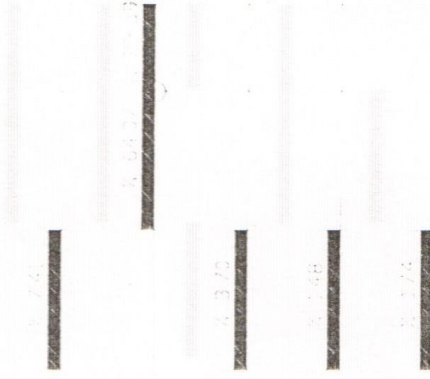
7 rows



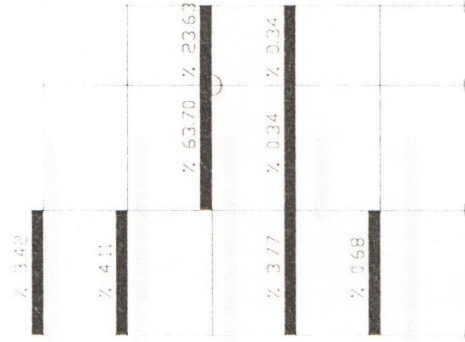
8 rows



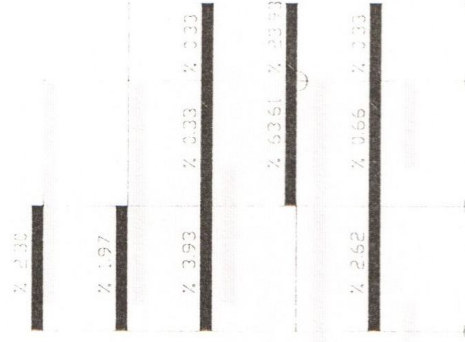
10 rows



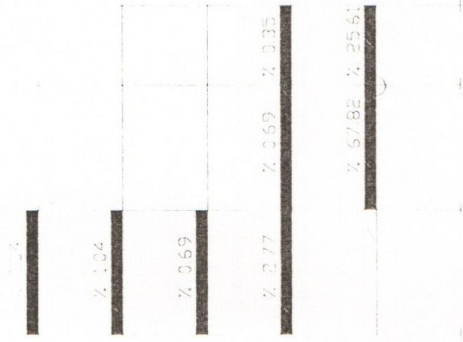
10 rows



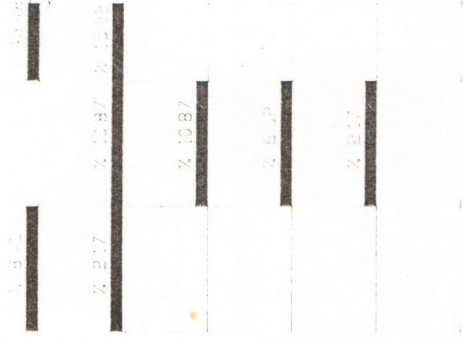
13 new rest



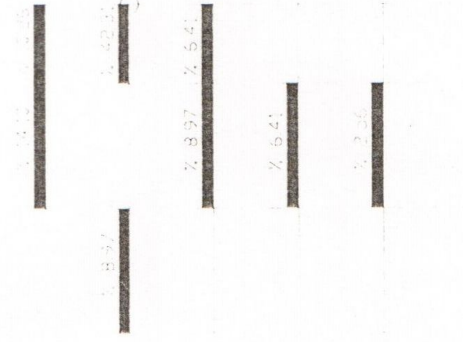
14 new rest



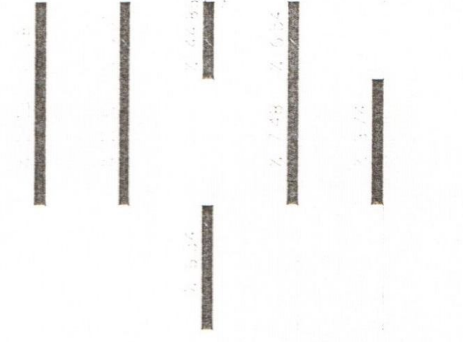
15 new rest



16 new rest



17 new rest



18 new rest

% 840 % 168

% 924 % 084

% 924 % 672

% 4790

% 304 % 428

19 now kest

% 526 % 105

% 526 % 105

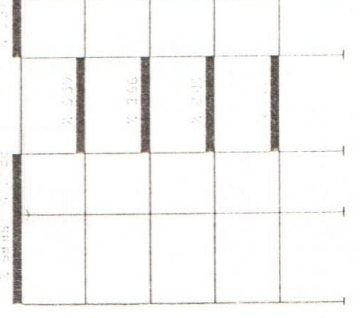
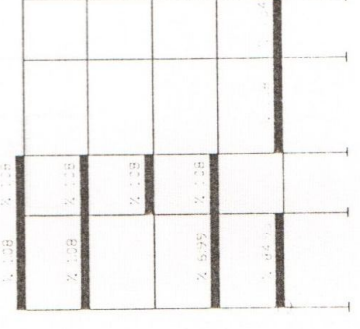
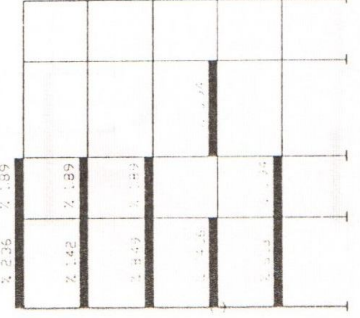
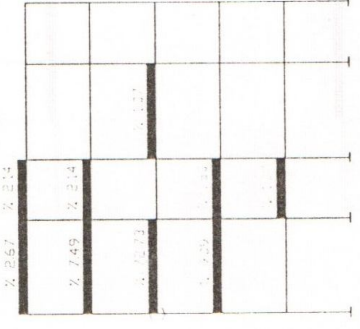
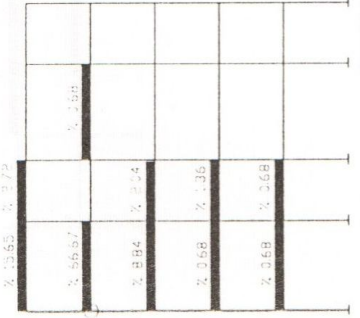
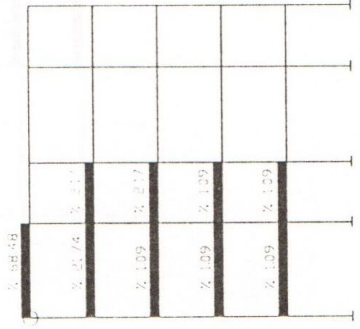
% 526

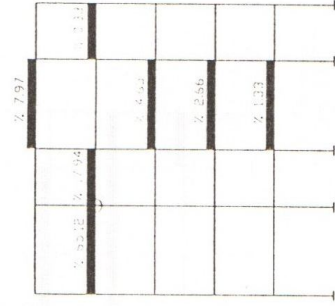
% 105 % 632 % 526

% 74

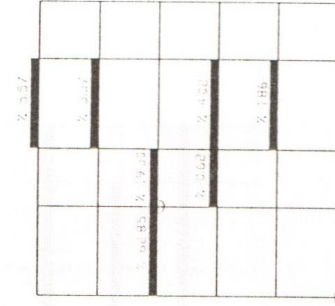
20 now kest

EK C. ÇERÇEVE 3 İÇİN YAPILMASI GEREKEN EL VERİŞSİZ YÜKLEMELER

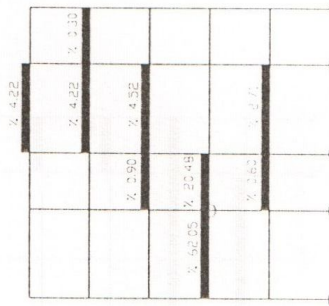




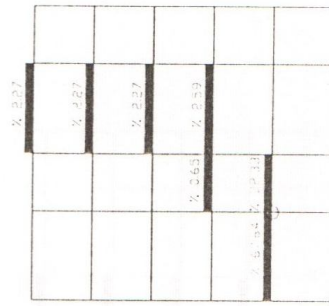
7 rows 4 years



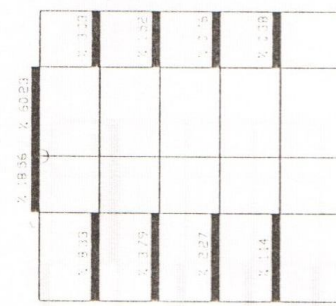
8 rows 4 years



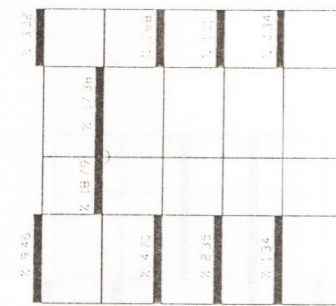
7 rows 4 years



8 rows 4 years



7 rows 4 years



8 rows 4 years

% 497	% 155
% 590	% 186
% 1988	% 5714
% 443	% 366
% 114	% 33

13 rows sent

% 356	% 119
% 326	% 119
% 334	% 359
% 334	% 359
% 334	% 359

14 rows sent

% 198	% 366
% 198	% 366
% 165	% 366
% 330	% 399
% 330	% 399

15 rows sent

% 115	% 356
% 366	% 356
% 175	% 356
% 387	% 356
% 387	% 356

16 rows sent

% 215	% 241
% 215	% 241
% 215	% 241
% 215	% 241
% 215	% 241

% 214	% 356
% 356	% 356
% 356	% 356
% 356	% 356
% 356	% 356

$\frac{1}{2} 137$			
$\frac{1}{2} 137$			
$\frac{1}{2} 171$	$\frac{1}{2} 102$	$\frac{1}{2} 334$	
$\frac{1}{2} 171$	$\frac{1}{2} 5519$	$\frac{1}{2} 2491$	
$\frac{1}{2} 102$	$\frac{1}{2} 102$	$\frac{1}{2} 034$	

19 rods 4951

$\frac{1}{2} 07$			
$\frac{1}{2} 07$			
$\frac{1}{2} 07$			
$\frac{1}{2} 105$	$\frac{1}{2} 105$	$\frac{1}{2} 035$	
$\frac{1}{2} 210$	$\frac{1}{2} 6748$	$\frac{1}{2} 2587$	

20 rods 4951

$\frac{1}{2} 444$	$\frac{1}{2} 6444$		
$\frac{1}{2} 444$	$\frac{1}{2} 111$	$\frac{1}{2} 1536$	
	$\frac{1}{2} 111$		
	$\frac{1}{2} 667$		
	$\frac{1}{2} 222$		

21 rods 4951

$\frac{1}{2} 125$	$\frac{1}{2} 125$	$\frac{1}{2} 125$	
$\frac{3}{5}$	$\frac{1}{2} 125$	$\frac{1}{2} 410$	
	$\frac{1}{2} 100$	$\frac{1}{2} 675$	
	$\frac{1}{2} 750$		
	$\frac{1}{2} 375$		

22 rods 4951

$\frac{1}{2} 382$	$\frac{1}{2} 137$	$\frac{1}{2} 444$	
$\frac{1}{2} 382$	$\frac{1}{2} 748$	$\frac{1}{2} 534$	
	$\frac{1}{2} 457$		

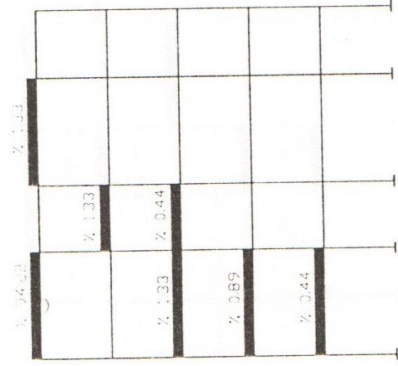
23 rods 4951

$\frac{1}{2} 984$	$\frac{1}{2} 984$		
$\frac{1}{2} 984$	$\frac{1}{2} 984$	$\frac{1}{2} 407$	
$\frac{1}{2} 984$	$\frac{1}{2} 984$	$\frac{1}{2} 407$	
$\frac{1}{2} 984$	$\frac{1}{2} 984$	$\frac{1}{2} 407$	

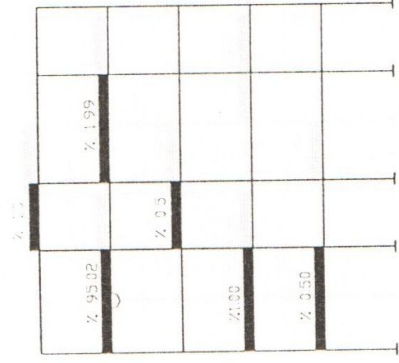
24 rods 4951

		2 625	2 134
		2 625	2 134
		2 625	
2 134		2 625	2 625
2 625	2 134		2 59 38

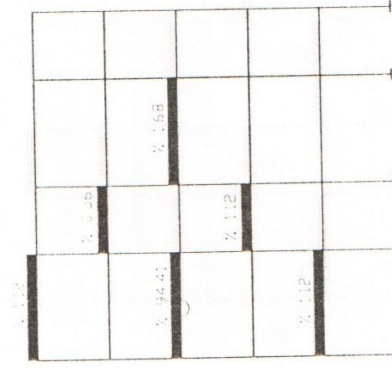
25 rows 40s:



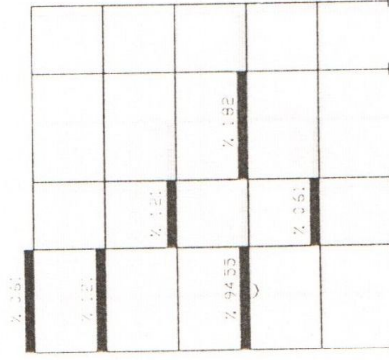
25 now rest



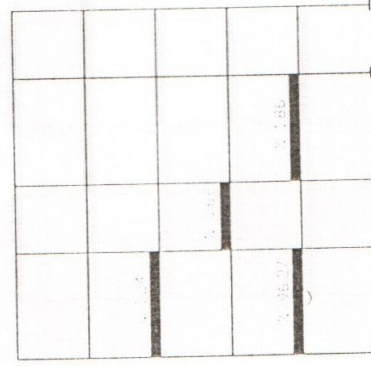
27 now rest



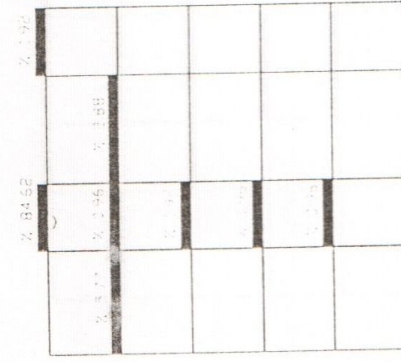
28 now rest



29 now rest



30 now rest



32 now rest

% 3.88	% 1.78	% 2.34	% 1.76
% 3.92	% 1.96	% 1.96	% 1.96

32 ROW KEYS

% 4.21	% 3.11	% 3.11	% 3.11
% 76.84	% 3.26	% 3.26	% 3.26
% 6.32	% 1.05	% 1.05	% 1.05

33 ROW KEYS

% 1.12	% 1.12	% 1.12	% 1.12
% 1.12	% 1.12	% 1.12	% 1.12
% 1.12	% 1.12	% 1.12	% 1.12
% 1.12	% 1.12	% 1.12	% 1.12
% 1.12	% 1.12	% 1.12	% 1.12

34 ROW KEYS

% 1.28	% 5.13	% 5.13	% 5.13
% 6.41	% 85.90	% 85.90	% 85.90
% 1.28	% 1.28	% 1.28	% 1.28

35 ROW KEYS

% 2.0	% 9.00	% 9.00	% 9.00
% 2.0	% 9.00	% 9.00	% 9.00
% 2.0	% 9.00	% 9.00	% 9.00
% 2.0	% 9.00	% 9.00	% 9.00
% 2.0	% 9.00	% 9.00	% 9.00

36 ROW KEYS

% 2.54	% 2.13	% 2.13	% 2.13
% 2.54	% 2.13	% 2.13	% 2.13
% 2.54	% 2.13	% 2.13	% 2.13
% 2.54	% 2.13	% 2.13	% 2.13
% 2.54	% 2.13	% 2.13	% 2.13

37 ROW KEYS

	2.059	2.059	2.059
		2.918	
	2.059		2.118
		2.118	

[illegible][illegible]

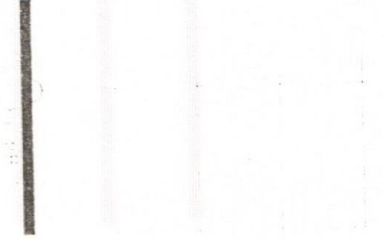
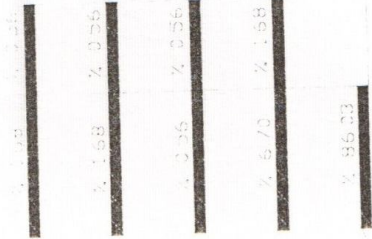
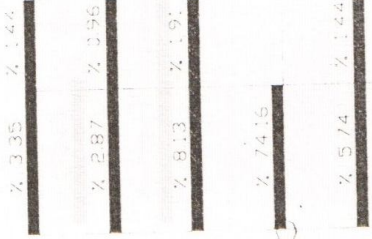
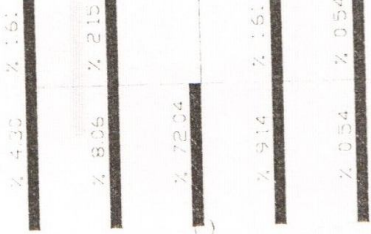
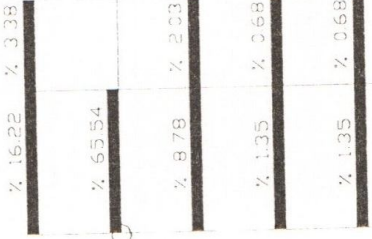
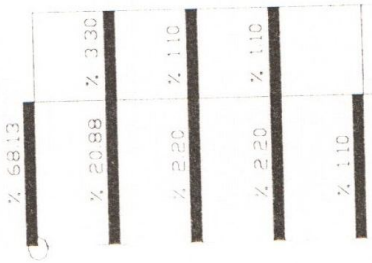
		$\frac{1}{2}$ 118	$\frac{1}{2}$ 118
	$\frac{1}{2}$ 118	$\frac{1}{2}$ 736	$\frac{1}{2}$ 333
		$\frac{1}{2}$ 118	$\frac{1}{2}$ 588

44 now rest

			$\frac{1}{2}$ 130
		$\frac{1}{2}$ 549	
		$\frac{1}{2}$ 130	$\frac{1}{2}$ 909

45 now rest

EK D. ÇERÇEVE 4 İÇİN YAPILMASI GEREKEN ELVERİŞSİZ YÜKLEMELER



2 36.28 2 13.72

7 now rest

2 89.04 2 10.96

8 now rest

2 90.79 2 9.21

3 now rest

2 44.44 2 44.44

2 44.44 2 44.44

2 44.44 2 44.44

2 44.44 2 44.44

2 44.44 2 44.44

2 90.79 2 9.21

2 90.79 2 9.21

3 now rest

2 19.74 2 10.26

2 19.74 2 10.26

2 19.74 2 10.26

2 19.74 2 10.26

2 19.74 2 10.26

3 now rest

% 3.38 % 3.73

% 4.53 % 5.25

% 2.20 % 4.896

% 13.42 % 7.29

% 2.08

13 now reset

% 6.36 % 2.73

% 3.43 % 1.89

% 12.73 % 7.27

% 50.91

% 8.18 % 4.55

14 now reset

% 3.70 % 1.23

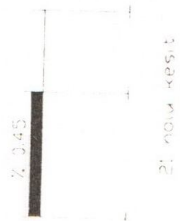
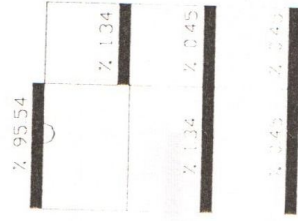
% 3.31

% 3.70

% 11.11 % 5.17

% 69.14

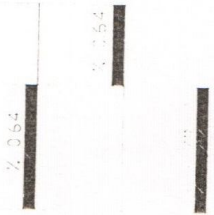
15 now reset



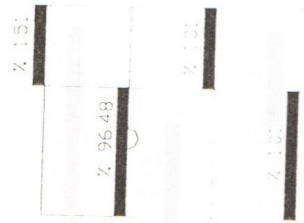
21 now rest



23 now rest



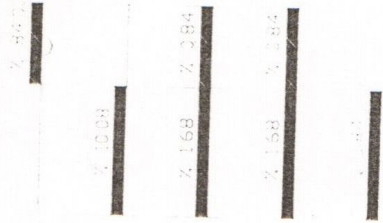
24 now rest



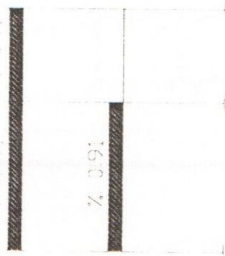
25 now rest



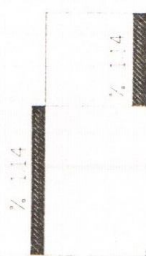
26 now rest



27 now rest



27 now rest



10 now rest



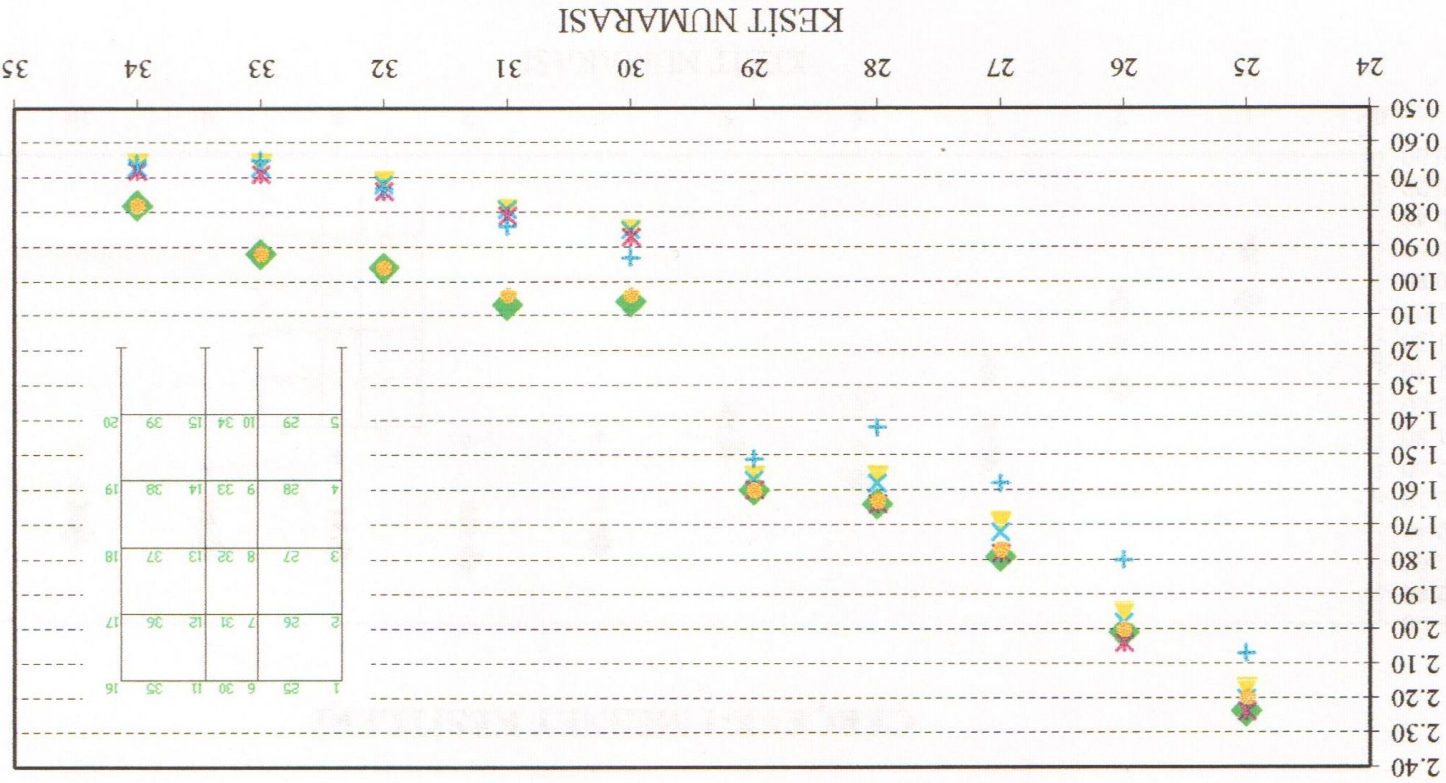
28 now rest



12 now rest

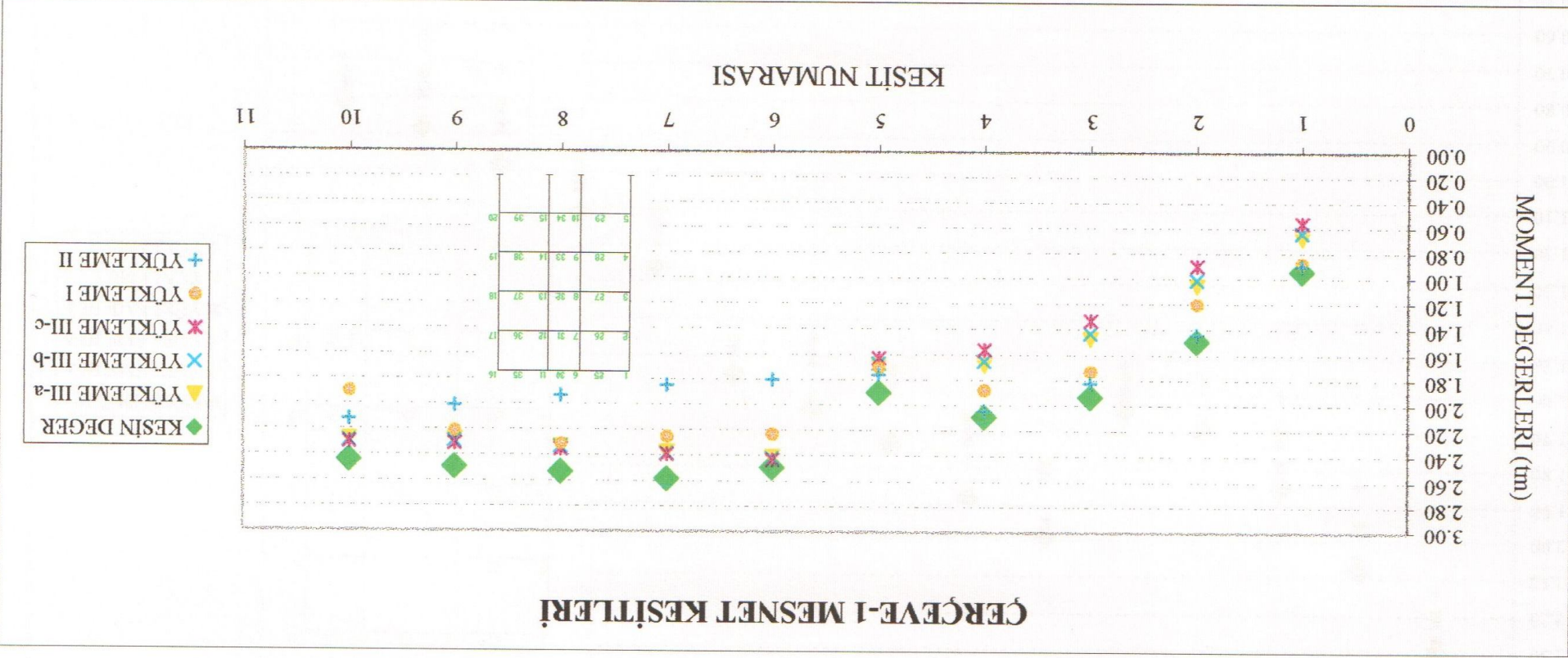
ÇERÇEVE-1 AÇIKLIK KESİTLERİ

MOMENT DEĞERLERİ (tm)

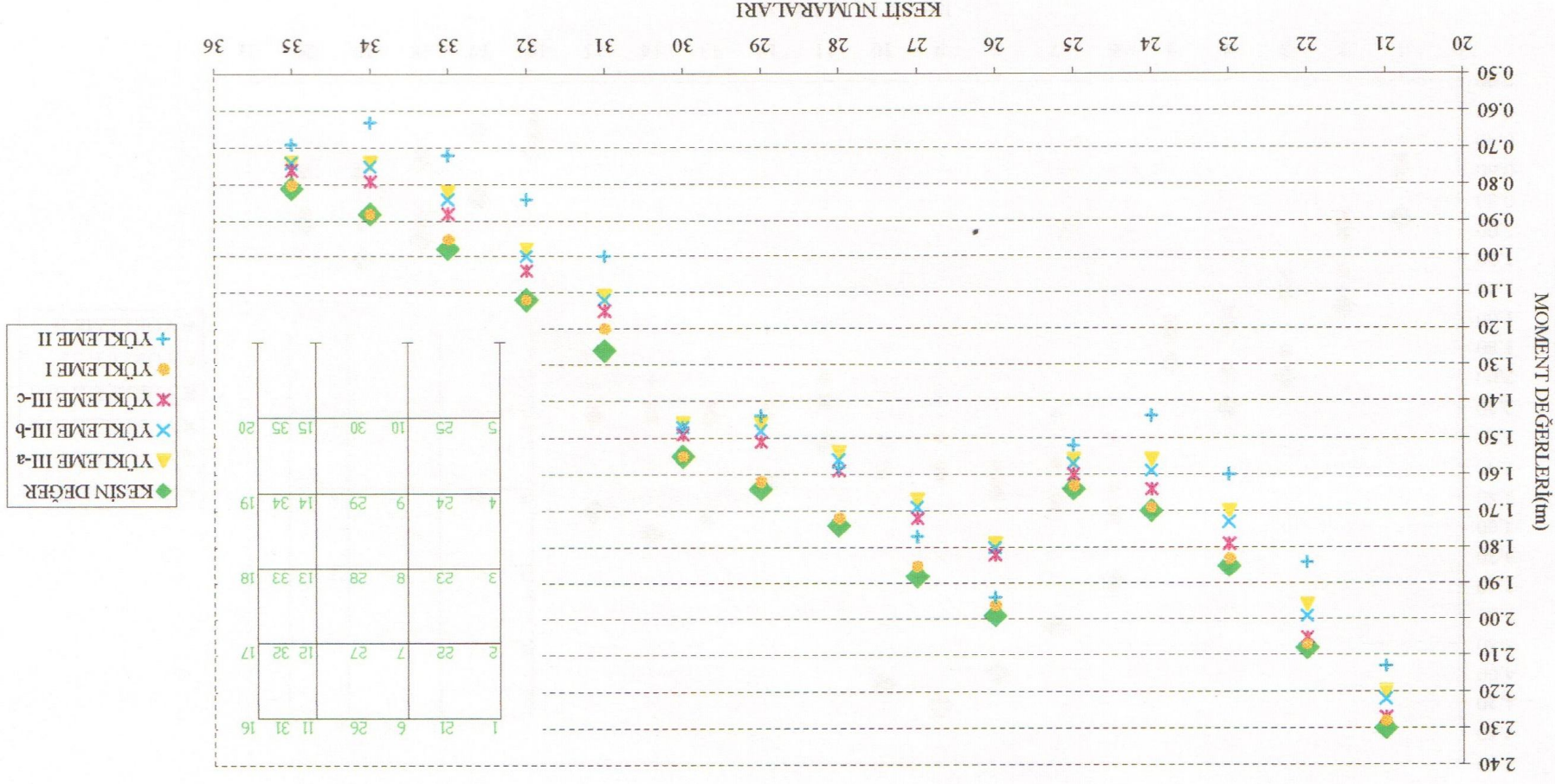


Şekil E.1 – Çerçeve 1 Açıklık Kesitleri Moment Değerleri

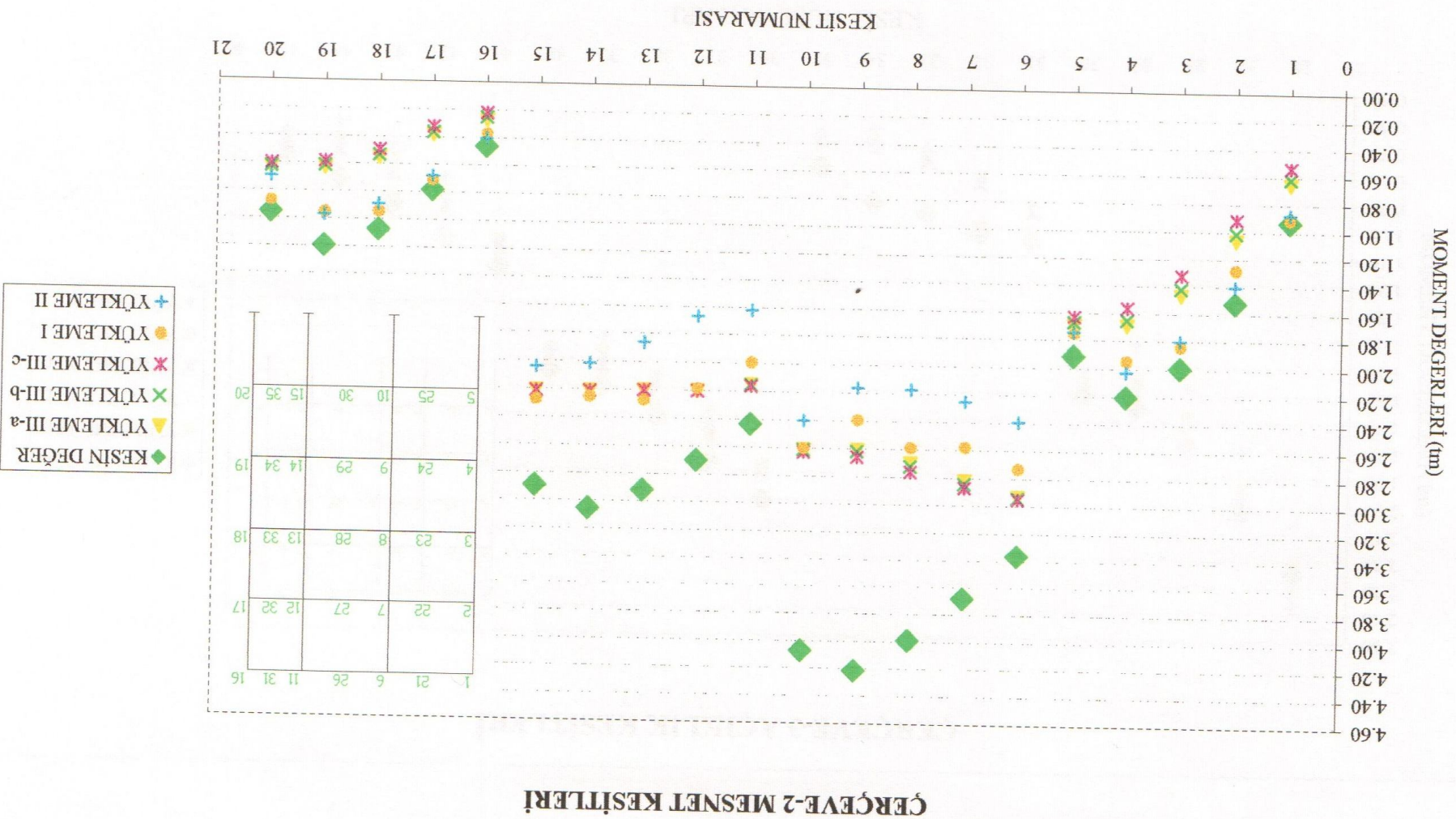
Şekil E.2 - Çerçeve 1 Mesnet Kesitleri Moment Değerleri



ÇERÇEVE-2 AÇIKLIK KESİTLERİ

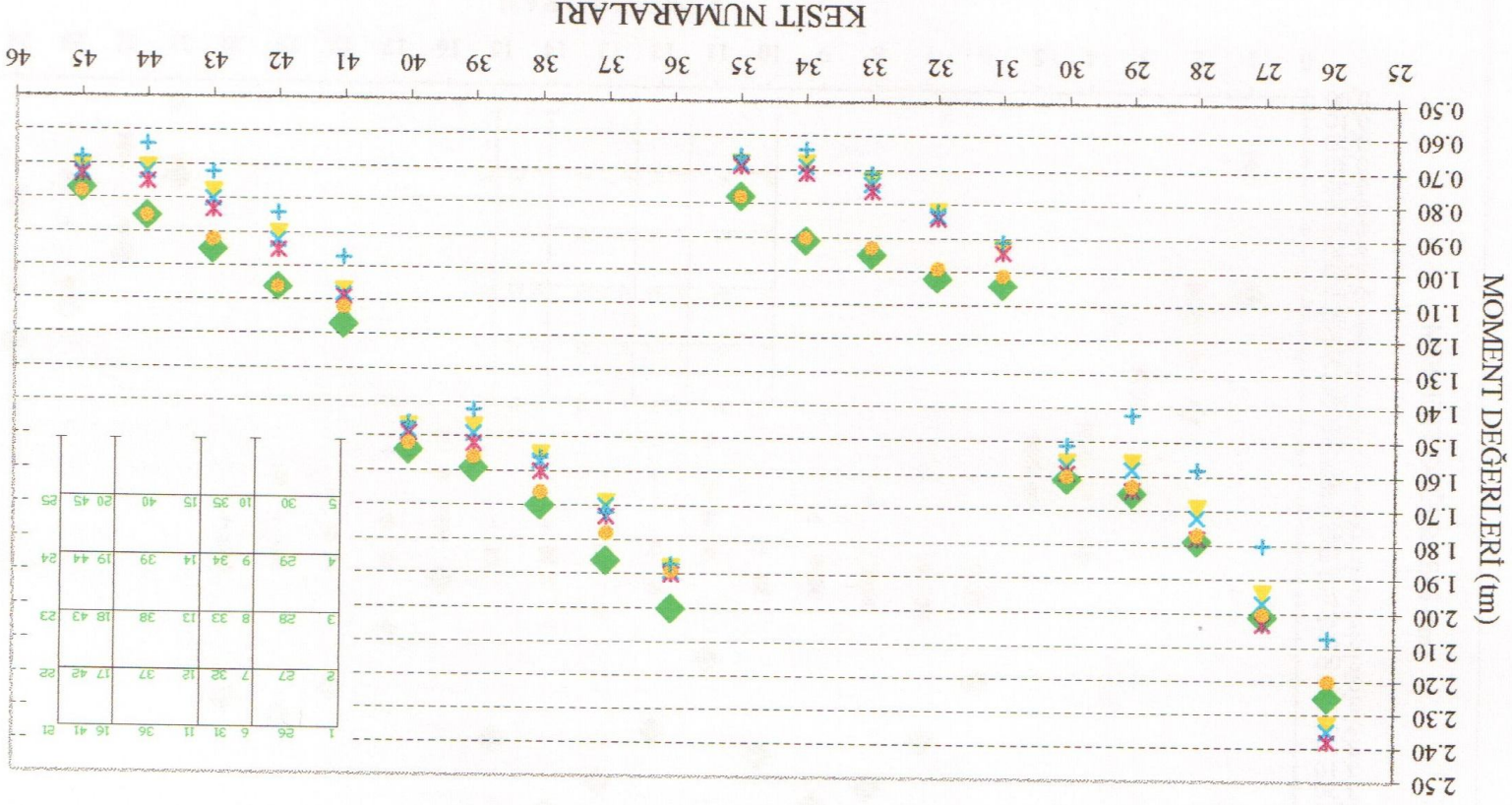


Şekil E.4 - Çerçeve 2 Mesnet Kesitleri Moment Değerleri



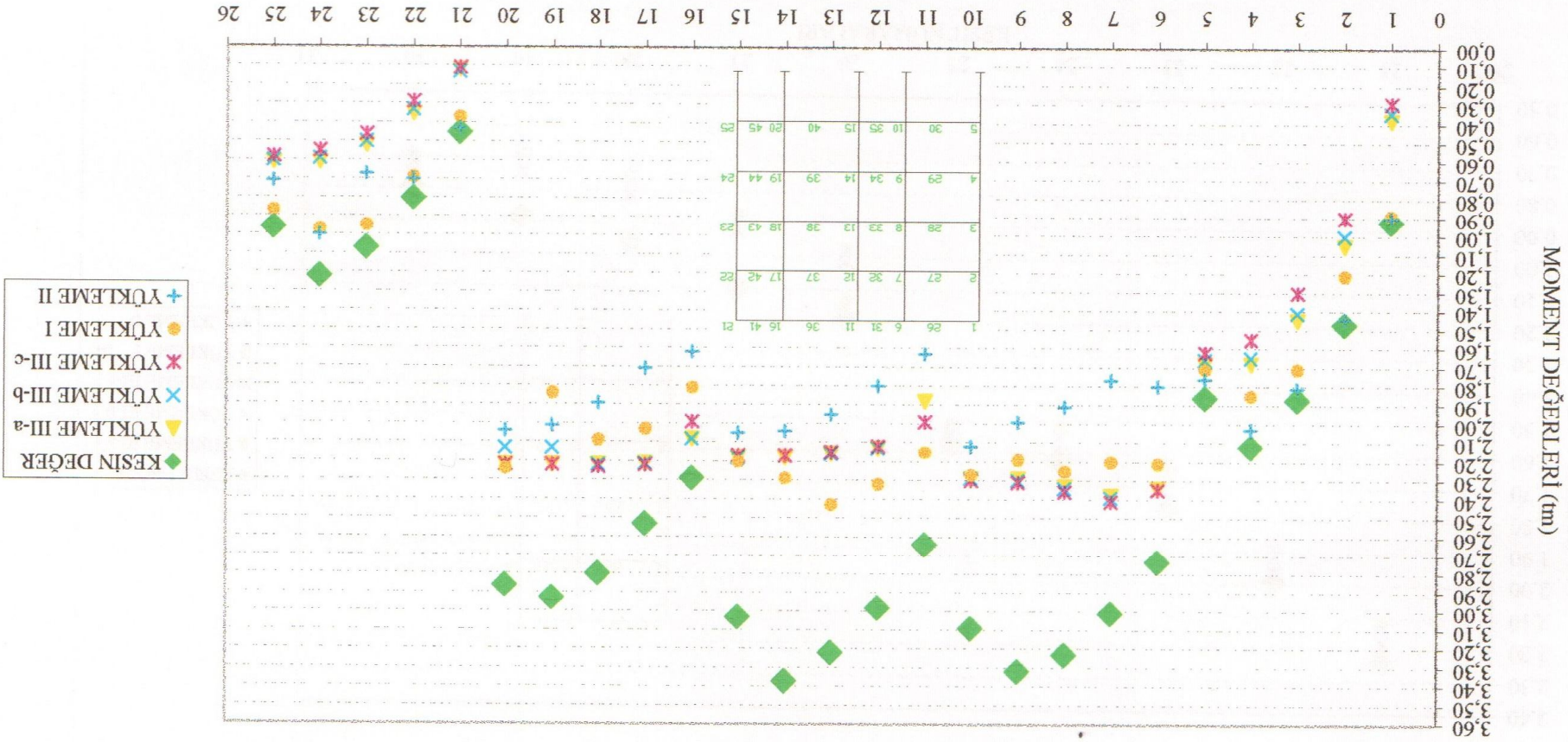
ÇERÇEVE-3 AÇIKLIK KESİTLERİ

- ◆ KESİN DEĞER
- ▲ YÜKLEME III-a
- × YÜKLEME III-b
- YÜKLEME III-c
- YÜKLEME I
- + YÜKLEME II



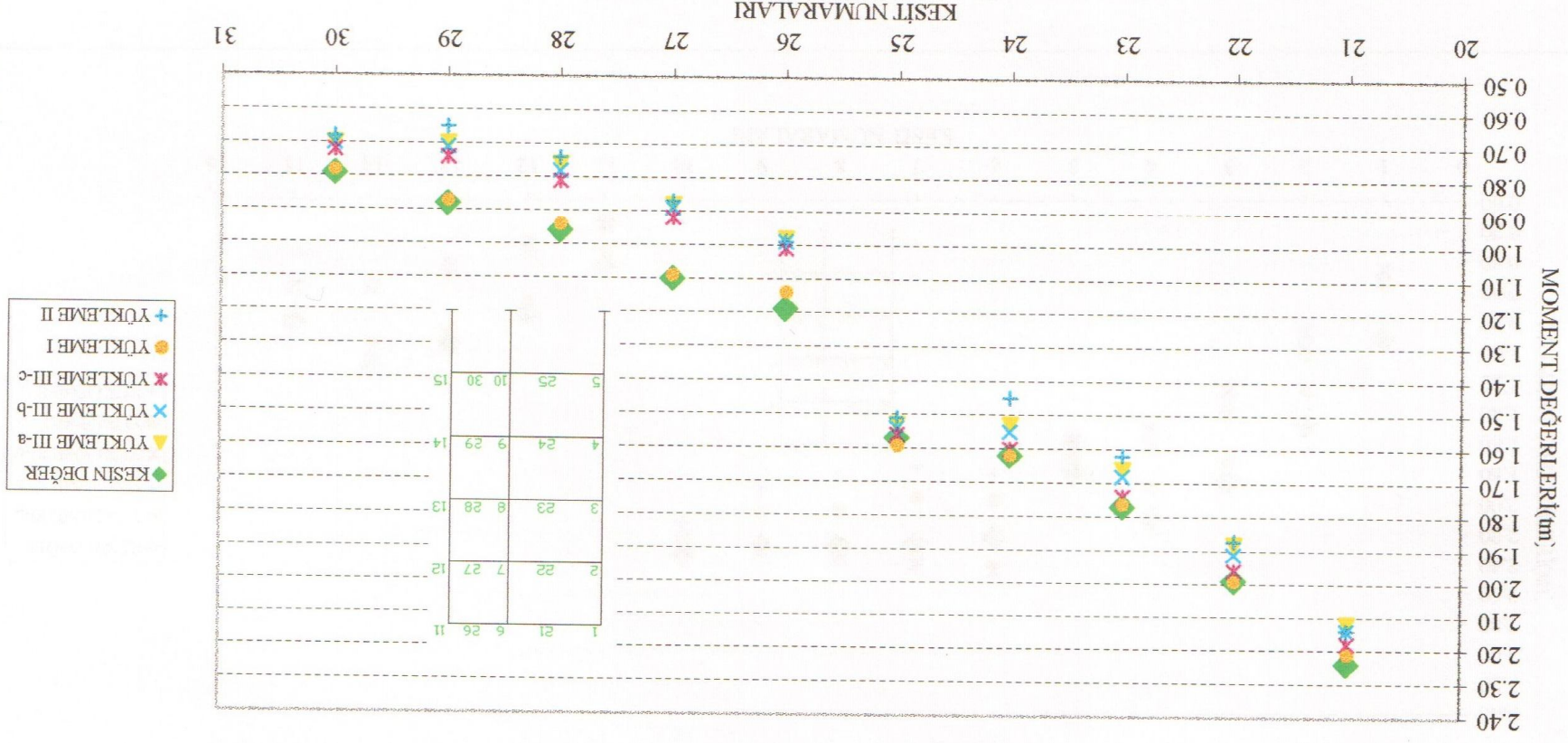
Şekil E.5 - Çerçeve 3 Açıklık Kesitleri Moment Değerleri

ÇERÇEVE-3 MESNET KESİTLERİ



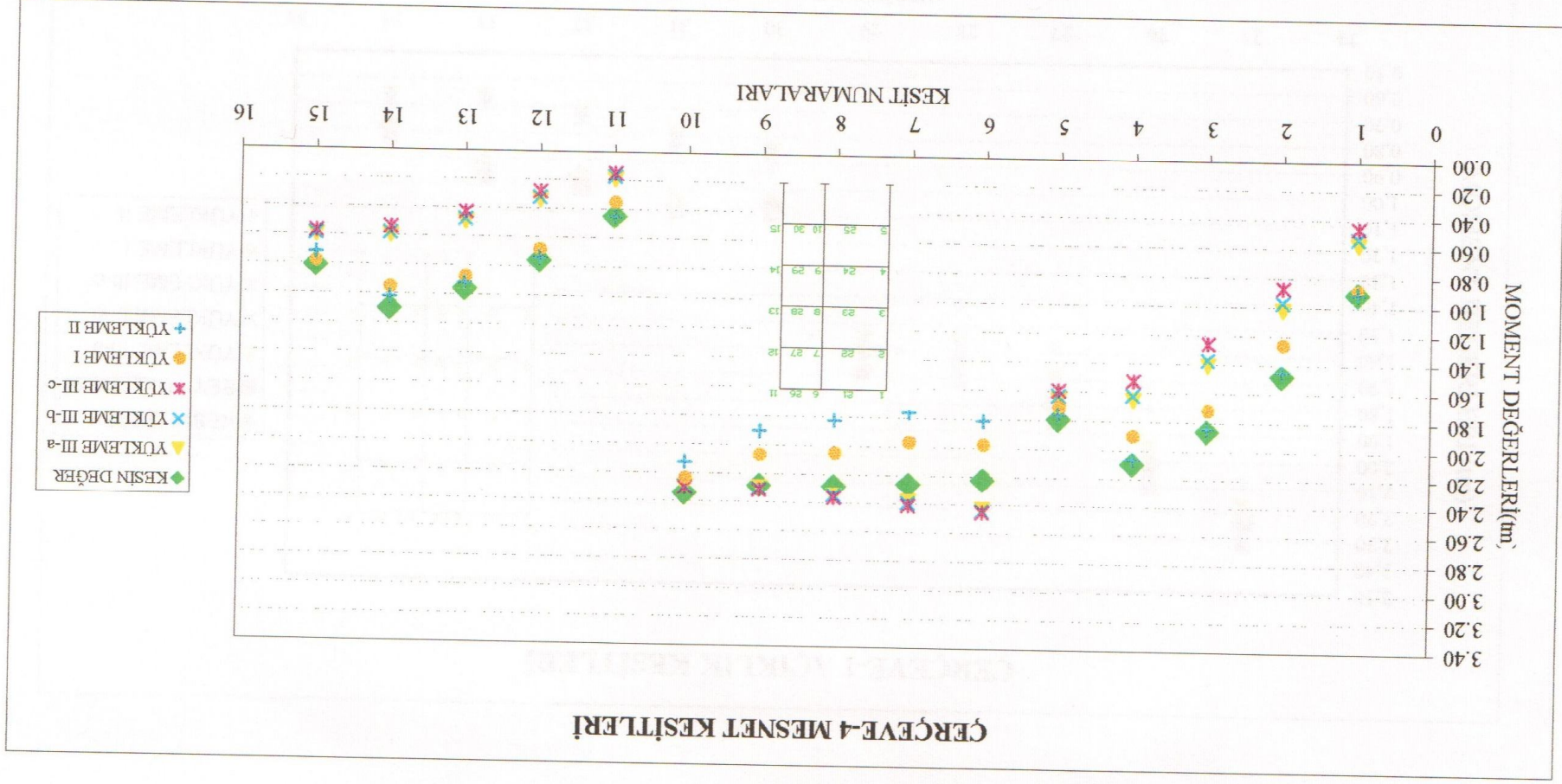
Şekil E.6 - Çerçeve 3 Mesnet Kesitleri Moment Değerleri

ÇERÇEVE-4 AÇIKLIK KESİTLERİ

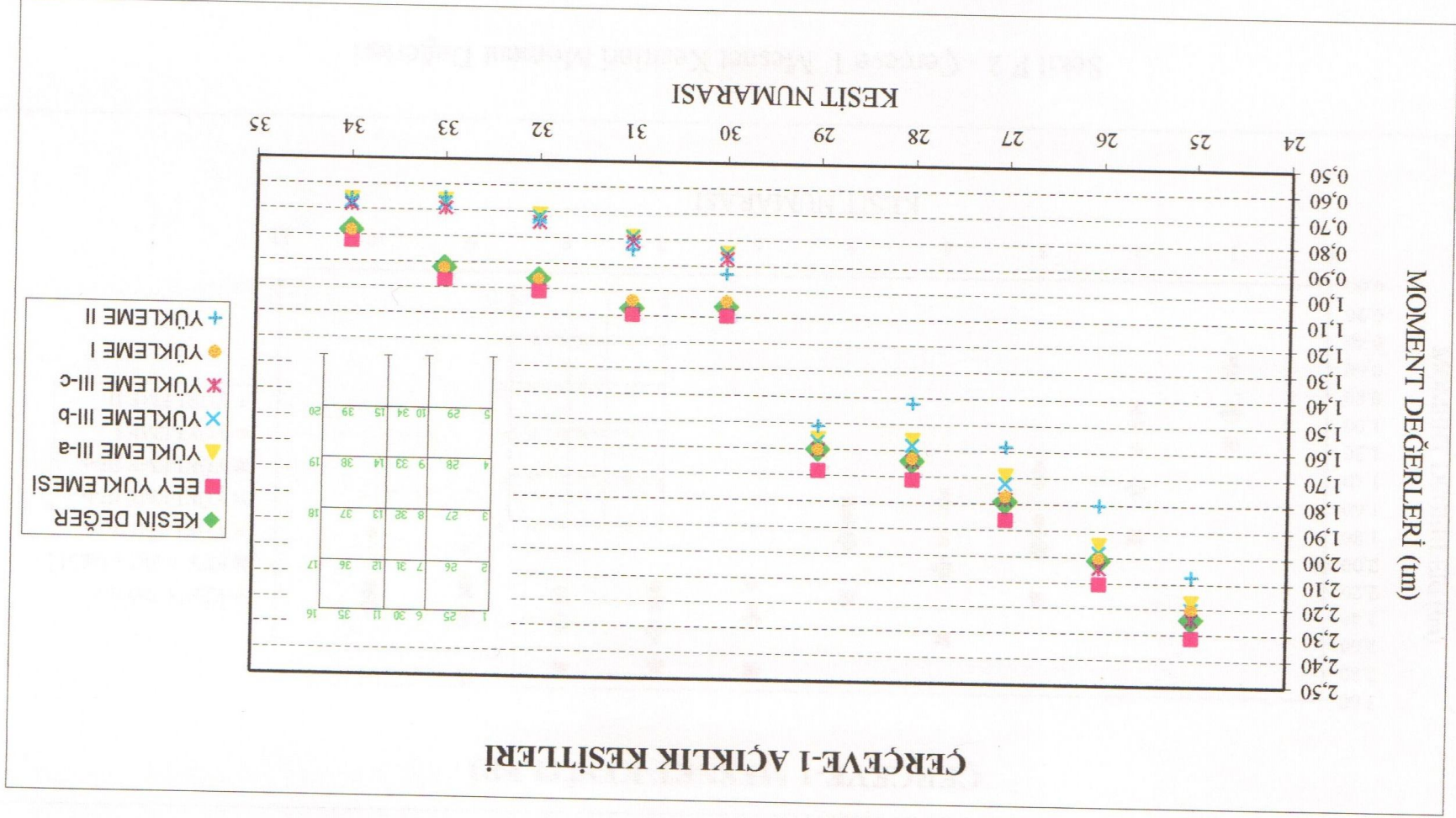


Şekil E.7 - Çerçeve 4 Açıklık Kesitleri Moment Değerleri

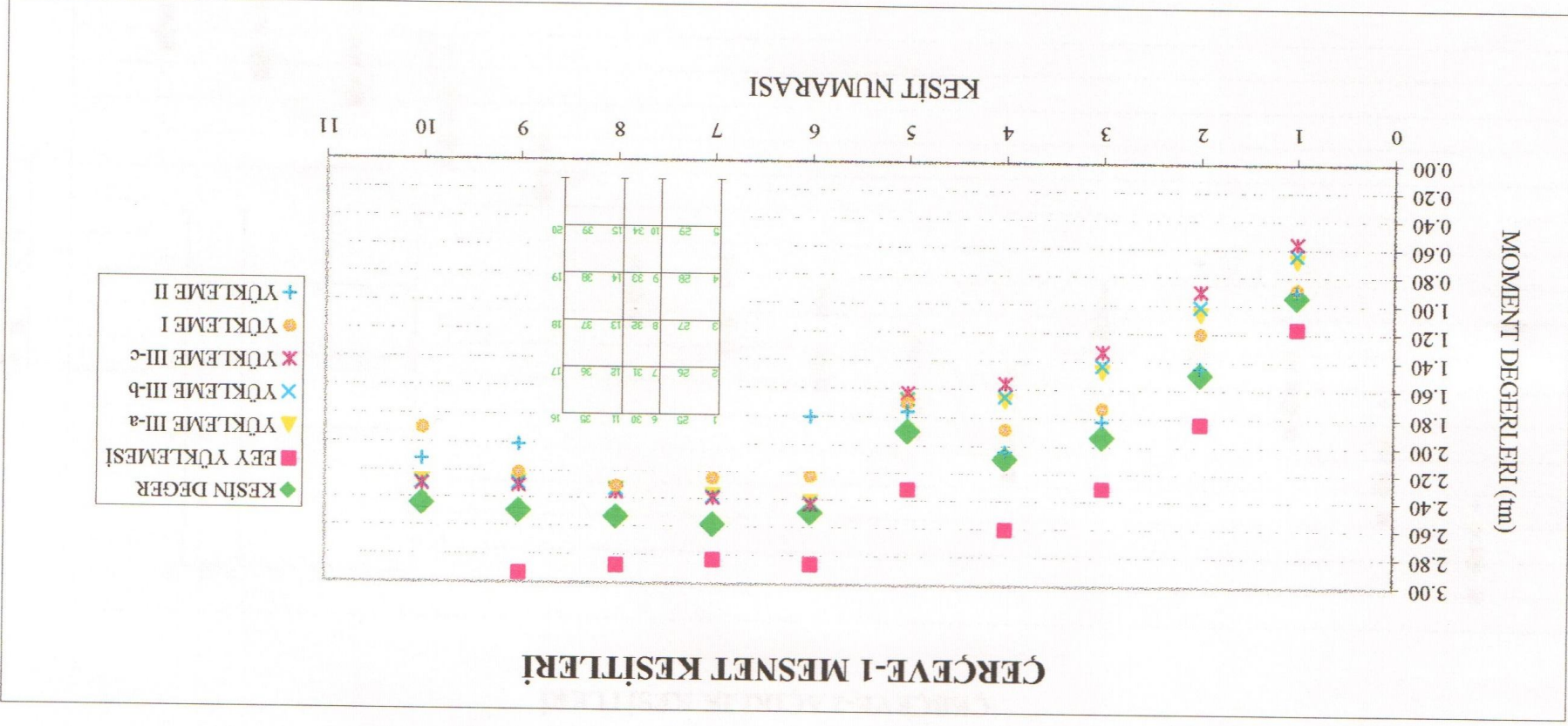
Şekil E.8 - Çerçeve 4 Mesnet Kesitleri Moment Değerleri



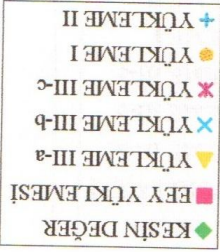
Şekil F.1 - Çerçeve 1 Açıklık Kesitleri Moment Değerleri



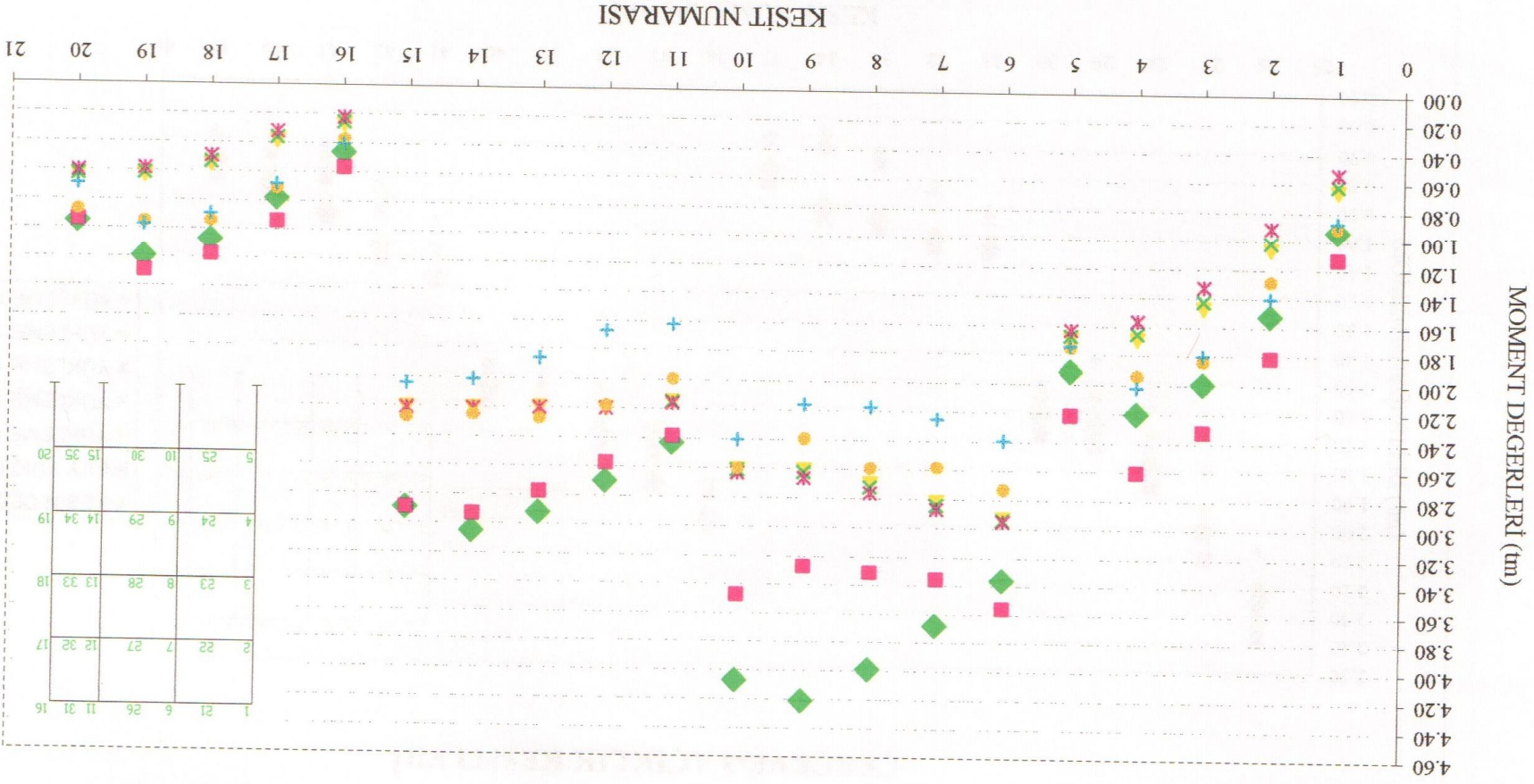
Şekil F.2 - Çerçeve 1 Mesnet Kesitleri Moment Değerleri



ÇERÇEVE-2 AÇIKLIK KESİTLERİ

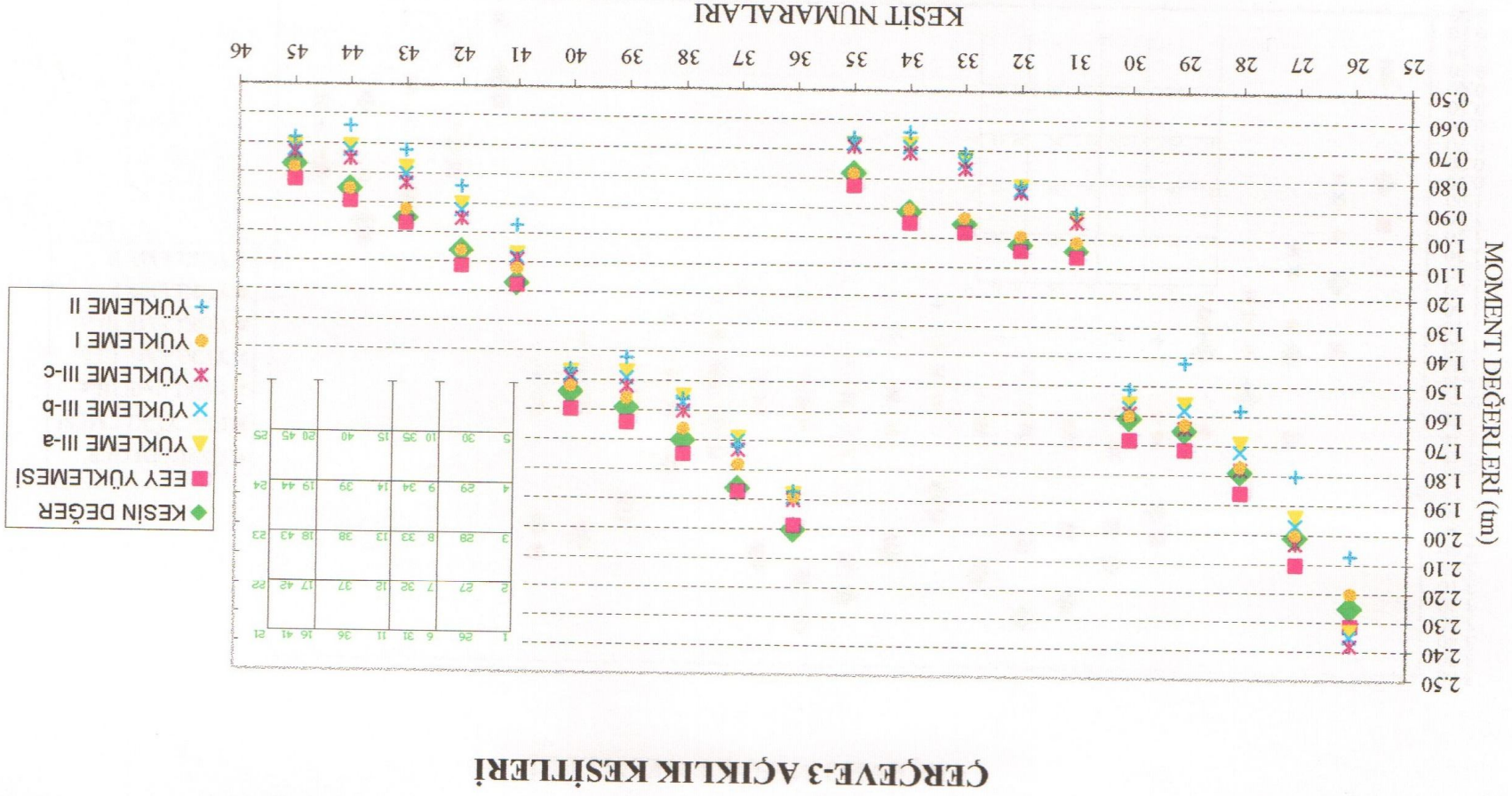


ÇERÇEVE-2 MESNET KESİTLERİ

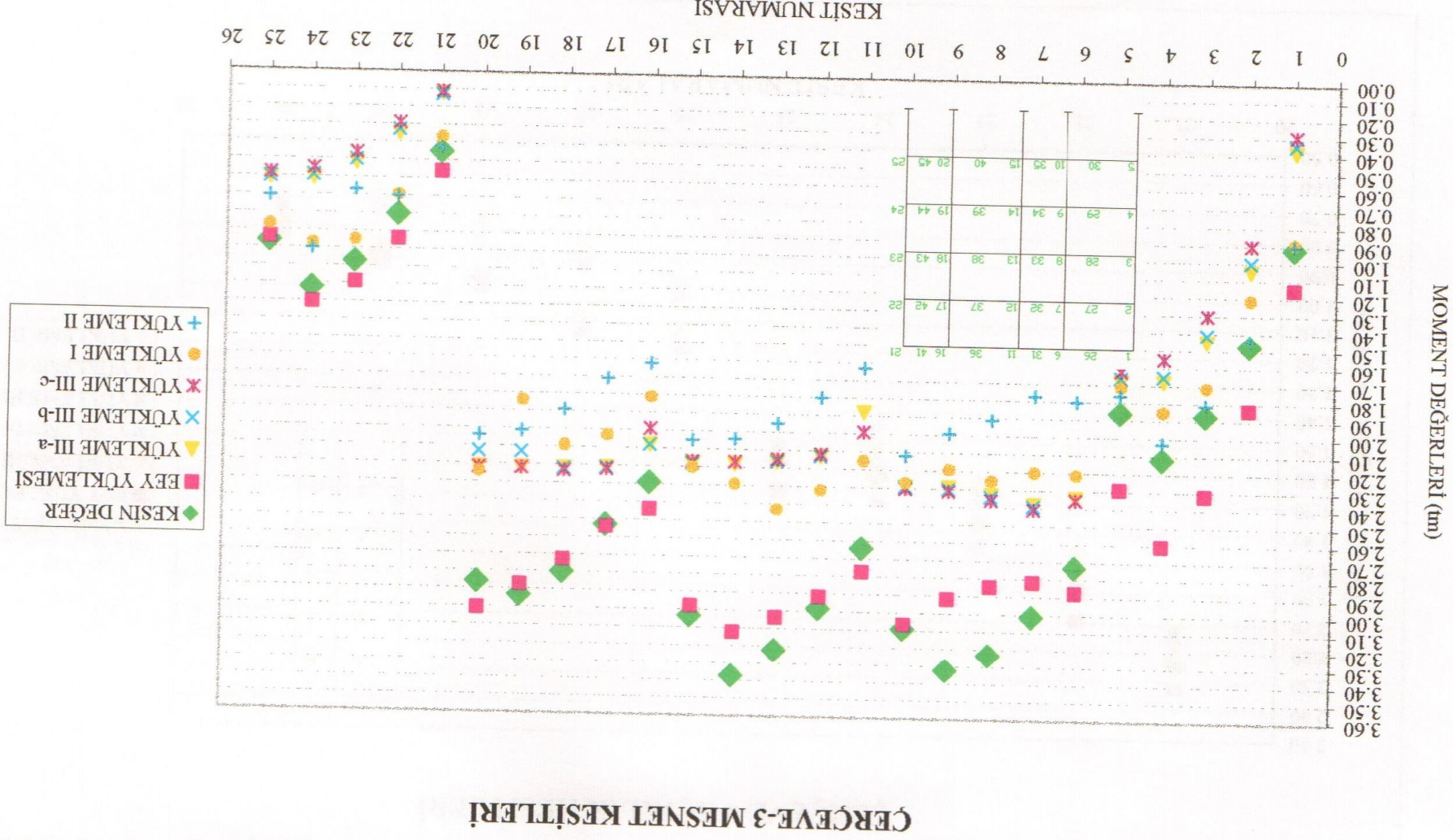


Şekil F.4 - Çerçeve 2 Mesnet Kesitleri Moment Değerleri

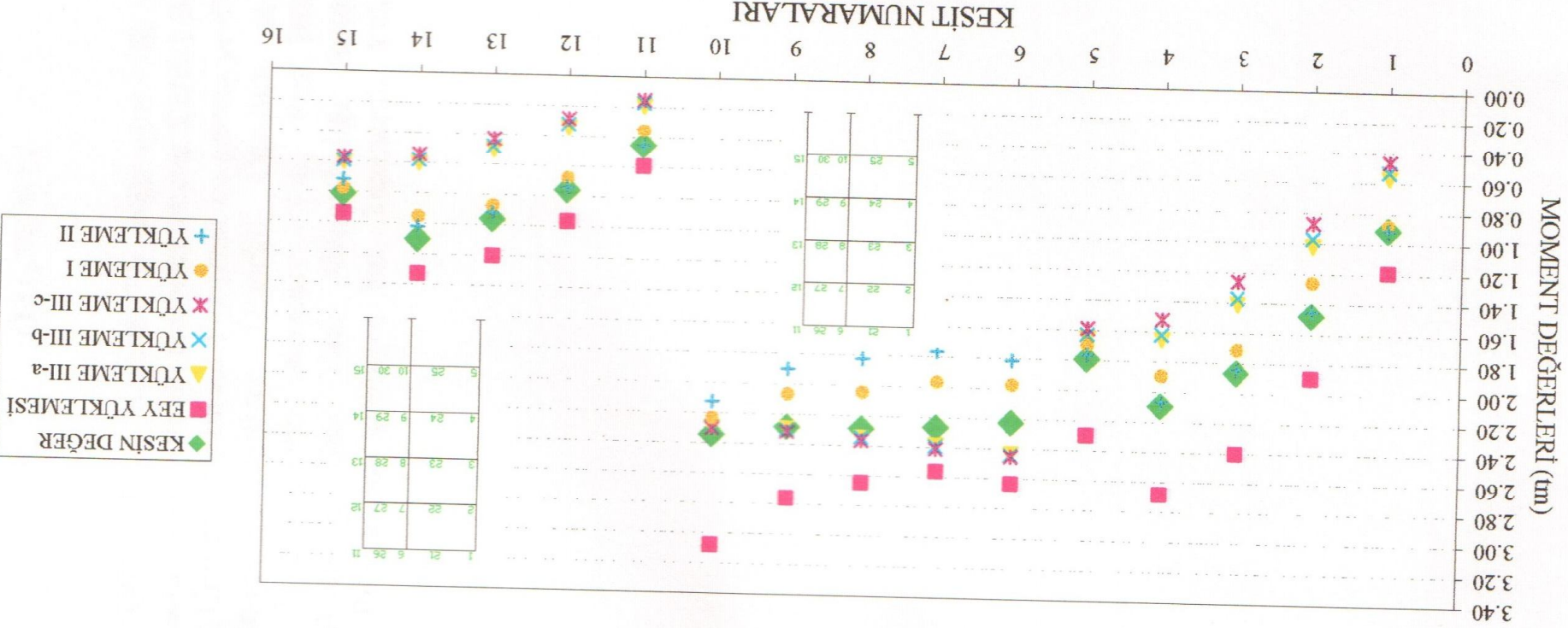
Şekil F.5 - Çerçeve 3 Açıklık Kesitleri Moment Değerleri



Şekil F.6 - Çerçeve 3 Mesnet Kesitleri Moment Değerleri



ÇERÇEVE-4 MESNET KESİTLERİ



Şekil F.8 - Çerçeve 4 Mesnet Kesitleri Moment Değerleri

ÖZGEÇMİŞ

Fatih SAYIN, 1974 yılında Karabük'te doğmuştur. İlk ve ortaokulu Karabük'te tamamladıktan sonra 1991 yılında Karabük Demir Çelik Lisesini bitirmiştir. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi'ne girmiş ve 1996 yılında pekiyi derece ile mezun olmuştur. İngilizce Destekli Öğrenim programını da başarıyla tamamlamıştır. Mezuniyetinin ardından İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yapı Mühendisliği Bölümü, Yapı Analizi ve Boyutlandırma Programına girmeye hak kazanarak Yüksek Lisans öğrenimine başlamıştır.