

T.C.
ULUDAĞ UNIVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTUSU
İNŞAAT ANABİLİM DALI

EŞDEĞER ÇERÇEVE YÖNTEMİ İLE DÖŞEME ÇÖZÜMLERİ
VE
BİLGİSAYAR PROGRAMI GELİŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HASAN ELÇİ

Sınav günü : 15 Temmuz 1992.....

Jüri üyeleri : Doç. Dr. Şerif SAYLAN

Doç. Dr. Alpay ÖZGEN

Yrd. Doç. Dr. Erdal İRTEM

(Danışman)

(I. T. Ü.)

(U. Ü.)

BURSA, HAZİRAN 1992

Ö Z E T

Betonarme döşemeler, doğrudan kolonlarca taşınan veya kolon başlıklarınca taşınan ve de kiriş sistemleri üzerinde taşınanlar dahil olmak üzere, oldukça yaygın olarak kullanılan yapı elemanlarından biridir. Oldukça yaygın olarak kullanılmalarına rağmen, plak davranışının kompleks olmasından dolayı, döşemeler basitleştirilmiş çözüm metotlarına göre hesaplanmaktadır.

Betonarme yapıların hesap ve yapım kurallarını belirten Türk Standardı TS 500-84, iki doğrultuda çalışan kirişli döşemelerin daha kesin çözümlerinin Eşdeğer Çerçeve Yöntemi ile yapılmasını önermektedir.

Bu çalışmada, iki doğrultuda çalışan kirişli döşemelerin çözümü için literatürde verilen metotlar gözden geçirilmiş ve özetlenmiştir.

İki doğrultuda çalışan döşeme sistemlerinin Eşdeğer Çerçeve Yöntemi ile çözümü için bilgisayar programı geliştirilmiştir.

İki doğrultuda çalışan kirişli döşemelerin sayısal örnekleri Eşdeğer Çerçeve Metodu ve diğer metotlarla çözümlenmiştir. Farklı metotlardan elde edilen sayısal örneklerin sonuçları Eşdeğer Çerçeve Metodunun çözüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

A B S T R A C T

Reinforced concrete slabs, including those supported directly on columns or capitals and those supported on systems of beams, are one of the most widely used structural elements. In spite of their widespread use, due to the complexity of plate behavior, most slabs have been designed using simplified methods of analysis.

Turkish Standart TS 500-84 that points out Building Code Requirements for Reinforced Concrete suggest using the Equivalent Frame Method to obtain the more exact solutions of the beam supported two-way slabs.

In this study, methods given in the literature for the analysis of the beam supported two-way slab systems are reviewed and summarized.

A computer program is developed for the analysis of two-way slab systems by the Equivalent Frame Method.

Numerical examples of the beam supported two-way slab systems have been solved by the Equivalent Frame Method and the other methods. The results of the numerical examples that obtained from different methods are compared with the results of the equivalent frame method solutions.

TABLO LİSTESİ	VI
ŞEKİL LİSTESİ	VII
TERİMLER VE SEMBOLLER	IX
ÖNSÖZ	XI
1. GİRİŞ	1
2. ÇİFT DOĞRULTUDA ÇALIŞAN DÖŞEMELER	7
2.1. Deneysel Çalışmalar	7
2.2. Şartname Kayıtları	11
2.3. Çift Doğrultuda Çalışan Döşemelerin Çözüm Yöntemleri	15
2.3.1. Kirişsiz Döşemeler İçin Yaklaşık Yöntem	15
2.3.2. Kirişli Döşemelerin Çözüm Yöntemleri	18
2.3.2.1. Moment Katsayıları Yöntemi	18
2.3.2.2. Marcus Metodu	21
2.3.2.3. Sürekli Kiriş Teorisi	24
2.3.2.4. Eşdeğer Çerçeve Yöntemi	27
2.3.2.5. Kırılma Çizgileri Teorisi	48
3. SAYISAL UYGULAMALAR	51
3.1. Seçilen Döşeme Sistemlerinin Tanıtılması	51
3.2. Seçilen Döşeme Sistemlerinin Çözümleri	55
3.2.1. Örnek Çözüm : 1	55
3.2.2. Örnek Çözüm : 2	57
3.2.3. Örnek Çözüm : 3	57
3.3. Kiriş ve Kolon Rijitlikleri Değiştirilerek Verilen Örneklerin Eşdeğer Çerçeve Yöntemi ile Yeniden Çözümü	58
3.3.1. Örnek Çözüm : 1	58
3.3.2. Örnek Çözüm : 2	60
3.3.3. Örnek Çözüm : 3	61

3.4. Örnek Çözüm : 4	62
3.4.1. Seçilen Döşeme Sisteminin Tanıtılması	62
3.4.2. Seçilen Döşeme Sisteminin Çözümü	63
4. ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	65
4.1. Eşdeğer Çerçeve Yönteminin Diğer Çözüm Yöntemleri ile Karşılaştırılması	65
4.1.1. Karşılaştırma 1: Bütün Döşemelerin Kare Ol- ması Hali	65
4.1.2. Karşılaştırma 2: Bütün Döşemelerin Dikdört- gen Olması Hali	67
4.1.3. Karşılaştırma 3: Döşeme Boyutlarının Fark- lı Olması Hali	70
4.2. Eşdeğer Çerçeve Yönteminde Kiriş ve Kolon Rijit- liklerinin Değiştirilmesi Halinde Sonuçların Kar- şılaştırılması	70
4.2.1. Bütün Döşeme Boyutlarının Artırılması Ha- linde Karşılaştırma	73
4.2.2. Kolon Boyutlarının Artırılması Halinde Kar- şılaştırma	74
4.2.3. Üstte Kolon Olmaması Halinde Karşılaştırma .	74
4.2.4. Her İki Doğrultudaki Kiriş Boyutlarının De- ğiştirilmesi Halinde Çözüm Sonuçlarının Karşılaştırılması	75
4.2.5. Hareketli Yükün Bütün Açıklıklarda Aynı An- da Var Olduğu Kabulü Halinde Karşılaştırma .	76
4.3. Eşdeğer Çerçeve Yönteminde Hesap Yapılan Açıklığın Sonuçlara Etkisinin Araştırılması	77
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	83
KAYNAKLAR	88
ÖZGEÇMİŞ	92
EKLER	93

T A B L O L İ S T E S İ

S.N.	TABLO NO	İÇERİĞİ	SAYFA
1.	Tablo 2.1	Tek açıklıklı kirişte sehim ve moment için katsayılar	22
2.	Tablo 2.2	Kolon şeridine giden açıklık momenti yüzdesi	33
3.	Tablo 2.3	Kolon şeridine giden mesnet momenti yüzdesi (Ara mesnet)	33
4.	Tablo 2.4	Kolon şeridine giden mesnet momenti yüzdesi (Kenar mesnet)	33
5.	Tablo 3.1	Örnek : 1'in çözüm sonuçları	56
6.	Tablo 3.2	Örnek : 2'nin çözüm sonuçları	57
7.	Tablo 3.3	Örnek : 3'ün çözüm sonuçları	57
8.	Tablo 3.4.a	Kiriş boyutlarının değiştirilmesi halinde çözüm sonuçları (Örnek:1)	58
9.	Tablo 3.4.b	Kolon boyutlarının değiştirilmesi halinde çözüm sonuçları (Örnek:1)	58
10.	Tablo 3.4.c	Tek yükleme (q) yapılması halinde çözüm	59
11.	Tablo 3.4.d	Çerçevelere gelen toplam momentler	59
12.	Tablo 3.5	Kiriş boyutlarının değiştirilmesi halinde çözüm sonuçları (Örnek:2)	60
13.	Tablo 3.6	Kiriş boyutlarının değiştirilmesi halinde çözüm sonuçları (Örnek:3)	61
14.	Tablo 3.7	Eşdeğer Çerçeve Yöntemi ile Yapılan Çözümün sonuçları (Örnek:4)	63
15.	Tablo 3.8	Çerçevelere gelen toplam momentler (Örnek:4)	64
16.	Tablo 4.1	Hareketli yükün tüm açıklıklarda bulunması halinde sonuçların karşılaştırılması	76

Ş E K İ L L İ S T E S İ

S.N.	ŞEKİL NO	İÇERİĞİ	SAYFA
1.	Şekil-2.1	Aşırı yük altında kirişsiz döşemede çatlaklar (üstte)	8
2.	Şekil-2.2	Aşırı yük altında kirişsiz döşemede çatlaklar (altta)	8
3.	Şekil-2.3	Aşırı yük altında kirişli döşemede çatlaklar (üstte)	10
4.	Şekil-2.4	Aşırı yük altında kirişli döşemede çatlaklar (altta)	10
5.	Şekil-2.5.a	Kirişsiz döşeme	12
6.	Şekil-2.5.b	Kirişli döşeme	13
7.	Şekil-2.6	Kirişsiz döşemeler için etkili başlık boyutu	13
8.	Şekil-2.7	Sürekli plaklarda mesnet momentleri için alınacak m katsayıları	23
9.	Şekil-2.8	Eşdeğer çerçeve	29
10.	Şekil-2.9	Çalışan tabla genişliği (be)	34
11.	Şekil-2.10	Döşeme - kiriş elemanının rijitliğinin (Ksb) hesabı için kesitler	36
12.	Şekil-2.11	Kiriş rijitliklerinin kolon benzerliği metodu ile hesabı	37
13.	Şekil-2.12	Kolon rijitliklerinin (Kc) hesabı için kesitler	39
14.	Şekil-2.13	Kirişli döşemede kolon rijitliğinin hesabı	39
15.	Şekil-2.14	Değişik durumlar için burulma elemanı	42
16.	Şekil-2.15	Kolon eşdeğer eğilme rijitliği	43
17.	Şekil-2.16	Eşdeğer çerçeve elemanları	44
18.	Şekil-2.17	Mesnet momenti için kritik kesitler	45
19.	Şekil-2.18	Akış diyagramı	47

VIII

20.	Şekil-2.19	Dört kenarından mesnetlenmiş bir döşeme- de kırılma çizgisi örnekleri	49
21.	Şekil-2.20	Betonarme döşemede ideal ve tipik M-Ø diyagramı	50
22.	Şekil-3.1	Örnek döşeme sistemi : 1	52
23.	Şekil-3.2	Örnek döşeme sistemi : 2	53
24.	Şekil-3.3	Örnek döşeme sistemi : 3	54
25.	Şekil-3.4	Örnek döşeme sistemi : 4	62
26.	Şekil-4.1	Örnek:1'in grafik olarak gösterilmesi (X Doğrultusu)	66
27.	Şekil-4.2	Örnek:2'nin grafik olarak gösterilmesi (X Doğrultusu)	68
28.	Şekil-4.3	Örnek:2'nin grafik olarak gösterilmesi (Y Doğrultusu)	69
29.	Şekil-4.4	Örnek:3'ün grafik olarak gösterilmesi (X Doğrultusu)	71
30.	Şekil-4.5	Örnek:3'ün grafik olarak gösterilmesi (Y Doğrultusu)	72
31.	Şekil-4.6	Kiriş boyutlarının artırılması halinde, döşeme momentlerindeki değişim oranları ..	73
32.	Şekil-4.7	Örnek :1 için kolon boyutlarının artı- rılması halinde döşeme momentlerindeki değişim oranları (%)	74
33.	Şekil-4.8	Örnek :1 için üstte kolon bulunmaması halinde döşeme momentlerindeki değişim oranları (%)	75
34.	Şekil-4.9	Döşeme momentleri (1. Örnek)	78
35.	Şekil-4.10	Döşeme momentleri (2. Örnek)	79
36.	Şekil-4.11	Döşeme momentleri (3. Örnek)	79
37.	Şekil-4.12	1. Örnek için karşılaştırma	81
38.	Şekil-4.13	4. Örnek için karşılaştırma	82
39.	Şekil-5.1	$l_1 = l_2$ için momentlerin orta ve kolon şe- ritlerine dağılımı	86

TERİMLER VE SEMBOLLER

- A Alan
- a Mesnet genişliği
- be Tablalı kirişlerde tabla genişliği
- bw Tablalı kirişlerde gövde genişliği
- C Burulma eylemsizlik momenti
- c_1 Eşdeğer çerçeve yönteminde kolon enkesitinin çerçeve yönündeki boyutu
- c_2 Eşdeğer çerçeve yönteminde kolon enkesitinin çerçeveye dik yöndeki boyutu
- D Kiriş yüksekliği
- E_c 28 günlük betonun elastisite modülü
- E_s Çelik elastisite modülü
- fyd Hesapta kullanılacak çelik akma dayanımı
- G_c 28 günlük betonun kayma modülü
- g Döşeme üzerindeki düzgün yayılı ölü yük
- hf Minimum döşeme kalınlığı
- H Kat yüksekliği
- I Atalet momenti
- Ib Tablalı kirişin atalet momenti
- Ic Brüt beton kesitinin ağırlık merkezine göre atalet momenti
- Is Eşdeğer çerçeve yönteminde döşeme kesiti atalet momenti
- Isb Eşdeğer çerçeve yönteminde döşeme-kiriş kesiti atalet momenti
- Kc Kolon eğilme rijitliği
- Kec Kolon eşdeğer eğilme rijitliği
- Ks Moment hesaplanan yöndeki döşemelerin eğilme rijitliği
- Kt Kirişin burulma rijitliği
- l Açıklık, eleman boyu
- l_n Kenardaki plakların kenara paralel momentleri hesaplanırken, dıştan kenar döşeme ortasına olan uzaklık veya uzun kenar doğrultusundaki serbest açıklık

l_{yn}	Uzun kenar doğrultusundaki serbest açıklık
l_x	Döşemenin kısa kenar uzunluğu
l_y	Döşemenin uzun kenar uzunluğu
l_0	Serbest açıklık
l_1	Çerçeve yönündeki kiriş veya döşeme açıklığı
l_2	Çerçeveye dik yönde kiriş veya döşeme açıklığı
M	Eğilme momenti
M_0	Eşdeğer izostatik kirişin eğilme momenti
m	Döşemelerde uzun kenarın kısa kenara oranı
p	Döşeme üzerindeki düzgün yayılı hareketli yük
q	Döşeme üzerindeki düzgün yayılı toplam yük
x	Dikdörtgenin kısa kenarı
y	Dikdörtgenin uzun kenarı
α	Katsayı
α_{ec}	Dış kolonun eşdeğer eğilme rijitliğinin, moment yönündeki döşeme eğilme rijitlikleri toplamına oranı
α_p	Sürekli olan kenarların toplam uzunluğunun döşeme çevresi uzunluğuna oranı
α_1	Çerçeve yönündeki kiriş eğilme rijitliğinin, eşdeğer çerçeveyi oluşturan döşeme eğilme rijitliğine oranı
β	Katsayı
β_t	Kenar kirişlerin burulma rijitliğinin, kiriş açıklığı genişliğinde döşeme parçasının eğilme rijitliğine oranı
e	Döşemelerde uzun kenarın kısa kenara oranı
μ	Poisson oranı
\emptyset	Birim dönme açısı

Ö N S Ö Z

Tez çalışmam süresince, araştırma konusunun ve kapsamının oluşturulmasında yardım, ilgi ve katkılarından dolayı tez yöneticim sayın Doç. Dr. Şerif SAYLAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Balıkesir, Mayıs 1992

İnş. Müh. Hasan ELÇİ

1. GİRİŞ

Mesnet şartları ne olursa olsun kendi düzlemine dik doğrultuda gelen yükleri taşıyan iki boyutlu, yüzeysel düzlem yapı elemanlarına plak denir. Plaklar tek veya çift doğrultuda çalışacak biçimde ve çizgisel ya da noktâsal olarak mesnetlendirilebilirler. Plakta her iki yüzden eşit uzaklıktaki düzleme ortalama düzlem denir. Plakların hesabı bu ortalama düzlem esas alınarak yapılır.[1],[2]

Plaklarda işletme yükleri altında, kısaca kullanım şartları olarak bilinen; a) malzemenin elastik kalması, b) çatlak genişlikleri ve gökmelerin belirli bir değerden küçük olması şartlarının sağlanması gereklidir. Ancak çok defa ilk boyut vermede bazı minimum değerler gözönünde bulundurularak bu şartlar sağlanabilir.[1]

Doğrudan doğruya kolonlara mesnetlenen plaklara kirişsiz döşeme, kirişlere oturan ve onlarla birlikte çalışan plaklara kirişli döşeme, ve eğer kiriş araları belli bir sınırı aşmazsa buna da dişli döşeme denir. Döşeme adı, taşıyıcı kısımlardan ayrı olarak döşeme örtüsü ve tavan elemanlarını da kapsamına alır. Isı, ses ve su izolasyonu için kullanılan elemanlar da bunlar arasındadır.[2]

Döşemeler, çalışma ve teşkil şekline göre sınıflandırılırlar.[2],[3]

I. Çalışma şekline göre;

- a) Tek doğrultuda çalışan döşemeler
- b) Çift doğrultuda çalışan döşemeler

II. Teşkil şekline göre;

- a) Kirişli döşemeler

b) Kirişsiz döşemeler

c) Dişli döşemeler

I.a) Tek doğrultuda çalışan döşemeler

Eğer betonarme bir döşeme karşılıklı iki kenarından mesnetleniyorsa ve diğer iki kenarı boşlukta ise tek doğrultuda çalışır. Ancak dört kenarından mesnetlenmiş olmasına rağmen uzun kenarın kısa kenara oranı 2'den büyük veya eşit ise yani; $(l_y/l_x \geq 2)$ ya da döşeme dişli olarak teşkil ediliyorsa tek doğrultuda çalışır.

I.b) Çift doğrultuda çalışan döşemeler

Dört kenarından mesnetlenmiş döşeme daima yükünü iki doğrultuda mesnetlere iletir. Düzgün yayılı yükü yüklenmiş bir döşemede, kenar oranları arasındaki fark büyüdükçe, yükün büyük bir kısmı kısa doğrultuyu izleyerek mesnetlere aktarıldığı halde; döşeme kareye benzediği oranda, yükün iki doğrultuda mesnetlere aktarılması önem kazanır. İki doğrultuda çalışma mesnetlenme şartlarına bağlı ise de kenarları oranı $l_y/l_x < 2$ için daha belirgin hale gelir.[3]

II.a) Kirişli döşemeler

Kenarları boyunca kirişlere mesnetlenmiş olan döşemelere kirişli döşemeler denir. Bu tür döşemelerde hesaba esas olan kesit tesirleri mesnetlerde, mesnedi oluşturan kiriş kenarlarındaki düzeltilmiş mesnet momenti, açıklıklarda ise maksimum açıklık momentidir. Kirişli döşemeler mesnetlenme şekline ve kenar oranlarına bağlı olarak tek veya çift doğrultuda çalışıyor olabilirler.[3]

II.b) Kirişsiz döşemeler

Kirişlere mesnetlenmeksizin doğrudan doğruya kolonlar tarafından taşınan, iki doğrultuda çalışan döşeme sistemlerine

kirişsiz döşeme denir. Kolon başlarında yoğunlaşmış olan etkileri karşılamak için genellikle bir başlık yapılır. Yapılan bu başlığın görünüşünden dolayı bunlara mantar döşeme adı verilmiştir.[2]

Kirişsiz döşemeler genellikle yapı yüksekliğinin az tutulması gereken yerlerde ve düz bir tavan istendiğinde uygun olurlar. Tavanda süreklilik gerektiren depolarda, hafif ve değişebilen bölmeli bürolarda, fazla derine inmesi istenmeyen temellerde ve benzeri durumlarda kullanılırlar. Kalıp, demir ve betonlama işçilikleri kirişli döşemelere oranla daha basit ve ekonomiktir. Buna karşılık daha çok donatı kullanılır. Bu bakımdan ekonomik olup olmadıkları, yük ve açıklıklara göre her özel durum için ayrı ayrı incelenmelidir.

Kirişsiz döşemeler gerek hesap, gerekse inşaatlarının basit ve kolay olması, özel problemlerinin çıkmaması için düzgün sıralanmış birbirine dik eksenler üzerindeki kolonlara oturmalıdır. Ayrıca her iki doğrultuda en az üç açıklığın bulunması ve kenar açıklıkların iç açıklıklara göre biraz küçük düzenlenmesi momentlerin dengelenmesi bakımından uygun olur.[2]

II.c) Dişli döşemeler

Serbest açıklıkları 70 cm.'yi geçmeyecek şekilde düzenlenmiş kirişlerden oluşan döşemeler dişli döşeme olarak tanımlanır. Dişler arası boş bırakılabileceği gibi taşıyıcı olmayan hafif boşluklu pişmiş toprak, beton ve benzeri bloklarla doldurulabilir.

Her iki doğrultuda dişli olarak teşkil edilen döşemelere çift doğrultuda çalışan dişli döşeme veya kaset döşeme adı verilir.

Büyük açıklıklarda, kalınlaşan plak döşemeler yerine dişli döşeme kullanılması ile basınç bölgesinde gerekli beto-

nun bulunmasına karşılık dişler arasının boş bırakılmasından ileri gelen önemli hafiflik bu tür döşemelerin üstün taraflarındır. Bunun yanısıra yükseklik, ağırlığı çok arttırmadan büyütülebileceğinden çelikten de büyük ölçüde tasarruf sağlanmış olur.[2]

Ülkemizde betonarme yapıların hesap ve yapım kuralları, Türk Standartları Enstitüsünce hazırlanan, TS 500 numaralı şartname ile belirlenmiştir. Uzun bir süre yürürlükte kalan eski TS 500, 22.Aralık.1981 günü TSE teknik kurulunca kabul edilmiş ve teknik kurulun 26.Aralık.1983 ve 24.Nisan.1984 tarihli toplantılarında tadil edilmiş ve Mart 1986'da resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir.

Yeni ve eski şartnameler arasında farklar vardır. Eski şartnamede Alman yaklaşımı hakim olmakla beraber yeni şartnamede Amerikan şartnamesinin ön plana geçirildiği ve Taşıma Gücüne göre hesap ilkelerinin Elastik Hesap Yöntemi ile birlikte yer aldığı görülmektedir.[4]

Bu çalışmada çift doğrultuda çalışan döşemelerin çözüm yöntemleri üzerinde durulmuş ve TS 500'de Genel Yöntem olarak verilen Eşdeğer Çerçeve Yöntemi detaylı olarak açıklanmıştır. Ayrıca çift doğrultuda çalışan, kirişli ve kirişsiz-başlıksız döşemeler için plak eğilme momentlerini Eşdeğer Çerçeve Yöntemine göre hesaplayan bir bilgisayar programı ekte verilmiştir. (Ek:1)

Kirişli döşemeler için Eşdeğer Çerçeve Yönteminden başka;

- a) Moment katsayıları yöntemi
- b) Marcus metodu
- c) Sürekli kiriş teorisi

d) Kırılma çizgileri teorisi

gibi çözüm yöntemleri kısaca açıklanmıştır. Zaten Kırılma Çizgileri Teorisi dışında oldukça yaygın olarak kullanılan ve bir çok kaynakta da bulunabilen bu çözüm yöntemleri üzerinde fazla durulmayıp, yöntemlerle ilgili temel bilgiler verilmiştir.

Bu dört yöntemin ortak yanı, döşeme momentlerini giriş ve kolon rijitliklerinden bağımsız olarak hesaplamalarıdır. Yani, (döşemenin mesnetlendiği girişin genişliği dışında) giriş ve kolon boyutları döşeme momentlerine hiçbir şekilde etki etmemektedir. İşte Eşdeğer Çerçeve Yöntemini bu yöntemlerden ayıran esas fark budur.

Amerika Birleşik Devletleri'nde 1929 yılından başlayarak ilk çalışmaları yapılan ve yine bu ülkede ilk kez 1933 yılında şartnamelere giren Eşdeğer Çerçeve Yöntemi [5] ülkemiz için oldukça yenidir. Bu yüzden daha çok Amerika Birleşik Devletleri'nde yayınlanmış makale, rapor ve kitaplar ile Amerikan Betonarme Şartnamesi ACI 318-83'den yararlanılmıştır. Yararlanılan bir diğer önemli kaynak ise TS 500'dür.

Eşdeğer Çerçeve Yöntemi ile ilgili olarak Amerika Birleşik Devletleri'nde birçok araştırma ve deneyler yapılmıştır. [5] Yapılan bu deneyler sonucu çözüm yönteminin geçerliliği kanıtlanmış ise de, seçilen örneklerin hep kare olması bu geçerliliği tartışılır hale getirmektedir. Çünkü kare ve kareye çok yakın döşemeler için bütün çözüm yöntemlerinin yaklaşık aynı sonucu vermelerine karşı, döşeme boyutları kareden uzaklaştıkça Eşdeğer Çerçeve Yöntemi ile yapılan çözüm sonuçları, diğer çözüm yöntemlerinden elde edilen sonuçlardan belirgin bir şekilde ayrılmaktadır. Bu farkın en önemli nedeni, Eşdeğer Çerçeve Yönteminde döşemelerin, öngörülen bütün yükleri hesap yapılan doğrultuda taşıyan, eşdeğer çerçeve genişliğinde bir giriş gibi düşünülüyor olmasındandır. Bunun sonucu olarak uzun açıklık doğrultusundaki momentler daha büyük çıkmaktadır.

Aynı doğrultudaki dikdörtgen döşemelerden oluşan bir sistemde kısa açıklık doğrultusunda eşdeğer çerçeve genişliği ve buna bağlı olarak çerçeve üzerindeki düzgün yayılı q yükü, uzun açıklık doğrultusuna nazaran daha büyüktür. Buna rağmen uzun açıklık doğrultusundaki döşeme açıklık ve mesnet momentlerinin daha büyük çıkmasının nedeni, momentlerin hesap yapılan açıklığın karesiyle orantılı olarak artmasındandır.

Çift doğrultuda çalışan döşemelerin Eşdeğer Çerçeve Yöntemi ile çözümü, diğer çözüm yöntemlerine nazaran daha uzun ve karmaşıktır. Fakat bu yöntemle hem kirişli, hem kirişsiz döşemelerin hesabının yanısıra eşdeğer çerçevenin yatay yükler altında çözümü de yapılabilir.

Yapılan bu çalışmada asıl amaç Eşdeğer Çerçeve Yöntemi ni eleştirmekten çok tanıtmaktır. Ancak yeri geldikçe, yöntemin aksayan yönleri üzerinde durulmuş ve bu aksaklıkları gidermek için önerilerde bulunulmuştur. Böylece kirişli veya kirişsiz, çift doğrultuda çalışan bütün döşemelere ve aynı zamanda yatay yükler altında çözüme imkan veren bu yöntem daha iyi bir şekilde tanıtılmıştır.

Açıklanan çözüm yöntemleri ile, kirişlere mesnetlenmiş, çift doğrultuda çalışan ve her iki doğrultuda açıklık sayıları eşit olan döşeme sistemleri her iki doğrultuda ayrı ayrı çözülmüş ve bulunan sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. ÇİFT DOĞRULTUDA ÇALIŞAN DÖŞEMELER

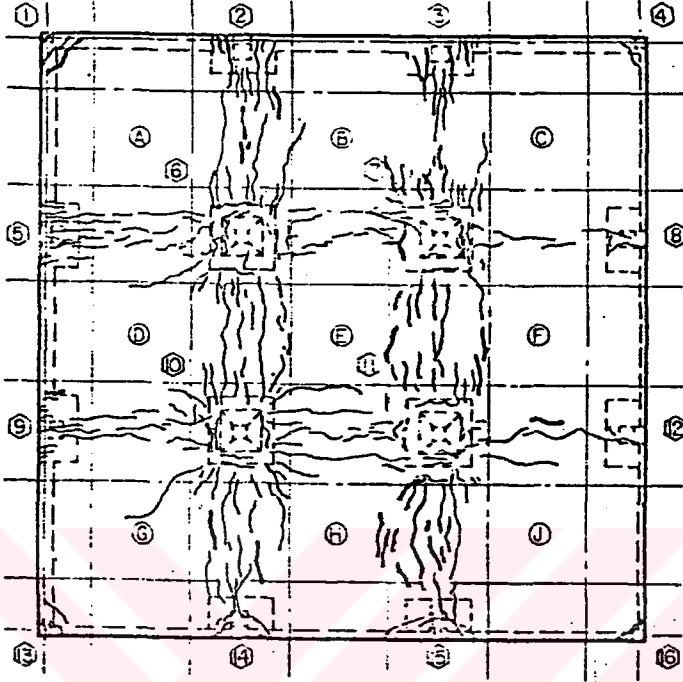
2.1. Deneysel Çalışmalar

Çift doğrultuda çalışan kirişli ve kirişsiz döşemelerin yapısal davranışlarının belirlenmesi amacıyla birçok araştırma ve deneyler yapılmıştır.[6],[7],[8]

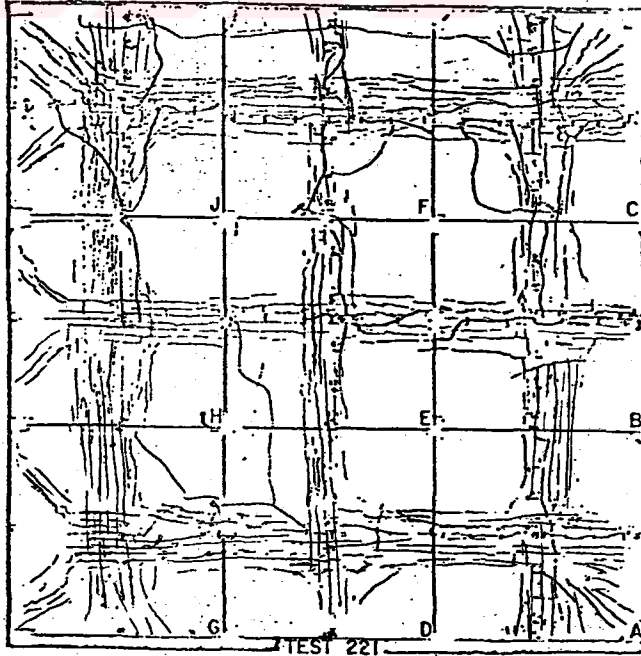
Amerika Birleşik Devletleri'nde, 20 Şubat-19 Mayıs 1959 tarihleri arasında yapılan bir deneyde, her iki doğrultuda birbirine eşit 3 açıklığı bulunan ve her açıklığı 5'-0" (152.4 cm.) olan bir kirişsiz döşeme sistemi denenmiştir.[7] Yapılan bu deney sonucunda döşemeler üzerindeki üniform yükün kademeli olarak artırılmasıyla döşemelerde meydana gelen çatlak ve deformasyonlar gözlenmiştir.

Döşemelere uygulanan yüklerin artırılması sonunda yapılan dikkatli bir muayenede ilk çatlakların iç kolon başlıklarının dış yüzlerinde meydana geldiği görülmüştür. Bunu, içteki kolon mantar başlıklarının kenarlarındaki çatlaklar izlemiştir. Yükün sürekli olarak artırılması sonucu döşeme üst yüzeyinde kolon mantar başlığından başlayarak, kolon eksenleri boyunca ilerleyen çatlaklar meydana gelmiştir.(Şekil-2.1)

Bu deneyde, döşeme üst yüzeyinde oluşan çatlaklardan hemen sonra döşeme alt yüzeyinde de çatlakların meydana geldiği gözlenmiştir. Alttaki çatlaklar ilk olarak dış döşemelerin kenarlarına paralel ve dıştan itibaren açıklığın 1/3 mesafesinde meydana gelmiştir. Bunu iç döşemelerin açıklık ortalarındaki çatlaklar izlemiştir.(Şekil-2.2)



Şekil-2.1 Aşırı yük altında kirişsiz döşemede çatlaklar (üstte)



Şekil-2.2 Aşırı yük altında kirişsiz döşemede çatlaklar (altta)

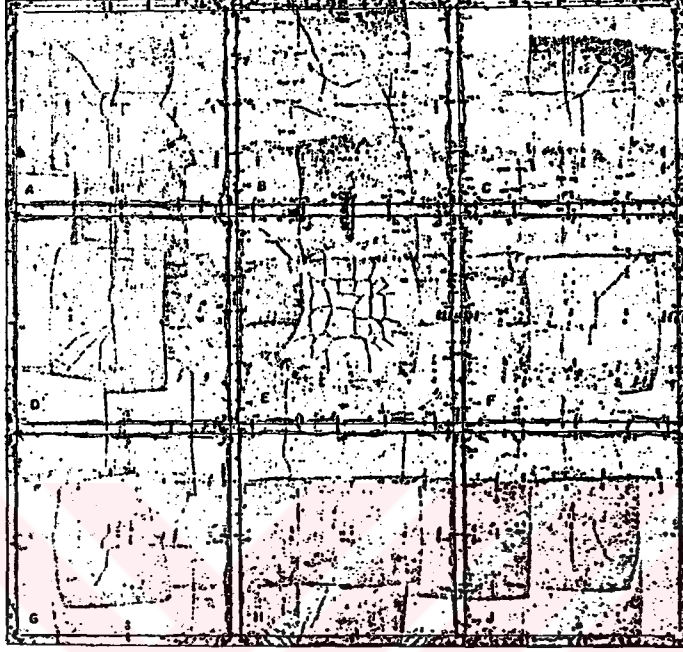
Yükün daha da artırılması ve kırılma yükünün üzerinde bir yükleme yapılması sonucu, mevcut çatlakların genişlediği ve bu çatlaklara paralel yeni çatlakların oluştuğu görülmüştür.

Yine Amerika Birleşik Devletleri'nde, 29 Eylül-17 Aralık 1959 tarihleri arasında yapılan bir deneyde, her iki doğrultuda birbirine eşit 3 açıklığı bulunan ve her açıklığı 5'-0" (152.4 cm.) olan bir kirişli döşeme sistemi denenmiştir.[8] Yapılan bu deney sonucunda döşemeler üzerindeki üniform yükün kademeli olarak artırılmasıyla döşemelerde meydana gelen çatlak ve deformasyonlar gözlenmiştir.

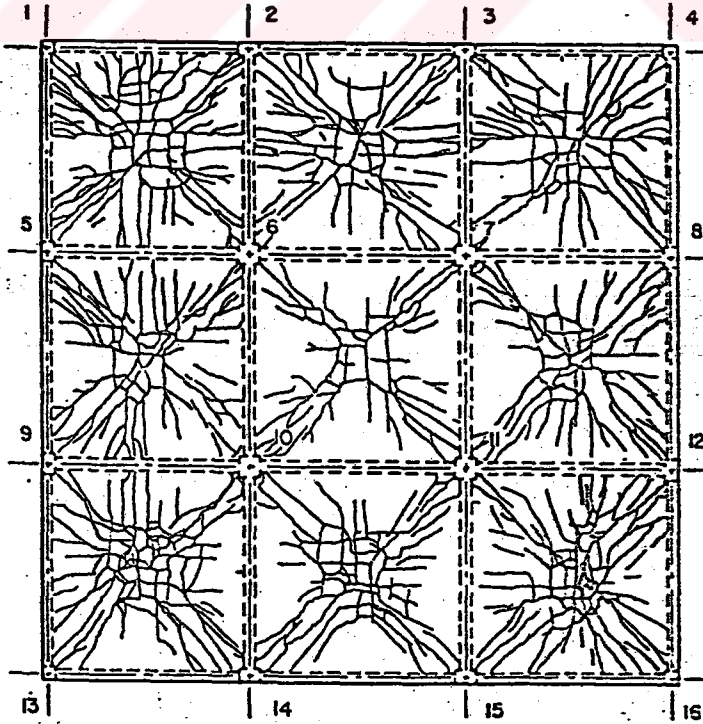
Döşemelere uygulanan yüklerin düzenli olarak artırılması sonucu ilk çatlakların, döşeme üst yüzeylerinde ve içteki kirişlerin yan yüzleri boyunca meydana geldiği görülmüştür. (Şekil-2.3) Bunu, yine döşeme üst yüzeyinde kenar kirişlerin yan yüzleri boyunca oluşan çatlaklar ve döşeme alt yüzeyinde ise orta şeritlerin açıklık ortalarındaki çatlaklar izlemiştir. (Şekil-2.4) Yüklerin daha da artırılması sonucunda mevcut çatlakların genişlediği ve bu çatlaklara paralel yeni çatlakların oluştuğu görülmüştür.[8]

Kirişli döşemede ilk çatlakların döşeme üst yüzeylerinde ve içteki kirişlerin yan yüzleri boyunca oluşması, en büyük momentlerin, iç mesnetlerdeki momentler olduğunu göstermektedir.

Şekil-2.4'de görüldüğü gibi döşeme alt yüzeylerindeki en büyük çatlaklar köşelerde bulunan döşemelerdeki çatlaklardır. Daha sonra kenar döşemelerdeki çatlaklar gelmektedir. Bu da kenar kirişlerin burulma rijitliğinin az olması nedeniyle, kenar kirişlerin basit mesnet olarak alınması kabulünü doğrulamaktadır. En az çatlak ise ortadaki döşemededir. Dört kenarı ankastre olarak kabul edilen ortadaki döşemede oluşacak mesnet momentlerinden dolayı açıklık momentleri azalmış ve bunun so-



Şekil-2.3 Aşırı yük altında kirişli döşemede çatlaklar (üstte)



Şekil-2.4 Aşırı yük altında kirişli döşemede çatlaklar (altta)

nucu olarak daha az çatlak meydana gelmiştir. Ayrıca en büyük çatlakların döşeme ortalarında meydana gelmesi orta şerit momentlerinin daha büyük olduğunu göstermektedir. Bunun nedeni ise kolon şeridine gelen momentlerin büyük bir kısmının o yöndeki kirişler tarafından taşınıyor olmasıdır.

2.2. Şartname Kayıtları (TS 500)

İki doğrultuda çalışan plaklar kiriş veya duvarlara oturabileceği gibi, doğrudan kolonlara da oturabilir. Aşağıdaki yöntemler çift doğrultuda çalışan plaklardan yalnız dikdörtgen olanlar için geçerlidir.

- a) Eşdeğer Çerçeve Yöntemi
- b) İki Doğrultuda Donatılı Döşemeler İçin Yaklaşık Yöntem
- c) İki Doğrultuda Donatılı Kirişsiz Döşemeler İçin Yaklaşık Yöntem

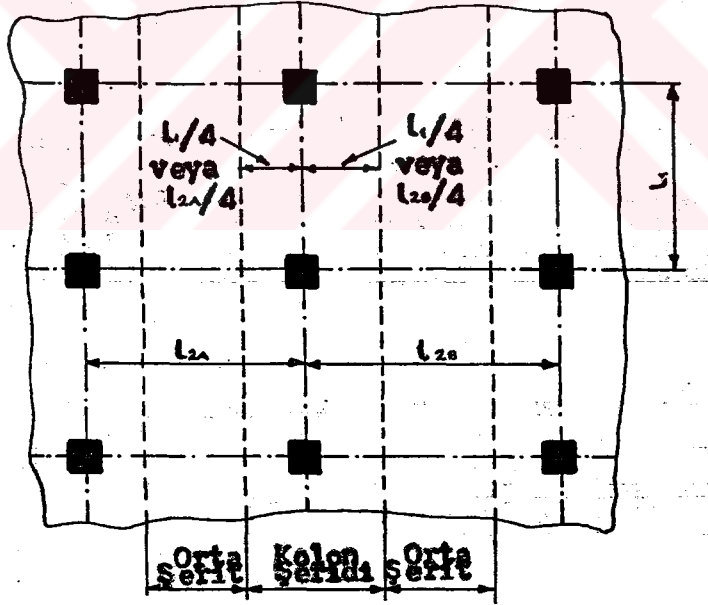
İki doğrultuda çalışan sürekli plakların hesabı, (kirişli ve kirişsiz döşemeler) « (a) Eşdeğer Çerçeve Yöntemi » veya geçerliliği kanıtlanmış diğer yöntemlerle yapılmalıdır. Açıklıkların birbirinden fazla farklı olmadığı veya daha kesin hesaba gerek duyulmadığı durumlarda kirişli ve kirişsiz döşemeler için (b) ve (c)'de verilen iki ayrı yaklaşık yöntem veya doğruluğu deneysel olarak da kanıtlanmış diğer yaklaşık yöntemler de uygulanabilir.

İki doğrultuda çalışan plakların moment ve kaymaya göre hesabı yapılırken, genişliği kolon akslarının her iki yönündeki döşeme ortaları arasındaki uzaklık kadar olan döşeme şeridi temel alınır. Bu şerit, varsa moment hesaplanan yönde kolondan kolona uzanan kirişleri de içerir.

Yukarıda tanımlanan döşeme şeridi için hesaplanan momentler Şekil-2.5'de gösterilen kolon ve orta şeritler arasında paylaştırılmalıdır.

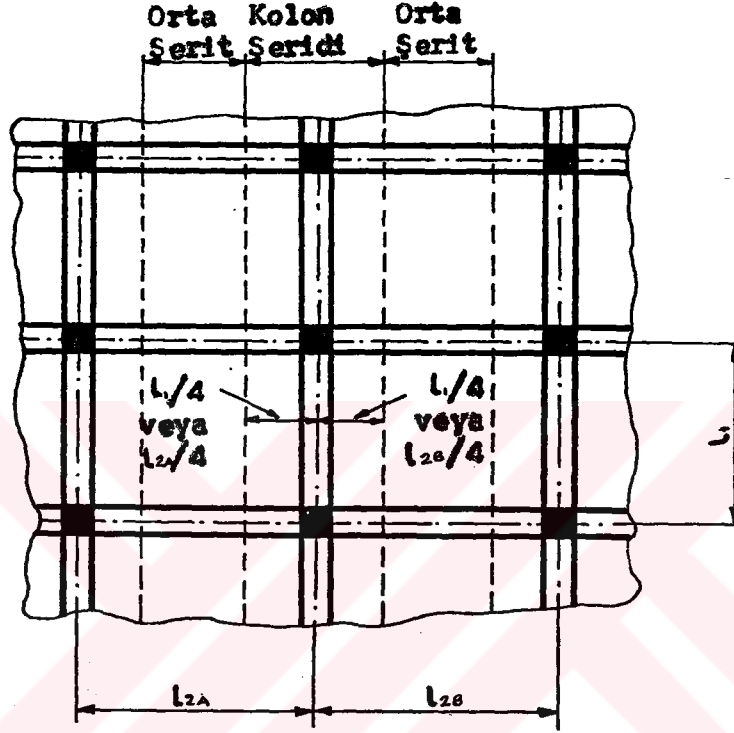
Kolon şeridinin genişliği kolon (veya perde) aksının her iki yönünde $0.25l_1$ veya $0.25l_2$ 'den küçük olanı temel alınarak belirlenir. Şekil-2.5.a

Kolon şeridi, varsa kirişleri de kapsar. Şekil-2.5.b Kolon şeritleri arasında kalan döşeme parçası da orta şerit olarak tanımlanır. l_1 moment hesaplanan yöndeki döşeme açıklığı, l_2 ise ona dik yöndeki döşeme açıklığıdır.

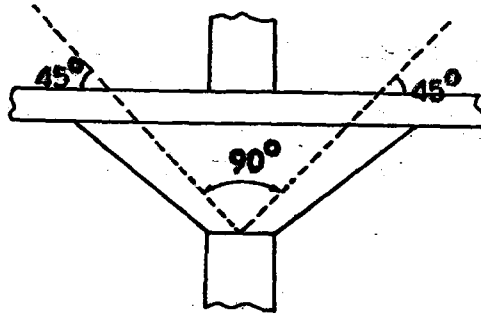


Şekil-2.5.a Kirişsiz döşeme

Kirişsiz döşemeler başlıklı veya başlıksız yapılabilir. Kolon başlığında 45° 'den daha dik olan parça hesapta gözönüne alınmamalıdır. Şekil-2.6



Şekil-2.5.b Kirişli döşeme



Şekil-2.6 Kirişsiz döşemeler için etkili başlık boyutu

Kirişsiz döşemelerde, dayanım ve kullanılabilirliğin sağlandığının kanıtlanması koşulu ile herhangi bir boyutta boşluk bırakılabilir. Döşemelerdeki boşlukların aşağıdaki koşulları sağladığı durumlarda bu kanıtlamaya gerek yoktur.

- İki dik doğrultudaki orta şeritlerin kesiştiği bölgede, gereken donatının yerleştirilebildiği durumlarda.
- İki dik doğrultudaki kolon şeridinin kesiştiği bölgede, boşluğun en büyük boyutunun, kolon şeridi genişliğinin 1/8'inden fazla olmadığı durumlarda (boşluklar nedeniyle yerleştirilemeyen donatı boşluk kenarına konulmalıdır).
- Bir kolon şeridi ile orta şeridin kesişmesi ile oluşan bölgede, bu şeritlerin donatısının 1/4'ten fazlası boşlukça kesilmemelidir. Ayrıca, boşluk nedeni ile yerleştirilemeyen donatı boşluk kenarına konmalıdır.
- Boşluklar dikkate alınarak hesaplanan zımbalama dayanımı bu şartnamede öngörülen güvenliği sağlamalıdır.

Minimum döşeme kalınlıkları; kirişli döşemelerde 8 cm.'den ve (2.1) bağıntısı ile hesaplanan değerden, kirişsiz döşemelerde ise 15 cm.'den ve (2.2) bağıntısı ile hesaplanan değerden az olmamalıdır.[9]

$$hf \geq \frac{l_{yn} \cdot (800 + B \cdot f_{yd})}{36000 + 5000(m)(1 + \alpha_p)} \quad (2.1)$$

$$hf \geq \frac{l_{yn} \cdot (800 + B \cdot f_{yd})}{36000} \quad (2.2)$$

hf : minimum döşeme kalınlığı

l_{yn} : uzun kenar doğrultusundaki serbest açıklık

m : uzun kenarın kısa kenara oranı

α_p : sürekli olan kenarların toplam uzunluğunun döşeme çevresi uzunluğuna oranı

B : fyd N/mm² ise 0.70, fyd kg/cm² ise 0.07

fyd : hesapta kullanılacak çelik akma dayanımı

Kirişsiz döşemeler için minimum döşeme kalınlığı, Amerikan şartnamesi ACI 318'de aşağıdaki şekilde verilmektedir.

$$h_{min} = \frac{l_{yn}(800+0.00035fyd)}{36000} \quad (2.3)$$

$$fyd \leq 4200 \text{ kg/cm}^2 \text{ için } h_{min} = l_{yn}/30 \quad (2.4)$$

Kanada şartnamesinde (CAN3-A23.3) ise aynı kalınlık

$$h_{min} = \frac{l_{yn}(800+0.00032fyd)}{36000} \quad (2.5)$$

şeklinde verilmektedir.[10]

2.3 Çift Doğrultuda Çalışan Döşemelerin Çözüm Yöntemleri

2.3.1. Kirişsiz Döşemeler İçin Yaklaşık Yöntem

Kirişsiz döşemelerin yaklaşık yöntemle hesabı için aşağıdaki koşulların sağlanması gereklidir.

- Her yönde en az 3 açıklık bulunmalıdır.
- Uzun kenarın kısa kenara oranı 2.0'dan fazla olmamalıdır.
- Herhangi bir yöndeki plak açıklıkları arasındaki fark en büyük açıklığın % 33'ünden fazla olmamalıdır.
- Herhangi bir kolonun çerçeve aksından sapma miktarı moment hesaplanan yöndeki açıklığın % 10'undan fazla

olmamalıdır.

- Yöntem sadece düşey yükler için geçerlidir. Ayrıca hareketli yükün de ölü yükün 3 katından fazla olmaması gerekir.

Herhangi bir döşeme açıklığında, pozitif açıklık ve ortalama negatif mesnet momentlerinin toplamı aşağıdaki bağıntıda belirtilen değerden az olmamalıdır.

$$M_0 = \frac{P \cdot l_2 \cdot l_n^2}{8} \quad (2.6)$$

P : toplam eşit yayılı yük (taşıma gücü için yük katsayıları ile çarpılmış değer).

l_2 : moment hesaplanan yöne dik iki komşu açıklığın ortalaması.

l_n : etkili kolon başlıkları arasındaki temiz açıklık

Serbest açıklık olan l_n kolon, perde veya etkili kolon başlıkları yüzleri arasındaki uzaklıktır. Ancak; $l_n \leq 0.65l_1$ olduğu durumlarda $l_n = 0.65l_1$ alınmalıdır. Burada l_1 , moment hesaplanan yönde mesnet ortaları arasındaki uzaklıktır.

Daire veya çokkenar kesitli kolonlar, aynı alanı veren kare kolonlara indirgenebilir. (Bölüm 2.3.2.4.'e bakınız.)

Hesaplarda temel alınacak mesnet momentini, mesnet yüzünde hesaplanmalıdır. (2.6)'da belirlenen M_0 momentinin açıklık ve mesnetlere paylaşılması aşağıdaki ilkelere göre yapılmalıdır.

- İç açıklık

$$\text{Açıklık momentini} = 0.35 M_0$$

$$\text{Mesnet momentini} = 0.65 M_0$$

- Kenar açıklık

$$\text{A açıklık momenti} = M_o \left[0.63 - \frac{0.28}{1 + \frac{1}{\alpha_{ec}}} \right] \quad (2.7)$$

$$\text{İç mesnette} = M_o \left[0.75 - \frac{0.10}{1 + \frac{1}{\alpha_{ec}}} \right] \quad (2.8)$$

$$\text{Dış mesnette} = M_o \left[\frac{0.65}{1 + \frac{1}{\alpha_{ec}}} \right] \quad (2.9)$$

α_{ec} : Dış kolonun eşdeğer eğilme rijitliğinin, moment yönündeki döşeme eğilme rijitlikleri toplamına oranı

$$\alpha_{ec} = \frac{K_{ec}}{\sum K_s} \quad (2.10)$$

K_{ec} : Burulma elemanlarını da içeren kolon eşdeğer eğilme rijitliği. (Bölüm 2.3.2.4. e bakınız.)

K_s : Moment hesaplanan yöndeki döşemelerin eğilme rijitliği.

Mesnedin iki yüzündeki momentlerin farklı olduğu durumlarda, büyük olanı kesit hesapları için temel alınmalıdır. Bu şekilde bulunan momentlerin kolon ve orta şeride paylaşılması Tablo : 2.2 , 2.3 ve 2.4'deki yüzdelere göre yapılmalıdır.[9]

2.3.2. Kirişli Döşemelerin Çözüm Yöntemleri

Çift doğrultuda çalışan kirişli döşemelerin çözüm yöntemleri değişik ülke şartnamelerinde farklı şekillerde verilmektedir. Amerikan Betonarme Şartnamesi ACI 318-83'de[11], kirişli ve kirişsiz bütün döşemelere uygulanabilen Direkt Dizayn Yöntemi ve Eşdeğer Çerçeve Yöntemi verilmektedir. Eşdeğer Çerçeve Yöntemi TS 500'de de aynen kullanılmakta iken Alman Betonarme Şartnamesi DIN 1045 [12]'de böyle bir yöntemden söz edilmemektedir.

2.3.2.1. Moment Katsayıları Yöntemi

Bu hesap yolu Westergaard'ın 1926 yılında yayınlanan bir çalışması esas alınarak 1940 yılında bir komite tarafından gerekli görülen değişiklikler yapıldıktan sonra önerilmesi üzerine, ilk olarak 1947 yılında ABD şartnamesinde (ACI 318-47) yer alan metoda dayanmaktadır.[2] Eski Amerikan şartnamesi ACI 318-63'de de çift doğrultuda çalışan kirişli döşemelerin hesabı için verilen bu yöntem [13] günümüzde bu ülkede kullanılmaktadır.[11]

Amerikan şartnamesindeki katsayılar, Westergaard'ın deneysel ve teorik çalışmalar sonucu verdiği katsayıların komite tarafından değiştirilmiş değerleridir. Westergaard kirişlerde burulma rijitliği düşünmemiş olmakla beraber, komitenin onun verdiği negatif moment katsayılarını küçültmesi, süreksiz kenarlarda negatif moment katsayıları vermesi ve bir mesnette sağdan ve soldan gelen momentlerinin farkının yalnız 2/3'ünün plaklara uç redörleriyle orantılı dağıtılmasını talep etmesi, komitenin kirişlerde, plak uç redörleri mertebesinde bir burulma rijitliği kabul ettiğini göstermektedir.[1]

Kirişli döşeme sistemlerinde açıklıkların birbirinden

fazla farklı olmadığı veya daha kesin hesabın gerekli olmadığı durumlarda bu yöntem kullanılabilir.

Moment hesaplarında, negatif moment için plak mesnedi iç yüzü düzlemindeki kesit, pozitif moment için ise plak açıklık ortasındaki kesit temel alınmalıdır.

Döşeme momenti sınır koşulları ve uzun kenarın kısa kenara oranına (m) göre belirlenen α katsayısı kullanılarak hesaplanmalıdır. Bağlantıdaki l_x kısa doğrultudaki serbest açıklıktır.

$$M = \alpha \cdot q \cdot l_x^2 \quad (2.11)$$

Bağıntı (2.11) yardımıyla hesaplanan momentler bu bölümün başında tanımlanmış olan orta şeritler için geçerlidir. Kolon şeritleri için, bulunan moment 2/3 ile çarpılmalıdır. Ancak açıklığı fazla olmayan döşemeler için bulunan moment döşeme genişliği boyunca geçerli sayılabilir.

Ara mesnedin bir tarafındaki küçük negatif moment diğer taraftakinin 0.8 katından da az ise, aradaki farkın 2/3'ü bitişik plaklara rijitlikleri oranında dağıtılmalıdır. Bu yöntemde mesnet momentlerinin düzeltilmesine gerek yoktur.

Döşemenin serbestçe oturduğu varsayılan kenarlarında dönmenin herhangi bir yapısal düzenleme nedeniyle engellenmesi durumunda, kenarlarda meydana gelecek negatif moment Ek : 2'de döşeme açıklık ortası için verilen pozitif momentin belirli bir yüzdesi olarak alınmalıdır. Dönmenin tam engellendiği durumlarda bu yüzde % 66, diğer durumlarda % 56 varsayılabilir.

[9]

TS 500'de açık olarak belirtilmemekle birlikte, bu metot dört kenarından duvar ya da kirişlere oturan ve her iki durumda da bunlarla birlikte betonlanan dikdörtgen plaklar i-

ğın sınırlandırılmıştır. Mesnetlerin plağın dönmesine, burulma (kiriş) ya da eğilme (duvar) rijitlikleri ile karşı koymaları düşünülmüş, α katsayıları buna göre verilmiştir. Süreksiz kenarlarda negatif moment hesabı ile iç mesnetlerde iki yandaki plaklarda hesaplanan momentlerin farkı az ise aynen alınmaları ve fark büyükse bunun yalnız 2/3'ünün dağıtılması da bu kabulde dayanmaktadır. Bu bakımdan süreksiz kenarlarda burulma rijitliği olmayan kirişlere ve hatıllara oturan plaklar için kullanılmamalıdır. Ayrıca iç mesnetlerde de mesnet kirişinin burulma rijitliği yoksa mesnet momentleri farkının 2/3'ünü dağıtmak kuralı da geçersiz olur.

Açıklık olarak mesnet eksenleri arasındaki uzaklık ve temiz açıklığa plak kalınlığının iki katını ekleyerek bulunan değerden küçük olanı alınmalıdır.

Dört kenarından oturan dikdörtgen plaklarda kenarların oranı $m = l_y / l_x$ 'in bütün değerleri için bu metot kullanılabilir. Ancak $m > 2$ için momentler $m=2$ ye göre verilen katsayılarla hesaplanmalıdır.[2]

Bu yöntem ile ilgili olarak yapılan bir çalışmada, açıklık ve mesnet momentlerinin hesabı için α katsayıları yeniden aranmış ve mesnetlerde moment dengelenmesi için gerekli yardımcı tablolar hazırlanmıştır.[1]

TS 500'de bulunan moment katsayıları, taşıyıcı kirişler veya betonarme duvarlarla monolitik olarak dökülmüş ve kirişlerin burulma, duvarların eğilme rijitliği bulunan döşemeler içindir. Bu özellikler ve hesaplanan mesnet momentlerinin, mesnet kenarlarında hesaba esas olan momentler olduğu, moment hesabında kullanılan küçük açıklığın, mesnetler arası mesafe ile temiz açıklığa döşeme kalınlığının iki katını eklemek suretiyle bulunan uzunluğun küçüğü olduğu gibi hususlar TS 500'ün esasını teşkil eden eski Amerikan şartnamesinde olduğu hal-

de, TS 500'de kaydedilmemişlerdir.

Verilen katsayılarla hesabın p/g'nin hangi oranına kadar uygun olduğu ise Amerikan şartnamesinde de belirsizdir.[1]

2.3.2.2. Marcus Metodu

Dr. Marcus tarafından ortaya konan ve uzun süre şartnamelerde yer alan bir yaklaşık yöntemdir. Bu methoda bütün plaklar tek tek incelenir. Her plağın açıklığına ve mesnet şartlarına bağlı olarak momentleri hesaplanır.[2]

Düzgün yayılı q yükü ile yüklenmiş bir plakta bu yük, döşemelerin mesnetlenme biçimine ve açıklık oranlarına bağlı olarak, her iki doğrultudaki şeritlere aynı sehimi yaptıracak değerde χ_x katsayısı yardımıyla, q_x ve q_y olarak dağıtılıp hesap yapılır. (Ek : 4)

$$\epsilon = l_y / l_x \quad \text{olmak üzere;}$$

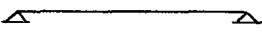
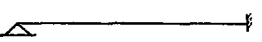

$$q_x = \frac{\alpha_y \cdot \epsilon^4}{\alpha_x + \alpha_y \cdot \epsilon} \cdot q = \chi_x \cdot q \quad (2.12)$$

$$q_y = \frac{\alpha_x}{\alpha_x + \alpha_y \cdot \epsilon^4} \cdot q = (1 - \chi_x) \cdot q \quad (2.13)$$

$$\chi_x = \frac{\alpha_y \cdot \epsilon^4}{\alpha_x + \alpha_y \cdot \epsilon^4} \quad \text{dir.} \quad (2.14)$$

Bağıntılarda kullanılan α_x ve α_y katsayıları mesnetlenme biçimine bağlı olarak Tablo 2.1'den alınır. Tablodaki m katsayıları ise moment hesabı içindir.

Tablo 2.1 Tek açıklıklı kirişte sehim ve moment hesabı için katsayılar

Mesnetlenme biçimi	α	m katsayısı	
		mesnette	açıklıkta
	5	∞	8
	2	-8	128/9
	1	-12	24

Plaktaki maximum açıklık ve mesnet momentlerinin hesabı için, açıklıklarda g ve $g+p$ yüklemesine eşdeğer olarak, bütün açıklıklarda bulunan

$$q' = q + \frac{p}{2} \quad (2.15)$$

değerinde bir yükleme ile bir açıklıkta $p/2$, yanındakinde ise $-p/2$ yük bulunan ve,

$$q'' = q \pm \frac{p}{2} \quad (2.16)$$

ile gösterilen ikinci bir yüklemenin toplamı gözönüne alınabilir.

$$q' \pm q'' = g, q \quad (2.17)$$

Buna göre herhangi bir açıklık momenti, plağın yerine göre, sürekli kenarları ankastre alınarak bulunacak mesnetlenme durumu j ile gösterilirse;

$$\max M_x = \frac{q' \cdot l_x^2}{n_{jx}} + \frac{q'' \cdot l_x^2}{n_{ix}} = l_x^2 \cdot \left(\frac{q'}{n_{jx}} + \frac{q''}{n_{ix}} \right) \quad (2.18)$$

$$\max M_y = \frac{q' \cdot l_x^2}{n_{jy}} + \frac{q'' \cdot l_x^2}{n_{iy}} = l_x^2 \cdot \left(\frac{q'}{n_{jy}} + \frac{q''}{n_{iy}} \right) \quad (2.19)$$

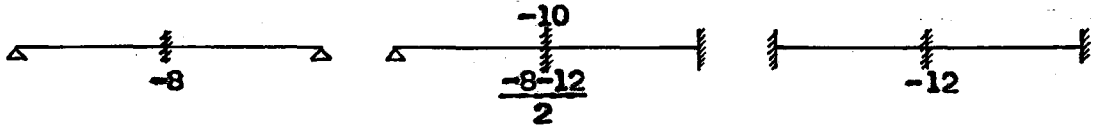
olarak hesaplanabilirler. Bağintıdaki n_x ve n_y katsayıları ise $\epsilon = l_y / l_x$ oranına ve mesnetlenme biçimine bağlı olarak Ek:4' de tablolar halinde verilmiştir.

Mesnet momentleri ise her iki doğrultu için aşağıdaki bağıntılarla hesaplanır.

$$X = \frac{\chi_{jx} \cdot q \cdot l_x^2}{m_x} = \frac{q_x \cdot l_x^2}{m_x} \quad (2.20)$$

$$Y = \frac{(1 - \chi_{jx}) \cdot q \cdot l_y^2}{m_y} = \frac{q_y \cdot l_y^2}{m_y} \quad (2.21)$$

Hesaplanacak mesnedin iki yanındaki plaklara ait χ , q ve l değerleri farklı ise bunların ortalamaları kullanılır. Mesnet momentlerinin bulunması için kullanılacak m_x ve m_y katsayıları Şekil-2.7'de gösterilmiştir.



Şekil-2.7 Sürekli plaklarda mesnet momentleri için alınacak m katsayıları

Bu şekilde hesaplanan mesnet momentleri aşağıdaki şekilde düzeltilmelidir.

$$\Delta X = \frac{q \cdot l_0 \cdot b_0}{4} \quad (2.22)$$

$$X' = X - \Delta X \quad (2.23)$$

Bağıntıdaki b_0 mesnet genişliğidir. (2.23) bağıntısı ile hesaplanan düzeltilmiş mesnet momentinin, l_0 serbest açıklık olmak üzere;

$$\min X' = \frac{q \cdot l_0^2}{12} \quad (2.24)$$

bağıntısı ile hesaplanan değerden daha küçük olmaması gerekir. Aksi halde $\min X'$ hesaba esas mesnet momenti olarak alınır.

Bu hesap yönteminin kullanılabilmesi için her iki doğrultudaki açıklıkların ayrı ayrı birbirine eşit olması veya $l_{\min} \geq 0.8 l_{\max}$ şartını sağlaması gerekir.[2] Bir doğrultudaki açıklıklar birbirinden çok farklı olurlarsa yukarıda açıklanan metodla hesap yapılması gerçeğe çok aykırı sonuçlar verir. [2] Böyle bir durumda plakların yükleri, her iki doğrultuda bileşenlerine ayrıldıktan sonra sürekli kiriş teorisine göre, en elverişsiz yüklemeler gözönüne alınarak, 1 m. genişliğinde bir döşeme şeridi için açıklık ve mesnet momentlerinin her iki doğrultuda en büyük değerleri bulunmalıdır.[2],[14]

2.3.2.3. Sürekli Kiriş Teorisi

Bölüm 2.3.2.1.'de açıklanan Moment Katsayıları Yöntemi Bölüm 2.3.2.2.'de açıklanan Marcus Metodu, kirişli döşeme sistemlerinde açıklıkların çok farklı olmadığı ve daha kesin hesabın istenmediği durumlarda çift doğrultuda çalışan kirişli döşemelerin hesabı için kullanılmasına izin verilen çözüm yöntemleridir.

Moment Katsayıları Yöntemi açıklıkların birbirinden fazla farklı olmadığı ve (şartnamelerde belirtilmemekle beraber) hareketli yükün çok fazla olmadığı durumlarda yaklaşık çözüm sağlayan bir yöntemdir.[1] Benzer şekilde Marcus Metodu da her döşemeyi ayrı ayrı incelediği ve döşemeler arasındaki yapısal davranışı gözönüne almadığı için hesaplanan momentlerin doğruluğu döşemelerin açıklıklarına, mesnetlenme şartları ve komşu döşemelerin durumuna bağlı olarak değişmektedir.

Bu nedenlerden dolayı, bir doğrultudaki açıklıkların birbirinden çok farklı olduğu veya hareketli yükün çok fazla olduğu durumlarda bu yöntemler gerçekten uzak sonuçlar verebilmektedir. Bu yüzden, bu tür döşeme sistemlerinin hesabı için Sürekli Kiriş Teorisi daha uygun bir çözüm imkanı sağlamaktadır. Bu yöntemde döşeme, 1 m. genişliğinde düzgün yayılı yükü yüklenmiş bir sürekli kiriş olarak çözülür. Bu çözümde hareketli yüklerin maximum momentleri oluşturacak en elverişsiz durumları gözönüne alınır. Maximum açıklık ve mesnet momentlerini hesaplamak için açıklık sayısının bir fazlası kadar yükleme yapılır.

Döşemenin 1 m. genişliğine gelen yükler Bölüm 2.3.2.2.'de açıklandığı şekilde, iki doğrultudaki şeritlere aynı sehimi yaptıracak değerde q_x ve q_y olarak dağıtılıp hesap yapılır.

Maximum açıklık momentlerinin hesabı için, maximum açıklık momenti hesaplanacak açıklık ile bunu izleyen açıklıkların birer atlayarak q toplam yükü ile yüklendiği, diğer açıklıkların ise sadece ölü yük ile yüklenmiş olduğu varsayılır. Maximum mesnet momentlerinin hesabı için ise, mesnedin her iki yanındaki açıklıklar ile bunları izleyen açıklıkların birer atlayarak q toplam yükü ile yüklendiği, diğer açıklıkların ise sadece ölü yük ile yüklenmiş olduğu varsayılır. Ankastre kenar mesnetlerde ise kenar açıklığı maximum yapan yükleme aynı zamanda bu açıklığın kenar mesnet momentini de maxi-

mum yapar.

Bu yöntemle bulunan mesnet momentleri mesnet eksenini üzerindeki değerler olduğundan düzeltilmesi gerekir. Hesaba esas olacak mesnet momentleri, mesnedi oluşturan kiriş yüzündeki momentlerdir. Bu momentler, (2.22) ve (2.23) bağıntıları yardımıyla hesaplanabilir. Hesaplanan düzeltilmiş mesnet momenti (2.24) bağıntısı ile hesaplanan değerden az olmamalıdır.

Döşeme serbest köşelerinin kalkmaya karşı korunmuş olmaları kabulüyle, burulma nedeniyle açıklık momentleri bir miktar azaltılabilir. [2] V_x ve V_y azaltma katsayıları Ek:5' de bir tablo halinde verilmiştir.

2.3.2.4. Eşdeğer Çerçeve Yöntemi

Döşeme sistemlerinin hesabında kullanılan ve TS 500'de "Genel Yöntem" olarak verilen Eşdeğer Çerçeve Yöntemi, kirişli veya kirişsiz her cins döşemenin yapısal çözümlenmesinde ve çerçevelerin yatay yükler altında hesabında kullanılabilen bir yöntemdir.

California Yapı Şartnamesinin bir çalışma komitesi tarafından yapılan çalışma 1929'a dayanır. Döşemeler için Eşdeğer Çerçeve Yöntemi ilk olarak 1933 yılında Uniform Yapı Şartnamesinin California'da yapılan baskısında yönetmelik halinde toplandı. Bunu izleyen yıllarda 1941 ACI Yapı Şartnamesinde benzer bir analiz yöntemi kabul edildi. Fakat aynı sonuçları veren Amprik Dizayn Yöntemi olarak değiştirildi. Aynı yöntem bazı ilave ve değişikliklerle ACI 318-63'de de kullanıldı.[5]

Eşdeğer Çerçeve Yöntemi kullanılarak hesaplanan momentler ile birkaç deney yapısında ölçülen momentlerin karşılaştırılmasında yaklaşık sonuçlar elde edilmiştir. Eşdeğer Çerçeve Yöntemi ve plakların eğilme teorisi esasına dayanan yöntem ile hesaplanan momentler arasında yeterli bir yaklaşıklık olduğu görülmüştür. Bu yüzden Eşdeğer Çerçeve Yöntemi, diğer yaklaşık hesap yöntemlerinin uygulanabilmesi için gerekli sınırlara uymayan yapı elemanlarının hesabında kullanılacak gelişmiş bir dizayn yöntemidir.[5]

Şartname Kayıtları (TS 500)

Eşdeğer Çerçeve Yöntemi hem kirişli hem de kirişsiz döşemeler için geçerlidir. Bu yöntemde yapının iki yönde kolonlar veya duvarlar ile, döşeme-kiriş elemanlarından oluşan eşdeğer çerçevelerle temsil edilebileceği varsayılır. Döşeme-kiriş elemanları, genişliği kolon (veya perde) aksının iki tarafındaki döşeme açıklık ortaları arasındaki uzaklık kadar olan

ve bir kolon aksından (veya perde) diğer kolon aksına (veya perde) uzanan yatay elemanlardır. Kenar çerçeveler için döşeme-kiriş elemanın genişliği, kenardan döşeme açıklık ortasına olan uzaklıktır. Döşeme-kiriş elemanları, varsa çerçeve doğrultusundaki kirişleri de içermektedir. Eşdeğer çerçeve Şekil-2.8'de gösterilmiştir.

Yukarıda tanımlanan eşdeğer çerçeve, öngörülen tüm yükleri o yönde taşıdığı varsayılarak hesaplanmalıdır. Çerçeve analizi yapılırken tüm katlar dikkate alınabileceği gibi, düşey yükler için kolonların (veya perde) üst döşeme ve alt döşeme düzeylerinde ankastre olduğu varsayılarak her kat ayrı ayrı incelenebilir. Kolon boyu, döşeme kalınlığı ortasından diğer döşeme kalınlığı ortasına olan uzaklık olarak tanımlanır.

Kolon (veya perde), varsa kolon başlıkları dışında kalan döşeme-kiriş elemanın eylemsizlik momentleri brüt beton kesitine göre hesaplanmalıdır. Kolon (veya perde) aksı ile kolon (veya perde) yüzü arasında kalan döşeme-kiriş parçasının eylemsizlik momenti ise, açıklıktaki eylemsizlik momenti

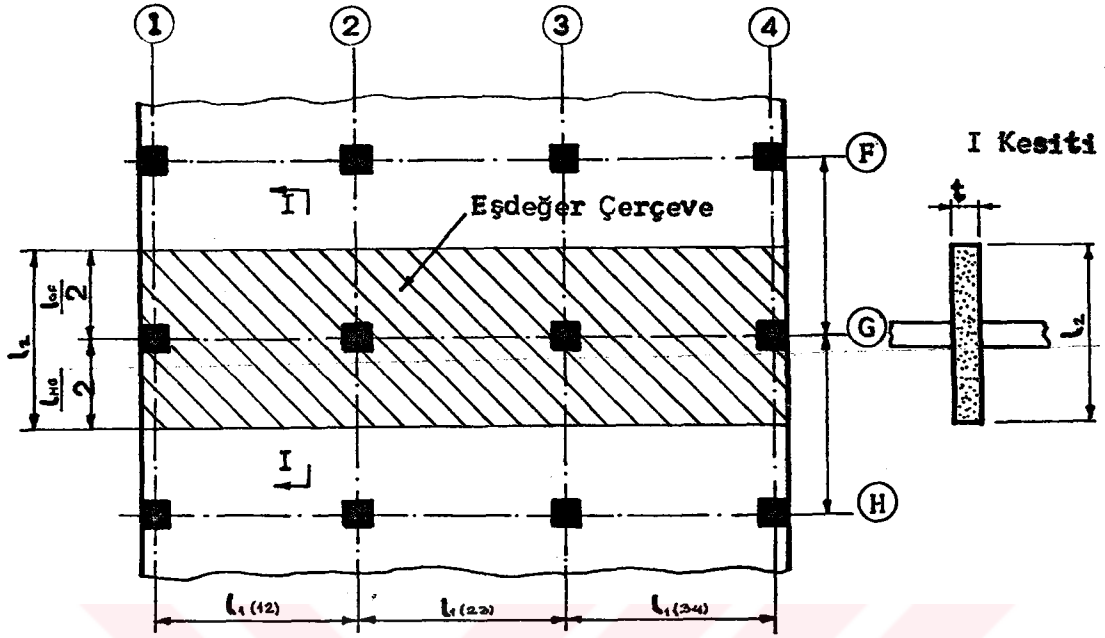
$$\psi = \left(1 - \frac{c_2}{l_2} \right)^2 \quad (2.25)$$

ye bölünerek bulunmalıdır. Şekil-2.10

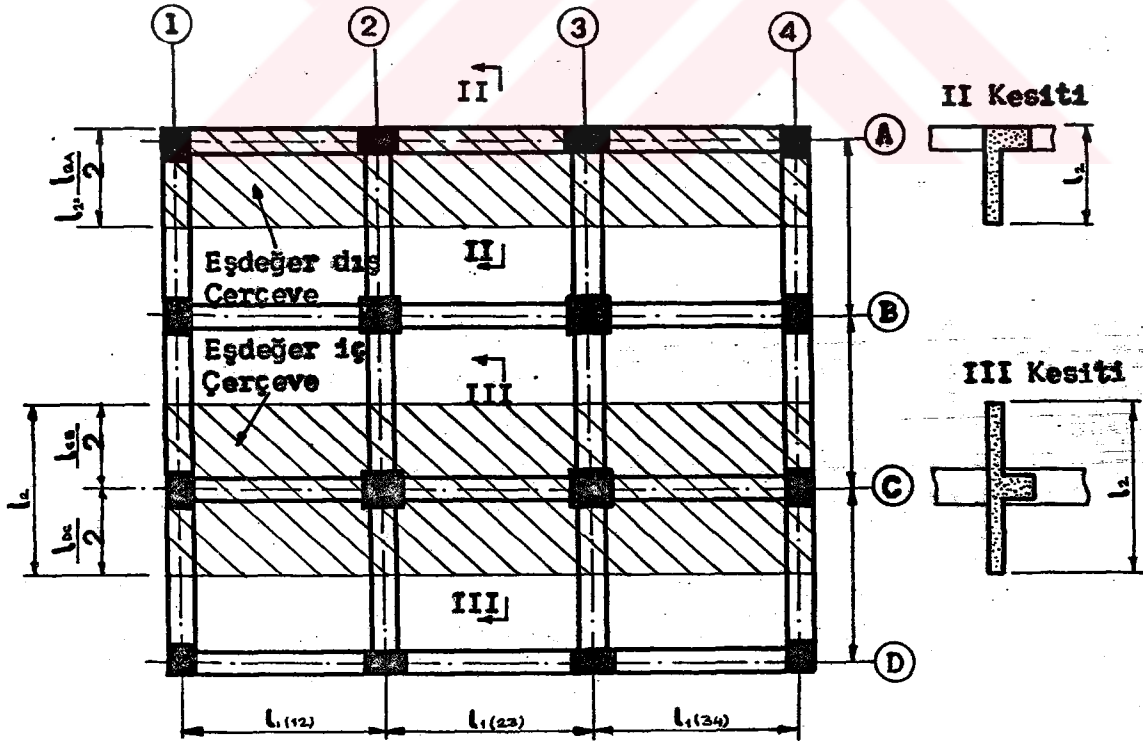
c_2 : kolonun çerçeve yönüne dik kesit boyutu

l_2 : çerçeve yönüne dik döşeme açıklığıdır.

Eşdeğer çerçeve kolonlarının eğilme rijitlikleri hesaplanırken, altta döşeme üstünden, yukarıda kiriş alt düzeyine (kiriş yoksa, döşeme veya varsa başlık alt düzeyi) kadar olan kolon parçasının eylemsizlik momenti, kolon brüt beton kesiti temel alınarak hesaplanmalıdır. Üstte, kiriş alt düzeyinden (kiriş yoksa döşeme veya varsa kolon başlığı alt düzeyi) döşeme ortasına kadar olan kolon parçasının eylemsizlik momenti



(a) Kirişsiz Döşeme



(b) Kirişli Döşeme

Şekil-2.8 Eşdeğer Çerçeve

sonsuz alınmalıdır. Benzer biçimde altta, döşeme ortasından döşeme üstüne kadar olan kolon parçasının eylemsizlik momenti de sonsuz varsayılabilir.

Çerçeveye dik yönde kolona saplanan döşeme-kiriş veya kiriş yoksa yalnız döşemenin burulma rijitliklerinin kolon eğilme rijitliğine etkileri de dikkate alınmalıdır. Burulma elemanlarını da içeren kolon eşdeğer eğilme rijitliği K_{ec} aşağıdaki bağıntıdan hesaplanabilir.

$$\frac{1}{K_{ec}} = \frac{1}{\Sigma K_c} + \frac{1}{\Sigma K_t} \quad (2.26)$$

ΣK_c : alt ve üstteki kolonların gerçek eğilme rijitliklerinin toplamı,

ΣK_t : çerçeveye dik yönde kolona saplanan döşeme-kiriş elemanlarının burulma rijitlikleri toplamıdır.

Kolona çerçeveye dik yönde saplanan elemanların burulma rijitliği hesabında dikkate alınacak genişlikleri, aşağıda verilen iki seçenektен en büyüğü olarak alınmalıdır.

- Kolon veya varsa kolon başlığının çerçeve yönündeki kesit boyutu,

- Çerçeveye dik yönde kolona saplanan kiriş ve döşemenin oluşturduğu tablalı kesit. Tablalı kesitte gövde dışına taşan tabla genişliği, her iki yönde de ayrı ayrı döşeme kalınlığının 4 katını geçmemelidir.

Kolona eşdeğer çerçeveye dik yönde saplanan döşeme-kiriş elemanlarının burulma rijitlikleri bağıntı (2.27)'den hesaplanmalıdır.

$$Kt = \Sigma \frac{9.Ec.C}{l_2 \left(1 - \frac{c_2}{l_2}\right)^3} \quad (2.27)$$

l_2 : çerçeveye dik yöndeki döşeme açıklığı

c_2 : kolon kesitinin, varsa başlığının çerçeveye dik boyutu

C : bağıntı (2.28)'den hesaplanmalıdır.

C için hesap yapılırken kesit, kısa kenarı x, uzun kenarı y olan dikdörtgenlere bölünmelidir.

$$C = \Sigma \left(1 - 0.6 \frac{x}{y}\right) \frac{x^3 \cdot y}{3} \quad (2.28)$$

Kolon veya duvarlar arasında eşdeğer çerçeve yönünde kirişlerin bulunduğu durumlarda, bağıntı (2.27)'den hesaplanan Kt değeri, kiriş dikkate alınarak hesaplanan eylemsizlik momentinin, salt döşeme eylemsizlik momentine oranı ile çarpılmalıdır.

$$Kt. \left(\frac{I_{sb}}{I_s} \right) \quad (2.29)$$

I_{sb} : döşeme-kiriş kesitinin (tablalı kesit) eylemsizlik momenti

I_s : salt döşeme kesitinin eylemsizlik momenti

Eşdeğer çerçeve çözümlemesi yapılırken hareketli yükün en elverişsiz durumu dikkate alınmalıdır. Ancak hareketli yükün ölü yüke oranının 3/4'ü geçmediği durumlarda, hareketli yükün tüm açıklıklarda aynı anda var olduğu kabul edilebilir.

Hesaplarda temel alınacak mesnet momenti kolon (veya perde) yüzündeki moment olmalıdır. Bu değer mesnet ortasındaki kolon momenti, ΔM kadar azaltılarak bulunur.

$$\Delta M = \frac{Vd.a}{2} \quad (2.30)$$

Bağıntıda, mesnet genişliğini temsil eden «a», $0.175l_1$ den büyük olduğu durumlarda $a = 0.175l_1$ alınmalıdır.

Kolon kesiti dairesel veya çokkenar olduğu durumlarda bunlar aynı alanı veren kare kesitlere dönüştürülebilirler. Eşdeğer çerçeve çözümlenmesi sonucu bulunan açıklık ve mesnet momentlerinin kolon şeridince alınan yüzdeleri Tablo 2.2, 2.3 ve 2.4'te verilmiştir. Tablolardaki;

l_1 : çerçeve yönündeki açıklık,

l_2 : çerçeveye dik yöndeki açıklık,

α_1 : çerçeve yönündeki kiriş eğilme rijitliğinin eşdeğer çerçeveyi oluşturan döşeme eğilme rijitliğine oranıdır.

$$\alpha_1 = \frac{E.I_b}{E.I_s} \quad (2.31)$$

E_t : kenar kirişin burulma rijitliğinin kiriş açıklığı genişliğinde olan döşeme parçasının eğilme rijitliğine oranıdır.

Tablolardaki ara değerler için lineer enterpolasyon yapılabilir.

Tablo 2.2 Kolon şeridine giden açıklık momenti yüzdesi

l_2/l_1	0.5	1.0	2.0
$\alpha_1 (l_2/l_1) = 0$	%60	%60	%60
$\alpha_1 (l_2/l_1) > 1$	%90	%75	%45

Tablo 2.3 Kolon şeridine giden mesnet momenti yüzdesi
(Ara mesnet)

l_2/l_1	0.5	1.0	2.0
$\alpha_1 (l_2/l_1) = 0$	%75	%75	%75
$\alpha_1 (l_2/l_1) > 1$	%90	%75	%45

Tablo 2.4 Kolon şeridine giden mesnet momenti yüzdesi
(Kenar mesnet)

l_2/l_1	→	0.5	1.0	2.0
$\alpha_1 (l_2/l_1) = 0$	Bt = 0	%100	%100	%100
	Bt > 2.5	%75	%75	%75
$\alpha_1 (l_2/l_1) > 1$	Bt = 0	%100	%100	%100
	Bt > 2.5	%90	%75	%45

Döşemenin kirişlere oturduğu durumlarda kolon şeridi için bulunan momentler döşeme ve kiriş arasında paylaştırılmaktadır.

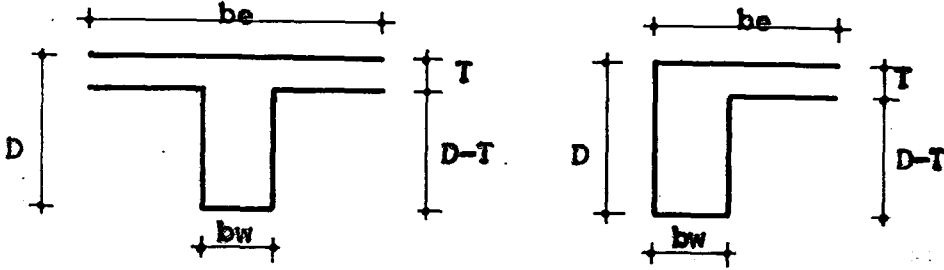
- $\alpha_1 (l_2/l_1) > 1.0$ olduğu durumlarda kolon şeridi momentinin %85'inin kirişe gittiği varsayılmalıdır.
- $\alpha_1 (l_2/l_1)$ 'nin 0 ve 1.0 arasında olduğu durumlarda kirişin aldığı momentin toplam kolon şeridi momentine oranı, %0 ile %85 arasında doğrusal enterpolasyon yapılarak bulunmalıdır.[9]

Ülkemizde Eşdeğer Çerçeve Yönteminin henüz yeni olması nedeniyle bu konuda yapılan çalışmalar da azdır. Yöntem kitap-lara yeni yeni girmeye başlamıştır.[3] Yakın zamanda yapılan bir çalışmada, betonarme bir yapının Eşdeğer Çerçeve Yöntemi ile kiriş ve kolonlar da dahil olmak üzere statik-betonarme hesabını yapan bir program hazırlanmış ve bu programın akış diyagramı verilmiştir.[15]

Amerikan Betonarme Şartnamesi ACI 318-77'den çok küçük değişikliklerle şartnamemize giren Eşdeğer Çerçeve Yöntemi aşağıda açıklanmıştır. Açıklamalar (Ek : 1)'de verilen bilgisayar programındaki işlem sırasına göre yapılmıştır:

- Eşdeğer Çerçeve Doğrultusundaki Kirişlerin I_s , I_b ve I_{sb} Atalet Momentlerinin Hesabı

Kirişin çalışan tabla genişliğinin belirlenmesi:



Şekil-2.9 Çalışan tabla genişliği (b_e)

Çalışan tabla genişliği, kirişin her iki yanında ayrı ayrı; döşeme kalınlığının 4 katını ve (TS 500'de belirtilme-mekle beraber) kiriş temiz yüksekliğini geçemez.[12]

Buna göre;

$$\text{Orta kirişlerde : } be \leq bw + 8.T \quad (2.32.a)$$

$$(\text{tam tablalı}) \quad be \leq bw + 2.(D-T) \quad (2.32.b)$$

$$\text{Kenar kirişlerde : } be \leq bw + 4.T \quad (2.32.c)$$

$$(\text{yarım tablalı}) \quad be \leq bw + (D-T) \quad (2.32.d)$$

olacak şekilde çalışan tabla genişliği seçilir.

I_s : Eşdeğer çerçeve genişliğindeki döşemenin atalet momenti

I_b : Tablalı, kirişin atalet momenti

I_{sb} : Tabla genişliği l_2 olan kirişin atalet momenti olmak üzere;

$$I_s = \frac{l_2 \cdot T^3}{12} \quad (2.33)$$

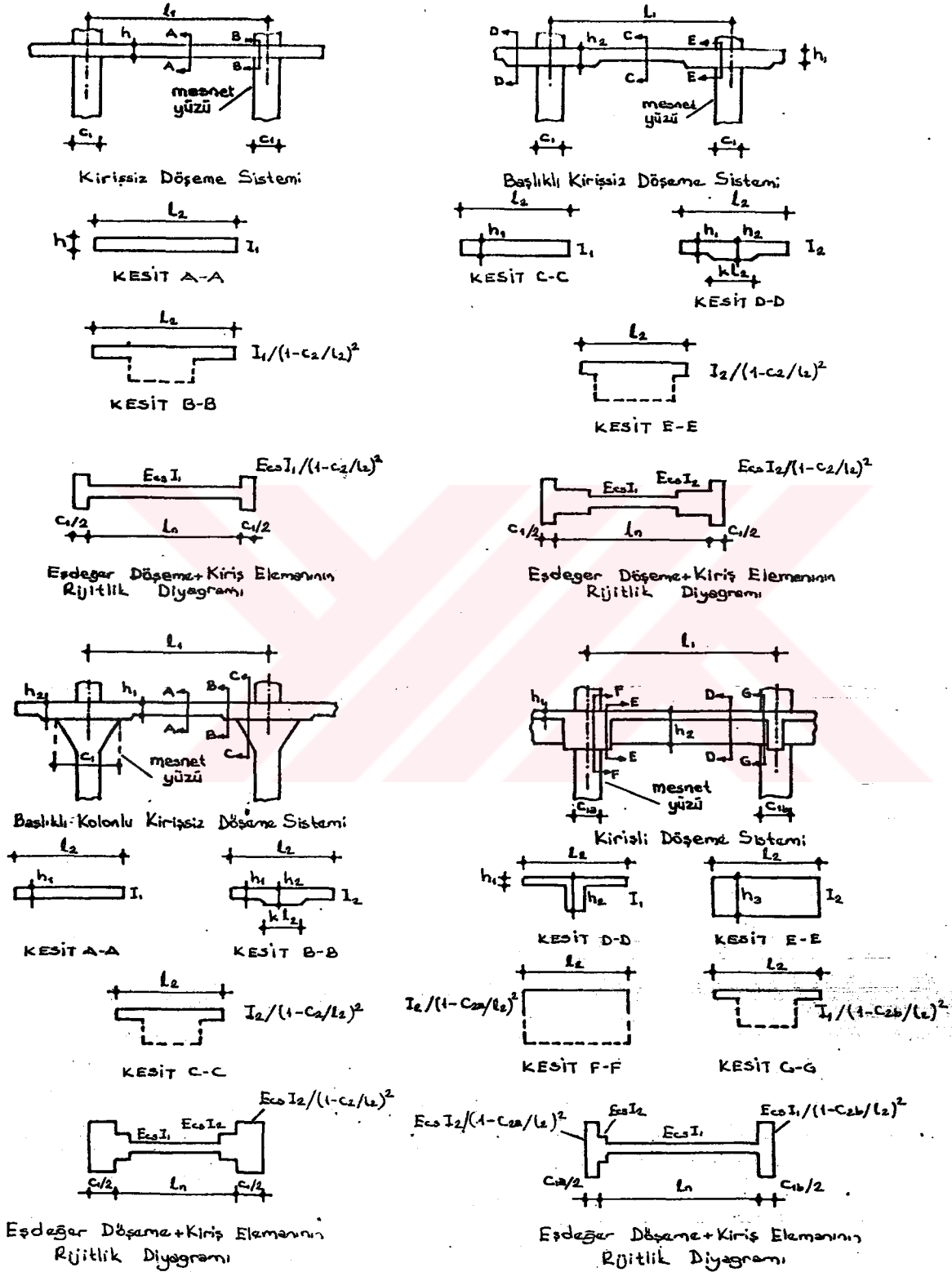
Tablalı kirişlerin atalet momenti ise, tarafsız eksen bulunup bu eksene göre hesaplanabileceği gibi kısaca (2.34) bağıntıları ile de hesaplanabilir.[16]

$$I_b = k \frac{bw \cdot D^3}{12} \quad (2.34.a)$$

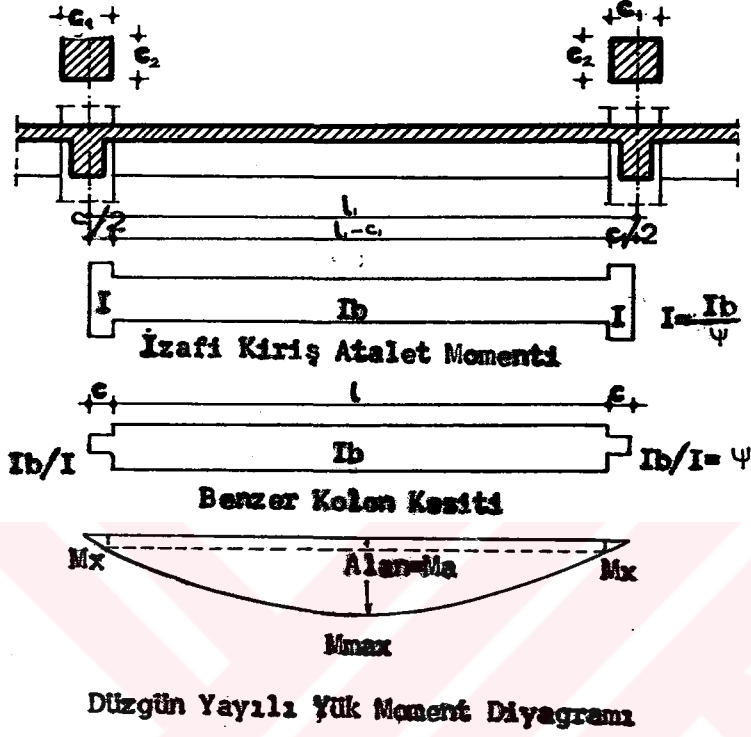
$$k = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) \left(\frac{T}{D} \right) \left[4 - 6 \left(\frac{T}{D} \right) + 4 \left(\frac{T}{D} \right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) \left(\frac{T}{D} \right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1 \right) \left(\frac{T}{D} \right)} \quad (2.34.b)$$

(2.34) bağıntılarında be yerine l_2 konarak I_{sb} hesaplanır.

- Eşdeğer Çerçeve Doğrultusundaki Kirişler için Taşıma Faktörü (COF), Ankastrelik Momenti Katsayısı (AMK) ve Döşeme-Kiriş Rijitliklerinin (Ksb) Hesabı



Şekil-2.10 Döşeme-kiriş elemanının rijitliğinin (Ksb) hesabı için kesitler



Şekil-2.11 Kiriş rijitliklerinin kolon benzerliği metodu ile hesabı

$$\Psi = \left(1 - \frac{c_2}{l_2}\right)^2 \quad ; \quad \Psi = \frac{I_b}{I} \quad (2.35)$$

$$M_{\max} = \frac{q \cdot l_1^2}{8} \quad , \quad (q=1) \quad , \quad M_{\max} = l_1^2/8 \quad (2.36)$$

$$M_x = \frac{1}{2} \left(l_1 \frac{c_1}{2} - c_1^2 \right) \quad (2.37)$$

$$A = l + 2 \cdot c \cdot \Psi \quad (2.38)$$

$$I = \frac{l^3}{12} + 2 \cdot \left[\left(\frac{l + c}{2} \right)^2 \cdot \Psi \cdot c \right] \quad (2.39)$$

$$S_{ii} = \frac{l_1}{A} + \frac{l_1}{I} \left(\frac{l_1}{2}\right)^2 \quad (2.40.a)$$

$$S_{ij} = -\frac{l_1}{A} + \frac{l_1}{I} \left(\frac{l_1}{2}\right)^2 \quad (2.40.b)$$

$$\text{COF} = S_{ij}/S_{ii} \quad (2.41)$$

$$M_a = \frac{2}{3} (M_{\max} - M_x) \cdot l_1 + M_x \cdot l_1 + M_x \cdot c \cdot \psi \quad (2.42)$$

$$\text{AMK} = M_a / (A \cdot l_1^2) \quad (2.43)$$

Döşeme-kiriş elemanının rijitliği K_{sb} ise;

$$K_{sb} = K_b + K_s = \frac{S_{ii} \cdot E \cdot (I_b + I_s)}{l_1} \quad (2.44)$$

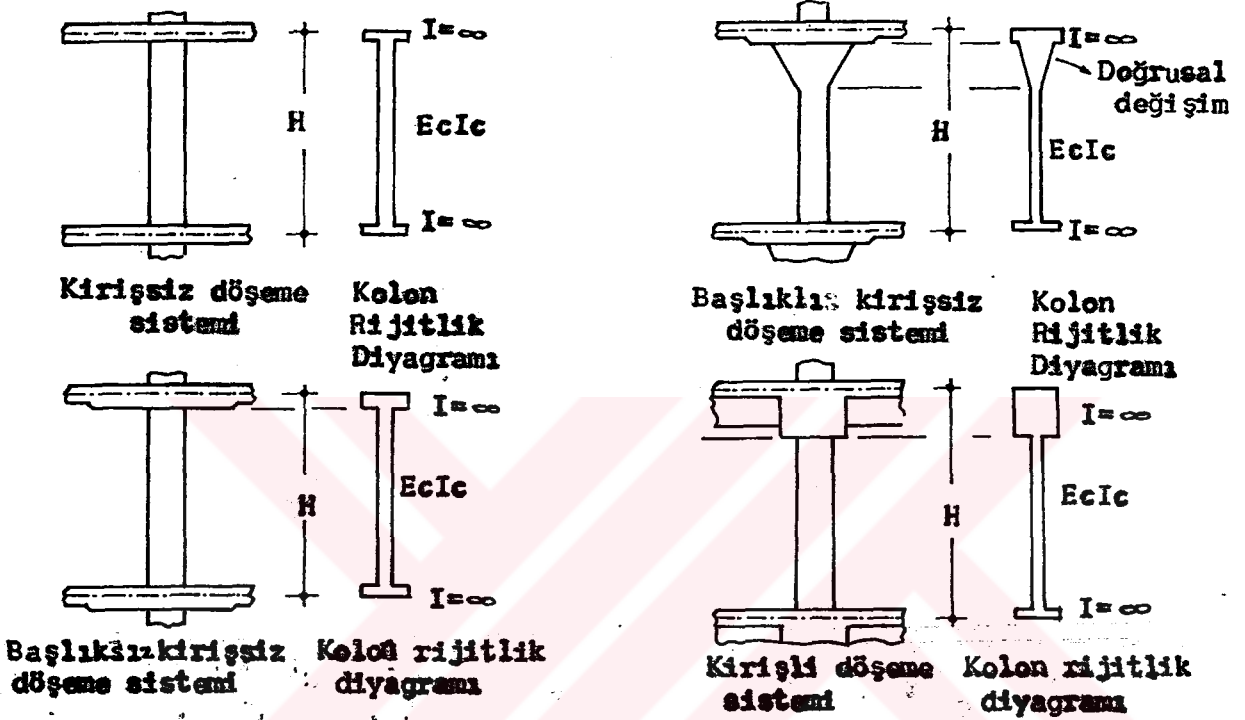
bağıntısı ile hesaplanır.[16]

Kirişsiz döşemeler için ankastrelik momenti katsayıları, kiriş rijitlikleri ve taşıma faktörleri tablolardan da alınabilir.[15],[17]

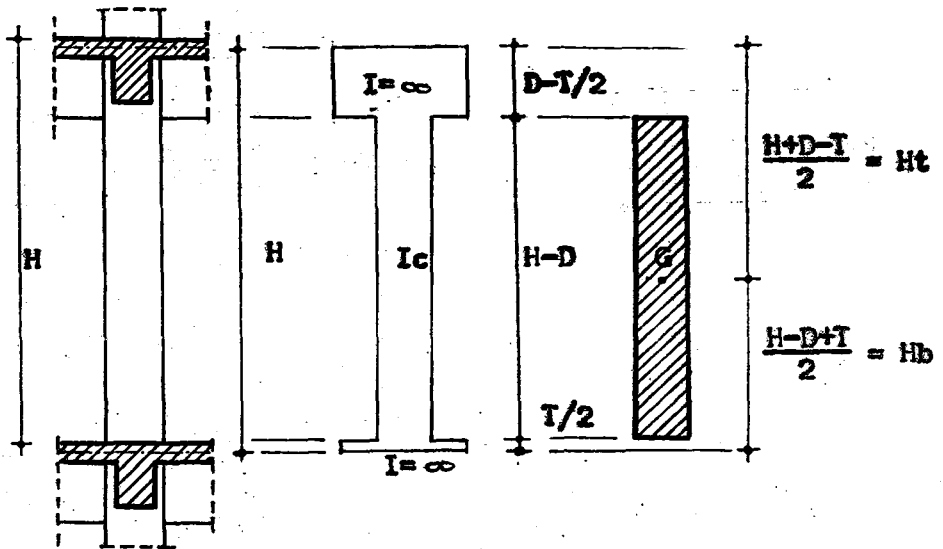
- Çerçeve Üzerindeki Kolonların Rijitliklerinin (K_c) Hesabı

Kolonların eşdeğer eğilme rijitlikleri, altta döşeme üstünden, yukarıda kiriş alt düzeyine kadar olan kolon parçasının atalet momenti, kolon brüt beton kesiti esas alınarak hesaplanacak ve üstte, kiriş alt düzeyinden döşeme ortasına kadar olan kolon parçasının atalet momenti sonsuz alınacaktır. Benzer biçimde altta, döşeme ortasından döşeme üstüne kadar olan kolon parçasının atalet momenti de sonsuz varsayılacaktır.

Bu kabuller altında kolon rijitliği (K_c) aşağıdaki şekilde hesaplanır. [4], [18]



Şekil-2.12 Kolon rijitliklerinin (K_c) hesabı için kesitler



Şekil-2.13 Kirişli döşemede kolon rijitliğinin hesabı

Şekil-2.13 yardımıyla kirişli bir döşemede kolon eğilme rijitliğinin hesabı:

$$A = H - D \quad (2.45)$$

$$I = A^3 / 12 \quad (2.46)$$

$$Stt = \frac{H}{A} + \frac{H.Ht^2}{I} \quad (2.47.a)$$

$$Sbb = \frac{H'}{A} + \frac{H.Hb^2}{I} \quad (2.47.b)$$

$$Stb = Sbt = -\frac{H}{A} + \frac{H.Ht.Hb}{I} \quad (2.47.c)$$

$$Ctb = \frac{Stb}{Stt} \quad (2.48.a)$$

$$Cbt = \frac{Sbt}{Sbb} \quad (2.48.b)$$

Kolon üst noktasındaki rijitlik : (Kc2)

$$Kc2 = Stt \frac{E.I}{H} \quad (2.49.a)$$

Kolon alt noktasındaki rijitlik : (Kc1)

$$Kc1 = Sbb \frac{E.I}{H} \quad (2.49.b)$$

Toplam kolon rijitliği : (Kc)

$$\frac{1}{Kc} = \frac{1}{Kc1 + Kc2} \quad (2.50)$$

Yapılan bazı çalışmalarda [15],[17] kirişsiz döşemeler için kolon rijitlik katsayıları verilmiştir.

- Eşdeğer Çerçeveye Dik Doğrultuda Saplanan Elemanlar için C Burulma Katsayılarının Hesabı

Kolona çerçeveye dik yönde saplanan elemanların burulma rijitliği hesabında dikkate alınacak genişlikleri aşağıda verilen iki seçenekten en büyüğü olarak alınmalıdır.

- a.) Kolon veya varsa kolon başlığının çerçeve yönündeki kesit boyutu
- b.) Çalışan tabla genişliği

Şekil-2.14'de değişik durumlar için hesaba esas alınacak burulma elemanları verilmiştir.[18]

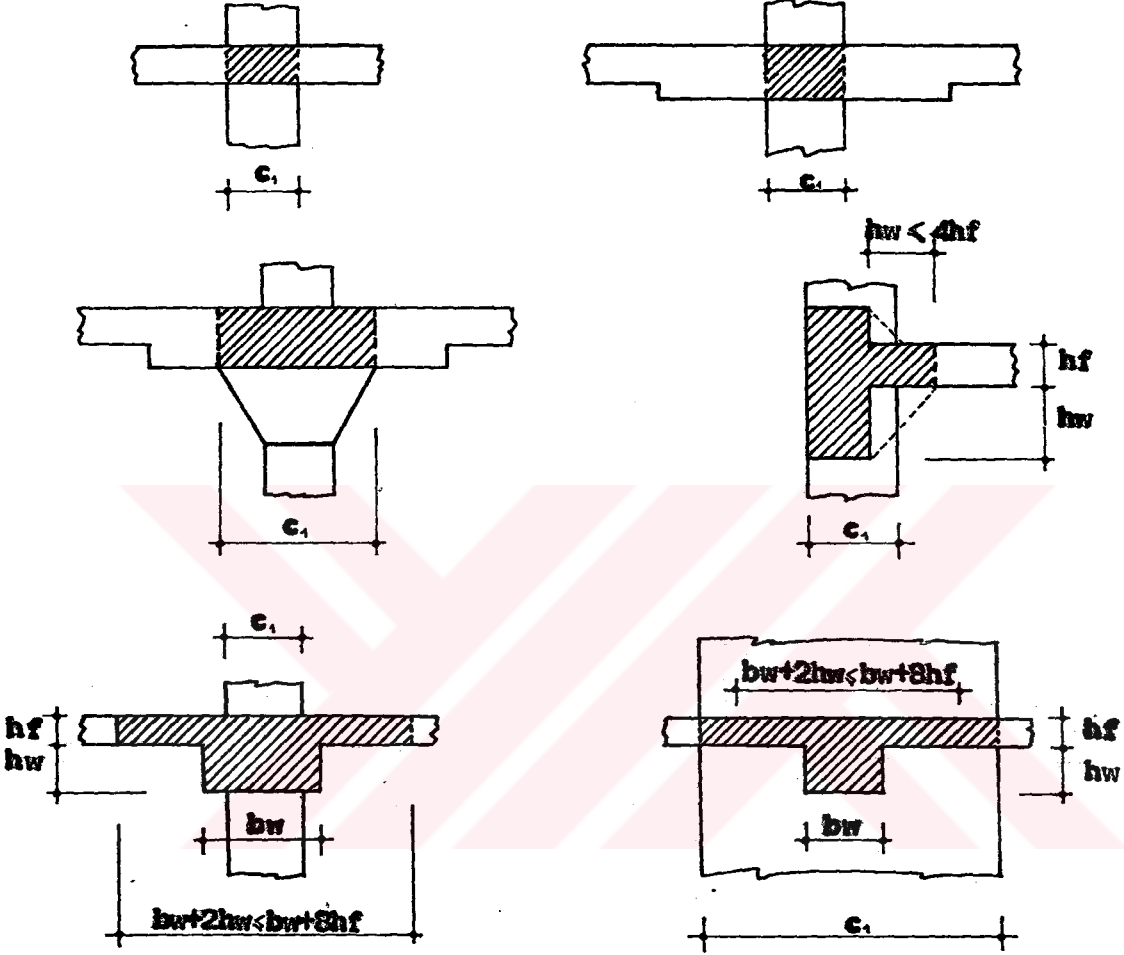
Hesaba esas alınacak burulma elemanı kesiti seçildikten sonra, kesit dikdörtgen parçalalara bölünmeli ve (2.28) bağıntısıyla C katsayısı hesaplanmalıdır. C katsayısını büyük veren bölünme şekli hesaba esas alınmalıdır.

C burulma katsayısının (2.28) bağıntısı ile hesabında kullanılan 0.6 katsayısı Amerikan Betonarme Şartnamesinde 0.63 olarak verilmektedir.[11]

Kesit dikdörtgen parçalara bölündükten sonra C katsayıları tablolardan da alınabilir.[17]

- Kolon Burulma Rijitliklerinin (Kt) Hesabı

Kolona eşdeğer çerçeveye dik yönde saplanan döşeme-ki-



Şekil-2.14 Değişik durumlar için burulma elemanı

riş elemanlarının burulma rijitlikleri bağıntı (2.27)'den hesaplanmalıdır. Kirişli döşeme halinde, hesaplanan K_t değeri (2.29) bağıntısı ile çarpılmalıdır.

Amerikan Betonarme Şartnamesine 1986 yılında yapılan bir ekleme ile K_t burulma rijitliğinin hesabı aşağıdaki şekilde açıklanmıştır.[19]

"(2.27) eşitliğinin toplam işaretinden sonraki kısmı çerçeve üzerindeki kolonun sadece bir tane burulma rijitliği elemanı için K_t değeridir. Toplam işareti (2.27) ifadesinde verildiği şekilde çerçeve üzerinde bulunan kolondaki bütün burulma rijitliklerinin toplamını göstermektedir. Sadece bir kenarında burulma elemanı bulunan bir kenar çerçeve için K_t değeri (2.27) eşitliğinin sağ tarafındaki değerin sadece bir kez alınmasıyla elde edilir. Kolonun her iki tarafında birbirinin aynı kirişlerin bulunduğu bir iç çerçeve için burulma rijitliği toplam işaretinin sağındaki değerin iki katı olarak alınır. Eğer kirişler birbirlerinden farklıysa her bir kiriş için hesaplanarak bulunan sonuçlar toplanır." [19]

- Kolon Eşdeğer Eğilme Rijitliklerinin (K_{ec}) Hesabı

Burulma elemanlarını da içeren kolon eşdeğer eğilme rijitliği K_{ec} , (2.26) bağıntısıyla hesaplanır. Kolon eşdeğer eğilme rijitliği Şekil-2.15'de gösterilmiştir.[20]

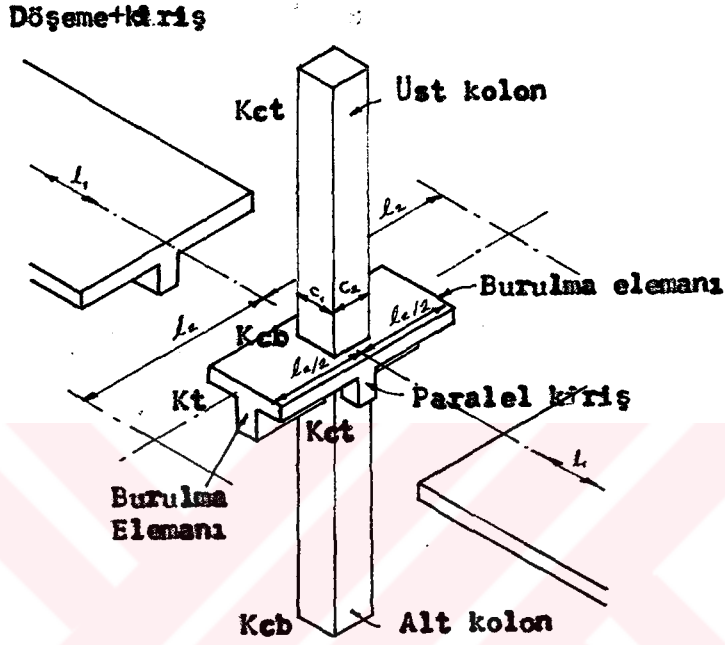


Şekil-2.15 Kolon eşdeğer eğilme rijitliği

Şu ana kadar hesap şekilleri açıklanmış olan, kirişli döşemede eşdeğer çerçeve elemanları en genel halde Şekil-2.16' de gösterilmiştir.[18]

- Açıklık ve Mesnet Momentlerinin Hesabı

Eşdeğer çerçeveyi oluşturan bütün elemanların rijitlikleri hesaplandıktan sonra, çerçevenin statik hesabı bilinen

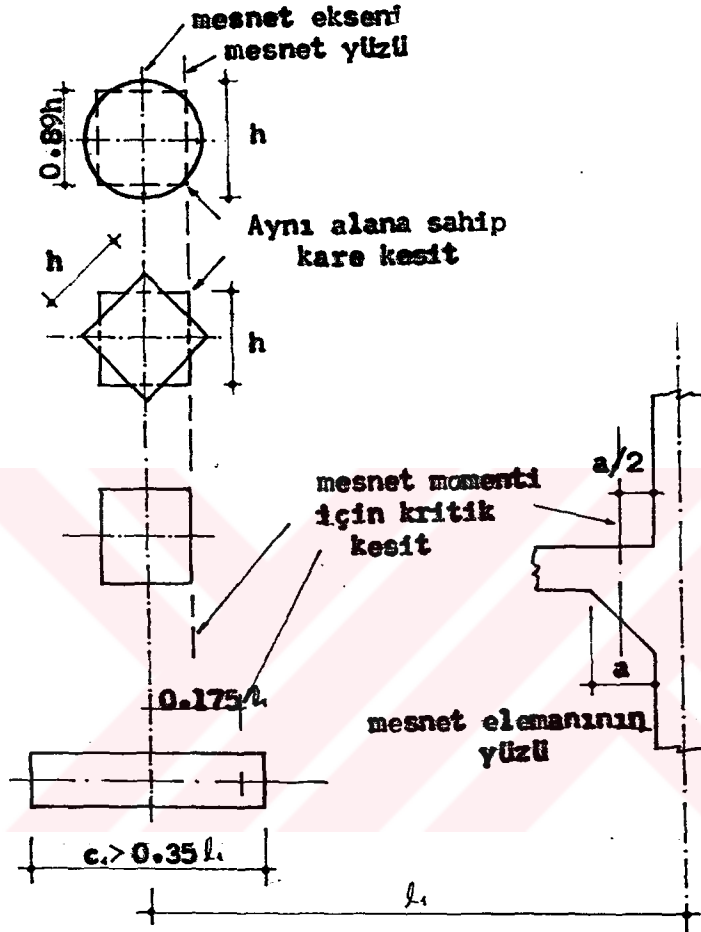


Şekil-2.16 Eşdeğer çerçeve elemanları

yöntemlerle elastik teoriye göre yapılır.

- Mesnet Momentlerinin Düzeltilmesi

Hesaplarda temel alınacak mesnet momenti kolon (veya perde) yüzündeki momenttir. Bu değer, mesnet ortasındaki moment (2.30) bağıntısıyla verilen ΔM kadar azaltılarak bulunabileceği gibi, Yapı Statikinden bilinen yöntemlerle de hesaplanabilir. Mesnet genişliğinin $0.175 l_1$ 'den büyük olduğu durumlarda düzeltme, kolon aksından $0.175 l_1$ mesafede yapılmalıdır. Kolon kesiti dairesel veya çokkenar olduğu durumlarda bunlar aynı alanı veren kare kesitlere dönüştürülebilir. Şekil-2.17' de mesnet momenti için kritik kesitler verilmiştir.[3],[18]



Şekil-2.17 Mesnet momenti için kritik kesitler

- Kolon Şeridine Giden Moment Yüzdelerinin Hesabı

Açıklık ve mesnet momentlerinin hesabından ve mesnet momentlerinin düzeltilmesinden sonra elde edilen momentlerin Tablo 2.2 , 2.3 ve 2.4 yardımıyla kolon şeritlerine giden yüzdeleri hesaplanır. Ara değerler için lineer enterpolasyon yapılır.

Tablo 2.4'de, kenar kiriş burulma rijitliğinin kiriş açıklığı genişliğinde olan döşeme parçasının eğilme rijitliğine

oranı olarak verilen B_t ifadesi (2.51) bağıntısıyla hesaplanır.
[16]

$$B_t = \frac{E_c \cdot C}{2 \cdot E_s \cdot l_s} \quad (2.51)$$

C : Kenar kirişin burulma rijitliği

Paydada bulunan 2 sayısı ise kayma modülünün, elastisite modülünün yarısı olarak alınmasından kaynaklanmaktadır.

Yani;

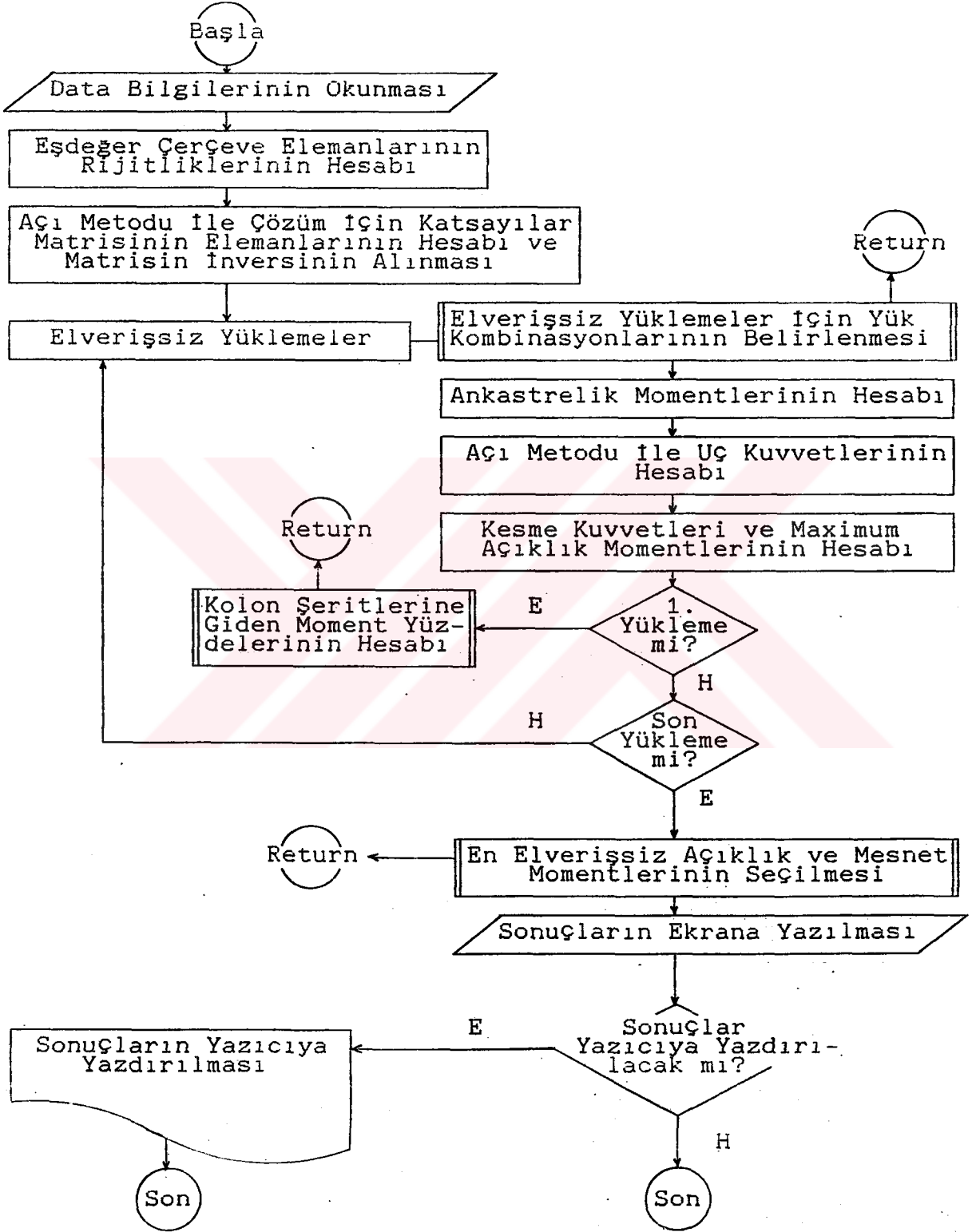
$$G_c = \frac{E_c}{2 \cdot (1 + \mu)} , \quad \mu = 0 , \quad G_c = \frac{E_c}{2} \quad (2.52)$$

olarak alınmaktadır.[5]

- Açıklık ve Kolon Şeridine Giden Momentlerin Hesabı

Hesaplanmış olan momentler, kolon şeridine giden yüzde-leri ile çarpılır ve kolon şeridine giden momentler bulunur. Kalan momentlerin orta şeritlerce taşındığı kabul edilir. $\alpha_1 (l_2 / l_1)$ oranına bağlı olarak, kolon şeridine giden momentlerin kiriş tarafından taşınan miktarları hesaplanır.

Ek:1'de verilen ve yukarıda açıklandığı şekilde Eşdeğer Çerçeve Yöntemine göre, çift doğrultuda çalışan döşemelerin statik hesabını yapan bilgisayar programının akış diyagramı Şekil-2.18'de verilmiştir.



Şekil-2.16 Akış diyagramı

2.3.2.5. Kırılma Çizgileri Teorisi

Döşemelerde Kırılma Çizgileri Teorisi, tek veya çift doğrultuda çalışan döşemeler için bir limit yük analizidir. Tek doğrultuda çalışan döşemelere de uygulanabilen bu yöntem yapı çeliginin plastik dizaynının esas alındığı limit analizden çok farklı değildir.[16]

Kırılma Çizgileri Teorisi, plağın gerçek davranışını gözönüne alarak limit durumlarda momentlerin hesabını mümkün kılar.

Teori, deneye tabi tutulmuş sınırlar içerisinde bil-hassa dikdörtgenden fark eden döşeme şekilleri için, elastik teoriye göre çok basit ve kolay çözüm veren bir hesap metodu olarak uygulanabilir. Yükün sıfırdan itibaren artması sonucu elastik teoriye göre en büyük eğilme momentlerine maruz bölgelerde beton çekme gerilmeleri, beton çekme mukavemetini aşmakta ve döşeme buralarda çatlamaktadır. Yük daha da artınca çatlaklar diğer bölgelere yayılmakta ve donatı yüzdesi normal olan plaklarda ilk çatlakların meydana geldiği yerlerde donatı akma sınırına erişmektedir. Bu şekilde ortaya çıkan plastik mafsallık çizgileri çatlaklar gibi diğer bölgelere doğru yükün artışı ile beraber ilerlemekte ve sonunda plağı mekanizma durumuna getirmekte böylece plağın yük taşıma gücü sona ermektedir.[1]

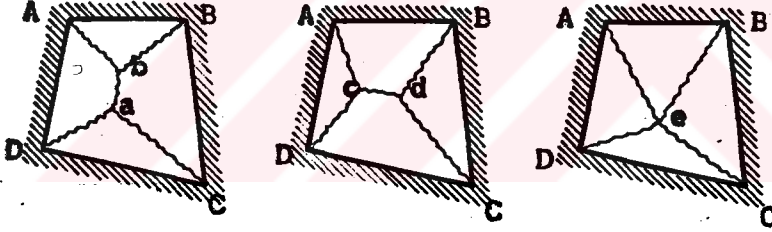
Döşemelerin kırılma çizgileri ile analizinde iki metod vardır. Bunlar; virtüel iş metodu ve denge metodudur. Çözümde yaklaşık olarak aynı sonuçları veren bu iki metodda yapılan kabuller de aynıdır. Her iki metodda da çökme mekanizmasını gösterecek bir kırılma çizgisinin olduğu kabul edilir. Bir çökme mekanizması için, döşemede oluşan momentler, döşeme parçaları arasındaki kırılma çizgilerinin deplasmanı devam ederken, kırılma çizgileri boyunca dönmeden meydana gelen moment-

lerdir.[16]

Kırılma çizgileri denen bu plastik mafsal çizgilerinin meydana getirdiği şekil, yani bu çizgilerin plak üzerindeki yeri;

- plağın mesnetlenme şekline
- plak donatısının yerleştirilme şekline
- plağa etkiyen dış yüke bağlıdır.

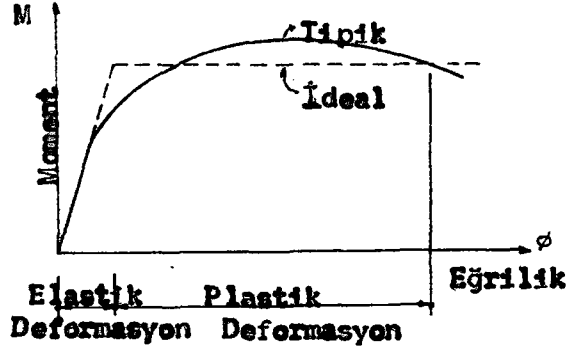
Bazen bir plak için birden fazla kırılma şekli bahis konusu olabilir. (Şekil-2.19) Bunlar içerisinde, taşınabilen yükü en küçük olarak veren şekil aranan çözümdür.



Şekil-2.19 Dört kenarından mesnetlenmiş bir döşemede kırılma çizgisi örnekleri

Kırılma çizgileri teorisinde yapılan kabuller:

1. Elastik deformasyonlar plastik deformasyonlar ile karşılaştırıldığında ihmal edilebilir.
2. Kırılma çizgileri bir doğrudur.
3. Kırılma çizgisi ancak başka bir kırılma çizgisi ile kesişiyorsa doğrultu değiştirebilir.
4. Kırılma çizgilerini kesen tüm donatı akmıştır. Donatının altta ve sistemin dengede olduğu bu genel durumda Moment-Egrilik diyagramı aşağıdaki gibidir.



Şekil-2.20 Betonarme döşemede ideal ve tipik M-Ø diyagramı

5. Kırılma çizgileri arasındaki plak parçaları mesnet çizgilerinin etrafında dönerek bir rijit cisim hareketi yaparlar. Bu çizgilere dönme eksenini denir. Her kırılma çizgisi dönme eksenlerinin kesim noktasından geçer.
6. Kırılma çizgileri dışında kalan bölgelerde plak düzlem kalır ve rijit cisim hareketi yapar.
7. Eğilme ve dönme momentleri, kırılma çizgisi boyunca uniform dağılır ve bunlar çift doğrultuda çalışan bir döşemede iki dik doğrultuda moment taşıma kapasitesinin maksimum olmasını sağlarlar.
8. Bir kırılma şeklinin belirli olabilmesi için dönme eksenleri ile plak parçalarının bu eksenler etrafındaki dönmeleri olan açılarının ikişer ikişer oranları verilmelidir. [16], [21]

3. SAYISAL UYGULAMALAR

2. bölümde anlatılan döşeme hesap yöntemlerini karşılaştırmak amacıyla 3 farklı örnek seçilmiştir. Bu örnekler, hesap yöntemleri arasındaki farkları veya benzerlikleri rahatça görüp yorumlayabileceğimiz şekillerde seçilmiştir.

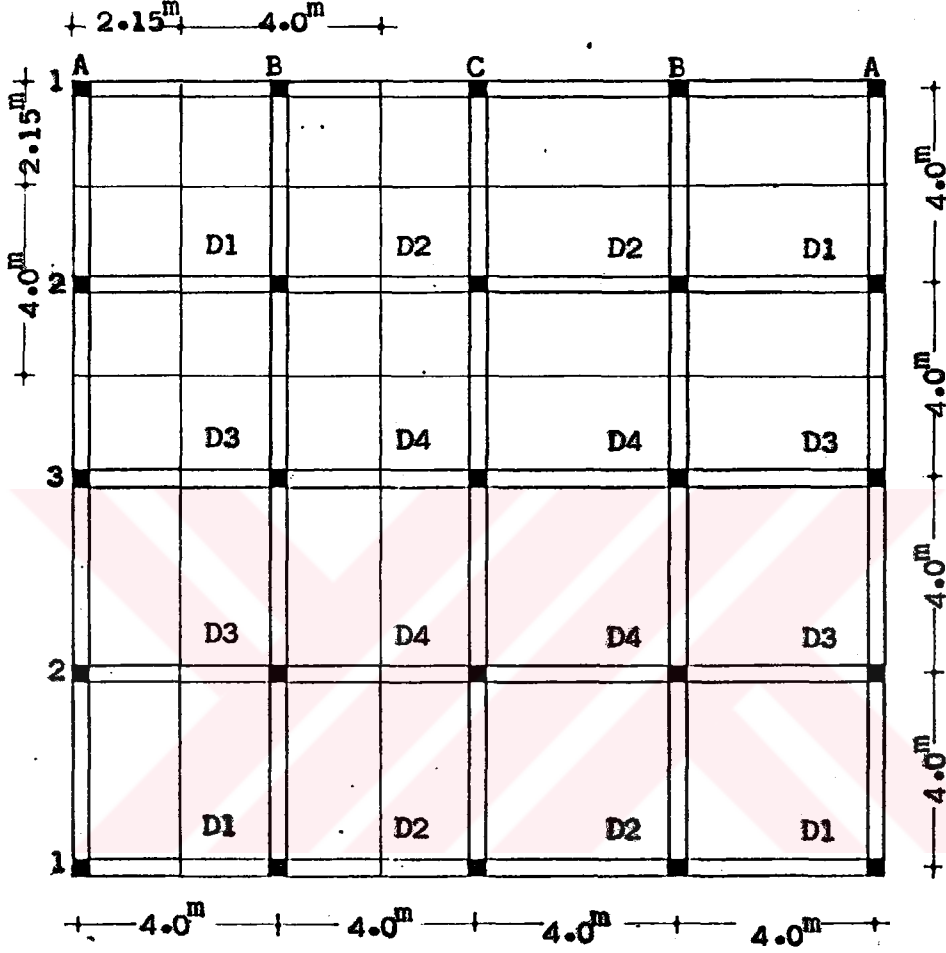
Karşılaştırmaya esas olarak en elverişsiz durumdaki orta şerit momentleri alınmıştır. Eşdeğer Çerçeve Yönteminde kenar çerçevelerde kolon şeridi momentleri daha büyük çıktığından, karşılaştırmaya esas olarak kolon ve orta şerit momentlerinin ortalaması hesaplanmıştır. Moment Katsayıları Yönteminde ise orta şerit momentlerinin $2/3$ katı olarak alınması gereken kolon şeridi momentleri yerine, en elverişsiz durumdaki orta şerit momentleri döşemenin toplam genişliği için aynen alınmıştır.

4. bölümde yapılan karşılaştırmalar sonucunda Eşdeğer Çerçeve Yöntemi ile yapılan döşeme hesaplarında, döşemelerde iki istikamette deformasyon yapan plak davranışları yerine, çerçeve deformasyonu esasına dayanan davranış şeklinin ortaya çıktığı görülmüştür. Bu nedenle 1. örnek ve döşemenin tek veya çift doğrultuda çalışma şeklini belirleyen $m = l_y / l_x = 2$ olacak şekilde seçilen 4. örnek bir kez de, çerçeve davranışını esas alan "Rijitlik Matrisi Yöntemi" [22] ile çözülmüştür.

3.1 Seçilen Döşeme Sistemlerinin Tanıtılması

Örnekler seçilirken, kiriş genişliği ve kolon boyutları özellikle eşit seçilmiştir. Böylece Eşdeğer Çerçeve Yönteminde kolon yüzü, diğer çözüm yöntemlerinde ise kiriş yüzü esas alınarak mesnet momentlerinin düzeltilmesinde bir birlik sağlanmıştır.

ÖRNEK : 1



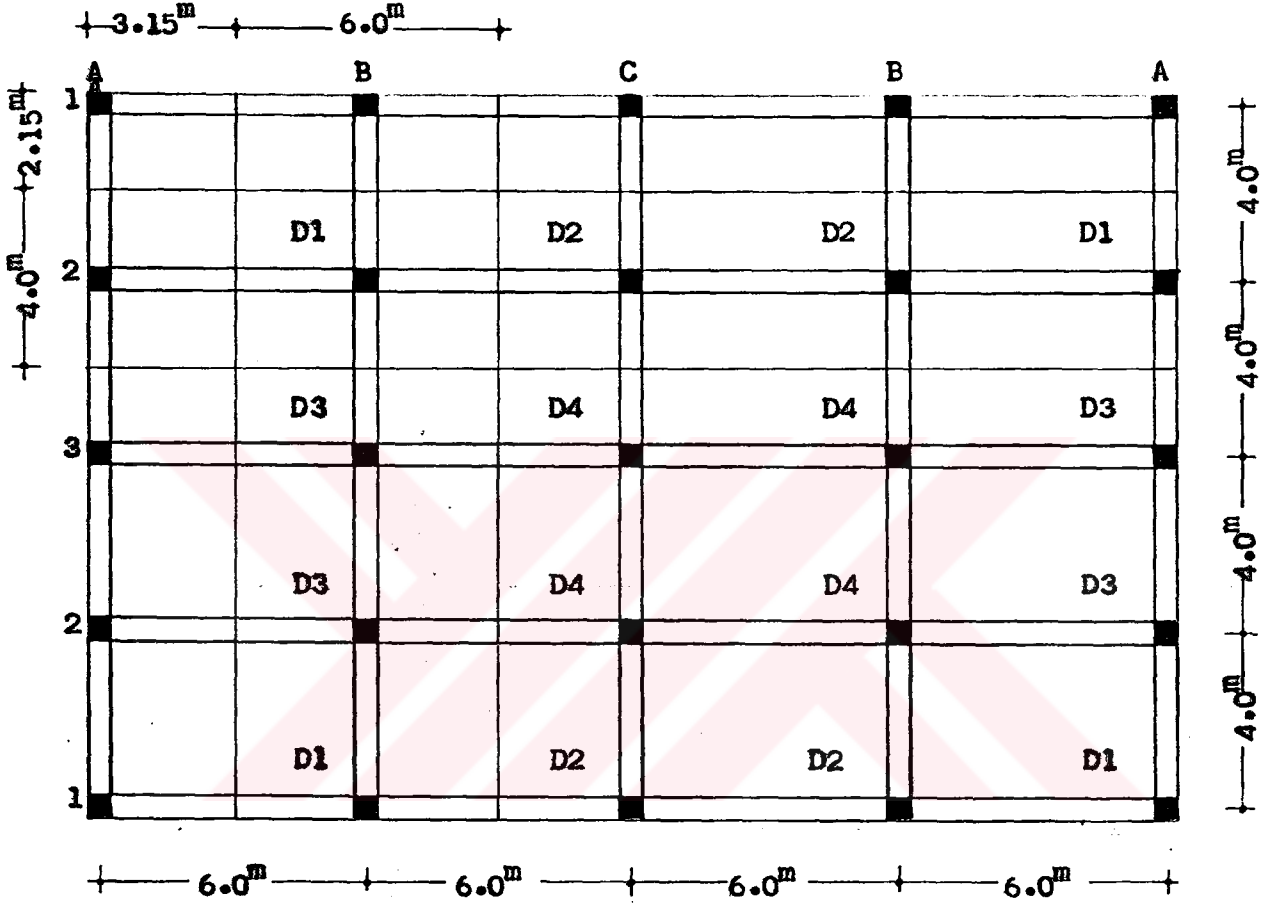
Şekil-3.1 Örnek döşeme sistemi : 1

Kolonlar : 30 / 30 cm. Kat yüksekliği : 300 cm.
 Kirişler : 30 / 50 cm. Malzeme : BS 14 , BÇ - I
 Döşeme kalınlığı : 10 cm.

Yük Analizi

Döşeme zati ağırlığı : $0.10 \times 2500 = 250 \text{ kg/m}^2$
 Sıva + kaplama ağırlığı = 100 kg/m^2
 Toplam sabit yük $g = 350 \text{ kg/m}^2$
 Hareketli yük $p = 200 \text{ kg/m}^2$
 Toplam yük $q = 550 \text{ kg/m}^2$

ÖRNEK : 2



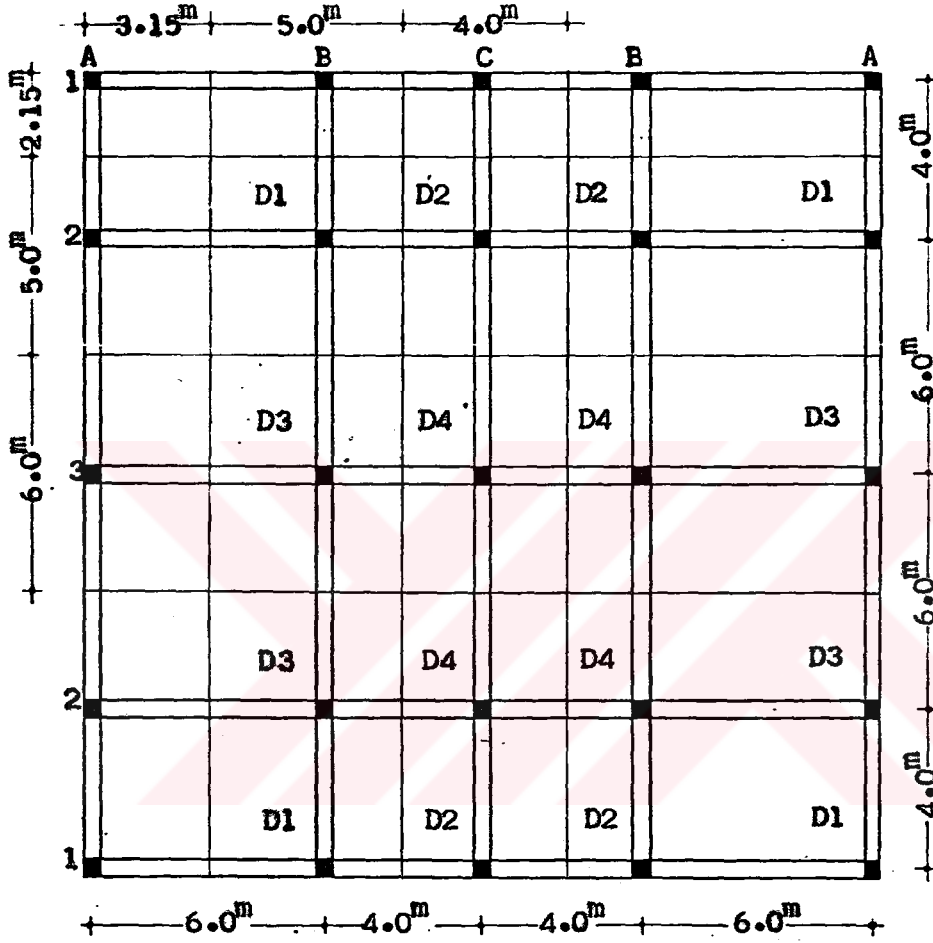
Şekil-3.2 Örnek döşeme sistemi : 2

Kolonlar : 30 / 30 cm. Kat yüksekliği : 300 cm.
 Kirişler : 30 / 50 cm. Malzeme : BS 16 , BÇ - I
 Döşeme kalınlığı : 13 cm.

Yük Analizi

Döşeme zati ağırlığı : $0.13 \times 2500 = 325 \text{ kg/m}^2$
 Sıva + kaplama ağırlığı = 100 kg/m^2
 Toplam sabit yük $g = 425 \text{ kg/m}^2$
 Hareketli yük $p = 200 \text{ kg/m}^2$
 Toplam yük $q = 625 \text{ kg/m}^2$

ÖRNEK : 3



Şekil-3.3 Örnek döşeme sistemi : 3

Kolonlar : 30 / 30 cm. Kat yüksekliği : 300 cm.
 Kirişler : 30 / 50 cm. Malzeme : BS 20 , BÇ -I
 Döşeme kalınlığı : 14 cm.

Yük Analizi

Döşeme zati ağırlığı :	$0.14 \times 2500 = 350 \text{ kg/m}^2$
Sıva + kaplama ağırlığı	$= 100 \text{ kg/m}^2$
Toplam sabit yük	$g = 450 \text{ kg/m}^2$
Hareketli yük	$p = 200 \text{ kg/m}^2$
Toplam yük	$q = 650 \text{ kg/m}^2$

3.2. Seçilen Döşeme Sistemlerinin Çözümleri

3.2.1. Örnek Çözüm : 1

Bölüm 2'de anlatıldığı şekilde yapılan çözümler sonucu elde edilen sonuçlar Tablo 3.1'de verilmiştir.

Bu örneğin X doğrultusundaki kenar ve orta eşdeğer çerçevelerinin bilgisayar ile yapılan çözümü sonucu elde edilen değerler Ek:3'de verilmiştir. Bilgisayar sonuçlarında kolon ve orta şeritlere gelen toplam momentler ile bu şeritlerin birim genişliklerine gelen momentler ayrı ayrı hesaplanmıştır. Eşdeğer Çerçeve Yöntemini diğer çözüm yöntemleriyle karşılaştırmak amacıyla döşeme genişliği boyunca birim genişliğe gelen momentler ayrıca hesaplanmıştır.

Kenar çerçevelerde kolon aksının dışına taşan, kenar giriş yarı genişliğindeki kısım kenar çerçevenin kolon şeridi-ne eklenmiştir. Buna göre eşdeğer çerçeve genişlikleri;

	<u>Kolon şeridi</u>	<u>Orta şerit</u>
1 - 1 Eşdeğer Çerçevesi	115 cm.	100 cm
2 - 2 Eşdeğer Çerçevesi	200 cm.	200 cm.

olarak alınmıştır.

Tablolarda gösterilen;

- E.Ç.Y. : Eşdeğer Çerçeve Yöntemi,
 S.K.T. : Sürekli Giriş Teorisi,
 M.K.Y. : Moment Katsayıları Yöntemi ve
 M.M. : Marcus Metodu

ile yapılan çözümler sonucu bulunan değerlerdir.

Tablo 3.1 Örnek : 1'in Çözüm sonuçları

X ≡ Y D O Ğ R U L T U S U												
ÇÖZÜM YÖNTEMİ	D1 DÖŞEMESİ			D2 DÖŞEMESİ			D3 DÖŞEMESİ			D4 DÖŞEMESİ		
	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj
E.Ç.Y.	50	172	224	216	127	183	55	210	270	260	154	219
S.K.T.	0	278	453	453	260	419	0	201	320	320	208	321
M.K.Y.	188	279	369	316	233	316	158	233	309	248	188	248
M.M.	0	252	432	419	221	419	0	201	314	314	188	314

Eşdeğer Çerçeve Yönteminde ortalama 1 m. döşeme genişliğine gelen momentlerin hesabı:

* D1 - D2 DÖŞEME ŞERİDİ :

$$X(0,1) = -(46.33 \times 1.15 + 44.46 + 34.02 + 75.60) / 4.15 = -50 \text{ kgm.}$$

$$Mmx(1) = (138.95 \times 1.15 + 133.34 + 130.57 + 290.17) / 4.15 = 172 \text{ kgm.}$$

$$X(1,2) = -(185.70 \times 1.15 + 178.21 + 167.33 + 371.83) / 4.15 = -224 \text{ kgm.}$$

$$X(2,1) = -(178.33 \times 1.15 + 171.14 + 161.57 + 359.04) / 4.15 = -216 \text{ kgm.}$$

$$Mmx(2) = (103.80 \times 1.15 + 99.61 + 95.79 + 212.86) / 4.15 = 127 \text{ kgm.}$$

$$X(2,2) = -(151.95 \times 1.15 + 145.85 + 133.65 + 301.45) / 4.15 = -183 \text{ kgm.}$$

* D3 - D4 DÖŞEME ŞERİDİ :

$$X(0,3) = -(69.04 + 151.21) / 4 = -55 \text{ kgm.}$$

$$Mmx(3) = (261.15 + 580.33) / 4 = 210 \text{ kgm.}$$

$$X(3,4) = -(334.65 + 743.67) / 4 = -270 \text{ kgm.}$$

$$X(4,3) = -(323.14 + 718.08) / 4 = -260 \text{ kgm.}$$

$$Mmx(4) = (191.57 + 425.71) / 4 = 154 \text{ kgm.}$$

$$X(4,4) = -(271.30 + 602.90) / 4 = -219 \text{ kgm.}$$

3.2.2. Örnek Çözüm : 2

Tablo 3.2 Örnek : 2'nin çözüm sonuçları

X DOĞRULTUSU												
ÇÖZÜM YÖNTEMİ	D1 DÖŞEMESİ			D2 DÖŞEMESİ			D3 DÖŞEMESİ			D4 DÖŞEMESİ		
	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj
E.Ç.Y.	170	349	490	484	267	424	166	387	515	528	292	459
S.K.T.	0	240	479	479	285	510	0	141	279	279	181	300
M.K.Y.	214	317	419	351	265	351	180	265	351	282	214	282
M.M.	0	232	479	479	235	479	0	159	279	279	168	279

Y DOĞRULTUSU												
ÇÖZÜM YÖNTEMİ	D1 DÖŞEMESİ			D3 DÖŞEMESİ			D2 DÖŞEMESİ			D4 DÖŞEMESİ		
	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj
E.Ç.Y.	53	262	273	323	188	268	48	329	288	400	233	329
S.K.T.	0	575	780	780	413	649	0	505	685	685	387	596
M.K.Y.	317	453	625	556	419	556	282	419	556	505	385	505
M.M.	0	523	716	649	327	649	0	476	642	596	378	596

3.2.3. Örnek Çözüm : 3

Tablo 3.3 Örnek : 3'ün çözüm sonuçları

X DOĞRULTUSU												
ÇÖZÜM YÖNTEMİ	D1 DÖŞEMESİ			D2 DÖŞEMESİ			D3 DÖŞEMESİ			D4 DÖŞEMESİ		
	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj
E.Ç.Y.	173	406	428	474	137	157	157	516	439	711	204	225
S.K.T.	0	241	494	494	315	525	0	528	804	804	405	619
M.K.Y.	222	329	436	374	276	374	443	655	771	657	400	525

Y DOĞRULTUSU												
ÇÖZÜM YÖNTEMİ	D1 DÖŞEMESİ			D3 DÖŞEMESİ			D2 DÖŞEMESİ			D4 DÖŞEMESİ		
	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj
E.Ç.Y.	38	327	390	422	321	520	34	233	400	449	344	556
S.K.T.	0	563	1172	1172	663	1228	0	252	342	342	171	290
M.K.Y.	329	489	733	812	655	887	187	276	365	294	222	294

3.3. Kiriş ve Kolon Rijitlikleri Değiştirilerek Verilen Örneklerin Eşdeğer Çerçeve Yöntemi ile Yeniden Çözümü

3.3.1. Örnek Çözüm : 1

Tablo 3.4.a Kiriş boyutlarının değiştirilmesi halinde çözüm sonuçları (Örnek : 1)

X DOĞRULTUSU							
X DOĞRULTUSU KIRIŞLARI	Y DOĞRULTUSU KIRIŞLARI	D1 DÖŞEMESİ			D2 DÖŞEMESİ		
		-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj
30 / 50	30 / 50	50	172	224	216	127	183
30 / 70	30 / 50	17	190	232	228	131	181
30 / 50	30 / 70	50	172	224	216	127	183
30 / 70	30 / 70	17	190	232	228	131	181
X DOĞRULTUSU KIRIŞLARI	Y DOĞRULTUSU KIRIŞLARI	D3 DÖŞEMESİ			D4 DÖŞEMESİ		
		-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj
30 / 50	30 / 50	55	210	270	260	154	219
30 / 70	30 / 50	17	232	278	274	158	217
30 / 50	30 / 70	55	210	270	260	154	219
30 / 70	30 / 70	17	232	278	274	158	217

Tablo 3.4.b Kolon boyutlarının değiştirilmesi halinde çözüm sonuçları (Örnek : 1)

X DOĞRULTUSU												
KOLON BOYUTLARI	D1 DÖŞEMESİ			D2 DÖŞEMESİ			D3 DÖŞEMESİ			D4 DÖŞEMESİ		
	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj
30 / 30	50	172	224	216	127	183	55	210	270	260	154	219
40 / 40	95	139	193	183	118	170	109	171	232	219	144	203
ÇATI KATI	26	186	230	225	130	182	26	226	276	271	157	218

Tablo 3.4.c Tek yükleme (q) yapılması halinde çözüm

X DOĞRULTUSU												
YÜKLEME ŞEKLİ	D1 DOŞEMESİ			D2 DOŞEMESİ			D3 DOŞEMESİ			D4 DOŞEMESİ		
	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj
ELVERİŞSİZ	50	172	224	216	127	183	55	210	270	260	154	219
TEK YÜKLEME	44	160	217	205	100	162	47	195	261	248	121	193

Tablo 3.4.d Çerçevelere gelen toplam momentler

1 - 1 EŞDEĞER ÇERÇEVESİ							
ÇÖZÜM YÖNTEMİ		1. AÇIKLIK			2. AÇIKLIK		
		-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj
EŞDEĞER ÇERÇEVE YÖNTEMİ		400	1199	1602	1538	895	1311
RİJİTLİK MATRİSİ YÖNTEMİ	be = be	256	1308	1544	1503	943	1275
	be = l_2	132	1384	1550	1526	958	1270

2 - 2 EŞDEĞER ÇERÇEVESİ							
ÇÖZÜM YÖNTEMİ		1. AÇIKLIK			2. AÇIKLIK		
		-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj
EŞDEĞER ÇERÇEVE YÖNTEMİ		605	2321	2975	2872	1703	2412
RİJİTLİK MATRİSİ YÖNTEMİ	be = be	369	2498	2881	2818	1767	2367
	be = l_2	165	2626	2879	2847	1792	2359

3.3.2. Örnek Çözüm : 2

Tablo 3.5 Kiriş boyutlarının değiştirilmesi halinde çözüm sonuçları (örnek : 2)

X DOĞRULTUSU							
X DOĞRULTUSU KIRIŞLARI	Y DOĞRULTUSU KIRIŞLARI	D1 DÖŞEMESİ			D2 DÖŞEMESİ		
		-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj
30 / 50	30 / 50	170	349	490	484	267	424
30 / 70	30 / 50	90	394	511	515	274	420
30 / 50	30 / 70	177	349	509	484	266	424
30 / 70	30 / 70	93	394	531	515	274	420
X DOĞRULTUSU KIRIŞLARI	Y DOĞRULTUSU KIRIŞLARI	D3 DÖŞEMESİ			D4 DÖŞEMESİ		
		-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj
30 / 50	30 / 50	166	387	515	528	292	459
30 / 70	30 / 50	84	435	536	561	300	455
30 / 50	30 / 70	179	387	554	528	292	459
30 / 70	30 / 70	91	435	577	560	300	455

Y DOĞRULTUSU							
X DOĞRULTUSU KIRIŞLARI	Y DOĞRULTUSU KIRIŞLARI	D1 DÖŞEMESİ			D3 DÖŞEMESİ		
		-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj
30 / 50	30 / 50	53	262	273	323	188	268
30 / 50	30 / 70	14	288	282	340	192	265
30 / 70	30 / 50	62	261	322	323	188	268
30 / 70	30 / 70	16	288	332	340	192	265
X DOĞRULTUSU KIRIŞLARI	Y DOĞRULTUSU KIRIŞLARI	D2 DÖŞEMESİ			D4 DÖŞEMESİ		
		-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj
30 / 50	30 / 50	48	329	288	400	233	329
30 / 50	30 / 70	10	360	297	421	238	326
30 / 70	30 / 50	65	328	388	400	233	329
30 / 70	30 / 70	13	360	399	420	238	326

3.3.3. Örnek Çözüm : 3

Tablo 3.6 Kiriş boyutlarının değiştirilmesi halinde çözüm sonuçları (örnek : 3)

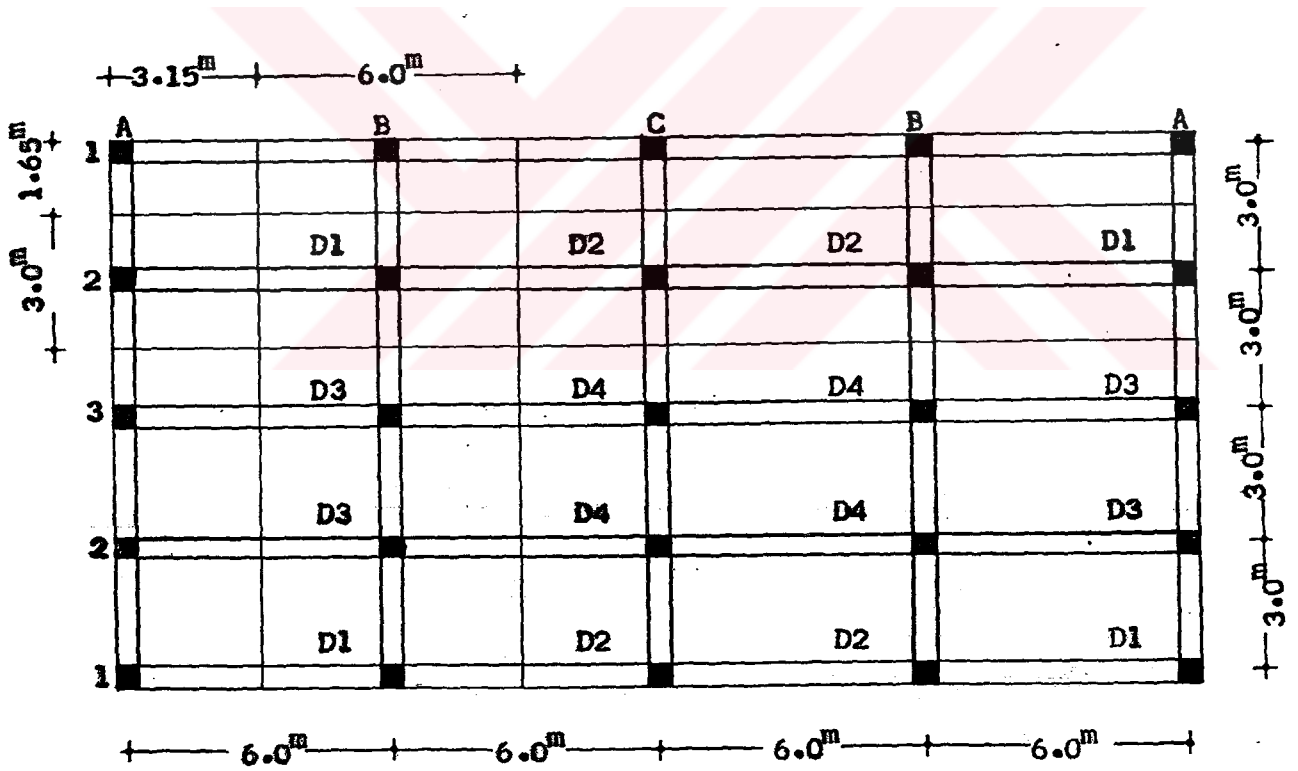
X DOĞRULTUSU							
X DOĞRULTUSU KIRIŞLARI	Y DOĞRULTUSU KIRIŞLARI	D1 DÖŞEMESİ			D2 DÖŞEMESİ		
		-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj
30 / 50	30 / 50	173	406	428	474	137	157
30 / 70	30 / 50	89	455	443	541	142	138
30 / 50	30 / 70	193	405	478	474	137	157
30 / 70	30 / 70	99	454	496	541	142	138
X DOĞRULTUSU KIRIŞLARI	Y DOĞRULTUSU KIRIŞLARI	D3 DÖŞEMESİ			D4 DÖŞEMESİ		
		-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj
30 / 50	30 / 50	157	516	439	711	204	225
30 / 70	30 / 50	79	572	453	801	211	199
30 / 50	30 / 70	198	515	546	710	204	226
30 / 70	30 / 70	99	571	564	800	211	200

Y DOĞRULTUSU							
X DOĞRULTUSU KIRIŞLARI	Y DOĞRULTUSU KIRIŞLARI	D1 DÖŞEMESİ			D3 DÖŞEMESİ		
		-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj
30 / 50	30 / 50	38	227	390	422	321	520
30 / 50	30 / 70	6	250	415	418	330	526
30 / 70	30 / 50	46	227	476	422	320	520
30 / 70	30 / 70	7	250	507	419	330	526
X DOĞRULTUSU KIRIŞLARI	Y DOĞRULTUSU KIRIŞLARI	D2 DÖŞEMESİ			D4 DÖŞEMESİ		
		-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj
30 / 50	30 / 50	34	233	400	449	344	556
30 / 50	30 / 70	2	255	424	446	354	562
30 / 70	30 / 50	42	233	492	449	344	556
30 / 70	30 / 70	3	255	523	446	354	562

3.4. Örnek Çözüm : 4

3.4.1. Seçilen Döşeme Sisteminin Tanıtılması

Bu örnek problemde döşeme boyutları, döşemenin tek veya çift doğrultuda çalışıyor olmasının sınır şartı olan $m=ly/lx=2$ olacak şekilde seçilmiştir. Amaç, döşeme boyutları kareden uzaklaştıkça Eşdeğer Çerçeve Yönteminde hesaplanan momentlerin ne yönde değişeceğini incelemektir. Bir karşılaştırma yapmak amacıyla seçilen döşeme sistemi Rijitlik Matrisi Yöntemi [22] ile bilgisayarda çözülmüştür.



Şekil-3.4 Örnek döşeme sistemi : 4

Kolonlar : 30 / 30 cm. Kat yüksekliği : 300 cm.
 Kirişler : 30 / 50 cm. Malzeme : BS 14 , BÇ - I
 Döşeme kalınlığı : 12 cm.

Yük analizi

Döşeme zati ağırlığı	: 0.12 x 2500 = 300 kg/m ²
Sıva + kaplama ağırlığı	= 100 kg/m ²
Toplam sabit yük	<u>g = 400 kg/m²</u>
Hareketli yük	p = 200 kg/m ²
Toplam yük	<u>q = 600 kg/m²</u>

3.4.2. Seçilen Döşeme Sisteminin Çözümü

Tablo 3.7 Eşdeğer Çerçeve Yöntemi ile Yapılan Çözüm Sonuçları
(Örnek : 4)

X DOĞRULTUSU											
D1 DÖŞEMESİ			D2 DÖŞEMESİ			D3 DÖŞEMESİ			D4 DÖŞEMESİ		
-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj
162	305	450	428	235	377	151	312	451	430	238	376

Y DOĞRULTUSU											
D1 DÖŞEMESİ			D3 DÖŞEMESİ			D2 DÖŞEMESİ			D4 DÖŞEMESİ		
-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj
15	183	182	206	128	165	13	232	205	258	161	206

Tablo 3.8 Çerçevelere gelen toplam momentler (Ornek : 4)

B - B E Ş D E Ğ E R Ç E R Ç E V E S İ							
Ç Ö Z Ü M Y Ö N T E M İ		1. AÇIKLIK			2. AÇIKLIK		
		-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj
EŞDEĞER ÇERÇEVE YÖNTEMİ		157	2258	2560	2510	1565	1997
RİJİTLİK MATRİSİ YÖNTEMİ	be = be	51	2386	2337	2326	1620	1963
	be = l_2	140	2525	2262	2286	1648	1953

2 - 2 E Ş D E Ğ E R Ç E R Ç E V E S İ							
Ç Ö Z Ü M Y Ö N T E M İ		1. AÇIKLIK			2. AÇIKLIK		
		-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj
EŞDEĞER ÇERÇEVE YÖNTEMİ		1934	3979	5758	5486	3034	4795
RİJİTLİK MATRİSİ YÖNTEMİ	be = be	1448	4288	5751	5534	3133	4728
	be = l_2	1078	4498	5822	5648	3169	4712

4. ÇÖZÜM YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde, şu ana kadar yapılmış olan sayısal uygulamaların bir değerlendirmesi yapılmıştır. Bu değerlendirmelerin ışığı altında, elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlara dayanılarak yapılan öneriler " Sonuçlar ve Öneriler " bölümünde verilmiştir.

Çözüm yöntemlerinin karşılaştırılması işlemi iki alt bölüm halinde verilmiştir. Bunlardan birincisinde; Eşdeğer Çerçeve Yöntemi, yapılan sayısal uygulamalarda birbirlerine yakın sonuçlar veren diğer çözüm yöntemleri ile karşılaştırılmıştır. İkinci bölümde ise, Eşdeğer Çerçeve Yöntemi ile elde edilen sonuçların farklı olmasının nedenleri, diğer çözüm yöntemlerinden farklı olarak, hesaplarda gözönüne alınan giriş ve kolon rijitliklerinin döşeme momentlerine etkisi araştırılmıştır.

4.1 Eşdeğer Çerçeve Yönteminin Diğer Çözüm Yöntemleri ile Karşılaştırılması

Bu karşılaştırmada göze çarpan en belirgin özellik Eşdeğer Çerçeve Yöntemi dışındaki diğer 3 yöntemin daima birbirlerine çok yakın sonuçlar vermesidir. Bu 3 çözüm yönteminde de $l_y/l_x \neq 1$ olduğu durumlarda, kısa açıklık doğrultusundaki momentler (yüklerin büyük bir kısmının kısa açıklık doğrultusunda taşındığı kabulü nedeniyle) uzun açıklık doğrultusundaki momentlerden daha büyük çıkmaktadır. Eşdeğer Çerçeve Yönteminde ise bunun tam tersi bir durum gözlenmektedir. Şimdi verilen 3 örneği ayrı ayrı inceleyelim.

4.1.1. Karşılaştırma 1: Bütün Döşemelerin Kare Olması Hali

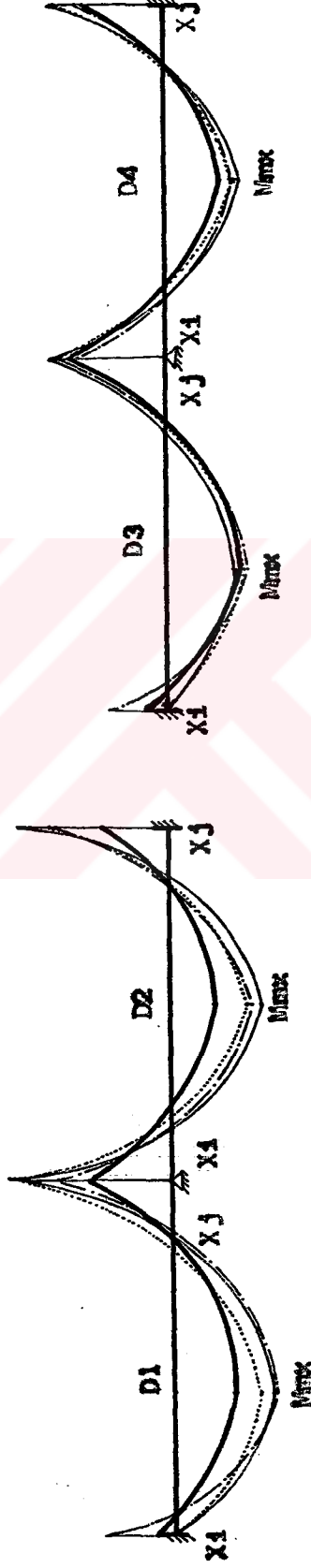
Kenar döşeme şeritlerinin hesabında Eşdeğer Çerçeve Yöntemi diğer çözüm yöntemleri ile elde edilen sonuçların yak-

1. ÖRNEK

X D O Ğ R U L T U S U											
Ç Ö Z Ü M Y Ö N T E M İ	G R A F İ K Ç İ Z G İ S İ		D1 DÖŞEMESİ		D2 DÖŞEMESİ		D3 DÖŞEMESİ		D4 DÖŞEMESİ		D4 DÖŞEMESİ -Xj
	-Xi	Mmx	-Xj	Mmx	-Xi	Mmx	-Xj	Mmx	-Xi	Mmx	
EŞDEĞER Ç. Y.	50	172	224	216	127	183	55	210	270	154	219
SÜREKLİ K. T.	0	278	453	453	260	419	0	201	320	208	321
MOMENT K. Y.	188	279	369	316	233	316	158	233	309	188	248
MARCUS METODU	0	252	432	419	221	419	0	201	314	188	314

D1 - D2 D Ö Ş E M E Ş E R İ D İ

D3 - D4 D Ö Ş E M E Ş E R İ D İ



Şekil-4.1 Örnek:1'in grafik olarak gösterilmesi (X Doğrultusu)

(Elverişsiz yüklemeler sonucu elde edilen momentler, şeklin karışmaması için sürekli olarak çizilmiştir.)

laşık yarısı kadar değerler vermektedir. Orta döşeme şeritlerinde ve özellikle 4 kenarı da ankastre kabul edilen D4 döşemesinde, bütün çözüm yöntemleri birbirlerine yakın değerler vermektedir. Ancak her durumda Eşdeğer Çerçeve Yönteminin, diğer çözüm yöntemlerinden daha küçük moment değerleri verdiği görülmektedir. (Şekil-4.1)

4.1.2. Karşılaştırma 2 : Bütün Döşemelerin Dikdörtgen Olması Hali

Bu örnekte de 1. örnekte olduğu gibi Eşdeğer Çerçeve Yöntemi dışındaki çözüm yöntemlerinin yaklaşık aynı sonuçları verdiği görülür. Bu yaklaşıklık Şekil-4.2 ve Şekil-4.3'de açık bir şekilde görülmektedir. Bu örnek için yapılacak karşılaştırmanın şekillerden de anlaşılacağı üzere uzun ve kısa açıklık doğrultusunda ayrı ayrı yapılması gerekmektedir.

a) Uzun Açıklık Doğrultusunda (X Doğrultusu)

Bu doğrultuda yapılan karşılaştırmada, kenar döşeme şeritlerinde bütün çözüm yöntemlerinin birbirlerine çok yakın sonuçlar vermesine karşılık, D3-D4 şeridinde Eşdeğer Çerçeve Yönteminin daha büyük moment değerleri verdiği görülmektedir. (Şekil-4.2)

b) Kısa Açıklık Doğrultusunda (Y Doğrultusu)

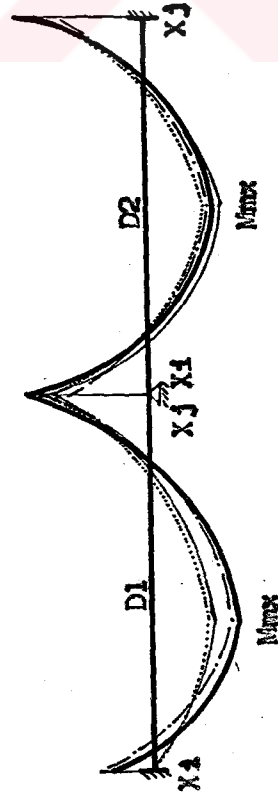
Bu doğrultuda, bütün döşemelerde Eşdeğer Çerçeve Yöntemi ile elde edilen momentlerin, diğer çözüm yöntemleri ile bulunan momentlerin yaklaşık yarısı mertebesinde olduğu açıkça görülmektedir. (Şekil-4.3)

Dört kenarından mesnetlenmiş, çift doğrultuda çalışan bir döşemede, döşeme yüklerinin büyük bir kısmının (mesnet şartlarına da bağlı olarak) kısa açıklık doğrultusunda taşındığı kabul edilir. Bu yüzden kısa açıklık doğrultusundaki mo-

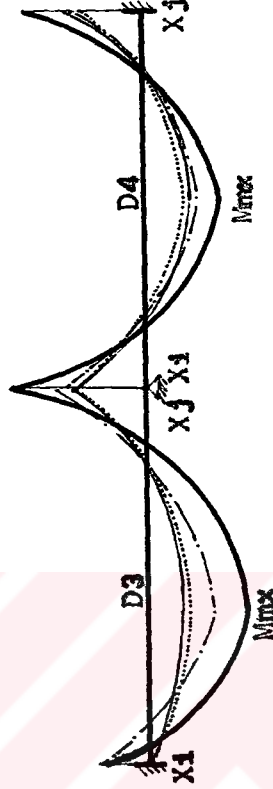
2. ÖRNEK

X D O Ğ R U L T U S U													
Ç Ö Z Ü M	G R A F İ K	D1 DÖŞEMESİ			D2 DÖŞEMESİ			D3 DÖŞEMESİ			D4 DÖŞEMESİ		
		-X1	Mmx	-XJ	-X1	Mmx	-XJ	-X1	Mmx	-XJ	-X1	Mmx	-XJ
Y Ö N T E M İ	Ç İ Z G İ S İ	170	349	490	484	267	424	166	387	515	528	292	459
EŞDEĞER Ç. Y.	---	0	240	479	479	285	510	0	141	279	279	181	300
SÜREKLİ K. T.	---	214	317	419	351	265	351	180	265	351	282	214	282
MOMENT K. Y.	.....	0	232	479	479	235	479	0	159	279	279	168	279
MARCUS METODU	.....											

D1 - D2 D O Ş E M E Ş E R İ D İ



D3 - D4 D O Ş E M E Ş E R İ D İ



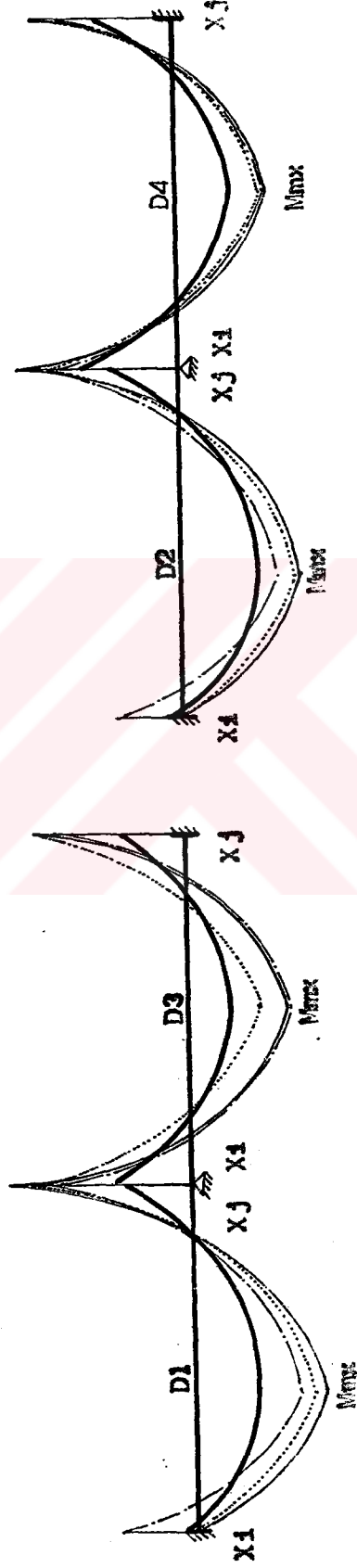
Şekil-4.2 Örnek:2'nin grafik olarak gösterilmesi (X Doğrultusu)

2. ÖRNEK

Y D O Ğ R U L U S U														
Ç Ö Z Ü M	G R A F İ K		D1 DÖŞEMESİ			D3 DÖŞEMESİ			D2 DÖŞEMESİ			D4 DÖŞEMESİ		
	Y Ö N T E M İ	Ç İ Z G İ S İ	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj	-Xi	Mmx	-Xj
EŞDEĞER Ç. Y.	—	—	53	262	273	323	188	268	48	329	288	400	233	329
SUREKLI K. T.	—	—	0	575	780	780	413	649	0	505	685	685	387	596
MOMENT K. Y.	—	—	317	453	625	556	419	556	282	419	556	505	385	505
MARCUS METODU	0	523	716	649	327	649	0	476	642	596	378	596

D1 - D3 D O Ş E M E Ş E R İ D İ

D2 - D4 D O Ş E M E Ş E R İ D İ



Şekil-4.3. Örnek:2'nin grafik olarak gösterilmesi (Y Doğrultusu)

mentlerin daha büyük çıkması gerekir. Bu örnekte, Eşdeğer Çerçeve Yöntemi dışındaki çözüm yöntemlerinden elde edilen sonuçlarda kısa açıklık doğrultusundaki momentlerin daha büyük çıktığı görülmüştür. Eşdeğer Çerçeve Yönteminde ise yüklerin tamamının hesap yapılan doğrultuda taşındığı kabulü nedeniyle uzun açıklık doğrultusundaki momentler daha büyük çıkmıştır. Bölüm 3.4'de verilen Örnek Çözüm : 4 için bu durum daha da belirgindir.

4.1.3. Karşılaştırma 3: Döşeme Boyutlarının Farklı Olması Hali

Her iki doğrultuda farklı büyüklükte dikdörtgen ve kare döşemelerin bulunduğu bu örnek için kesin bir yorum yapmak zordur. Ancak, X doğrultusunda bütün çözüm yöntemlerinin yaklaşık aynı sonuçları vermelerine karşı, Eşdeğer Çerçeve Yönteminin Y doğrultusunda, kenar döşemelerde daha küçük, orta döşemelerde daha büyük moment değerleri verdiği açıkça görülmektedir. (Şekil-4.4, Şekil-4.5)

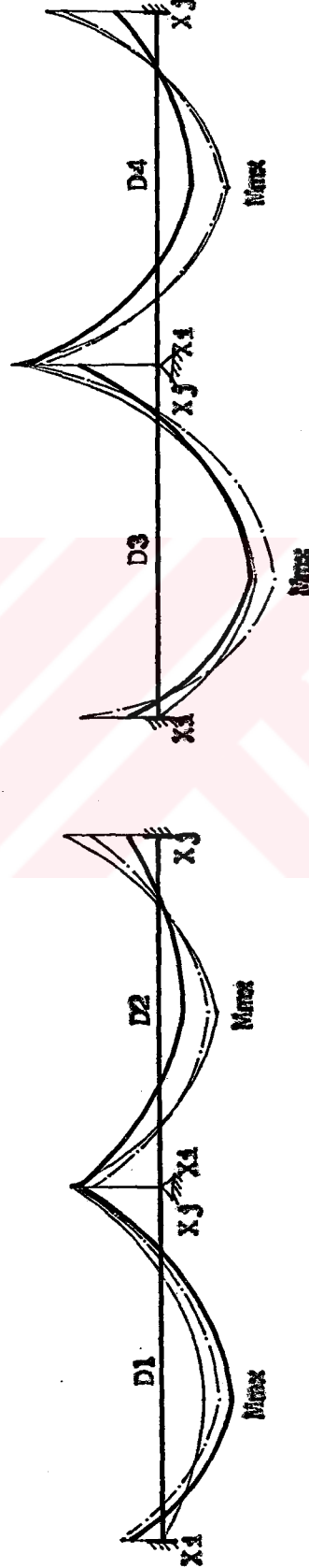
4.2. Eşdeğer Çerçeve Yönteminde Kiriş ve Kolon Rijitliklerinin Değiştirilmesi Halinde Sonuçların Karşılaştırılması

Eşdeğer Çerçeve Yöntemini diğer çözüm yöntemlerinden ayıran en önemli farklardan birinin ve hatta en önemlisinin, döşemenin mesnetlendiği kirişlerin ve bu kirişleri taşıyan kolonların rijitliklerinin, döşeme momentlerinin hesabında gözönüne alınması olduğunu "Giriş" bölümünde de belirtmiştik. İşte bu bölümde kiriş ve kolon rijitliklerinin döşeme momentlerine hangi yönde ve oranlarda etki ettiği araştırılmıştır. Bölüm 3.1'de tanıtılan ve 3.2'de çözülen döşeme sistemleri, kiriş ve kolon rijitlikleri değiştirilerek Bölüm 3.3'te yeniden çözülmüştür. Bu çözümler sonucu elde edilen sonuçların karşılaştırılması aşağıda verilmiştir.

3. ÖRNEK

X D O Ğ R U L T U S U														
Ç Ö Z Ü M Y Ö N T E M İ	G R A F İ K		D1 DÖŞEMESİ			D2 DÖŞEMESİ			D3 DÖŞEMESİ			D4 DÖŞEMESİ		
	Ç İ Z G İ S İ	-X _i	M _{mx}	-X _j	-X _i	M _{mx}	-X _j	-X _i	M _{mx}	-X _j	-X _i	M _{mx}	-X _j	
EŞDEĞER Ç. Y.	—	173	406	428	474	137	157	157	516	439	711	204	225	
SUREKLI K. T.	—	0	241	494	494	315	525	0	528	804	804	405	619	
MOMENT K. Y.	—	222	329	436	374	276	374	443	655	711	657	400	525	

D1 - D2 D Ö Ş E M E Ş E R İ D İ D3 - D4 D Ö Ş E M E Ş E R İ D İ

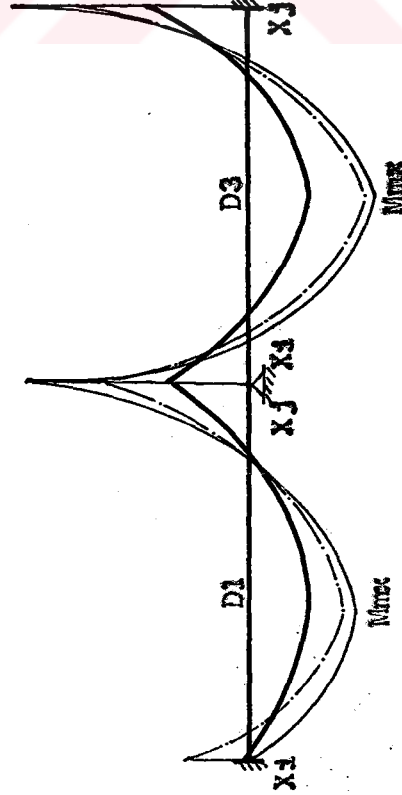


Şekil-4.4 Örnek:3'ün grafik olarak gösterilmesi (X Doğrultusu)

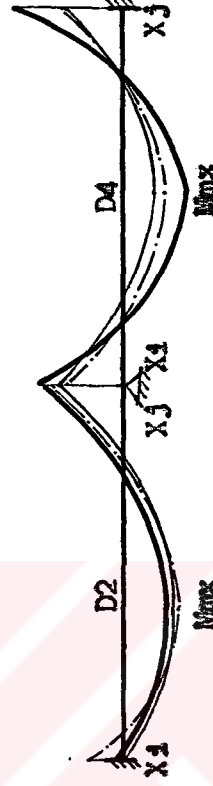
3. ÖRNEK

Y D O Ğ R U L T U S U											
Ç O Z U M	G R A F İ K	D1 DÖŞEMESİ		D3 DÖŞEMESİ		D2 DÖŞEMESİ		D4 DÖŞEMESİ		D4 DÖŞEMESİ	
		-Xi	Mmx	-Xj	Mmx	-Xi	Mmx	-Xj	Mmx	-Xi	Mmx
Y Ö N T E M İ	Ç İ Z G İ S İ	38	327	390	422	321	520	400	449	344	556
EŞDEĞER Ç. Y.	—	0	563	1172	1172	663	1128	0	252	342	171
SÜREKLİ K. T.	—	329	489	733	812	655	887	187	276	294	222
MOMENT K. Y.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

D1 - D3 D Ö Ş E M E Ş E R İ D İ



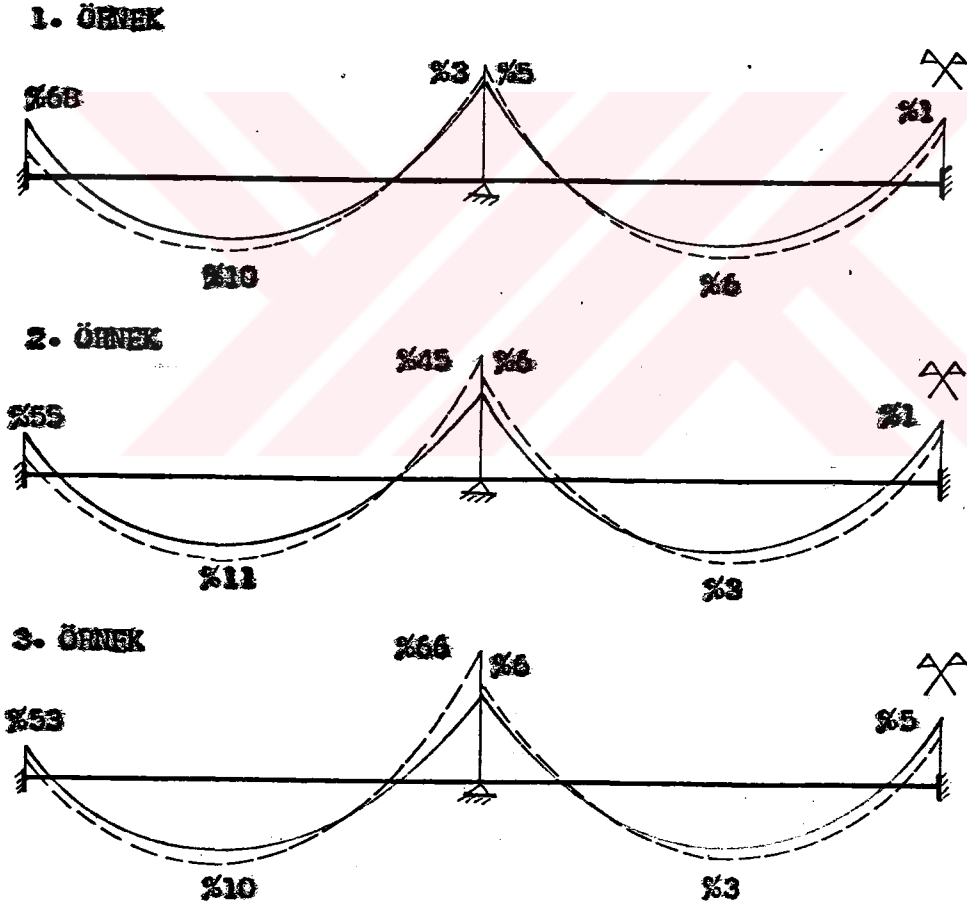
D2 - D4 D Ö Ş E M E Ş E R İ D İ



Şekil-4.5 Örnek:3'ün grafik olarak gösterilmesi (Y Doğrultusu)

4.2.1. Bütün Kiriş Boyutlarının Artırılması Halinde Karşılaştırma

Her 3 örnekte de 30/50 cm. olan kiriş boyutları 30/70 cm.'ye çıkarılmış ve Bölüm 3.3'te yeniden çözülmüştür. Kirişlerin rijitliğini artırmak anlamına gelen kiriş boyutlarının artırılması sonucu orta şerit momentlerinde Şekil-4.6'daki gibi bir değişim gözlenmiştir.



Şekil-4.6 Kiriş boyutlarının artırılması halinde, döşeme momentlerinin değişim oranları (%)

Şekil-4.6'da da açıkça görüldüğü gibi döşeme momentlerindeki en büyük değişim kenar açıklıkta (ve özellikle kenar mesnette) olmaktadır. İç açıklıkta ise bu değişim daha azdır.

4.2.2. Kolon Boyutlarının Artırılması Halinde Karşılaştırma

Diğer bütün boyutlar sabit kalmak kaydıyla, kolon boyutları 30/30 cm.'den 40/40 cm.'ye çıkarılarak Örnek:1'in yeniden çözümü sonucu moment diyagramlarında Şekil-4.7'de görüldüğü gibi bir değişim olmuştur.

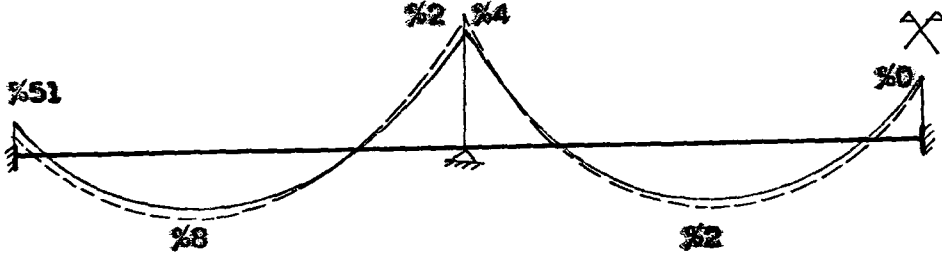
Kolon boyutlarının artırılması sonucu açıklık ve (kenar mesnet dışındaki) mesnet momentleri azalmıştır. Bu ise Şekil-4.6'da gösterilen kiriş boyutlarının artırılması halindeki moment değişimlerinin yaklaşık tersi bir durumdur.



Şekil-4.7 Örnek :1 için kolon boyutlarının artırılması halinde döşeme momentlerindeki değişim oranları (%)

4.2.3. Üstte Kolon Olmaması Halinde Karşılaştırma

Üstte kolon bulunmadığı çatı katı döşemelerinde, kolon rijitliğinin döşeme momentlerine etkisini görmek amacıyla yapılan bu çözümde, moment değişimi Şekil-4.8'de olduğu gibidir.



Şekil-4.8 Örnek :1 için Üstte kolon bulunmaması halinde döşeme momentlerindeki değişim oranları (%)

Üstte kolon bulunmaması, eşdeğer kolon rijitliğini azaltmaktadır. Bu da kolon boyutları artırılarak, eşdeğer kolon rijitliğinin artırıldığı durumun tam tersidir. Bu yüzden Şekil -4.7 ile Şekil-4.8 birbirine ters yönde değişmektedir.

4.2.4. Her İki Doğrultudaki Kiriş Boyutlarının Değiştirilmesi Halinde Çözüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

Tablo 3.4.a , 3.5 ve 3.6'da kiriş boyutlarının farklı seçilmeleri hallerinde moment değerlerindeki değişimler görülmektedir. Tablolar incelendiğinde göze çarpan en belirgin özellik, eşdeğer çerçeve kirişinin sonuçlara etkisidir. Eşdeğer çerçeve üzerindeki kirişin boyutları artırıldığında moment değerlerindeki değişim Bölüm 4.2.1'de açıklanmış ve bu değişimin oransal değerleri Şekil-4.6'da verilmiştir.

Hesap yapılan çerçeveye dik yönde saptanan kirişlerin boyutları sonuçlara çok az etki etmektedir. Özellikle 1.örnekte eşdeğer çerçeveye dik yönde saptanan kirişlerin döşeme momentlerine hiçbir etkisi olmamıştır. Diğer 2 örnekte ise bu etki, sadece kenardaki döşemeler için ve çok düşük oranlarda olmuştur. Bu yüzden, eşdeğer çerçeve kirişinin boyutları sabit kalmak kaydıyla, bu kirişe dik yönde saptanan kirişlerin bo-

yutlarının sonuçları çok düşük oranlarda etkilediği için, bu kirişlerin burulma rijitliklerinin ihmal edilebileceğini söyleyebiliriz.

4.2.5. Hareketli Yükün Bütün Açıklıklarda Aynı Anda Var Olduğu Kabulü Halinde Karşılaştırma

Eşdeğer çerçeve çözümlenmesi yapılırken hareketli yüklerin en elverişsiz durumu dikkate alınmalıdır. Ancak, hareketli yükün ölü yüke oranının $3/4$ 'ü geçmediği durumlarda, hareketli yükün tüm açıklıklarda aynı anda var olduğu kabul edilebilir.[9]

1. örnek bu şartı sağladığı için hareketli yükün tüm açıklıklarda aynı anda var olduğu kabul edilerek yeniden çözümlenmiştir. Yapılan bu çözüm ile elverişsiz yüklemeler yapılarak elde edilen çözüm sonuçları Tablo 4.1'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.1 Hareketli yükün tüm açıklıklarda bulunması halinde sonuçların karşılaştırılması

YÜKLEME ŞEKLİ	D1 DÖŞEME			D2 DÖŞEME			D3 DÖŞEME			D4 DÖŞEME		
	-X _i	M _{mx}	-X _j	-X _i	M _{mx}	-X _j	-X _i	M _{mx}	-X _j	-X _i	M _{mx}	-X _j
Elverişsiz Y.	50	172	224	216	127	183	55	210	270	260	154	219
Tek Yükleme	44	160	217	205	100	162	47	195	261	248	121	193
Değişim (%)	12	7	3	5	21	11	15	7	3	5	21	12

Tablo 4.1 de görülen moment değişimlerinin ortalaması %11 dir. Seçilen bu örnekte $p/g=0.200/0.350$ idi. Eğer bu oran sınır değer olan $p/g=3/4$ olsaydı, değişim miktarı \approx %15 mertebesinde olacaktı.

4.3. Eşdeğer Çerçeve Yönteminde Hesap Yapılan Açıklığın Sonuçlara Etkisinin Araştırılması

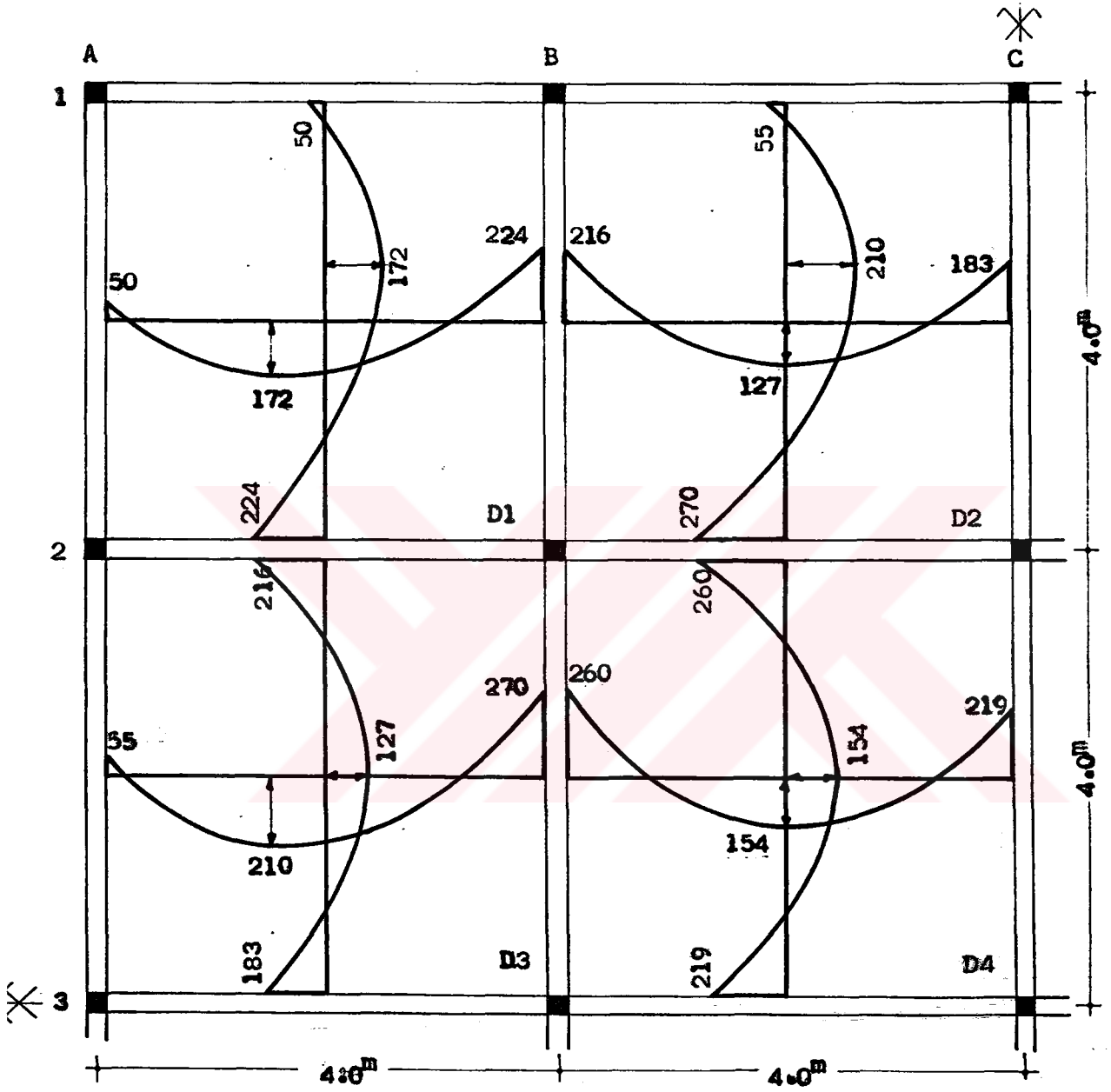
Diğer çözüm yöntemlerinden farklı olarak, Eşdeğer Çerçeve Yönteminde öngörülen tüm yüklerin hesap yapılan doğrultuda taşındığı kabul edilir. Bu durumda, her iki doğrultu için (uzun açıklık ve kısa açıklık doğrultusu) birim genişliğe gelen yük miktarı aynı olmaktadır.

Buna göre uzun açıklık doğrultusunda eşdeğer çerçeve genişliği, kısa açıklığa nazaran küçük olacağından çerçevenin taşıyacağı toplam yük de az olacaktır. Bu fark çerçeve genişlikleri ile doğru orantılı olarak değişir. Ancak, uzun açıklık doğrultusunda taşınan toplam yükün daha az olmasına rağmen, Şekil-4.10 ve 4.11'de görüldüğü gibi uzun açıklık doğrultusunda birim genişliğe gelen momentler daha büyüktür. 1. örnekte bütün döşemeler kare olduğu için her iki yöndeki momentler eşittir. (Şekil-4.9)

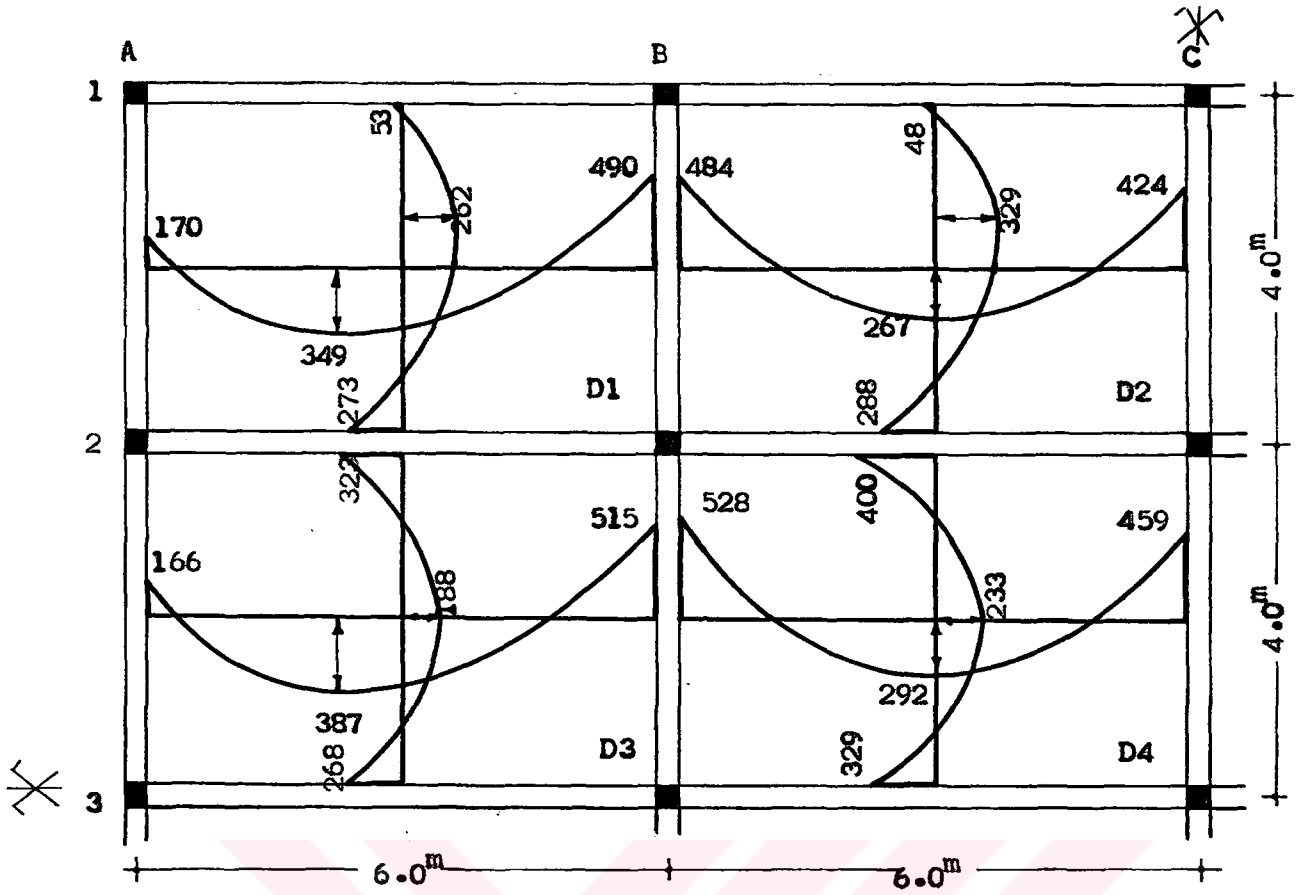
Şekil-4.10 ve 4.11 incelendiğinde uzun açıklık doğrultusundaki momentlerin daha büyük çıktığı görülmektedir. Özellikle Şekil-4.11'de verilen döşemede $m = l_y / l_x = 2$ olmasına rağmen döşemelerin her birinin uzun açıklık doğrultusundaki momentleri diğer doğrultuya nazaran daima daha büyük çıkmıştır.

Böylece, dört kenarından mesnetlenmiş çift doğrultuda çalışan döşemeler için, yüklerin büyük bir kısmının kısa açıklık doğrultusunda taşındığı kabulü Eşdeğer Çerçeve Yöntemi için geçersiz olmaktadır.

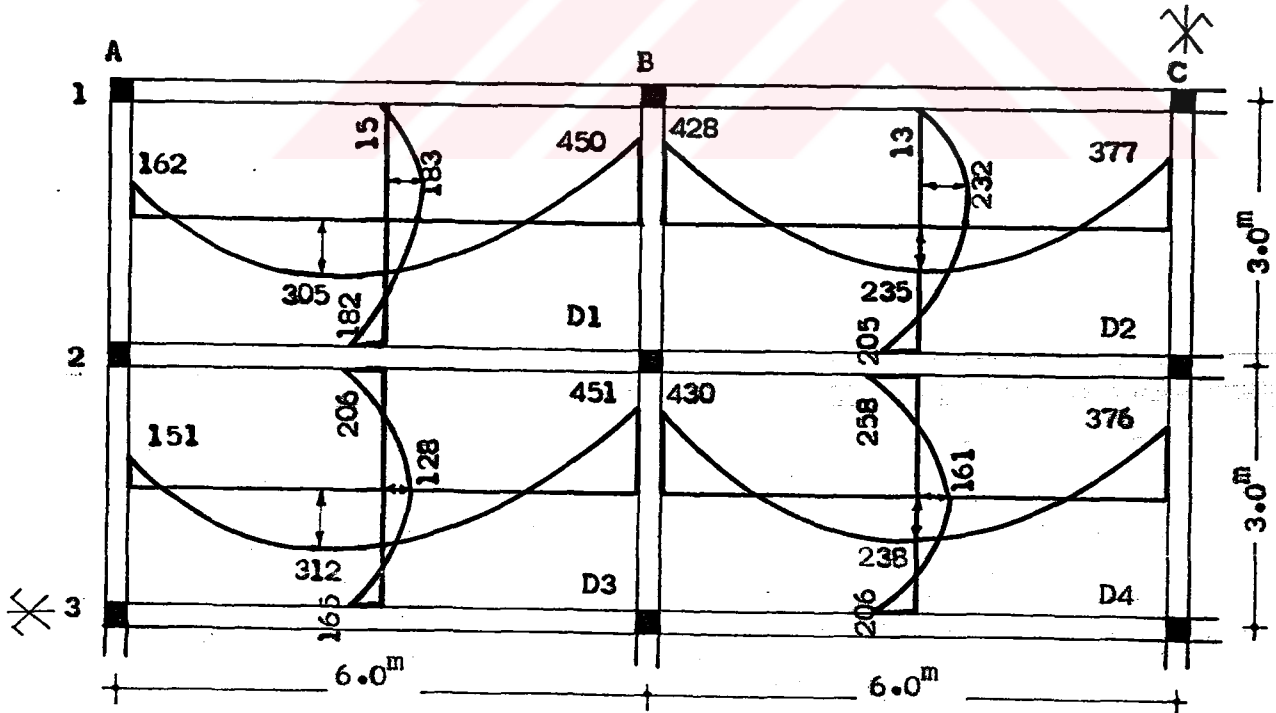
Uzun açıklık doğrultusundaki momentlerin daha büyük çıkması bir çerçeve davranışdır. Eşdeğer Çerçeve Yönteminde de yapının iki yönde kolonlar veya duvarlar ile, döşeme-kiriş elemanlarından oluşan eşdeğer çerçevelerle temsil edilebileceği varsayımı Bölüm 2.3.2.4'de belirtilmişti. Ancak döşeme momentlerinin bu varsayıma dayanarak hesabı plak davranışına uy-



Şekil-4.9 Döşeme momentleri (1. Örnek)



Şekil-4.10 Döşeme momentleri (2. Örnek)

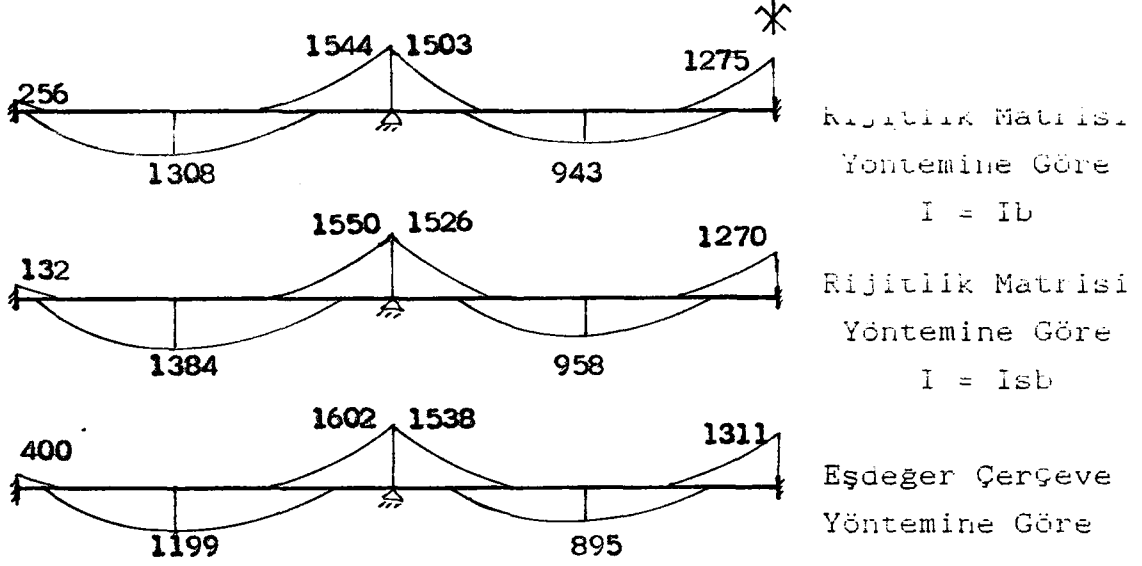


Şekil-4.11 Döşeme momentleri (3. Örnek)

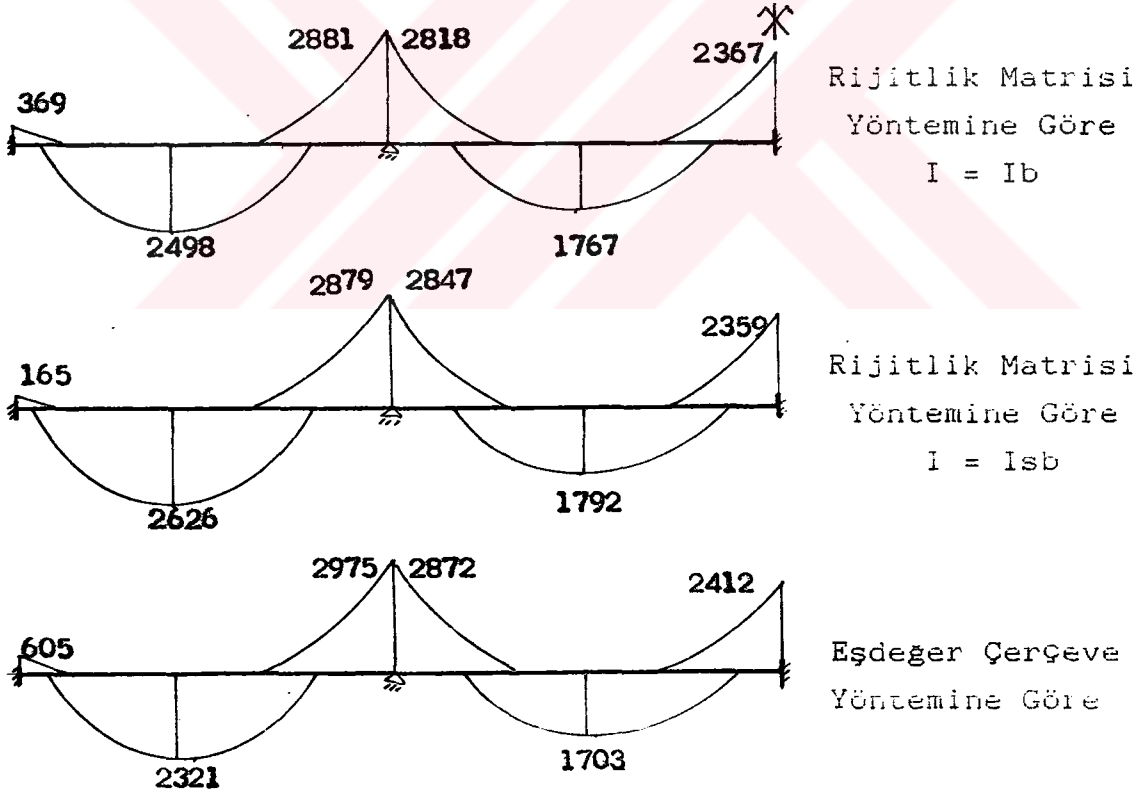
mayan sonuçlar vermektedir. Bu yüzden bir karşılaştırma yapmak amacıyla, 1. örneğin kenar ve orta çerçevesi, 4. örneğin ise her iki doğrultuda orta çerçeveleri Rijitlik Matrisi Yöntemi ile de hesaplanmıştır.

Bu iki Yöntemi karşılaştırabilmek amacıyla Eşdeğer Çerçeve Yöntemi ile bulunmuş olan açıklık ve düzeltilmiş mesnet momentleri orta ve kolon şeritlerine dağıtılmadan alınmıştır. Karşılaştırma, bu momentler ile Rijitlik Matrisi Yöntemi ile bulunan açıklık ve düzeltilmiş mesnet momentleri arasında yapılmıştır.

Şekil-4.12 ve 4.13'den de açıkça görüldüğü gibi, her iki yöntemde de açıklık arttıkça momentler de artmaktadır. Özellikle 4. örnek için bu durum daha belirgindir. Rijitlik Matrisi Yöntemi ile hesap yapılırken kiriş atalet momentinin hesabında, çalışın tabla genişliği olarak b_w veya l_2 alınması da sonuçları çok az değiştirmektedir.

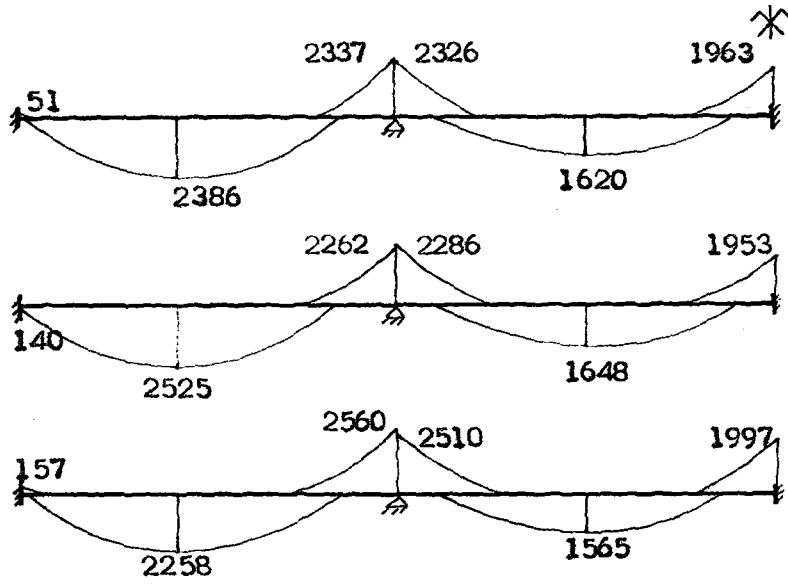


1- Kenar çerçeve için düzeltilmiş süperpoze momentler (kgm)



2- Orta çerçeve için düzeltilmiş süperpoze momentler (kgm)

Şekil-4.12 1. Örnek için karşılaştırma

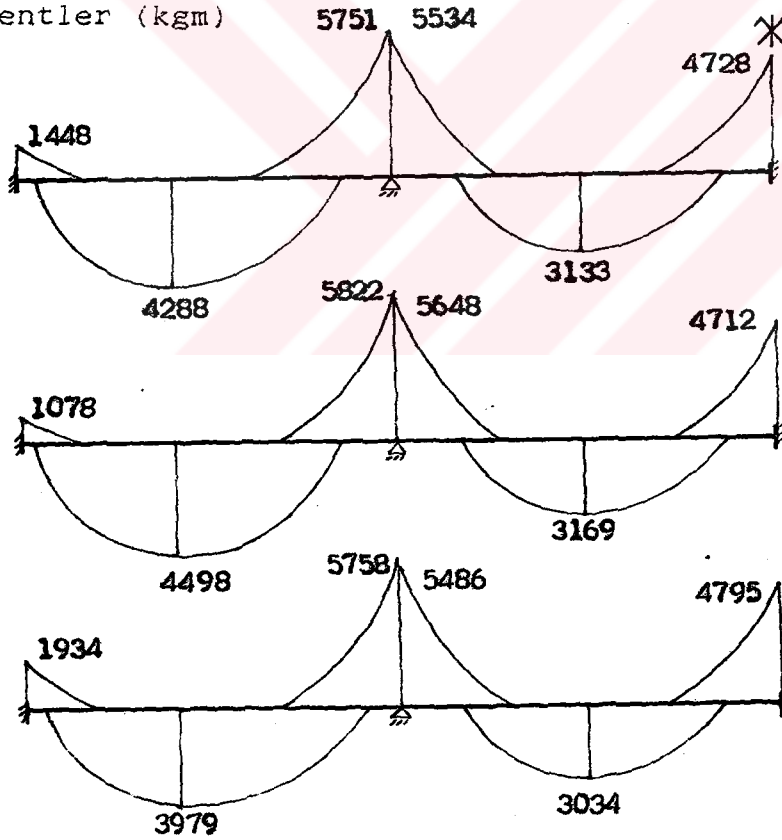


Rijitlik Matrisi
Yöntemine Göre
 $I = I_b$

Rijitlik Matrisi
Yöntemine Göre
 $I = I_{sb}$

Eşdeğer Çerçeve
Yöntemine Göre

4. Örnek, B-B Eşdeğer Çerçevesi için düzeltilmiş süperpoze momentler (kgm)



Rijitlik Matrisi
Yöntemine Göre
 $I = I_b$

Rijitlik Matrisi
Yöntemine Göre
 $I = I_{sb}$

Eşdeğer Çerçeve
Yöntemine Göre

4. Örnek, 2-2 Eşdeğer Çerçevesi için düzeltilmiş süperpoze momentler (kgm)

Şekil-4.13 4. Örnek için karşılaştırma

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Diğer ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de, betonarme döşemeler tek veya çift doğrultuda çalışan diye iki gruba ayrılmakta ve buna uygun olarak geliştirilen hesap yöntemleri ile projelendirilmektedir.

Bu konuda proje hazırlama ve bunu uygulamada gözönüne alınması gereken ana prensip; güvenlik şartlarını sağlayan ekonomik bir çözüm yapmaktır.

Önerilen hesap yöntemlerinin hepsinde birtakım kabuller yapılmış ve bu kabullerin hesaplamalara birtakım kolaylıklar getireceği düşünülmüştür. Bununla beraber güvenliği dikkate almak amacıyla yöntemlerin kullanımına birtakım sınırlamalar getirilmiş, kullanım alanı sınırlandırılmıştır.

Döşeme hesapları ile ilgili olarak 3. bölümde yapılan sayısal uygulamalar ve bu sayısal uygulamaların 4. bölümde karşılaştırılması sonucu elde edilen sonuçlar ve buna göre yapılan öneriler aşağıda verilmiştir.

- Eşdeğer Çerçeve Yönteminde, öngörülen tüm yüklerin hesap yapılan doğrultuda taşındığı varsayımı nedeniyle, mesnet şartları sabit kalmak kaydıyla, uzun açıklık doğrultusundaki momentler daima daha büyük çıkmaktadır. Bu da Eşdeğer Çerçeve Yöntemi ile döşeme sistemlerinin çözümünde, iki istikamette deformasyon yapan plak davranışları yerine çerçeve deformasyonu esasına dayanan davranış şeklinin esas alındığını ortaya koymaktadır.[23]

Bu sakıncanın giderilebilmesi için yüklerin, Taşıma Gücü Yönteminde olduğu gibi yük katsayıları ile çarpılarak, sınır şartlarına da bağlı olarak Bölüm 2.3.2.2'de anlatıldığı şekilde bileşenlerine ayrılması gerekir. Böylece kısa açıklık doğrultusunda diğer doğrultuya nazaran taşınan yükler daha da

artacağından gerçeğe daha yakın ve plak davranışına uygun bir çözüm elde edilebilir.

- Diğer çözüm yöntemlerinden farklı olarak Eşdeğer Çerçeve Yönteminde uzun uzun hesaplanan kiriş ve kolon rijitlikleri ile çerçeveye dik kirişlerin burulma rijitliklerinin sonuçlara çok az etki ettikleri görülmüştür.

Yapısal çözümler sırasında döşemelerin de diğer yapı elemanlarıyla birlikte, sistem davranışı içinde ele alınmasına dayanan ve oldukça karmaşık ve uzun hesaplar gerektiren Eşdeğer Çerçeve Yönteminin elde edilecek sonuçların gerçekçiliği ve güvenilirliği bakımından önemli bir gelişme sağlamadığı ve özellikle yapı geometrisinin düzensiz olduğu durumlarda birçok belirsizlikler yaratabileceği gözönünde bulundurulmalıdır.[24]

- Eşdeğer Çerçevenin statik hesabı sonunda bulunan açıklık ve mesnet momentleri;

a) döşemenin kirişli veya kirişsiz oluşuna

b) $l_2/l_1 =$ döşeme genişliği/döşeme açıklığı oranına

c) döşeme kirişli ise $\alpha_1 \cdot l_2/l_1$ oranına,

bağlı olarak kolon şeridi ve orta şeritlere dağıtılmaktadır. Burada α_1 , bir hesap şeridindeki E.Ib eğilme rijitliğinin, döşemenin E.Is eğilme rijitliğine oranını göstermektedir. Yönetmelik basitliği temin etmek için yaklaşık olmakla beraber $\alpha_1 \cdot l_2/l_1 \geq 1$ olması halinde kirişlerin çökmediğini ve $\alpha_1 \cdot l_2/l_1 < 1$ olması halinde momentlerin kolon ve orta şeritlere dağıtma katsayılarının, $\alpha_1 \cdot l_2/l_1 = 0$ ile (kirişsiz hal) $\alpha_1 \cdot l_2/l_1 = 1$ (çökmeyen kirişler) hali için verilen değerlerden lineer interpolasyonla bulunabileceğini de kabul etmektedir.[1] Bu kabule dayanılarak yapılan çözümler sonucunda çerçevelerde, birim genişliğe gelen kolon şeridi momentlerinin, daha büyük çıktığı görülmüştür. (Ek : 3)

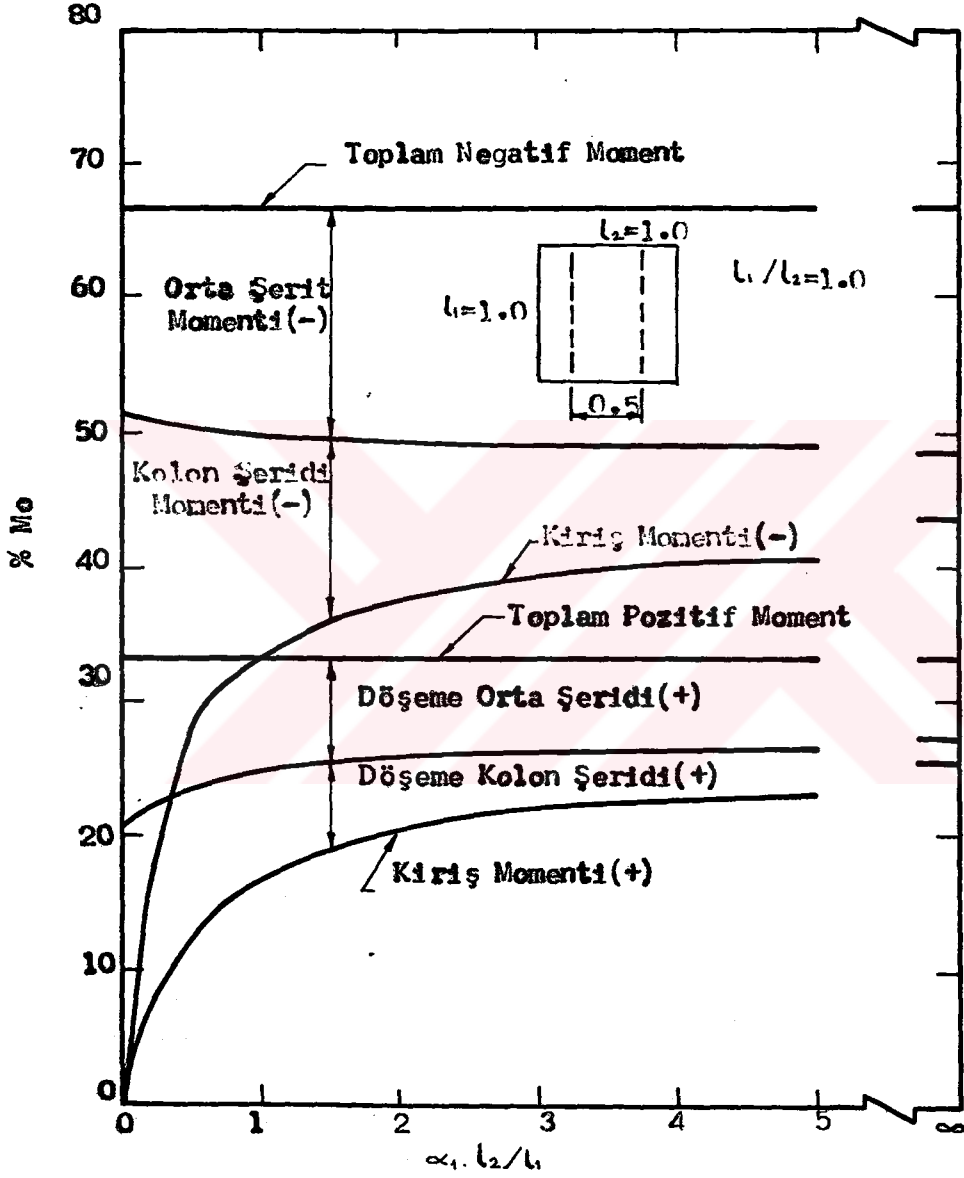
A.B.D.' nde yapılan bir çalışmada gerçekte kirişlerin çökmeyen kiriş olarak kabul edilebilmelerinin ancak $\alpha_1 \cdot l_2/l_1 \geq 3$ için mümkün olduğu görülmüştür. Yapılmış olan bu çalışmada l_1/l_2 oranları farklı şekillerde seçilen döşeme sistemlerinde, $\alpha_1 \cdot l_2/l_1$ katsayılarına bağlı olarak orta ve kolon şeritlerince taşınan moment miktarları verilmiştir. Şekil-5.1'de $l_1=l_2$ için orta şerit ve kolon şeridince taşınacak moment miktarları verilmektedir.[25] Bu yüzden kolon şeridine giden moment yüzdelerini daha gerçekçi olarak verecek katsayıların belirlenmesi gerekir.

- Hareketli yükün ölü yüke oranınınin $3/4$ 'ü geçmediği durumlarda ($p/g \leq 3/4$), hareketli yükün tüm açıklıklarda aynı anda var olduğu kabulü de sonuçları önemli ölçüde etkilemektedir. Bölüm 4.2.5.'de yapılan karşılaştırmada böyle bir kabulün sonuçları yaklaşık % 15 mertebesinde değiştirdiği görülmektedir.

Çok uzun ve karmaşık hesaplar gerektiren bu yöntemde işlemlerin bilgisayarla yapılması gerektiğinden, yaklaşık çözüm sağlamaya yönelik böyle bir kabulün yapılmasına gerek yoktur. Zaten uzun uzun hesaplanan kiriş ve kolon rijitlikleri de sonuçları yaklaşık aynı oranlarda etkilemektedir.

- Eşdeğer Çerçeve Yönteminin probleme uygulanması zordur. Kolonların aynı aks üzerinde olmaması, kolon şeridi genişliğine esas olan döşeme kısa kenarlarının farklı doğrultularda olması, yöntemin probleme uygulanmasını ve çözümünü zorlaştırmaktadır.

Sonuç olarak, işlemlerinin uzun ve karmaşık olması, probleme uygulanmasının zorluğu ve özellikle çözümden elde edilen sonuçların plak davranışına uygun olmaması nedeniyle Eşdeğer Çerçeve Yönteminin bu haliyle döşeme hesaplarında kullanılmaması gerekir.



Şekil-5.1 $l_1 = l_2$ için momentlerin orta ve kolon şeritlerine dağılımı

Bu metotla kolon ve diğer kat dõşemelerinin birbirine etkisinin gözönüne alınabilmesi, dõşemelerin yatay yükler altındaki çözümlerinin yapılabilmesi metodun üstünlüğüdür.[23]

Sonuç olarak, Eşdeğer Çerçeve Yöntemi ile kirişli dõşemelerin hesabında, plak teorisine ters düşen çözüm sonuçlarının ortadan kaldırılabilmesi için, farklı dõşeme sistemleri üzerinde yapılacak deneyler, ve üç boyutlu sonlu elemanlar metodu ile farklı dõşeme sistemlerinin çözümlerinden elde edilecek sonuçlara göre, eşdeğer çerçeve sisteminde momentlerin şeritlere dağılımı ile ilgili katsayıların daha uygun olarak belirlenmesi için çalışmalar yapılması önerilebilir.

K A Y N A K L A R

- [1] ÖZDEN K., TINIÇ C., TINIÇ Ş., Mesnetleri Çökmeyen Döşemelerin Çeşitli Hesap Şekillerinin Mukayesesi ve Oneriler, Teknik Rapor No.17, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul Ekim 1973
- [2] AKA İ., KESKİNEL F., ARDA T.S., Betonarma Yapı Elemanları, Birsen Yayınevi, İstanbul 1983
- [3] CELEP Z., KUMBASAR N., Örneklerle Betonarme, Sema Matbaacılık, İstanbul 1991
- [4] SAYLAN Ş., İki Doğrultuda Çalışan Kirişli Döşemelerin Eşdeğer Çerçeve Yöntemi ile Çözümü, II. Balıkesir Mühendislik Sempozyumu, Balıkesir 30-31 Mayıs 1991
- [5] CORLEY W.G., JIRSA J.O., Equivalent Frame Analysis for Slab Design, ACI Journal, Title No.67-54, USA, November 1970
- [6] CARDENAS A.E., KAAR P.H., Field Test of a Flat Plate Structure, ACI Journal, Title No.68-9, USA, January 1971
- [7] HATCHER D.S., SÖZEN M.A., SIESS C.P., Test of a Reinforced Concrete Flat Slab, ASCE, 6585, USA, June 1969
- [8] GAMBLE W.L., SÖZEN M.A., SIESS C.P., Test of a Two-Way Reinforced Concrete Floor Slab, ASCE, 6586, USA, June 1969
- [9] TS 500, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara Nisan 1984
- [10] THOMPSON D.P., SCANLON A., Minimum Thickness Requirements for Control of Two-Way Slab Deflections, ACI Structural Journal, Title No.85-S2, USA, January-February 1988
- [11] ACI 318-83, Building Code Requirements for Reinforced Concrete, ACI, Detroit 1983
- [12] ÇETMELİ E., Alman Betonarme Şartnamesi (DIN 1045, 1978) Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul Ekim 1981

- [13] Reported by ACI Committee 318, ACI Manual of Concrete, Part 2, Detroit 1968
- [14] ULUĞ T.N., ODABAŞI Y., Betonarme İnşaat Hesapları, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul 1985
- [15] DURMUŞ A., AKTÜRK E., Eşdeğer Çerçeve Yöntemi ve Bu Yönteme göre Betonarme Döşemelerin Bilgisayarla Yapısal Çözümü, İMO İzmir Şubesi Haber Bülteni, Sayı 32, İzmir Aralık 1990
- [16] WANG C.K., SALMON C.G., Reinforced Concrete Design, Intext Press, Inc., New York 1973
- [17] SIMMONDS S.H., MISIC J., Design Factors for the Equivalent Frame Method, ACI Journal, Title No.68-71, USA, November 1971
- [18] Reported by ACI Committee 318, ACI 318M-83 Building Code Requirements for Reinforced Concrete, American Concrete Institute, Detroit 1984
- [19] Reported by ACI Committee 318, Proposed Revisions to : Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-83) (Revised 1986), ACI Structural Journal, Title No. 85-S58, USA, November-December 1988
- [20] CANO M.T., KLINGNER R.E., Comparison of Analysis Procedures for Two-Way Slabs, ACI Structural Journal, Title No.85-S53, USA, November-December 1988
- [21] SARIGÜL N., Plakların Kırılma Çizgileri Yolu ile Hesabı, Betonarme Seminer Notları, İstanbul Haziran 1978
- [22] DÜNDAR C., KIRAL E., MENGİ Y., Yapı Mekaniğinde Bilgisayar Programları, Teknik Yayınevi, Ankara Aralık 1986
- [23] SAYLAN Ş., Kirişli Döşemelerin Eşdeğer Çerçeve Yöntemi ile Çözümünde Sistemin Davranışı, II. Balıkesir Mühendislik Sempozyumu, Balıkesir 30-31 Mayıs 1991
- [24] ERSOY U., TANKUT T., AKTAN E., ATIMTAY E., ERBATUR F., Taşıma Gücü El Kitabı, T.C. Bayındırlık Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü, Sayı : 79/4, Ankara 1979

- [25] GAMBLE W.L., Moments in Beam Supported Slabs, ACI Journal, Title No. 69-13, USA, March 1972



Ö Z G E Ç M İ Ş

15.02.1965 tarihinde Sarıçayır'da doğdum. İlkokulu Ödemiş'te; ortaokulu Ödemiş, Tire ve Aydın'da ve liseyi Eskişehir Demiryolu Endüstri Meslek Lisesi'nde olmak üzere ilk ve orta öğrenimimi yatılı olarak tamamladım.

Lise sonrası iki yıl süreyle Devlet Demiryolları emrinde, Malatya ve Diyarbakır'da Yol Sürveyanı olarak görev yaptım.

1984 yılında U.Ü. Balıkesir Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümüne girdim. 1988 yılında lisans öğrenimimi tamamladım. Daha sonra İnşaat Mühendisi olarak TCDD Sivas 4. Bölge Başmüdürlüğünde göreve başladım. 4 ay kadar çalıştıktan sonra ayrılarak mezun olduğum okula, Araştırma Görevlisi olarak döndüm. Halen aynı okulda bu görevime devam etmekteyim.

Balıkesir, Mayıs 1992

İnş. Müh. Hasan ELÇİ

Ek : 1

```
10 CLS
20 LOCATE 6,12 :PRINT "
30 LOCATE 7,12 :PRINT "
40 LOCATE 8,12 :PRINT "
50 LOCATE 9,12 :PRINT "
60 LOCATE 10,12 :PRINT "
70 LOCATE 11,12 :PRINT "
80 LOCATE 12,12 :PRINT "
90 LOCATE 13,12 :PRINT "
100 LOCATE 14,12:PRINT "
110 LOCATE 22,13:INPUT "DATA DEĞERLERİNİ DEĞİŞTİRMEK İSTİYORMUSUNUZ (E/H)=",DT$
120 IF DT$="e" OR DT$="E" THEN LIST 260-470
130 CLS
140 LOCATE 11,20:PRINT "L Ü T F E N   B E K L E Y İ N İ Z !"
150 RESTORE 270:READ CERCEVE$
160 RESTORE 300:READ L2,T,AS,CE
170 DNS=AS+1 : YS=AS+1
180 RESTORE 320:READ BW,D
190 RESTORE 340:READ HU,H
200 RESTORE 360:FOR I=1 TO AS :READ L1(I) :NEXT I
210 RESTORE 380:FOR I=1 TO DNS:READ C1(I),C2(I) :NEXT I
220 RESTORE 410:FOR I=1 TO DNS:READ C1U(I),C2U(I):NEXT I
230 RESTORE 430:FOR I=1 TO DNS:READ BWD(I),DD(I) :NEXT I
240 RESTORE 450:FOR I=1 TO AS :READ L2K(I),L2A(I):NEXT I
250 RESTORE 470:FOR I=1 TO AS :READ YY(I),HY(I) :NEXT I
260 REM ÇÖZÜLECEK ÇERÇEVENİN ADINI GİRİNİZ (CERCEVE$)
270 DATA "1-1 EŞDEĞER ÇERÇEVESİ"
280 REM EŞDEĞER ÇERÇEVE GENİŞLİĞİ [cm], DÖŞEME KALINLIĞI [cm], AÇIKLIK SAYISI
290 REM VE KENAR ÇERÇEVE İÇİN 1, ORTA ÇERÇEVE İÇİN 2 YAZINIZ
300 DATA 215,10,4,1
310 REM EŞDEĞER ÇERÇEVE DOĞRULTUSUNDAKİ KİRİŞİN GENİŞLİĞİ, YÜKSEKLİĞİ [cm]
320 DATA 30,50
330 REM ÜST KAT YÜKSEKLİĞİ [cm], ALT KAT YÜKSEKLİĞİ [cm]
340 DATA 300,300
350 REM EŞDEĞER ÇERÇEVE DOĞRULTUSUNDAKİ AÇIKLIKLAR [cm]
360 DATA 400,400,400,400
370 REM EŞDEĞER ÇERÇEVE DOĞRULTUSUNDAKİ ALT KOLONLARIN BOYUTLARI:C1,C2; [cm]
380 DATA 30,30,30,30,30,30,30,30,30,30
390 REM EŞDEĞER ÇERÇEVE DOĞRULTUSUNDAKİ ÜST KOLONLARIN BOYUTLARI:C1U,C2U; [cm]
400 REM EĞER ÇATI DÖŞEMESİ İÇİN HESAP YAPILIYORSA C2U'LAR 0 OLARAK GİRİLECEK
410 DATA 30,30,30,30,30,30,30,30,30,30
420 REM EŞDEĞER ÇERÇEVEYE DİK DOĞRULTUDAKİ KİRİŞLERİN GENİŞLİĞİ, YÜKSEKLİĞİ [cm]
430 DATA 30,50,30,50,30,50,30,50,30,50
440 REM KOLON ŞERİDİ GENİŞLİĞİ (L2K(I)),AÇIKLIK ŞERİDİ GENİŞLİĞİ(L2A(I)) [cm]
450 DATA 115,100,115,100,115,100,115,100
460 REM HER AÇIKLIK İÇİN ÖLÜ VE HAREKETLİ YÜKLER YY(I),HY(I) [t/m2]
470 DATA .35,.2,.35,.2,.35,.2,.35,.2
480 DIM SK(27),SA(27)
490 FOR I=1 TO AS : TY(I)=YY(I)+HY(I) : NEXT I
500 REM ÇERÇEVE DOĞRULTUSUNDAKİ KİRİŞLER İÇİN Is, Ib VE Isb ATALET
510 REM MOMENTLERİNİN HESABI
520 IF BW=0 OR D=0 THEN GOTO 650
530 IF CE=1 THEN GOTO 580
540 BE1=BW+2*4*T
550 BE2=BW+2*(D-T)
560 IF BE1<=BE2 THEN BE=BE1 ELSE BE=BE2
570 GOTO 610
```

```

600 IF BE1<=BE2 THEN BE=BE1 ELSE BE=BE2
610 IS=L2*T^3/12
620 IB=BW*D^3/12*((1+(BE/BW-1)*(T/D)*(4-6*(T/D)+4*(T/D)^2+(BE/BW-1)*(T/D)^3))/(1
+(BE/BW-1)*(T/D)))
630 ISB=BW*D^3/12*((1+(L2/BW-1)*(T/D)*(4-6*(T/D)+4*(T/D)^2+(L2/BW-1)*(T/D)^3))/(
1+(L2/BW-1)*(T/D)))
640 GOTO 680
650 IS=L2*T^3/12:IB=0:ISB=0
660 REM EŞDEĞER ÇERÇEVE DOĞRULTUSUNDAKİ KİRİŞLER İÇİN TAŞIMA FAKTÖRÜ (COF) VE
670 REM ANKASTRELİK MOMENTİ KATSAYILARININ (AMK) HESABI
680 FOR I=1 TO AS
690 C2O(I)=(C2(I)+C2(I+1))/2
700 FI(I)=(1-C2O(I)/L2)^2
710 C1O(I)=(C1(I)+C1(I+1))/2
720 F1(I)=L1(I)-C1O(I)
730 A(I)=F1(I)+C1O(I)*FI(I)
740 I(I)=F1(I)^3/12+2*((F1(I)+C1O(I))/2)/2)^2*FI(I)*C1O(I)/2
750 SII(I)=L1(I)/A(I)+L1(I)/I(I)*(L1(I)/2)^2
760 SIJ(I)=-L1(I)/A(I)+L1(I)/I(I)*(L1(I)/2)^2
770 COF(I)=SIJ(I)/SII(I)
780 M(I)=L1(I)^2/8 : MX(I)=.5*(L1(I)*C1O(I)/2-(C1O(I)/2)^2)
790 MA(I)=2/3*(M(I)-MX(I))*F1(I)+MX(I)*F1(I)+MX(I)*FI(I)*C1O(I)/2
800 AMK(I)=MA(I)/(A(I)*L1(I)^2)
810 REM EŞDEĞER ÇERÇEVE DOĞRULTUSUNDAKİ DÖŞEME-KİRİŞ ELEMANININ RİJİTLİĞİ (KSB)
820 KSB(I)=SII(I)*(IB+IS)/L1(I)
830 NEXT I
840 REM EŞDEĞER ÇERÇEVE DOĞRULTUSUNDAKİ KOLONLARIN RİJİTLİKLERİ Kc(I)
850 IF BW=0 OR D=0 THEN GOTO 930
860 A=H-D : I=A^3/12
870 AU=HU-D : IU=AU^3/12
880 STT=H/A+H*(A/2+D-T/2)^2/I
890 STTU=HU/AU+HU*(AU/2+D-T/2)^2/IU
900 SBB=H/A+H*(A/2+T/2)^2/I
910 SBBU=HU/AU+HU*(AU/2+T/2)^2/IU
920 GOTO 970
930 A=H-T : I=A^3/12
940 AU=HU-T : IU=AU^3/12
950 STT=H/A+H*(A/2+T/2)^2/I : SBB=STT
960 STTU=HU/AU+HU*(AU/2+T/2)^2/IU : SBBU=STTU
970 FOR I=1 TO DNS
980 KC2(I)=STT*C2(I)*C1(I)^3/12/H
990 KC1(I)=SBB*C2(I)*C1(I)^3/12/H
1000 KC(I)=KC2(I)+KC1(I)
1010 KC2U(I)=STTU*C2U(I)*C1U(I)^3/12/HU
1020 KC1U(I)=SBBU*C2U(I)*C1U(I)^3/12/HU
1030 KCU(I)=KC2U(I)+KC1U(I)
1040 NEXT I
1050 REM EŞDEĞER ÇERÇEVEYE DİK ELEMANLAR İÇİN C BURULMA KATSAYILARI
1060 FOR I=1 TO DNS
1070 IF BW=0 OR D=0 THEN GOTO 1250
1080 F(I)=DD(I)-T
1090 IF I=1 OR I=DNS THEN GOTO 1170
1100 BED1(I)=BWD(I)+2*4*T
1110 BED2(I)=BWD(I)+2*P(I)
1120 IF BED1(I)<=BED2(I) THEN BED(I)=BED1(I) ELSE BED(I)=BED2(I)
1130 PD(I)=BED(I)-BWD(I)
1140 CD1(I)=(1-.6*BWD(I)/P(I))*BWD(I)^3*P(I)/3+(1-.6*T/BED(I))*T^3*BED(I)/3

```



```

1160 GOTO 1230
1170 BED1(I)=BWD(I)+4*T
1180 BED2(I)=BWD(I)+P(I)
1190 IF BED1(I)<=BED2(I) THEN BED(I)=BED1(I) ELSE BED(I)=BED2(I)
1200 PD(I)=BED(I)-BWD(I)
1210 CD1(I)=(1-.6*BWD(I)/DD(I))*BWD(I)^3*DD(I)/3+(1-.6*T/PD(I))*PD(I)*T^3/3
1220 CD2(I)=(1-.6*BWD(I)/P(I))*BWD(I)^3*P(I)/3+(1-.6*T/BED(I))*T^3*BED(I)/3
1230 IF CD1(I)<=CD2(I) THEN C(I)=CD2(I) ELSE C(I)=CD1(I)
1240 GOTO 1260
1250 C(I)=(1-.6*T/C1(I))*T^3*C1(I)/3
1260 NEXT I
1270 REM KOLONA, EŞDEĞER ÇERÇEVEYE DİK YÖNDE SAPLANAN DÖŞEME-KIRIŞ ELEMANLARININ
1280 REM (Kt) BURULMA RİJİTLİKLERİNİN HESABI
1290 FOR I=1 TO DNS
1300 KT(I)=2*9*C(I)/(L2*(1-C2(I)/L2)^3)*ISB/IS
1310 IF BW=0 OR D=0 THEN KT(I)=2*9*C(I)/(L2*(1-C2(I)/L2)^3)
1320 IF CE=1 THEN KT(I)=KT(I)/2
1330 REM KOLON EŞDEĞER EGİLME RİJİTLİKLERİNİN (Kec) HESABI
1340 KEC(I)=(1/(KC1U(I)+KC2(I))+1/KT(I))^( -1)
1350 NEXT I
1360 REM HER DÜĞÜM NOKTASI İÇİN TOPLAM RİJİTLİK R(I)
1370 FOR I=1 TO DNS
1380 IF I=1 OR I=DNS THEN GOTO 1400
1390 R(I)=KEC(I)+KSB(I-1)+KSB(I) : GOTO 1420
1400 IF I=1 THEN R(I)=KEC(I)+KSB(I) : GOTO 1420
1410 R(I)=KEC(I)+KSB(I-1)
1420 NEXT I
1430 REM KATSAYILAR MATRİSİNİN ELEMANLARI V(I,J)
1440 FOR I=1 TO DNS
1450 FOR J=1 TO DNS
1460 IF J=I-1 THEN V(I,J)=KSB(I-1)*COF(I-1) : GOTO 1500
1470 IF I=J THEN V(I,J)=R(I) : GOTO 1500
1480 IF J=I+1 THEN V(I,J)=KSB(I)*COF(I) : GOTO 1500
1490 V(I,J)=0
1500 NEXT J
1510 NEXT I
1520 REM MATRİS İŞLEMLERİ
1530 REM V(I,J) MATRİSİNİN İNVERSİ=S(I,J)'NİN HESABI
1540 FOR I=1 TO DNS
1550 S(I,I)=1
1560 NEXT I
1570 FOR J=1 TO DNS
1580 Z=V(J,J)
1590 FOR K=1 TO DNS
1600 S(J,K)=S(J,K)/Z
1610 V(J,K)=V(J,K)/Z
1620 NEXT K
1630 FOR I=1 TO DNS
1640 P=V(I,J)
1650 IF I=J THEN GOTO 1700
1660 FOR K=1 TO DNS
1670 S(I,K)=S(I,K)-P*S(J,K)
1680 V(I,K)=V(I,K)-P*V(J,K)
1690 NEXT K
1700 NEXT I
1710 NEXT J
1720 FOR H=1 TO YS

```

```

1750 Q(I)=Q(I)*L2/10
1760 NEXT I
1770 REM ANKASTRELİK MOMENTLERİNİN HESABI (MIJ),(MJI)
1780 FOR I=1 TO AS
1790 MIJ(I)=AMK(I)*Q(I)*L1(I)^2
1800 MJI(I)=-MIJ(I)
1810 NEXT I
1820 REM V(I,J)*X(I,1)=B(I,1) : B(I,1) MATRİSİNİN OLUŞTURULMASI
1830 FOR I=1 TO DNS
1840 IF I=1 THEN B(I,1)=-MIJ(I) : GOTO 1870
1850 IF I=DNS THEN B(I,1)=-MJI(AS) : GOTO 1870
1860 B(I,1)=-MJI(I-1)-MIJ(I)
1870 NEXT I
1880 REM S*B MATRİS İŞLEMLERİ
1890 REM DÜĞÜM NOKTALARININ (TETA) DÖNME MİKTARLARI
1900 FOR I=1 TO DNS
1910 FOR K=1 TO DNS
1920 X(I,1)=X(I,1)+S(I,K)*B(K,1)
1930 NEXT K
1940 NEXT I
1950 FOR I=1 TO DNS
1960 TETA(I)=X(I,1)
1970 X(I,1)=0
1980 NEXT I
1990 REM MESNET MOMENTLERİ MI(I),MJ(I)
2000 FOR I=1 TO AS
2010 MI(I)=- (MIJ(I)+KSB(I)*TETA(I)+KSB(I)*TETA(I+1)*COF(I))
2020 MJ(I)=MJI(I)+KSB(I)*TETA(I+1)+KSB(I)*TETA(I)*COF(I)
2030 NEXT I
2040 REM MAXİMUM AÇIKLIK MOMENTLERİ:MMAX(I)
2050 FOR I=1 TO AS
2060 TI(I)=(MJ(I)-MI(I))/L1(I)+Q(I)*L1(I)/2
2070 TJ(I)=TI(I)-Q(I)*L1(I)
2080 MMAX(I)=(TI(I)^2/(2*Q(I))+MI(I))* .01
2090 NEXT I
2100 REM DÜZELTİLMİŞ MESNET MOMENTLERİ:Xi,Xj
2110 FOR I=1 TO AS
2120 MGI(I)=C1(I)/2 : MGJ(I)=C1(I+1)/2
2130 IF MGI(I)>.175*L1(I) THEN MGI(I)=.175*L1(I)
2140 IF MGJ(I)>.175*L1(I) THEN MGJ(I)=.175*L1(I)
2150 XI(I)=(MI(I)+(TI(I)+(TI(I)-Q(I)*MGI(I)))/2*MGI(I))* .01
2160 XJ(I)=(MJ(I)-(TJ(I)+(TJ(I)+Q(I)*MGJ(I)))/2*MGJ(I))* .01
2170 NEXT I
2180 IF H=1 THEN GOSUB 3160
2190 REM KOLON ŞERİDİ VE ORTA ŞERİT MOMENTLERİ
2200 FOR I=1 TO AS
2210 IF N(I)>=1 THEN SERIT(I)=.15
2220 IF N(I)<1 THEN SERIT(I)=1-.85*N(I)
2230 MMX1(I)=KOAC(I)*MMAX(I)*SERIT(I)
2240 XI1(I)=KOME(I)*XI(I)*SERIT(I)
2250 XJ1(I)=KOME(I)*XJ(I)*SERIT(I)
2260 MMX2(I)=(1-KOAC(I))*MMAX(I)
2270 XI2(I)=(1-KOME(I))*XI(I)
2280 XJ2(I)=(1-KOME(I))*XJ(I)
2290 NEXT I
2300 GOSUB 3720
2310 NEXT H

```

```

2340 PRINT "DÖŞEME KALINLIĞI(cm)=";T
2350 IF BW=0 OR D=0 THEN PRINT "KİRİŞSİZ DÖŞEME":GOTO 2370
2360 PRINT "EŞDEĞER ÇERÇEVE KİRİŞİ(cm)=";BW;"/";D
2370 PRINT
2380 PRINT TAB(5) "DÖŞEME YÜKLERİ:ÖLÜ(g), HAREKETLİ(p), TOPLAM(q) YÜKLER [t/m²]"
2390 PRINT TAB(5) "_____ "
2400 FOR I=1 TO AS
2410 PRINT TAB(16*I-11) "g(";I;")=";USING "#.###";YY(I);:NEXT I
2420 FOR I=1 TO AS
2430 PRINT TAB(16*I-11) "p(";I;")=";USING "#.###";HY(I);:NEXT I
2440 FOR I=1 TO AS
2450 PRINT TAB(16*I-11) "q(";I;")=";USING "#.###";TY(I);:NEXT I
2460 PRINT:PRINT
2470 PRINT "KOLON ŞERİTLERİNE GELEN AÇIKLIK";TAB(40):PRINT "ORTA ŞERİTLERE GELE
N AÇIKLIK"
2480 PRINT "VE MESNET MOMENTLERİ (kg*m)";TAB(40):PRINT "VE MESNET MOMENTLERİ (kg
*m)
2490 PRINT "_____";TAB(40):PRINT "_____ "
"
2500 FOR I=1 TO AS
2510 PRINT TAB(7) " Xi(";I;")=";USING "#####.##";SK(3*I-2);:PRINT TAB(46) " Xi
(";I;")=";USING "#####.##";SA(3*I-2)
2520 PRINT TAB(7) "Mmax(";I;")=";USING "#####.##";SK(3*I-1);:PRINT TAB(46) "Mmax
(";I;")=";USING "#####.##";SA(3*I-1)
2530 PRINT TAB(7) " Xj(";I;")=";USING "#####.##";SK(3*I);:PRINT TAB(46) " Xj("
;I;")=";USING "#####.##";SA(3*I)
2540 PRINT
2550 NEXT I
2560 INPUT "SONUÇLARI YAZICIYA YAZDIRMAK İSTİYORMUSUNUZ (E/H)=";PRT$
2570 PRINT
2580 IF PRT$="e" OR PRT$="E" THEN GOTO 2600
2590 GOTO 2980
2600 LPRINT CERCEVE$
2610 LPRINT "DÖŞEME KALINLIĞI(cm)=";T
2620 IF BW=0 OR D=0 THEN LPRINT "KİRİŞSİZ DÖŞEME":GOTO 2650
2630 LPRINT "EŞDEĞER ÇERÇEVE KİRİŞİ(cm)=";BW;"/";D
2640 LPRINT "EŞDEĞER ÇERÇEVEYE DİK KİRİŞLER(cm)=";BWD(1);"/";DD(1)
2650 LPRINT
2660 LPRINT TAB(5) "DÖŞEME YÜKLERİ:ÖLÜ(g), HAREKETLİ(p), TOPLAM(q) YÜKLER [t/m²]
"
2670 LPRINT TAB(5) "_____ "
"
2680 FOR I=1 TO AS
2690 LPRINT TAB(16*I-11) "g(";I;")=";USING "#.###";YY(I);:NEXT I
2700 FOR I=1 TO AS
2710 LPRINT TAB(16*I-11) "p(";I;")=";USING "#.###";HY(I);:NEXT I
2720 FOR I=1 TO AS
2730 LPRINT TAB(16*I-11) "q(";I;")=";USING "#.###";TY(I);:NEXT I
2740 LPRINT
2750 LPRINT
2760 LPRINT "KOLON ŞERİTLERİNE GELEN AÇIKLIK";TAB(40):LPRINT "ORTA ŞERİTLERE GE
LEN AÇIKLIK"
2770 LPRINT "VE MESNET MOMENTLERİ (kg*m)";TAB(40):LPRINT "VE MESNET MOMENTLERİ (
kg*m)
2780 LPRINT "_____";TAB(40):LPRINT "_____ "
"
TO ^C

```

```

2810 LPRINT TAB(7) "Mmax(";I;")=";USING "#####.##";SK(3*I-1);:LPRINT TAB(46) "Mm
ax(";I;")=";USING "#####.##";SA(3*I-1)
2820 LPRINT TAB(7) " Xj(";I;")=";USING "#####.##";SK(3*I);:LPRINT TAB(46) " Xj
(";I;")=";USING "#####.##";SA(3*I)
2830 LPRINT
2840 NEXT I
2850 LPRINT
2860 LPRINT "_____
"
2870 LPRINT TAB(22) "100 CM.'LIK DÖŞEME ŞERİDİ İÇİN"
2880 LPRINT "_____
"
2890 LPRINT "KOLON ŞERİTLERİNE GELEN AÇIKLIK";TAB(40):LPRINT "ORTA ŞERİTLERE GE
LEN AÇIKLIK"
2900 LPRINT "VE MESNET MOMENTLERİ (kg*m/m)";TAB(40):LPRINT "VE MESNET MOMENTLERİ
(kg*m/m)
2910 LPRINT "_____";TAB(40):LPRINT "_____
"
2920 FOR I=1 TO AS
2930 LPRINT TAB(7) " Xi(";I;")=";USING "#####.##";SK(3*I-2)/L2K(I)*100;:LPRINT
TAB(46) " Xi(";I;")=";USING "#####.##";SA(3*I-2)/L2A(I)*100
2940 LPRINT TAB(7) "Mmax(";I;")=";USING "#####.##";SK(3*I-1)/L2K(I)*100;:LPRINT
TAB(46) "Mmax(";I;")=";USING "#####.##";SA(3*I-1)/L2A(I)*100
2950 LPRINT TAB(7) " Xj(";I;")=";USING "#####.##";SK(3*I)/L2K(I)*100;:LPRINT TA
B(46) " Xj(";I;")=";USING "#####.##";SA(3*I)/L2A(I)*100
2960 LPRINT
2970 NEXT I
2980 PRINT:PRINT
2990 PRINT TAB(20) "İ Ş L E M B İ T M İ Ş T İ R"
3000 PRINT TAB(20) "_____
"
3010 END
3020 REM
3030 REM ELVERİŞSİZ YÜKLEMELER İÇİN YÜK KOMBİNASYONLARININ BELİRLENMESİ
3040 REM
3050 IF H=1 THEN Q(1)=TY(1):Q(2)=YY(2):Q(3)=TY(3):Q(4)=YY(4):Q(5)=TY(5):Q(6)=YY(
6):Q(7)=TY(7):Q(8)=YY(8):Q(9)=TY(9):RETURN
3060 IF H=2 THEN Q(1)=YY(1):Q(2)=TY(2):Q(3)=YY(3):Q(4)=TY(4):Q(5)=YY(5):Q(6)=TY(
6):Q(7)=YY(7):Q(8)=TY(8):Q(9)=YY(9):RETURN
3070 IF H=3 THEN Q(1)=TY(1):Q(2)=TY(2):Q(3)=YY(3):Q(4)=TY(4):Q(5)=YY(5):Q(6)=TY(
6):Q(7)=YY(7):Q(8)=TY(8):Q(9)=YY(9):RETURN
3080 IF H=4 THEN Q(1)=YY(1):Q(2)=TY(2):Q(3)=TY(3):Q(4)=YY(4):Q(5)=TY(5):Q(6)=YY(
6):Q(7)=TY(7):Q(8)=YY(8):Q(9)=TY(9):RETURN
3090 IF H=5 THEN Q(1)=TY(1):Q(2)=YY(2):Q(3)=TY(3):Q(4)=TY(4):Q(5)=YY(5):Q(6)=TY(
6):Q(7)=YY(6):Q(8)=TY(8):Q(9)=YY(9):RETURN
3100 IF H=6 THEN Q(1)=YY(1):Q(2)=TY(2):Q(3)=YY(3):Q(4)=TY(4):Q(5)=TY(5):Q(6)=YY(
6):Q(7)=TY(6):Q(8)=YY(8):Q(9)=TY(9):RETURN
3110 IF H=7 THEN Q(1)=TY(1):Q(2)=YY(2):Q(3)=TY(3):Q(4)=YY(4):Q(5)=TY(5):Q(6)=TY(
6):Q(7)=YY(7):Q(8)=TY(8):Q(9)=YY(9):RETURN
3120 IF H=8 THEN Q(1)=YY(1):Q(2)=TY(2):Q(3)=YY(3):Q(4)=TY(4):Q(5)=YY(5):Q(6)=TY(
6):Q(7)=TY(7):Q(8)=YY(8):Q(9)=TY(9):RETURN
3130 IF H=9 THEN Q(1)=TY(1):Q(2)=YY(2):Q(3)=TY(3):Q(4)=YY(4):Q(5)=TY(5):Q(6)=YY(
6):Q(7)=TY(7):Q(8)=TY(8):Q(9)=YY(9):RETURN
3140 IF H=10 THEN Q(1)=YY(1):Q(2)=TY(2):Q(3)=YY(3):Q(4)=TY(4):Q(5)=YY(5):Q(6)=TY
(6):Q(7)=YY(7):Q(8)=TY(8):Q(9)=TY(9):RETURN
3150 REM
3160 REM KOLON ŞERİTLERİNE GİDEN MOMENT YÜZDELERİNİN HESABI
3170 REM

```

```

3200 IF I=1 THEN BETA(I)=C(I)/(2*IS) : GOTO 3230
3210 IF I=AS THEN BETA(I)=C(I+1)/(2*IS) : GOTO 3230
3220 BETA(I)=0
3230 ORAN(I)=L2/L1(I)
3240 N(I)=ALFA*ORAN(I)
3250 REM
3260 REM KOLON ŞERITLERINE GIDEN AÇIKLIK MOMENTİ YÜZDESİ
3270 REM
3280 IF N(I)=0 THEN KOAC(I)=.6 : GOTO 3380
3290 IF N(I)>=1 AND ORAN(I)<=1 AND ORAN(I)>=.5 THEN KOAC(I)=.9-.15/.5*(ORAN(I)-.5) : GOTO 3380
3300 IF N(I)>=1 AND ORAN(I)<.5 THEN KOAC(I)=.9 : GOTO 3380
3310 IF N(I)>=1 AND ORAN(I)>2 THEN KOAC(I)=.45 : GOTO 3380
3320 IF N(I)>=1 AND ORAN(I)>1 AND ORAN(I)<=2 THEN KOAC(I)=.75-.3*(ORAN(I)-1) : GOTO 3380
3330 IF ORAN(I)<=1 AND ORAN(I)>=.5 THEN KOAC1(I)=.6+.3*N(I):KOAC2(I)=.6+.15*N(I) :KOAC(I)=KOAC1(I)-(KOAC1(I)-KOAC2(I))/.5*(ORAN(I)-.5):GOTO 3380
3340 IF ORAN(I)<.5 THEN KOAC(I)=.6+.3*N(I) : GOTO 3380
3350 IF ORAN(I)>2 THEN KOAC(I)=.6-.15*N(I) : GOTO 3380
3360 IF ORAN(I)<=2 AND ORAN(I)>1 THEN KOAC1(I)=.6+.15*N(I):KOAC2(I)=.6-.15*N(I):KOAC(I)=KOAC1(I)-(KOAC1(I)-KOAC2(I))*(ORAN(I)-1)
3370 REM
3380 REM KOLON ŞERITLERINE GIDEN MESNET MOMENTİ YÜZDESİ
3390 REM
3400 IF I=1 OR I=AS THEN GOTO 3500
3410 IF N(I)=0 THEN KOME(I)=.75 : GOTO 3690
3420 IF N(I)>=1 AND ORAN(I)<=1 AND ORAN(I)>=.5 THEN KOME(I)=.9-.15/.5*(ORAN(I)-.5) : GOTO 3690
3430 IF N(I)>=1 AND ORAN(I)<.5 THEN KOME(I)=.9 : GOTO 3690
3440 IF N(I)>=1 AND ORAN(I)>2 THEN KOME(I)=.45 : GOTO 3690
3450 IF N(I)>=1 AND ORAN(I)>1 AND ORAN(I)<=2 THEN KOME(I)=.75-.3*(ORAN(I)-1) : GOTO 3690
3460 IF ORAN(I)<=1 AND ORAN(I)>=.5 THEN KOME1(I)=.75+.15*N(I):KOME2(I)=.75:KOME(I)=KOME1(I)-(KOME1(I)-KOME2(I))/.5*(ORAN(I)-.5) : GOTO 3690
3470 IF ORAN(I)<.5 THEN KOME(I)=.75+.15*N(I) : GOTO 3690
3480 IF ORAN(I)>2 THEN KOME(I)=.75-.3*N(I) : GOTO 3690
3490 IF ORAN(I)>1 AND ORAN(I)<=2 KOME1(I)=.75:KOME2(I)=.75-.3*N(I):KOME(I)=KOME1(I)-(KOME1(I)-KOME2(I))*(ORAN(I)-1) : GOTO 3690
3500 IF N(I)=0 AND BETA(I)<=2.5 THEN KOME(I)=1-.25/2.5*BETA(I) : GOTO 3690
3510 IF N(I)=0 AND BETA(I)>2.5 THEN KOME(I)=.75 : GOTO 3690
3520 IF N(I)>=1 AND BETA(I)>=2.5 AND ORAN(I)<=1 AND ORAN(I)>=.5 THEN KOME(I)=.9-.15/.5*(ORAN(I)-.5) : GOTO 3690
3530 IF N(I)>=1 AND BETA(I)>=2.5 AND ORAN(I)>1 AND ORAN(I)<=2 THEN KOME(I)=.75-.3*(ORAN(I)-1):GOTO 3690
3540 IF N(I)>=1 AND BETA(I)>=2.5 AND ORAN(I)<.5 THEN KOME(I)=.9 : GOTO 3690
3550 IF N(I)>=1 AND BETA(I)>=2.5 AND ORAN(I)>2 THEN KOME(I)=.45 : GOTO 3690
3560 IF N(I)>=1 AND BETA(I)<2.5 AND ORAN(I)<=1 AND ORAN(I)>=.5 THEN KOME1(I)=1-.1/2.5*BETA(I):KOME2(I)=1-.25/2.5*BETA(I):KOME(I)=KOME1(I)-(KOME1(I)-KOME2(I))/.5*(ORAN(I)-.5):GOTO 3690
3570 IF N(I)>=1 AND BETA(I)<2.5 AND ORAN(I)>1 AND ORAN(I)<=2 THEN KOME1(I)=1-.25/2.5*BETA(I):KOME2(I)=1-.55/2.5*BETA(I):KOME(I)=KOME1(I)-(KOME1(I)-KOME2(I))*(ORAN(I)-1):GOTO 3690
3580 IF N(I)>=1 AND BETA(I)<2.5 AND ORAN(I)<.5 THEN KOME(I)=1-.1/2.5*BETA(I) : GOTO 3690
3590 IF N(I)>=1 AND BETA(I)<2.5 AND ORAN(I)>2 THEN KOME(I)=1-.55/2.5*BETA(I) : GOTO 3690
3600 IF N(I)>=1 AND BETA(I)<2.5 AND ORAN(I)>1 AND ORAN(I)<=2 THEN KOME(I)=1-.25/2.5*BETA(I) : GOTO 3690

```

```

3620 IF BETA(I)>=2.5 AND ORAN(I)>1 AND ORAN(I)<=2 THEN KOME1(I)=.75:KOME2(I)=.75
-.3*N(I):KOME(I)=KOME1(I)-(KOME1(I)-KOME2(I))*(ORAN(I)-1):GOTO 3690
3630 IF BETA(I)>=2.5 AND ORAN(I)<.5 THEN KOME(I)=.75+.15*N(I):GOTO 3690
3640 IF BETA(I)>=2.5 AND ORAN(I)>2 THEN KOME(I)=.75-.3*N(I):GOTO 3690
3650 IF ORAN(I)<=1 AND ORAN(I)>=.5 THEN KOME11(I)=1-.25/2.5*BETA(I):KOME12(I)=1-
.1/2.5*BETA(I):KOME1(I)=KOME11(I)+(KOME12(I)-KOME11(I))*N(I):KOME2(I)=KOME11(I):
KOME(I)=KOME1(I)-(KOME1(I)-KOME2(I))/.5*(ORAN(I)-.5):GOTO 3690
3660 IF ORAN(I)>1 AND ORAN(I)<=2 THEN KOME1(I)=1-.25/2.5*BETA(I):KOME21(I)=KOME1
(I):KOME22(I)=1-.55/2.5*BETA(I):KOME2(I)=KOME21(I)-(KOME21(I)-KOME22(I))*N(I):KO
ME(I)=KOME1(I)-(KOME1(I)-KOME2(I))*(ORAN(I)-1):GOTO 3690
3670 IF ORAN(I)<.5 THEN KOME1(I)=1-.25/2.5*BETA(I):KOME2(I)=1-.1/2.5*BETA(I):KOM
E(I)=KOME1(I)+(KOME2(I)-KOME1(I))*N(I):GOTO 3690
3680 IF ORAN(I)>2 THEN KOME1(I)=1-.25/2.5*BETA(I):KOME2(I)=1-.55/2.5*BETA(I):KOM
E(I)=KOME1(I)-(KOME1(I)-KOME2(I))*N(I)
3690 NEXT I
3700 RETURN
3710 REM
3720 REM ELVERİSSİZ AÇIKLIK VE MESNET MOMENTLERİNİN BELİRLENMESİ
3730 REM
3740 IF H=1 THEN SK(1)=XI1(1):SA(1)=XI2(1):SK(2)=MMX1(1):SA(2)=MMX2(1):SK(8)=MMX
1(3):SA(8)=MMX2(3):SK(14)=MMX1(5):SA(14)=MMX2(5):SK(20)=MMX1(7):SA(20)=MMX2(7):S
K(26)=MMX1(9):SA(26)=MMX2(9):IF AS/2>INT(AS/2) THEN SK(3*AS)=XJ1(AS):SA(3*AS)=XJ
2(AS):RETURN
3750 IF H=1 THEN RETURN
3760 IF H=2 THEN SK(5)=MMX1(2):SA(5)=MMX2(2):SK(11)=MMX1(4):SA(11)=MMX2(4):SK(17
)=MMX1(6):SA(17)=MMX2(6):SK(23)=MMX1(8):SA(23)=MMX2(8):IF AS/2=INT(AS/2) THEN SK
(3*AS)=XJ1(AS):SA(3*AS)=XJ2(AS):RETURN
3770 IF H=2 THEN RETURN
3780 IF H=3 THEN SK(3)=XJ1(1):SA(3)=XJ2(1):SK(4)=XI1(2):SA(4)=XI2(2):RETURN
3790 IF H=4 THEN SK(6)=XJ1(2):SA(6)=XJ2(2):SK(7)=XI1(3):SA(7)=XI2(3):RETURN
3800 IF H=5 THEN SK(9)=XJ1(3):SA(9)=XJ2(3):SK(10)=XI1(4):SA(10)=XI2(4):RETURN
3810 IF H=6 THEN SK(12)=XJ1(4):SA(12)=XJ2(4):SK(13)=XI1(5):SA(13)=XI2(5):RETURN
3820 IF H=7 THEN SK(15)=XJ1(5):SA(15)=XJ2(5):SK(16)=XI1(6):SA(16)=XI2(6):RETURN
3830 IF H=8 THEN SK(18)=XJ1(6):SA(18)=XJ2(6):SK(19)=XI1(7):SA(19)=XI2(7):RETURN
3840 IF H=9 THEN SK(21)=XJ1(7):SA(21)=XJ2(7):SK(22)=XI1(8):SA(22)=XI2(8):RETURN
3850 IF H=10 THEN SK(24)=XJ1(8):SA(24)=XJ2(8):SK(25)=XI1(9):SA(25)=XI2(9):RETURN

```

Ek : 2

**Dört Kenarından Oturan Çift Doğrultuda Donatılı
Dikdörtgen Plakların α Moment Katsayıları**

Plağın Mesnetlenme Biçimi ve Momentin Yeri		Kısa açıklık								Uzun Açıklık her m için
		m değerleri								
		1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,75	2	
1	Dört kenar sürekli									
	Sürekli kenarda Negatif moment	0,033	0,040	0,045	0,050	0,054	0,059	0,071	0,083	0,033
	Açıklık ortasında Pozitif moment	0,025	0,030	0,034	0,038	0,041	0,045	0,053	0,062	0,025
2	Bir kenar süreksiz (kısa veya uzun)									
	Sürekli kenarda Negatif moment	0,041	0,047	0,053	0,057	0,061	0,065	0,075	0,085	0,041
	Açıklık ortasında Pozitif moment	0,031	0,035	0,040	0,043	0,046	0,049	0,056	0,064	0,031
	Süreksiz kenarda Negatif moment	0,021	0,023	0,027	0,029	0,031	0,033	0,037	0,043	0,021
3	İki komşu kenar süreksiz									
	Sürekli kenarda Negatif moment	0,049	0,056	0,062	0,066	0,070	0,073	0,082	0,090	0,049
	Açıklık ortasında Pozitif moment	0,037	0,042	0,047	0,050	0,053	0,055	0,062	0,068	0,037
	Süreksiz kenarda Negatif moment	0,025	0,028	0,031	0,033	0,035	0,037	0,041	0,045	0,025
4	İki kısa kenar süreksiz									
	Sürekli kenarda Negatif moment	0,056	0,061	0,065	0,069	0,071	0,073	0,077	0,080	—
	Açıklık ortasında Pozitif moment	0,044	0,046	0,049	0,051	0,053	0,055	0,058	0,060	0,044
	Süreksiz kenarda Negatif moment	0,029	0,031	0,033	0,034	0,035	0,037	0,039	0,040	0,029
5	İki uzun kenar süreksiz									
	Sürekli kenarda Negatif moment	—	—	—	—	—	—	—	—	0,056
	Açıklık ortasında Pozitif moment	0,044	0,053	0,060	0,065	0,068	0,071	0,077	0,080	0,044
	Süreksiz kenarda Negatif moment	0,029	0,035	0,040	0,043	0,045	0,047	0,051	0,053	0,029
6	Üç kenar süreksiz (Bir kısa veya uzun kenar sürekli)									
	Sürekli kenarda Negatif moment	0,058	0,065	0,071	0,077	0,081	0,085	0,092	0,098	0,058
	Açıklık ortasında Pozitif moment	0,044	0,049	0,054	0,058	0,061	0,064	0,069	0,074	0,044
	Süreksiz kenarda Negatif moment	0,029	0,033	0,036	0,039	0,041	0,043	0,046	0,049	0,029
7	Dört kenar süreksiz									
	Açıklık ortasında Pozitif moment	0,050	0,057	0,062	0,067	0,071	0,075	0,081	0,083	0,050
	Süreksiz kenarda Negatif moment	0,033	0,038	0,042	0,045	0,047	0,050	0,054	0,055	0,033

Ek : 3

1-1 EŞDEĞER ÇERÇEVESİ

DÖŞEME KALINLIĞI(cm)= 10

EŞDEĞER ÇERÇEVE KİRİŞİ(cm)= 30 / 50

EŞDEĞER ÇERÇEVEYE DİK KİRİŞLER(cm)= 30 / 50

DÖŞEME YÜKLERİ:ÖLÜ(g), HAREKETLİ(p), TOPLAM(q) YÜKLER [t/m²]

g(1)=0.350	g(2)=0.350	g(3)=0.350	g(4)=0.350
p(1)=0.200	p(2)=0.200	p(3)=0.200	p(4)=0.200
q(1)=0.550	q(2)=0.550	q(3)=0.550	q(4)=0.550

KOLON ŞERİTLERİNE GELEN AÇIKLIK
VE MESNET MOMENTLERİ (kg*m)

Xi(1)= -53.28
Mmax(1)= 159.79
Xj(1)= -213.55

Xi(2)= -205.08
Mmax(2)= 119.37
Xj(2)= -174.77

Xi(3)= -174.77
Mmax(3)= 119.37
Xj(3)= -205.08

Xi(4)= -213.55
Mmax(4)= 159.79
Xj(4)= -53.28

ORTA ŞERİTLERE GELEN AÇIKLIK
VE MESNET MOMENTLERİ (kg*m)

Xi(1)= -44.46
Mmax(1)= 133.34
Xj(1)= -178.21

Xi(2)= -171.14
Mmax(2)= 99.61
Xj(2)= -145.85

Xi(3)= -145.85
Mmax(3)= 99.61
Xj(3)= -171.14

Xi(4)= -178.21
Mmax(4)= 133.34
Xj(4)= -44.46

100 CM.'LİK DÖŞEME ŞERİDİ İÇİN

KOLON ŞERİTLERİNE GELEN AÇIKLIK
VE MESNET MOMENTLERİ (kg*m/m)

Xi(1)= -46.33
Mmax(1)= 138.95
Xj(1)= -185.70

Xi(2)= -178.33
Mmax(2)= 103.80
Xj(2)= -151.97

Xi(3)= -151.97
Mmax(3)= 103.80
Xj(3)= -178.33

Xi(4)= -185.70
Mmax(4)= 138.95
Xj(4)= -46.33

ORTA ŞERİTLERE GELEN AÇIKLIK
VE MESNET MOMENTLERİ (kg*m/m)

Xi(1)= -44.46
Mmax(1)= 133.34
Xj(1)= -178.21

Xi(2)= -171.14
Mmax(2)= 99.61
Xj(2)= -145.85

Xi(3)= -145.85
Mmax(3)= 99.61
Xj(3)= -171.14

Xi(4)= -178.21
Mmax(4)= 133.34
Xj(4)= -44.46

Ek : 3 (Devamı)

2-2 EŞDEĞER ÇERÇEVESİ

DÖŞEME KALINLIĞI(cm)= 10

EŞDEĞER ÇERÇEVE KIRIŞI(cm)= 30 / 50

EŞDEĞER ÇERÇEVEYE DİK KIRIŞLAR(cm)= 30 / 50

DÖŞEME YÜKLERİ:ÖLÜ(g), HAREKETLİ(p), TOPLAM(q) YÜKLER [t/m²]

g(1)=0.350	g(2)=0.350	g(3)=0.350	g(4)=0.350
p(1)=0.200	p(2)=0.200	p(3)=0.200	p(4)=0.200
q(1)=0.550	q(2)=0.550	q(3)=0.550	q(4)=0.550

KOLON ŞERİTLERİNE GELEN AÇIKLIK
VE MESNET MOMENTLERİ (kg*m)

Xi(1)= -68.04
Mmax(1)= 261.15
Xj(1)= -334.65

Xi(2)= -323.14
Mmax(2)= 191.57
Xj(2)= -271.30

Xi(3)= -271.30
Mmax(3)= 191.57
Xj(3)= -323.14

Xi(4)= -334.65
Mmax(4)= 261.15
Xj(4)= -68.04

ORTA ŞERİTLERE GELEN AÇIKLIK
VE MESNET MOMENTLERİ (kg*m)

Xi(1)= -151.21
Mmax(1)= 580.33
Xj(1)= -743.67

Xi(2)= -718.08
Mmax(2)= 425.71
Xj(2)= -602.90

Xi(3)= -602.90
Mmax(3)= 425.71
Xj(3)= -718.08

Xi(4)= -743.67
Mmax(4)= 580.33
Xj(4)= -151.21

100 CM.'LİK DÖŞEME ŞERİDİ İÇİN

KOLON ŞERİTLERİNE GELEN AÇIKLIK
VE MESNET MOMENTLERİ (kg*m/m)

Xi(1)= -34.02
Mmax(1)= 130.57
Xj(1)= -167.33

Xi(2)= -161.57
Mmax(2)= 95.79
Xj(2)= -135.65

Xi(3)= -135.65
Mmax(3)= 95.79
Xj(3)= -161.57

Xi(4)= -167.33
Mmax(4)= 130.57
Xj(4)= -34.02

ORTA ŞERİTLERE GELEN AÇIKLIK
VE MESNET MOMENTLERİ (kg*m/m)

Xi(1)= -75.60
Mmax(1)= 290.17
Xj(1)= -371.83

Xi(2)= -359.04
Mmax(2)= 212.86
Xj(2)= -301.45

Xi(3)= -301.45
Mmax(3)= 212.86
Xj(3)= -359.04

Xi(4)= -371.83
Mmax(4)= 290.17
Xj(4)= -75.60

Çift doğrultuda çalışan plaklarda n_x , n_y ve χ_x katsayıları

Mesnet Bijimi	$l_y \begin{array}{|c|} \hline 1 \\ \hline \end{array}$ l_x			$l_y \begin{array}{|c|} \hline 2 \\ \hline \end{array}$ l_x			$l_y \begin{array}{|c|} \hline 3 \\ \hline \end{array}$ l_x			$l_y \begin{array}{|c|} \hline 4 \\ \hline \end{array}$ l_x			$l_y \begin{array}{|c|} \hline 5 \\ \hline \end{array}$ l_x		
	n_{1x}	n_{1y}	χ_{1x}	n_{2x}	n_{2y}	χ_{2x}	n_{3x}	n_{3y}	χ_{3x}	n_{4x}	n_{4y}	χ_{4x}	n_{5x}	n_{5y}	χ_{5x}
1.00	27.4	27.4	.500	29.9	36.7	.714	36.7	29.9	.286	37.2	37.2	.500	37.5	55.7	.833
1.02	26.4	27.4	.520	29.0	37.2	.730	34.9	29.7	.302	35.7	37.2	.520	36.7	57.0	.844
1.04	25.4	27.5	.539	28.2	37.7	.745	33.3	29.5	.319	34.4	37.2	.539	36.0	58.3	.854
1.06	24.5	27.5	.558	27.4	38.2	.759	31.7	29.3	.336	33.2	37.3	.558	35.3	59.7	.863
1.08	23.6	27.5	.576	26.7	38.7	.773	30.3	29.1	.352	32.1	37.5	.576	34.7	61.1	.872
1.10	22.8	27.6	.594	26.0	39.3	.785	29.0	29.0	.369	31.1	37.6	.594	34.2	62.6	.880
1.12	22.0	27.6	.611	25.4	39.9	.797	27.9	28.9	.386	30.1	37.8	.611	33.7	64.1	.887
1.14	21.3	27.7	.628	24.8	40.6	.809	26.8	28.8	.403	29.3	38.0	.628	33.2	65.7	.894
1.16	20.7	27.8	.644	24.3	41.2	.819	25.7	28.7	.420	28.5	38.3	.644	32.7	67.3	.901
1.18	20.0	27.9	.660	23.8	41.9	.829	24.8	28.7	.437	27.7	38.6	.660	32.3	68.9	.906
1.20	19.5	28.0	.675	23.3	42.6	.838	23.9	28.6	.453	27.0	38.9	.675	31.9	70.6	.912
1.22	18.9	28.1	.689	22.9	43.4	.847	23.1	28.6	.470	26.4	39.2	.689	31.6	72.3	.917
1.24	18.4	28.3	.703	22.5	44.1	.855	22.3	28.6	.486	25.8	39.6	.703	31.2	74.1	.922
1.26	17.9	28.4	.716	22.1	44.9	.863	21.6	28.6	.502	25.2	40.0	.716	30.9	75.9	.926
1.28	17.4	28.6	.729	21.8	45.8	.870	21.0	28.6	.518	24.7	40.4	.729	30.6	77.8	.931
1.30	17.0	28.8	.741	21.4	46.6	.877	20.4	28.6	.533	24.2	40.8	.741	30.3	79.7	.935
1.32	16.6	28.9	.752	21.1	47.5	.884	19.8	28.6	.548	23.7	41.3	.752	30.1	81.6	.938
1.34	16.2	29.1	.763	20.8	48.4	.890	19.2	28.7	.563	23.3	41.8	.763	29.8	83.6	.942
1.36	15.9	29.4	.774	20.5	49.3	.895	18.7	28.7	.578	22.9	42.3	.774	29.6	85.6	.945
1.38	15.5	29.6	.784	20.3	50.2	.901	18.2	28.8	.592	22.5	42.8	.784	29.4	87.6	.948
1.40	15.2	29.8	.793	20.0	51.2	.906	17.8	28.9	.606	22.1	43.4	.793	29.2	89.7	.951
1.42	14.9	30.1	.803	19.8	52.1	.910	17.4	28.9	.619	21.8	43.9	.803	29.0	91.9	.953
1.44	14.6	30.3	.811	19.6	53.1	.915	17.0	29.0	.632	21.5	44.5	.811	28.8	94.0	.956
1.46	14.4	30.6	.820	19.4	54.2	.919	16.6	29.1	.645	21.2	45.1	.820	28.6	96.2	.958
1.48	14.1	30.9	.828	19.2	55.2	.923	16.2	29.2	.657	20.9	45.7	.828	28.5	98.5	.960
1.50	13.9	31.2	.835	19.0	56.3	.927	15.9	29.4	.669	20.6	46.4	.835	28.3	100.7	.962
1.52	13.6	31.5	.842	18.8	57.4	.930	15.6	29.5	.681	20.4	47.1	.842	28.2	103.0	.964
1.54	13.4	31.8	.849	18.7	58.5	.934	15.3	29.6	.692	20.1	47.7	.849	28.0	105.4	.966
1.56	13.2	32.2	.856	18.5	59.6	.937	15.0	29.8	.703	19.9	48.4	.856	27.9	107.8	.967
1.58	13.0	32.5	.862	18.4	60.8	.940	14.7	29.9	.714	19.7	49.2	.862	27.8	110.2	.969
1.60	12.8	32.9	.868	18.2	61.9	.942	14.5	30.1	.724	19.5	49.9	.868	27.6	112.6	.970
1.62	12.7	33.3	.873	18.1	63.1	.945	14.2	30.3	.734	19.3	50.6	.873	27.5	115.1	.972
1.64	12.5	33.7	.879	18.0	64.3	.948	14.0	30.4	.743	19.1	51.4	.879	27.4	117.7	.973
1.66	12.4	34.0	.884	17.9	65.5	.950	13.8	30.6	.752	18.9	52.2	.884	27.3	120.2	.974
1.68	12.2	34.5	.888	17.7	66.8	.952	13.6	30.8	.761	18.8	53.0	.888	27.2	122.8	.976
1.70	12.1	34.9	.893	17.6	68.1	.954	13.4	31.1	.770	18.6	53.8	.893	27.1	125.4	.977
1.72	11.9	35.3	.897	17.5	69.3	.956	13.2	31.3	.778	18.5	54.7	.897	27.0	128.1	.978
1.74	11.8	35.7	.902	17.4	70.6	.958	13.0	31.5	.786	18.3	55.5	.902	26.9	130.8	.979
1.76	11.7	36.2	.906	17.3	72.0	.960	12.8	31.7	.793	18.2	56.4	.906	26.9	133.5	.980
1.78	11.6	36.6	.909	17.2	73.3	.962	12.7	32.0	.801	18.1	57.3	.909	26.8	136.3	.980
1.80	11.5	37.1	.913	17.2	74.7	.963	12.5	32.2	.808	17.9	58.2	.913	26.7	139.1	.981
1.82	11.3	37.6	.916	17.1	76.0	.965	12.4	32.5	.814	17.8	59.1	.916	26.6	141.9	.982
1.84	11.2	38.1	.920	17.0	77.4	.966	12.2	32.8	.821	17.7	60.0	.920	26.6	144.8	.983
1.86	11.1	38.6	.923	16.9	78.9	.968	12.1	33.1	.827	17.6	60.9	.923	26.5	147.7	.984
1.88	11.1	39.1	.926	16.8	80.3	.969	11.9	33.3	.833	17.5	61.9	.926	26.4	150.6	.984
1.90	11.0	39.6	.929	16.8	81.7	.970	11.8	33.6	.839	17.4	62.9	.929	26.4	153.6	.985
1.92	10.9	40.1	.931	16.7	83.2	.971	11.7	33.9	.845	17.3	63.8	.931	26.3	156.6	.985
1.94	10.8	40.6	.934	16.6	84.7	.973	11.6	34.3	.850	17.2	64.8	.934	26.2	159.6	.986
1.96	10.7	41.2	.937	16.6	86.2	.974	11.5	34.6	.855	17.1	65.9	.937	26.2	162.7	.987
1.98	10.6	41.7	.939	16.5	87.7	.975	11.4	34.9	.860	17.1	66.9	.939	26.1	165.8	.987
2.00	10.6	42.3	.941	16.5	89.3	.976	11.3	35.2	.865	17.0	67.9	.941	26.1	169.0	.988

Ek : 4 (Devamı)

Mesnet Bijimi	ly 6			ly 7			ly 8			ly 9			Mesnet Bijimi
	$\epsilon = l_y/l_x$	n_{6x}	n_{6y}	χ_{6x}	n_{7x}	n_{7y}	χ_{7x}	n_{8x}	n_{8y}	χ_{8x}	n_{9x}	n_{9y}		$\chi_{9x}$	$\epsilon = l_y/l_x$
1.00	55.7	37.5	.157	44.2	50.6	.667	50.6	44.2	.333	55.7	55.7	.500	1.00
1.02	52.4	36.8	.178	42.9	51.1	.684	48.1	43.8	.351	53.6	55.8	.520	1.02
1.04	49.4	36.2	.190	41.8	51.8	.701	45.9	43.4	.369	51.7	55.9	.539	1.04
1.06	46.7	35.6	.202	40.7	52.5	.716	43.8	43.1	.387	49.9	56.1	.558	1.06
1.08	44.1	35.1	.214	39.7	53.2	.731	42.0	42.8	.405	48.3	56.3	.576	1.08
1.10	41.8	34.7	.226	38.8	54.0	.745	40.2	42.6	.423	46.8	56.6	.594	1.10
1.12	39.7	34.2	.239	38.0	54.8	.759	38.7	42.5	.440	45.4	56.9	.611	1.12
1.14	37.8	33.8	.252	37.2	55.7	.772	37.2	42.4	.458	44.1	57.4	.628	1.14
1.16	36.0	33.5	.256	36.5	56.6	.784	35.9	42.3	.475	43.0	57.8	.644	1.16
1.18	34.4	33.2	.279	35.9	57.5	.795	34.6	42.2	.492	41.9	58.3	.660	1.18
1.20	32.9	32.9	.293	35.3	58.5	.806	33.5	42.2	.509	40.9	58.9	.675	1.20
1.22	31.5	32.6	.307	34.7	59.5	.816	32.4	42.3	.526	40.0	59.5	.689	1.22
1.24	30.2	32.4	.321	34.2	60.6	.825	31.4	42.3	.542	39.1	60.1	.703	1.24
1.26	29.0	32.2	.335	33.7	61.7	.834	30.5	42.5	.558	38.3	60.8	.716	1.26
1.28	27.8	32.0	.349	33.2	62.9	.843	29.7	42.6	.573	37.6	61.6	.729	1.28
1.30	26.8	31.8	.364	32.8	64.0	.851	28.9	42.7	.588	36.9	62.4	.741	1.30
1.32	25.8	31.7	.378	32.4	65.3	.859	28.2	42.9	.603	36.3	63.2	.752	1.32
1.34	24.9	31.6	.392	32.0	66.5	.866	27.5	43.2	.617	35.7	64.0	.763	1.34
1.36	24.1	31.4	.406	31.7	67.8	.872	26.8	43.4	.631	35.1	64.9	.774	1.36
1.38	23.3	31.4	.420	31.3	69.1	.879	26.2	43.7	.645	34.6	65.8	.784	1.38
1.40	22.6	31.3	.434	31.0	70.5	.885	25.7	44.0	.658	34.1	66.8	.793	1.40
1.42	21.9	31.2	.448	30.7	71.8	.890	25.1	44.3	.670	33.6	67.8	.803	1.42
1.44	21.3	31.2	.462	30.4	73.3	.896	24.6	44.6	.683	33.2	68.8	.811	1.44
1.46	20.6	31.2	.476	30.2	74.7	.901	24.2	45.0	.694	32.8	69.9	.820	1.46
1.48	20.1	31.1	.490	29.9	76.2	.906	23.7	45.4	.706	32.4	71.0	.828	1.48
1.50	19.5	31.1	.503	29.7	77.7	.910	23.3	45.8	.717	32.0	72.1	.835	1.50
1.52	19.0	31.1	.516	29.5	79.2	.914	22.9	46.2	.727	31.7	73.3	.842	1.52
1.54	18.6	31.2	.529	29.3	80.8	.918	22.6	46.6	.738	31.4	74.4	.849	1.54
1.56	18.1	31.2	.542	29.1	82.4	.922	22.2	47.1	.748	31.1	75.7	.856	1.56
1.58	17.7	31.2	.555	28.9	84.0	.926	21.9	47.6	.757	30.8	76.9	.862	1.58
1.60	17.3	31.3	.567	28.7	85.7	.929	21.6	48.1	.766	30.5	78.2	.868	1.60
1.62	16.9	31.4	.579	28.6	87.3	.932	21.3	48.6	.775	30.3	79.5	.873	1.62
1.64	16.6	31.4	.591	28.4	89.1	.935	21.0	49.2	.783	30.0	80.8	.879	1.64
1.66	16.2	31.5	.603	28.3	90.8	.938	20.8	49.7	.792	29.8	82.2	.884	1.66
1.68	15.9	31.6	.614	28.1	92.6	.941	20.5	50.3	.799	29.6	83.5	.888	1.68
1.70	15.6	31.7	.626	28.0	94.3	.944	20.3	50.9	.807	29.4	85.0	.893	1.70
1.72	15.3	31.8	.636	27.8	96.2	.946	20.1	51.5	.814	29.2	86.4	.897	1.72
1.74	15.0	31.9	.647	27.7	98.0	.948	19.8	52.1	.821	29.0	87.9	.902	1.74
1.76	14.8	32.1	.657	27.6	99.9	.950	19.6	52.7	.828	28.8	89.3	.906	1.76
1.78	14.5	32.2	.668	27.5	101.0	.953	19.5	53.4	.834	28.7	90.9	.909	1.78
1.80	14.3	32.4	.677	27.4	103.7	.955	19.3	54.1	.840	28.5	92.4	.913	1.80
1.82	14.1	32.5	.687	27.3	105.7	.956	19.1	54.8	.846	28.4	94.0	.916	1.82
1.84	13.9	32.7	.696	27.2	107.6	.958	18.9	55.5	.851	28.2	95.6	.920	1.84
1.86	13.7	32.8	.705	27.1	109.6	.960	18.8	56.2	.857	28.1	97.2	.923	1.86
1.88	13.5	33.0	.714	27.0	111.7	.962	18.6	56.9	.862	28.0	98.8	.926	1.88
1.90	13.3	33.2	.723	26.9	113.7	.963	18.5	57.7	.867	27.8	100.5	.929	1.90
1.92	13.1	33.4	.731	26.8	115.8	.965	18.3	58.4	.872	27.7	102.2	.931	1.92
1.94	12.9	33.6	.739	26.8	117.9	.966	18.2	59.2	.876	27.6	103.9	.934	1.94
1.96	12.8	33.8	.747	26.7	120.1	.967	18.1	60.0	.881	27.5	105.6	.937	1.96
1.98	12.6	34.0	.755	26.6	122.2	.968	18.0	60.8	.885	27.4	107.4	.939	1.98
2.00	12.5	34.3	.762	26.5	124.4	.970	17.9	61.6	.889	27.3	109.1	.941	2.00

Ek : 5

Çift doğrultuda çalışan plaklarda v_x , v_y katsayıları

Mesnet Mevceli	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
	l_x	l_y	v_x	v_y	v_x	v_y	v_x	v_y	v_x	v_y	v_x	v_y	v_x	v_y	v_x	v_y	v_x	v_y
100	533	533	.655	.762	.762	.665	.766	.766	.769	.861	.769	.815	.844	.844	.815	.861	.861	.861
102	534	534	.671	.766	.758	.650	.765	.766	.775	.865	.857	.762	.817	.846	.842	.812	.861	.861
104	535	535	.677	.770	.754	.655	.763	.766	.781	.868	.854	.757	.820	.848	.840	.810	.862	.862
105	535	535	.683	.775	.751	.659	.767	.767	.787	.872	.850	.751	.823	.851	.839	.809	.862	.862
108	538	538	.689	.779	.748	.646	.768	.768	.792	.875	.847	.745	.826	.853	.837	.807	.863	.863
110	539	539	.696	.784	.746	.642	.770	.770	.798	.879	.844	.740	.829	.856	.836	.806	.864	.864
112	541	541	.702	.788	.743	.639	.772	.772	.804	.882	.841	.735	.832	.858	.835	.805	.865	.865
114	542	542	.708	.793	.741	.636	.773	.773	.809	.885	.838	.730	.835	.861	.835	.804	.866	.866
116	544	544	.715	.797	.740	.634	.776	.776	.814	.888	.835	.726	.838	.864	.834	.804	.867	.867
118	545	545	.721	.802	.739	.632	.778	.778	.819	.891	.833	.721	.841	.866	.834	.804	.868	.868
120	546	546	.727	.806	.739	.631	.780	.780	.824	.894	.830	.717	.845	.869	.834	.804	.870	.870
122	548	548	.733	.810	.737	.630	.783	.783	.829	.897	.828	.713	.848	.872	.834	.804	.871	.871
124	549	549	.739	.815	.737	.630	.786	.786	.833	.900	.829	.710	.851	.874	.835	.804	.873	.873
125	549	549	.745	.819	.736	.629	.789	.789	.838	.903	.824	.707	.854	.877	.835	.805	.875	.875
128	552	552	.751	.823	.737	.630	.792	.792	.842	.905	.822	.704	.857	.879	.836	.806	.876	.876
130	553	553	.757	.827	.737	.630	.795	.795	.846	.908	.821	.701	.860	.882	.837	.807	.878	.878
132	554	554	.762	.831	.738	.631	.798	.798	.850	.910	.819	.699	.863	.885	.838	.808	.880	.880
134	555	555	.768	.835	.739	.632	.801	.801	.854	.913	.818	.697	.866	.887	.839	.809	.882	.882
135	556	556	.773	.839	.740	.634	.804	.804	.858	.915	.817	.695	.869	.889	.840	.810	.884	.884
138	557	557	.778	.842	.741	.636	.807	.807	.862	.917	.816	.693	.872	.892	.841	.812	.886	.886
140	558	558	.783	.846	.742	.638	.810	.810	.865	.919	.815	.692	.875	.894	.843	.814	.888	.888
142	559	559	.788	.849	.744	.640	.813	.813	.869	.921	.815	.691	.877	.896	.844	.815	.889	.889
144	561	561	.793	.853	.746	.643	.817	.817	.872	.923	.814	.690	.880	.899	.846	.817	.891	.891
145	560	560	.798	.856	.748	.645	.820	.820	.875	.925	.814	.690	.883	.901	.847	.819	.893	.893
148	563	563	.802	.860	.750	.648	.823	.823	.878	.927	.814	.690	.885	.903	.848	.821	.895	.895
150	564	564	.807	.863	.752	.651	.826	.826	.881	.929	.814	.689	.888	.905	.851	.823	.897	.897
152	565	565	.811	.866	.754	.655	.829	.829	.884	.930	.814	.690	.890	.907	.852	.825	.899	.899
154	567	567	.815	.869	.757	.658	.832	.832	.887	.932	.814	.690	.892	.909	.854	.827	.901	.901
156	567	567	.820	.872	.759	.661	.835	.835	.890	.934	.814	.691	.895	.911	.856	.829	.902	.902
158	571	571	.824	.875	.762	.665	.838	.838	.892	.935	.815	.691	.897	.913	.858	.832	.904	.904
160	571	571	.827	.877	.764	.669	.841	.841	.895	.937	.815	.692	.899	.915	.860	.834	.906	.906
162	573	573	.831	.880	.767	.672	.844	.844	.897	.938	.816	.693	.901	.917	.862	.836	.908	.908
164	572	572	.835	.883	.770	.676	.847	.847	.900	.940	.817	.695	.903	.918	.863	.838	.909	.909
165	573	573	.838	.885	.772	.680	.850	.850	.902	.941	.818	.696	.905	.920	.865	.840	.911	.911
168	573	573	.842	.888	.775	.684	.852	.852	.904	.942	.819	.698	.907	.922	.867	.843	.913	.913
170	572	572	.845	.890	.778	.688	.855	.855	.906	.944	.820	.699	.909	.923	.869	.845	.914	.914
172	577	577	.848	.892	.781	.692	.858	.858	.908	.945	.821	.701	.911	.925	.871	.847	.916	.916
174	581	581	.852	.895	.784	.696	.860	.860	.910	.946	.822	.703	.913	.927	.873	.849	.917	.917
175	575	575	.855	.897	.787	.700	.863	.863	.912	.947	.823	.705	.915	.928	.875	.852	.919	.919
178	576	576	.858	.899	.789	.704	.865	.865	.914	.948	.824	.707	.916	.930	.877	.854	.920	.920
180	575	575	.861	.901	.792	.708	.868	.868	.916	.950	.826	.710	.918	.931	.878	.856	.922	.922
182	578	578	.863	.903	.795	.712	.870	.870	.918	.951	.827	.712	.920	.932	.880	.858	.923	.923
184	574	574	.866	.905	.798	.716	.873	.873	.919	.952	.829	.714	.921	.934	.882	.860	.925	.925
185	575	575	.869	.907	.801	.720	.875	.875	.921	.953	.830	.717	.923	.935	.884	.862	.926	.926
187	575	575	.871	.909	.804	.724	.877	.877	.923	.954	.832	.719	.924	.936	.886	.865	.927	.927
189	576	576	.874	.910	.806	.728	.879	.879	.924	.955	.833	.722	.926	.937	.887	.867	.929	.929
192	579	579	.876	.912	.809	.732	.882	.882	.926	.955	.835	.725	.927	.939	.889	.869	.930	.930
194	793	793	.879	.914	.812	.735	.884	.884	.927	.956	.836	.727	.929	.940	.891	.871	.931	.931
195	797	797	.881	.916	.815	.739	.886	.886	.929	.957	.838	.730	.930	.941	.893	.873	.932	.932
198	800	800	.883	.917	.817	.743	.888	.888	.930	.958	.840	.733	.931	.942	.894	.875	.933	.933
200	804	804	.886	.919	.820	.747	.890	.890	.931	.959	.841	.735	.933	.943	.896	.877	.935	.935