

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

L Şeklindeki Plak, Plas. Dizaynı

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erdiñç Oñaç

1987

Ref
İNS
100
1987

150
109

150
150072

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

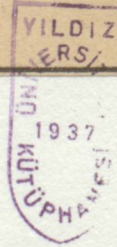
"L" ŞEKLİNDEKİ PLAKLARIN
PLASTİK DİZAYNI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MÜH. ERDİNÇ OMAÇ

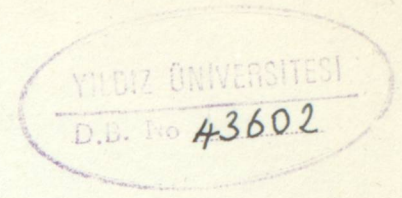
İSTANBUL 1987

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
GENEL KİTAPLIĞI

Kot : R 150
Alındığı Yer : Fen Bil. Ens. 109
Tarih : 22.12.1988
Fatura :
Fiatı : 4000 TL.
Ayniyat No : 1/24
Kayıt No : 45921
UDC : 624.073
Ek : 378.242



YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



11

"L" ŞEKLİNDEKİ PLAKLARIN
PLASTİK DİZAYNI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MÜH. ERDİNÇ OMAÇ

İSTANBUL 1987

Bu tezimi hazırlarken değerli ilgilerini benden esirgemen Sayın hocam Doç. İlhan Berktaş'a, çalışmalarında yardım eden Sayın jeodezi mühendisi Tekin Haksal'a ve tezimin yazılmasında emeği geçen Sayın Havva Koç'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Erdoğan Omac

KÖRÜGE ÖZET

İÇİNDEKİLER

1) Betonarme Plakların Dizaynı

2) Alt Sınır Çözümleri

3) Alt Sınır Çözümü için Kırılma Çizgileri Teorisi

4) Kırılma Çizgileri Teorisine ait bir Örnek

5) Üst Sınır Çözümleri

6) Üst Sınır Çözümleri için Hillerborg Şerit Yöntemi

7) Hillerborg Şerit Yöntemine ait bir Örnek

8) Karşılaştırma ve Sonuç

TÜRKÇE ÖZET

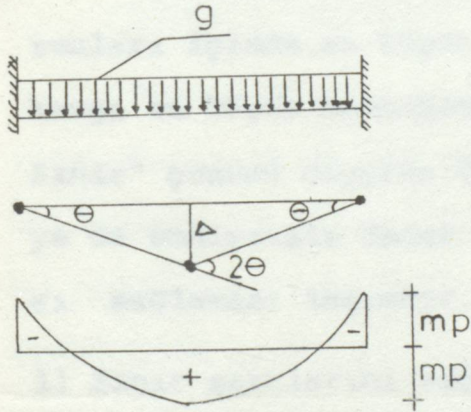
Konumuz olan "L" şeklindeki Plak düzgün yayılı yük ve çizgisel yük etkisi altında incelenmiştir. Klasik Plastisite Teorisine dayalı limit analizde kesin çözüm her zaman yoktur. Genellikle hesaplanan kırılma yükü, iki sınır arasında benimsenen yaklaşım, bir alt sınır ve bir üst sınır arasında bulunur. Üst sınır çözümü için Kırılma Çizgileri Teorisi kullanılmıştır. Geometrisi ve mesnetlenme biçimi belirli "L" şeklindeki plakta geçerli bir kırılma figürü belirlendi. Kırılma figürü plakta parametrelere bağlı olarak belirtilmiştir. Kırılma Çizgileri Teorisinde virtüel işler ve statik denge metodu olmak üzere iki yöntem kullanılmaktadır. Deneme yanılma yöntemiyle kırılma çizgileri figürü yaklaşık olarak belirlendi. Sonra bu figür üzerinde düzgün yayılı yük ve çizgisel yük için ayrı ayrı virtüel iş yöntemi kullanılarak kırılma momentleri bulundu. Süper Pozisyon yapıldı. Kırılma çizgileri Teorisinde kuvvetli bant kullanılması için kırılma momentleri bulundu. Donatı hesabı taşıma gücü ilkelerine göre yapıldı. Donatı düz ve plyeli olarak ayrı ayrı gösterildi. Alt sınır çözümü için Hillerborg Şerit Yöntemi kullanıldı. Aynı plakta X ve Y yönü için uygun bir yük dağılımı belirlendi. Placın serbest kenarlarını rijitleştirmek için kuvvetli bantlar kullanıldı. X ve Y doğrultularında 1 m.lik şeritler çıkarılarak eğilme momentleri bulundu. Donatı hesabı yapıldı. Donatı düz ve plyeli olarak ayrı ayrı gösterildi. Sonuçlar tablo halinde gösterildi.

RESUME

The "L" shaped disc which is the subject of this work has been examined under the influence as well of linear as of the regularly dispersed loads. In conformity with the classical plasticity theory, a definite resolution in limit analyses is not possible. In general the calculated rupture load is between the upper and the lower limits. For the resolution of the upper limit the theory of the rupture lines has been used. On the L shaped disc with a definite geometry and static a valuable rupture form has been identified. The rupture face on the disc has been defined in correlation with parameters. Virtual functions and static equilibrium methods have been used as two different ways of calculations. The rupture line scheme has been approximately identified by trial and error. Later, the virtual function method has been separately used to determine the rupture momentum for the linear and regularly dispersed loads on the figure. A superposition has been realized. Rupture momenta have been determined in the rupture lines theory for using strong bands. A data evaluation has been carried out according to the principle of the loading power. Data has been given separately for the uniform and bend schemes. For the lower limit resolution the Hillerburg band method has been used. For the x and y directions on the same disc a convenient load dispersion has been defined. Strong bands have been used to strengthen the face borders of the disc. The bending momenta have been calculated in the x and y directions using 1 m long bands. Data obtained has been evaluated. Results are given in the table.

BETONARME PLAKLARIN PLASTİK DİZAYNI

Az donatılı betonarme döşemelerde yük arttıkça moment belirli bir değeri geçtikten sonra kesitte artık moment artışı olmaz. Büyük deformasyonlar oluşur. Bu duruma "Plastik" durum diyoruz. Örneğin; bir ankastre kirişte açıklarsak: Kirişte yük artınca plastik dönmeler oluşur. Üst donatı akmaya başlar. Bu kesitler plastik mafsallara gelir. Bu mafsalların klasik mafsallara göre farkı, mafsalda momentin sıfır olmayıp, farklı bir değer almasıdır. Kiriş göçme durumuna gelince max açıklık momentinin olduğu kesitte bir mafsal daha oluşur. Bunun değerini İş-Enerji prensibinden yararlanarak bulabiliriz. Kısaca iç ve dış kuvvetler dengesidir.



$$g.1. \frac{\Delta}{2} = 2MP\theta + MP(2\theta) = 4MP\theta$$

$$\theta = \frac{\Delta}{1/2} = \frac{2\Delta}{1}$$

$$g.1. \frac{\Delta}{2} = 4MP \frac{2\Delta}{1} \quad MP = \frac{q \cdot l^2}{16}$$

Yaptığımız bu işlem ankastre bir kirişte basit ama yüksek dereceden hiperstatik sistemlerde zor ve karışıktır. Bunun için çerçevelerde yük katsayıları kullanarak elastik teoriye göre hesap yapmaktayız. Kesit hesapları ise taşıma gücüne göre yapılır. Bu da açıkça bir çelişkidir. Aslında deforme olmuş sistemde oluşacak plastik mafsallardaki momentler bulunmalı ve betonarme hesabı buna göre yapılmalıdır. Betonarme Plaklarda böyle bir çelişkiyi sürdürmek zorunlu değildir. Plaklar limit hesap teorisine ideal şekilde uymaktadır.

Kesmeye,aderansa ve eğilmeden doğan basınca bağlı ani kırılma önlenmiştir.Plaklarda titresim ve aşırı çekim önlenmiştir (Minimum kalınlık şartı,kayma gerilmesinin küçük olması,düşük donatı yüzdesi).Ayrıca betonarme plaklar limit analiz ve dizayn için yeterli düktiliteye sahiptir.Plakların klasik plastisite teorisine dayalı limit analizde,kesin çözüm her zaman mümkün olmadığı görülmüştür.Kırılma yükü iki sınır arasında benimsenen yaklaşıma göre bir alt sınır veya üst sınır arasında bulunduğu belirlenmiştir.Kesin çözüm için sınırları çakıştırmak veya yaklaştırmak gereklidir.Şimdi kısaca alt ve üst sınır çözümü nedir,açıklayalım.

ÜST SINIR ÇÖZÜMÜ

Betonarme plakların üst sınır çözümünde,çeşitli göçme durumları içinde,en küçük göçme yükünü veya verilen hesap yüküne karşı en büyük momentini veren değeri buluyoruz.Bu çözüme "Üst Sınır" çözümü diyoruz.Üst sınır çözümü kırılma yükü için eşit ya da emniyetsiz değer verir.Aşağıda sıralayacağımız şu şartları sağlaması lazımdır.

- 1) Sınır şartlarını sağlayan geçerli bir kırılma mekanizması bulunmalıdır.
- 2) Plastik mafsallarda,enerjinin içerde yutulması,dış yüklerin neden olduğu enerji harcamasına eşit olmalıdır.
- 3) Plastik mafsallardaki momentler,kesitin karşılayabileceği en büyük mukavemet momentini aşmamalıdır.
- 4) Deformasyonların olduğu yöndeki birim boy değişimlerinin doğrultusu mekanizma tarafından belirlenir.Birim boy değişimlerinin doğrultusu,yutulan enerjinin hesabı için akma gerilmelerine dönüştürülmelidir.

ALT SINIR ÇÖZÜMÜ

Alt sınır çözümü kırılma yükü için eşit ya da fazla emniyetli değer veriyor. Aşağıda sağlaması gereken şartları sıralayalım.

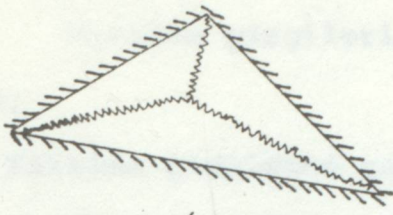
- 1) Plağın her noktasında denge şartları sağlanmalıdır.
- 2) Hiç bir noktada asal gerilmeler, plağın mukavemetini belirleyen kırılma kriterini zedelememelidir.
- 3) Kenarlarda kuvvet ve momentler sınır şartlarını sağlamalıdır.

Alt sınır çözümüne örnek olarak Hillerborg'un "Şerit Yöntemi"ni verebiliriz. Üst sınır çözümüne örnek olarak da Kırılma Çizgileri Teorisini verebiliriz.

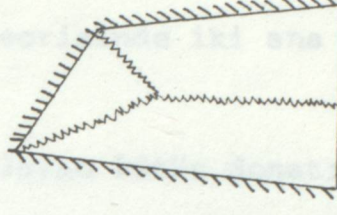
KIRILMA ÇİZGİLERİ TEORİSİ

Betonarme plakların limit durum hesabı için çalışmalar yapan Danimarkalı bir mühendis olan Ingerslev 1922 de Londra'da İngiliz Yapı Enstitüsü'ne bir bildiri sunmuştur. Ingerslev bu bildirisinde, dört tarafından serbestçe oturan ve ankastre dikdörtgen plaklarda kırılma modu için doğru bir çözümü açıklamıştır. Ingerslev, plakların kırılma çizgileri diye adlandırdığı doğru çizgiler boyunca plağın kırıldığını ve bu kırılma çizgileri boyunca kırılma çizgilerine rastlayan donatının aktığını, momentin sabit ve kırılma momentine eşit olduğu kabulünü yapmıştır. Ayrıca kırılma çizgisi boyunca momentin max olmasından hareketle bu çizgi boyunca kesme kuvvetinin sıfır olduğunu kabul etmiştir. Kırılma çizgisinin üzerinde yalnız eğilme momentini kabul etmiştir. Ingerslev'in bu düşüncesi değişik plaklarda, şekil (b)'de karmaşık durumlara düşebilir ve yanlış sonuç bulurdu. Şekil (c)'de ise, bildirisinde sunduğu d. plak ve kırılma mo-

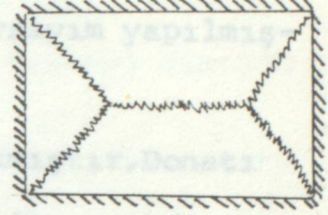
du gösterilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil (b)'de gösterilen plakta sonuç yanlış olmasının nedeni: Rijit bölgeler, kırılma çizgileri boyunca etkiyen eğilme momenti ve dış yükler altında her zaman dengede değildir. Bu durumu farkederek Johansen, kırılma çizgisi boyunca etkiyen kesme kuvvetlerini de dikkate alan metodun olanaklarını, çabukluğunu ve açıklığını göstermiştir. Kırılma Çizgileri Teorisi'nin tarihsel gelişiminden kısaca bahsettik. Yapılan varsayımları sıralayalım.

Kırılma Çizgileri Teorisinde, plakların eğilme momentinin aşılması ile mekanize duruma geldiği kabul edilmiştir. Yani kesme mukavemetinin, eğilme mukavemetinden büyük olması sağlanmalıdır. Plaklar, yayılı yük etkisi altında mekanize duruma geldiğinde kopma olmamaktadır. Kırılma sünektir. Tekil yük etkisi altında ise zımbalama etkisiyle kırılma ani ve gevrekliktir. Plak eğilme mukavemetine erişilmeden bir beton koninin kopmasıyla ortaya çıkıyor. Zımbalamanın etkili olduğu durumlar nelerdir açıklayalım:

- a) Başlıksız veya başlıklı kirişsiz döşemelerde, kolon büyüklüğü, döşeme kalınlığı ve kolon başlığı, çoğu zaman kayma gerilmesi belirli bir sınırın altında tutulur.
- b) Kolon-temel birleşimi.
- c) Tekerlek yükü veya ağır makine yükleri:

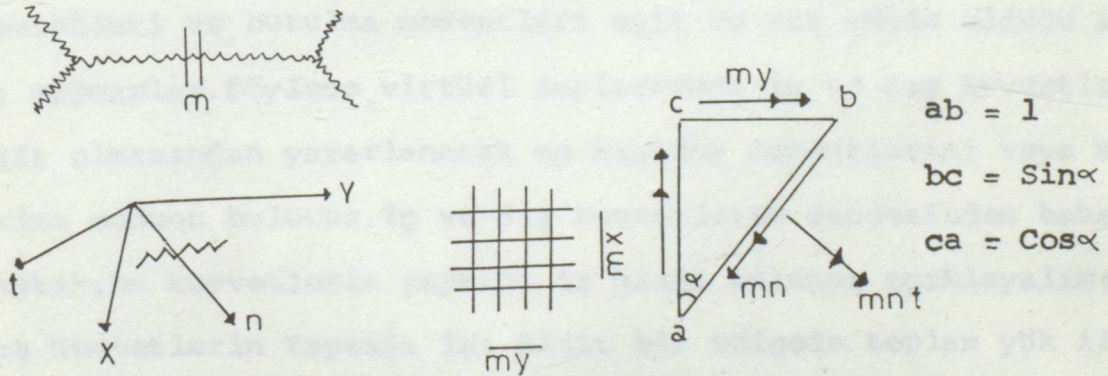
Kırılma Çizgileri Teorisinde yapılan varsayımlar

Kırılma çizgileri teorisinde iki ana varsayım yapılmıştır.

- 1) Kırılma çizgisine rastlayan bütün donatı akmıştır. Donatı sabitse aynı bir m kırılma momentine sahiptir.
- 2) Kırılma anında plastik deformasyonun yanında çok küçük olan elastik deformasyonlar ihmal edilir.

Bu iki ana varsayımdan şu sonuçları çıkarabiliriz:

Kırılma çizgisi plak sınırına kadar devam eder. Kırılma çizgilerinin ayırdığı bölgeler rijit ve düzlem kaldığı kabul edilmiştir. Bu düzlem parçalar bir eksen etrafında döner. Buna "dönme eksenini" denir. Serbest bir mesnet kendisine oturan plak parçasının dönme eksenidir. Düzlemleri ayıran arakesitler bir doğru kabul edilmiştir. Bir kırılma çizgisinin, kendilerinin ayırdığı plak parçalarının dönme eksenlerinin kesim noktasından geçer. Dönme eksenleri paralel ise, kırılma çizgileri de bunlara paralel olur. Kırılma çizgisi üzerinde donatının karşılayabileceği momenti şöyle buluruz. Eğer kırılma çizgisi donatıyı dik kesiyorsa, betonarmede bilinen $m = A_s \cdot f_{yd} \cdot (d - 0,59 \frac{f_{yd}}{f_{cd}})$ dir.



ab izdüşüm dengesini yazarsak $mn \cdot ab = mx \cdot ac \cdot \cos \alpha + my \cdot bc \sin \alpha$

$$mn = mx \cos^2 \alpha + my \sin^2 \alpha$$

ab ye dik izdüşüm dengesini yazarsak

$$m_{nt} = m_x \cdot \cos \alpha \sin \alpha - m_y \cdot \sin \alpha \cos \alpha$$

$$m_{nt} = (m_x - m_y) \sin \alpha \cdot \cos \alpha - \frac{1}{2} (m_x - m_y) \cdot \sin(2\alpha)$$

Özel durumlarda,örneğin iki doğrultuda moment birbirine eşitse $m_x = m_y$ 'dir. O zaman $m_{nt} = 0$, $m_n = m_x \cdot (\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha) = m_y$. Bu tür döşemelere izotrop döşeme denir. $m_{nt}=0$, $m_n = m$

Kırılma Çizgileri Teorisi'nde Johansen iki metot önermiştir.Şimdi bu iki metodu açıklayalım:

- 1) Virtüel İş Yöntemi
- 2) Statik Denge Yöntemi

VİRTÜEL İŞ YÖNTEMİ

Virtüel İş Yönteminde,seçilen plak üzerinde uygun bir kırılma figürünü şekillendiği anda,döşemeye kırılma durumuna uygun bir küçük deplasman (Virtüel) veririz.Bu deplasmandan ötürü iç kuvvetlerin yapacağı iş,dış kuvvetlerin yapacağı işe eşit olur.İç kuvvetlerden iş yapan yalnızca m_p eğilme momentleridir.Çünkü bir kırılma çizgisinin iki yüzüne etkiyen kesme kuvvetleri ve burulma momentleri eşit ve zıt yönde olduğu için iş yapmazlar.Böylece virtüel deplasmanda iç ve dış kuvvetlerin eşit olmasından yararlanarak m_p kırılma momentlerini veya kırılma modunu buluruz.İç ve dış kuvvetlerin dengesinden bahsetmiştik.Bu kuvvetlerin yaptığı iş nasıl bulunur açıklayalım:

Dış Kuvvetlerin Yaptığı İş: Rijit bir bölgede toplam yük ile virtüel deplasmandan ötürü,o bölgenin ağırlık merkezinin yapacağı deplasman çarpılarak bulunur.

İkinci bir yol ise; toplam yükün dönme eksenine göre momentini dönme açısı ile çarparak buluruz.

$$D = \sum_{i=1}^n D_i = \sum_{i=1}^n (P \cdot \delta \bar{x})_i = \sum_{i=1}^n (MP \cdot \theta)_i$$

İç Kuvvetlerin Yaptığı İş: Daha önce değindiğimiz gibi, kırılma çizgileri boyunca, yalnız eğilme momentleri bir iş yaparlar. Kesme kuvvetleri ve burulma momentleri eşit ve zıt yönde olduğu için iş yapmazlar. Birim boya etkiyen moment M_{ndj} olur. İki taraftaki plak parçaları eşit olduğuna göre; θ_n rotasyonu sabittir. Şu halde yapılan iç iş $-M_n \cdot \theta_{nd} \cdot s$ olur. Kırılma çizgisi boyunca kaç adet kırılma çizgisi varsa $I = \sum_{j=1}^n (-\theta_n) M_{nds}$ olur. İç işi bileşenler cinsinden gösterirsek:

$$I = - \sum_{j=1}^k (M_n \theta_n \ell_o)_j = - \sum_{i=1}^n \left[\sum (M_x O_x l_y) + \sum (M_y O_y l_x) \right]_i$$

$$\sum D_i = \sum_{i=1}^n (P \cdot \delta x)_i = \sum I = \sum_{j=1}^k (M_n \cdot \theta_n \cdot \ell_o)_i$$

Kırılma Çizgileri Teorisi'nde, gerçek kırılma modunu verecek max çözüm, kırılma çizgisinde bir veya birkaç parametre ile belirtilir. Bunları aşağıdaki yöntemlerden biri uygulanır. Gerçek kırılma modunu buluruz. Bu yöntemler şunlardır:

- 1) Parametrelere sayısal değeri en büyük M/P yi veren gerçek kırılma modudur.
- 2) İş denkleminde 'ya değişik değerler veririz. En büyük M/P yi ararız.
- 3) İş denklemi parametreye bağlı bulunur.

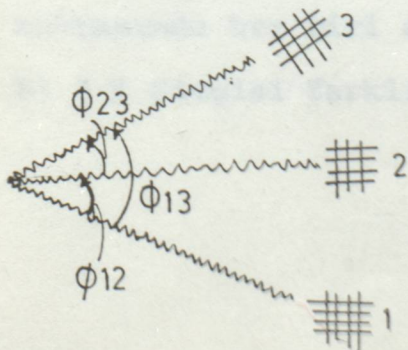
$\frac{M}{P} = f(\beta_1, \beta_2, \beta_3 - \dots)$ gerçek kırılma modunu verecek değerleri

$$\frac{\partial(M/P)}{\partial \beta_1} = 0, \quad \frac{\partial(M/P)}{\partial \beta_2} = 0 \dots \text{buluruz.}$$

STATİK DENGİ YÖNTEMİ

Statik denge yönteminde, önce plakta geçerli bir kırılma modu belirleriz. Sonra düğüm kuvvetleri hesaplanır. Rijit bölgelerin denge şartını yazarız ve parametreleri hesaplarız. Kolaylık açısından, dönme eksenine göre moment alırız. Düğüm kuvvetlerini şöyle açıklayabiliriz. Geçerli bir kırılma modu belirlenmiş bir döşemede kırılma çizgilerinin ayırdığı rijit bölgeler iç kuvvetler (burulma momenti, kesme kuvveti ve eğilme momenti) ve dış kuvvetler bakımından dengededir. Kırılma çizgisi boyunca etkiyen kesme kuvvetlerinin eşdeğer q kuvveti şeklinde rijit bölgenin köşelerinde (kırılma çizgisi tarafındaki) tekil bir kuvvet olarak etkidiği kabul edilmiştir. Bu düğüm kuvvetleri bir düğüm noktasında (kırılma çizgilerinin kesiştiği nokta) bölgenin bir tarafında, aşağıdan yukarı, diğer tarafında ise ters yöndedir.

Bir düğüm noktasına etkiyen düğüm kuvvetleri toplamı sıfırdır. Buna göre; en genel halde düğüm kuvvetlerini veren formül (devresel) şöyledir:



- . k.ç.saat ibresinin tersi yönünde sıralanır.
- .. Açılar saat ibresinin tersi yönünde ölçülür.
- ... Düğüm kuvvetleri yukarı (+), aşağı (-) gösterilir.

$$Q_{12} = [(Mn)_3 - (Mn)_1]_3 \cot \theta_{13} - [(Mn)_3 - (Mn)_2]_3 \cot \theta_{23} + [(Mnt)_2 - (Mnt)_1]_3$$

$[(Mn)_3]_3$ = 3 K.Ç.deki 3 donatı ağına göre 3 K.Ç.de birim boya etki eden moment,

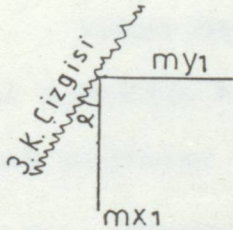
$[(Mn)_2]_3$ = 2 K.Ç.deki 2 donatı ağına göre 3 K.Ç.de birim boya etki eden moment

$[(Mn)_1]_3$ = 1 K.Ç.deki 1 donatı ağına göre 3 K.Ç.de birim boya etki eden moment

$[(Mnt)_1]_3$ = 1 K.Ç.deki 1 donatı ağına göre 3 K.Ç.de birim boya etki eden burulma moment

$[(Mnt)_2]_3$ = 2 K.Ç.deki 2 donatı ağına göre 3 K.Ç.de birim boya etki eden burulma moment

Q_{12} : 1 ve 2 Kırılma Çizgisi arasındaki düğüm kuvvetidir.



$$[(Mn)_1]_3 = Mx_1 \cos^2 \alpha + My_1 \sin^2 \alpha$$

$$[(Mnt)_1]_3 = (Mx_1 - My_1) \sin \alpha \cos \alpha$$

Bu, düğüm kuvvetlerinin en genel ifadesidir. Bazı özel durumlarda formül daha kısadır.

a) Kırılma Çizgisi aynı donatı ağı ise

$$[(Mn)_1]_3 = [(Mn)_2]_3 = [(Mn)_3]_3 \text{ ve } [(Mnt)_1]_3 = [(Mnt)_2]_3$$

düğüm kuvveti $Q_{12} = 0$ olur.

Aynı donatı ağında 3.Kırılma Çizgisinin kesiştiği düğüm noktasında her biri ayrı ayrı sifıra eşittir.

b) 3 K Çizgisi farklı ama donatı izotrop ise

$$[(Mn)_1]_3 = M_1, [(Mn)_2]_3 = M_2, [(Mn)_3]_3 = M_3$$

$$[(Mnt)_1]_3 = [(Mnt)_2]_3 = 0$$

düğüm kuvveti

$$Q_{12} = (M_3 - M_1) \cot \theta_{13} - (M_3 - M_2) \cot \theta_{23}$$

c) Kırılma Çizgisi serbest kenarı kesiyorsa

Serbest kenar sıfır değerinde Kırılma çizgisi olarak düşünülür.

$$[(Mn)_2]_3 = [(Mn)_1]_3 = 0 \quad [(Mnt)_2]_3 = 0$$

düğüm kuvveti

$$Q_{12} = -[(Mn)_1]_3 \cot \theta_{13} - [(Mnt)_1]_3$$

$$\cot \theta_{13} = \cot \beta =$$

$$Q_{12} = -[(Mn)_1]_3 \cot \beta - [(Mnt)_1]_3 \text{ olur.}$$

Eğer donatı izotrop ise $[(Mn)_1]_3 = M$, $[(Mnt)_1]_3 = 0$ olur.

Düğüm kuvveti

$$Q_{12} = -M \cdot \cot \beta \downarrow$$

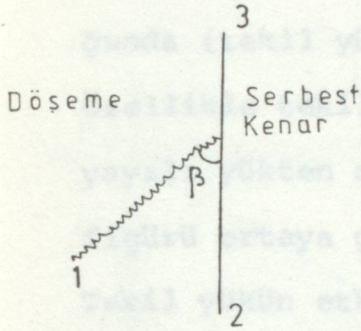
$$Q_{13} = M \cdot \cot \beta \uparrow$$

d) Eğer Kırılma Çizgisi serbest kenara dik ise $\beta = 90^\circ$ $\cot \beta = 0$

$$Q_e = \pm M \cdot \cot \beta = 0 \text{ olur.}$$

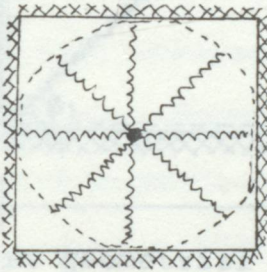
Yukarıda belirtilen genel düğüm kuvvetlerini veren devresel formülün kullanılamayacağı bazı durumlar vardır. Bunları da kısa maddeler halinde belirtelim.

- 1) Eğer düğüm noktası Kırılma Çizgisi üzerinde sabit ve yeri değişmez nokta ise genel formül kullanılamaz.
- 2) Kırılma Çizgisinin bir mesnedi kestiği noktada düğüm kuvveti hesaplanamaz.
- 3) Her Kırılma Çizgisinde normal moment farklı ve 3 den fazla ise hesaplanamaz.
- 4) Bir Kırılma Çizgisi kendi üzerindeki bir nokta etrafında dönebiliyorsa, bu dönme noktasından geçen aksa göre moment alınırsa genel formül kullanılır.



TEKİL YÜK, ÇİZGİSEL YÜK ETKİLERİ VE SÜPERPOZİSYON KURALI

Buraya kadar anlattıklarımızda, her iki yöntem ile hesapta, yalnız düzgün yayılı yükten bahsettik. Yükler değişik olduğunda (tekil yük, çizgisel yük gibi) yapılacak işlem şöyledir: Özellikle tekil yük etkisindeki bir betonarme plaklarda, düzgün yayılı yükten oluşan kırılma figürlerinden farklı bir kırılma figürü ortaya çıkar. Bu figür daire şeklinde yelpaze gibidir. Tekil yükün etkidiği noktadan plak kenarlarına doğru bir ışın gibidir. Düzgün yayılı yük ve tekil yükün birlikte etkidiği betonarme plaklarda iki farklı kırılma figürü belirlenir. Bu farklı iki durumdan birincisi için yükleri süperpozisyon kuralı ge-



reğince, yükler ayrı ayrı plağa etki ettirilir. Bulunan eğilme momentleri M_1 ve M_2 olsun. Bu iki momenti süperpozisyon kuralı gereğince cebirsel toplamı alınarak, plağa etkiyen toplam

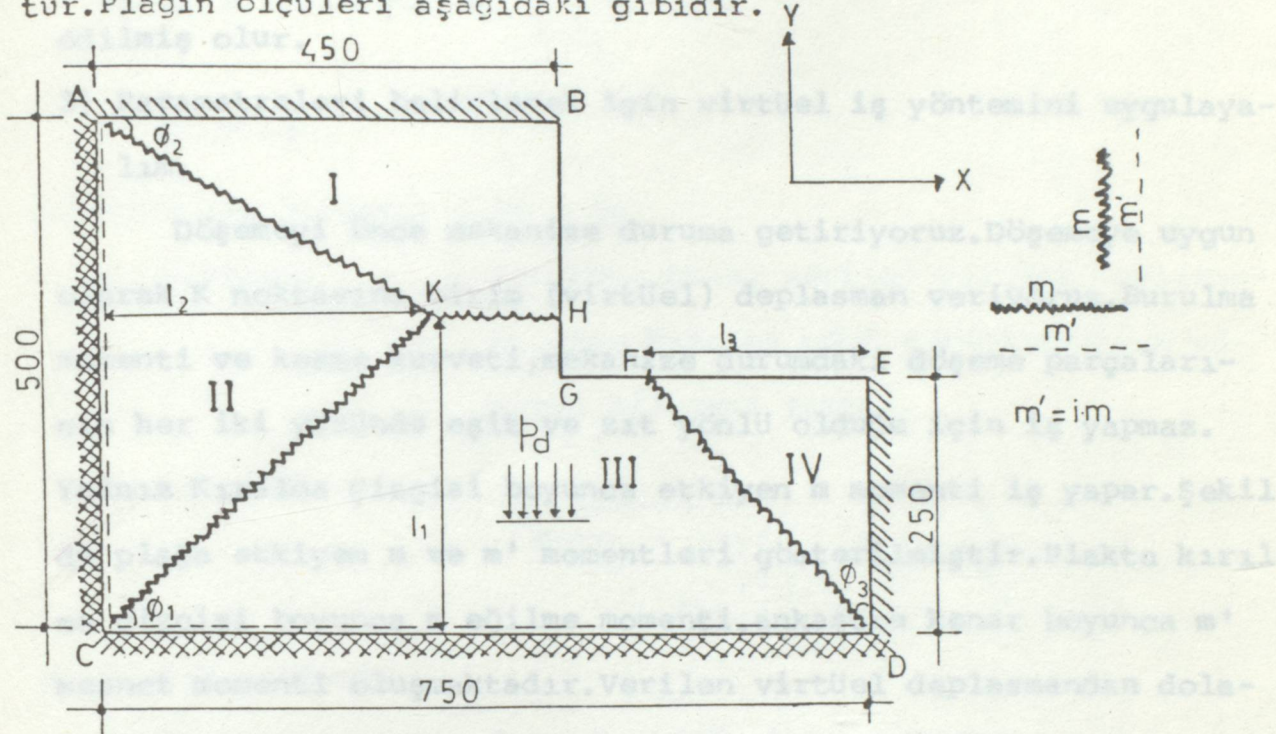
M_3 eğilme momenti bulunur. Aynı işlem 2. durum için de yapılır, toplam M_4 momenti bulunur. Sonuç olarak; hangi kırılma modu için elverişsiz olduğu karşılaştırılarak belirlenir. Çizgisel yük için de aynı işlemler geçerlidir. Yalnız çizgisel yükte dikkat edilecek husus, çizgisel yük hangi plak parçalarının üzerinde etki ettiğidir. Süperpozisyon kuralı geçerlidir. Kırılma Çizgileri Yöntemine örnek olarak Tez Konumuz olan "L" şeklindeki Plakta uygulayalım:

Teorikini uyguladığımız "L" plaklarında yapacağımız işlemleri adım adım açıklayalım:

1) Özellikle plakımızın geometrisi ve mesnetlenme biçimine uygun bir kırılma figürü seçilmiştir. Şekilde kırılma figürü belirtilmiştir.

2) Gerçek kırılma figürü bir plak için en büyük (m) kırılma momentini, ya da en küçük kırılma yükünü veren figürdür.

Konumuz olan "L" şeklinde Betonarme Plaktır. Şekil ve geometrisi belirli, yükü ise düzgün yayılı yük ve çizgisel yük- tür. Plâğın ölçüleri aşağıdaki gibidir.



Plâğın geometrisi : "L" şeklindedir.

Plâğın yükleri : Düzgün yayılı yük + Çizgisel yük.

Plâğın mesnetlenme biçimi: AC ve CD kenarı ankastre, AB ve DE kenarı serbest kenar, GB ve GE kenarı ise boş (mesnetlenmemiş) kenardır.

Plâğın boyutları : AB kenarı 4,50 m., AC kenarı 5,00 m.,
CD kenarı 7,50 m., DE kenarı 2,50 m.,
GE kenarı 3,00 m., GB kenarı 2,50 m.dir.

Koordinat sistemi : Kartezyen koordinat sistemi.

Kırılma Teorisini uyguladığımız "L" plâğımızda yaptığımız işlemleri adım adım açıklayalım:

1) Öncelikle plâğımızın geometrisi ve mesnetlenme biçimine uygun bir kırılma figürü seçilmiştir. Şekilde kırılma figürü belirtilmiştir.

2) Gerçek kırılma figürü bir plak için en büyük (m) kırılma momentini, ya da en küçük kırılma yükünü veren figürdür.

Belirlediğimiz kırılma figürü, şekilde gösterildiği gibi l_1 , l_2 ve l_3 gibi 3 parametreye bağlı olarak değişmektedir. Bu parametreler belirlendikten sonra, gerçek kırılma modu elde edilmiş olur.

3) Parametreleri belirlemek için virtüel iş yöntemini uygulayalım.

Döşemeyi önce mekanize duruma getiriyoruz. Döşemeye uygun olarak K noktasına birim (virtüel) deplasman veriyoruz. Burulma momenti ve kesme kuvveti, mekanize durumdaki döşeme parçalarının her iki yüzünde eşit ve zıt yönlü olduğu için iş yapmaz. Yalnız Kırılma Çizgisi boyunca etkiyen m momenti iş yapar. Şekilde plağa etkiyen m ve m' momentleri gösterilmiştir. Plakta kırılma çizgisi boyunca m eğilme momenti, ankastre kenar boyunca m' mesnet momenti oluşmaktadır. Verilen virtüel deplasmandan dolayı plakta 4 adet rijit bölge meydana gelmektedir. Bu deplasmandan ötürü dış kuvvetlerin (düzgün yayılı yük, çizgisel yük) yapacağı iş, iç kuvvetlerin (eğilme ve ankastrelik momentleri) yapacağı işin toplamı sıfır olur. Buna göre; önce plağa etkiyen iç kuvvetlerin yapacağı işleri hesaplayalım. İç kuvvetlerin yaptığı iç işi, meydana gelen rijit bölgeleri ayrı ayrı hesaplayıp toplamı alırsak elde etmiş oluruz. Şekilde, bölgeler Roma rakamı ile belirtilmiştir. Şimdi rijit bölgeleri tek tek hesaplayalım:

I. Bölge

1) Rotasyon bileşenleri θ_x , θ_y

θ_x bileşeni sıfırdır. Çünkü verilen virtüel deplasmana göre kırılma yönü y yönündedir. x yönünde bileşeni yoktur.

y bileşeni:

$$\operatorname{tg} \theta_{y_1} = \frac{1}{5-l_1} = \theta_{y_1}$$

$$\theta_{y_1} = \frac{1}{5-l_1}$$

küçük açıların tanjantı, açının kendisine eşittir.

2) İş bileşenleri : $m_x \cdot \theta_x \cdot l_y$, $m_y \cdot \theta_y \cdot l_x$

$m_x \cdot \theta_x \cdot l_y$ bileşeni: $\theta_x = 0$ olduğu için bileşen sıfırdır.

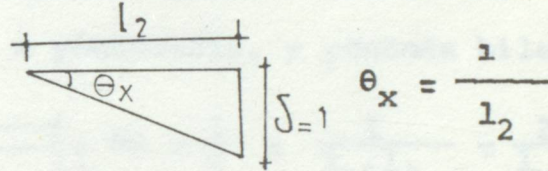
$m_y \cdot \theta_y \cdot l_x$ bileşeni: $m \cdot \frac{1}{5-l_1} \cdot 4,5$

II. Bölge

1) Rotasyon bileşeni : θ_x , θ_y

θ_y bileşeni : Sıfırdır, çünkü verilen virtüel deplasmana göre kırılma yönü x yönündedir, x yönünde bileşeni yoktur.

θ_x bileşeni:



2) İş bileşenleri:

$m_x \cdot \theta_y \cdot l_x$ bileşeni: $\theta_y = 0$ olduğu için sıfırdır.

$m_x \cdot \theta_x \cdot l_y$ bileşeni: $m \cdot \frac{1}{l_2} \cdot 5 + m' \cdot \frac{1}{l_2} \cdot 5$

$m' = i m$,
 $i = 1,30$
 seçilirse ;

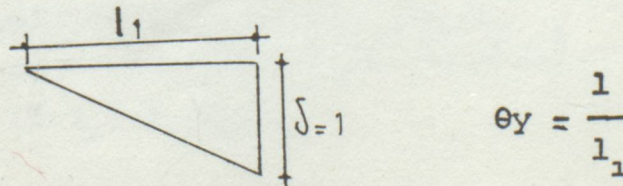
$$= 5m \cdot \frac{1}{l_2} + 6,5 m \cdot \frac{1}{l_2} = 11,5m \cdot \frac{1}{l_2} \text{ dir.}$$

III. Bölge

1) Rotasyon bileşenleri:

θ_x bileşeni: Sıfırdır. Çünkü verilen virtüel deplasmana göre kırılma yönü y yönündedir. x yönünde bileşeni yoktur.

θ_y bileşeni:



2) İş bileşenleri:

$m_x \cdot \theta_x \cdot l_y$ bileşeni: $\theta_x = 0$ olduğundan, bileşen sıfırdır.

$m_y \cdot \theta_y \cdot l_x$ bileşeni: $m \cdot \frac{1}{l_1} (4,5 + l_3) + m'_1 \cdot \frac{1}{l_1} (4,5 + l_3)$

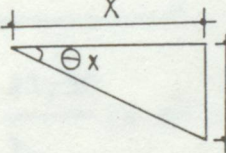
$$= 4,5 \frac{m}{l_1} + \frac{l_3}{l_1} m + 5,85 \frac{m}{l_1} + 1,30 l_3 \frac{m}{l_1} = 10,35 \frac{m}{l_1} + 2,30 l_3 \frac{m}{l_1}$$

IV. Bölge

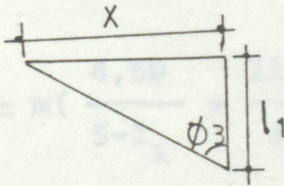
1) Rotasyon bileşenleri:

θ_y Bileşeni: Sıfırdır. Çünkü verilen virtüel deplasmana göre kırılma x yönündedir. y yönünde bileşeni yoktur.

θ_x bileşeni:



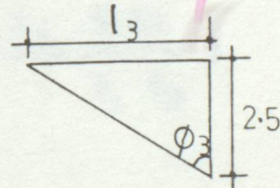
$$\theta_x = \frac{1}{x} = \frac{1}{l_1 \cdot l_3} = \frac{2,5}{l_1 \cdot l_3}$$



$$\tan \phi_3 = \frac{x}{l_1}$$

$$x = l_1 \cdot \tan \phi_3$$

$$x = l_1 \cdot \frac{l_3}{2,5}$$



$$\tan \phi_3 = \frac{l_3}{2,5}$$

2) İş bileşenleri:

$m_y \cdot \theta_y \cdot l_x$ bileşeni: $\theta_y = 0$ olduğundan bileşen sıfırdır.

$m_x \cdot \theta_y \cdot l_y$ bileşeni: $m \cdot \frac{2,5}{l_1 \cdot l_3} \cdot 2,5 = \frac{6,25 m}{l_1 \cdot l_3}$

İç kuvvetlerin yaptığı iç işi bir tablo halinde gösterirsek;

Rijit Bölge	Rotasyon Bileşeni		İş Bileşeni	
	Θ_x	Θ_y	$m \times \Theta_x \cdot l_y$	$m_y \cdot \Theta_y \cdot l_x$
AKHB	0	$\frac{1}{5-l_1}$	0	$4,5 \cdot m \cdot \frac{1}{5-l_1}$
A'KC	$\frac{1}{l_2}$	0	$11,5 \cdot m \cdot \frac{1}{l_2}$	0
CDFGHK	0	$\frac{1}{l_1}$	0	$10,35 \cdot \frac{m}{l_1} + 2,30 \cdot \frac{m l_3}{l_1}$
FED	$\frac{2,5}{l_1 \cdot l_3}$	0	$6,25 \cdot \frac{m}{l_1 \cdot l_3}$	0

$$\Sigma I = m \left(\frac{4,50}{5-l_1} \right) + m \left(\frac{11,50}{l_2} \right) + m \left(\frac{10,35}{l_1} + \frac{2,30 l_3}{l_1} \right) + m \left(\frac{6,25}{l_1 l_3} \right)$$

$$\Sigma I = m \left(\frac{4,50}{5-l_1} + \frac{11,50}{l_2} + \frac{10,35}{l_1} + \frac{2,30 l_3}{l_1} + \frac{6,25}{l_1 l_3} \right)$$

$$\Sigma I = m \left(\frac{4,50 \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot l_3}{(5-l_1) l_1 \cdot l_2 \cdot l_3} + \frac{11,50 \cdot (5-l_1) l_1 \cdot l_3}{(5-l_1) \cdot l_2 l_3 \cdot l_1} + \frac{10,35 \cdot (5-l_1) \cdot l_2 \cdot l_3}{(5-l_1) \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot l_3} + \right.$$

$$\left. + \frac{6,25 (5-l_1) \cdot l_2}{(5-l_1) \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot l_3} + \frac{2,30 (5-l_1) \cdot l_3 \cdot l_2}{(5-l_1) \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot l_3} \right)$$

$$\Sigma I = m \left(\frac{4,50 \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot l_3 + 57,50 \cdot l_1 \cdot l_3 - 11,50 \cdot l_1^2 \cdot l_3 + 51,75 \cdot l_2 \cdot l_3 - 10,35 \cdot l_1 \cdot l_3 + \right.$$

$$\left. + 31,25 \cdot l_2 - 6,25 \cdot l_1 \cdot l_2 + 11,50 \cdot l_1 \cdot l_2 - 2,30 \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot l_3}{(5-l_1) \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot l_3} \right)$$

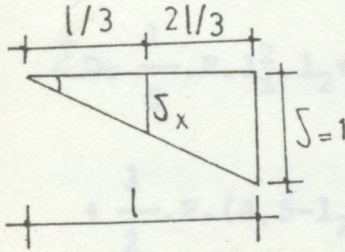
$$\sum I=m(\frac{-8,15.l_1.l_2.l_3+5,25.l_1.l_2+57,50.l_1.l_3-11,50.l_1^2.l_3+51,75.l_2.l_3 +}{(5-l_1).l_1.l_2.l_3} +31,25.l_2)$$

Dış kuvvetlerin yaptığı dış iş:

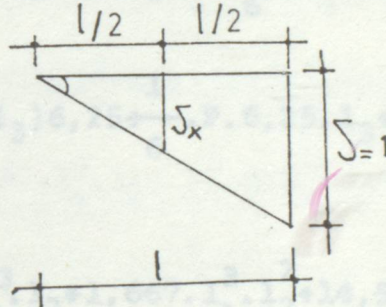
Dış kuvvetlerin yaptığı dış işi rijit bölgelerdeki dış yük (düzgün yayılı yük) ile virtüel deplasmandan meydana gelen a.bölgenin ağırlık merkezinin yapacağı deplasmanla çarpılırsa bulunur.

$$D = \sum D_i = \sum_{i=1}^n (P.\xi_x)_i \text{ olur.}$$

Ağırlık merkezi deplasmanları:



$$\xi_x = \frac{1}{3}$$



$$\xi_x = \frac{1}{2}$$

a) Üçgen için

b) Dikdörtgen için

I. Bölge

$$\frac{1}{2} . l_1 . l_2 . P . \frac{1}{3} + P . (4,50 - l_2) (5 - l_1) - \frac{1}{6} P . l_1^2 . l_2 + \frac{1}{2} . P . (4,5 - l_2) . (5 - l_1)^2 .$$

$$D = \frac{1}{6} P . l_1^2 . l_2 + \frac{1}{2} P . (4,5 - l_2) (5 - l_1)^2$$

II. Bölge

$$\frac{1}{2} l_2 . 5 . \frac{l_2}{3} . P \Rightarrow D = \frac{1}{6} . P . 5 l_2^2$$

III. Bölge

$$\frac{1}{2} \cdot P \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot \frac{l_1}{3} + (4,5 - l_2) \cdot l_1 \cdot \frac{l_1}{2} \cdot P + (3 - l_3) \cdot 2,50 \cdot \frac{2,50}{2} \cdot P +$$

$$+ \frac{1}{2} \cdot 2,50 \cdot l_3 \cdot \frac{2,50}{3} \cdot P$$

$$D = \frac{1}{6} \cdot P \cdot l_1^2 \cdot l_2 + \frac{1}{2} \cdot P \cdot (4,5 - l_2) \cdot l_1^2 + \frac{1}{2} \cdot P \cdot (3 - l_3) \cdot 6,25 + \frac{1}{6} \cdot P \cdot 6,25 \cdot l_3$$

IV. Bölge

$$\frac{1}{2} \cdot 2,50 \cdot l_3 \cdot \frac{l_3}{3} \cdot P$$

$$D = \frac{1}{6} \cdot P \cdot 2,50 \cdot l_3^2$$

$$\sum D = \frac{1}{6} \cdot P \cdot l_1^2 \cdot l_2 + \frac{1}{2} \cdot P \cdot (4,5 - l_2) (5 - l_1)^2 + \frac{1}{6} \cdot P \cdot 5 \cdot l_2^2 + \frac{1}{6} \cdot P \cdot l_1^2 \cdot l_2 +$$

$$+ \frac{1}{2} \cdot P \cdot (4,5 - l_2) \cdot l_1^2 + \frac{1}{2} (3 - l_3) 6,25 + \frac{1}{6} \cdot P \cdot 6,25 \cdot l_3 + \frac{1}{6} \cdot P \cdot 2,50 \cdot l_3^2$$

$$\sum D = P \cdot (0,583 \cdot l_1^4 \cdot l_2 - 7,5 \cdot l_1^3 \cdot l_2 + 1,667 \cdot l_1^3 \cdot l_2^2 + 14,583 \cdot l_1^2 \cdot l_2^2 + 3,083 \cdot l_1^2 \cdot l_2^2 -$$

$$- 0,333 \cdot l_1^2 \cdot l_2 + 0,417 \cdot l_3^2 - 2,083 \cdot l_3 + 18,75)$$

$$\sum I = \sum D$$

$$m(-8,15 \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot l_3 + 5,25 \cdot l_1 \cdot l_2 + 57,50 \cdot l_1 \cdot l_3 - 11,50 \cdot l_1^2 \cdot l_3 + 51,75 \cdot l_2 \cdot l_3 +$$

$$+ 14,583 \cdot l_1^2 \cdot l_2^2 + 3,083 \cdot l_1^2 \cdot l_2^2 - 0,417 \cdot l_3^2 - 2,083 \cdot l_3 + 18,75)$$

$$(5 - l_1) \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot l_3$$

$$= P(0,583 \cdot l_1^4 \cdot l_2 - 7,5 \cdot l_1^3 \cdot l_2 + 1,667 \cdot l_1^3 \cdot l_2^2 + 14,583 \cdot l_1^2 \cdot l_2^2 + 3,083 \cdot l_1^2 \cdot l_2^2 -$$

$$- 0,333 \cdot l_1^2 \cdot l_2 + 0,417 \cdot l_3^2 - 2,083 \cdot l_3 + 18,75)$$

$$\frac{m}{P} = \frac{(5-l_1) \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot l_3 \times (0,583 \cdot l_1^4 \cdot l_2 - 7,5 \cdot l_1^3 \cdot l_2 + 1,667 \cdot l_1^3 \cdot l_2^2 + 14,583 \cdot l_1^2 \cdot l_2^2 + 3,083 \cdot l_2^2 + 0,333 \cdot l_1^2 \cdot l_2 - 0,417 \cdot l_3^2 - 2,083 \cdot l_3 + 18,75)}{(-8,15 \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot l_3 + 5,25 \cdot l_1 \cdot l_2 + 57,50 \cdot l_1 \cdot l_3 - 11,50 \cdot l_1^2 \cdot l_3 + 51,75 \cdot l_2 \cdot l_3 + 31,25 \cdot l_2)}$$

$$\frac{\partial (m/P)}{\partial l_1} = 0, \quad \frac{\partial (m/P)}{\partial l_2} = 0, \quad \frac{\partial (m/P)}{\partial l_3} = 0 \text{ işlemini yapıp,}$$

l_1, l_2 ve l_3 parametreleri bulmaya çalışıyoruz.

$$\frac{\partial (m/P)}{\partial l_1} = 0$$

$$\begin{aligned} & - (-l_2 \cdot l_3 + (5-l_1) \cdot l_2 \cdot l_3) \times (0,583 \cdot l_1^4 \cdot l_2 - 7,5 \cdot l_1^3 \cdot l_2 + 1,667 \cdot l_1^3 \cdot l_2^2 + 14,583 \cdot l_1^2 \cdot l_2^2 + 3,083 \cdot l_2^2 + 0,333 \cdot l_1^2 \cdot l_2 - 0,417 \cdot l_3^2 - 2,083 \cdot l_3 + 18,75) - \\ & - ((5-l_1) \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot l_3) \times (+2,332 \cdot l_1^3 \cdot l_2 - 22,5 \cdot l_1^2 \cdot l_2 + 5,001 \cdot l_1^2 \cdot l_2^2 + 29,166 \cdot l_1 \cdot l_2^2 - 0,666 \cdot l_1 \cdot l_2) \\ & \hline & (-8,15 \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot l_3 + 5,25 \cdot l_1 \cdot l_2 + 57,50 \cdot l_1 \cdot l_3 - 11,50 \cdot l_1^2 \cdot l_3 + 51,75 \cdot l_2 \cdot l_3 + 31,25 \cdot l_2)^2 = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & (-l_2 \cdot l_3 + (5-l_1) \cdot l_2 \cdot l_3) \times (0,583 \cdot l_1^4 \cdot l_2 - 7,5 \cdot l_1^3 \cdot l_2 + 1,667 \cdot l_1^3 \cdot l_2^2 + 14,583 \cdot l_1^2 \cdot l_2^2 + 3,083 \cdot l_2^2 - 0,333 \cdot l_1^2 \cdot l_2 - 0,417 \cdot l_3^2 - 2,083 \cdot l_3 + 18,75) = \\ & - ((5-l_1) \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot l_3) \times (+2,332 \cdot l_1^3 \cdot l_2 - 22,5 \cdot l_1^2 \cdot l_2 + 5,001 \cdot l_1^2 \cdot l_2^2 + 29,166 \cdot l_1 \cdot l_2^2 - 0,666 \cdot l_1 \cdot l_2) \end{aligned}$$

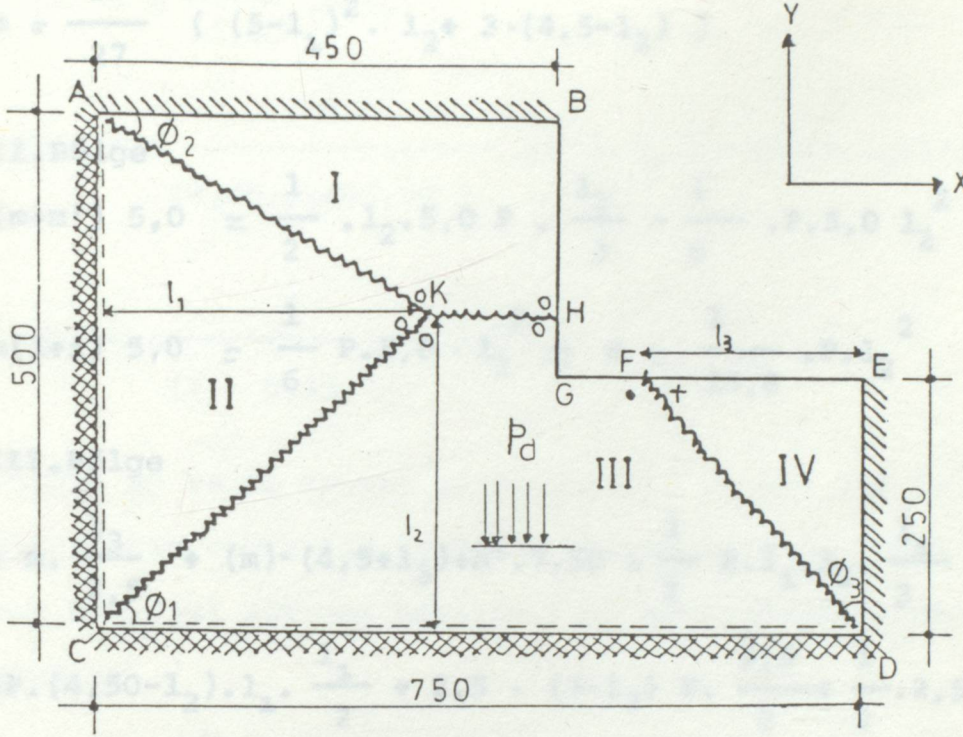
$$\begin{aligned}
 & -0,583.1_1^5.1_2^2.1_3 + 2,332.1_1^4.1_2.1_3 + 7,5.1_1^4.1_2^2.1_3 - 1,667.1_1^4.1_2^2.1_3 - \\
 & -7,915.1_1^3.1_2^3.1_3 - 30.1_1^3.1_2^2.1_3 + 58,332.1_1^2.1_2^3.1_3 - 1,332.1_1^2.1_2^2.1_3 + \\
 & + 12,332.1_2^3.1_3 - 1,668.1_2.1_3^3 - 8,332.1_2.1_3^2 + 75.1_2.1_3 + 3,083.1_1.1_2^3.1_3 + \\
 & + 0,333.1_1^3.1_2.1_3 + 0,417.1_1.1_2.1_3^3 + 2,083.1_1.1_2.1_3^2 - 18,75.1_1.1_2.1_3 - \\
 & - 34,16.1_1^4.1_2^2.1_3 - 2,332.1_1^5.1_2^2.1_3 - 5,001.1_1^4.1_2^3.1_3 - 4,161.1_1^3.1_2^3.1_3 - \\
 & - 111,834.1_1^3.1_2^2.1_3 + 145,83.1_1^2.1_2^3.1_3 - 3,330.1_1^2.1_2^2.1_3 \\
 & 1,749.1_1^5.1_2^2.1_3 - 31,828.1_1^4.1_2.1_3 + 5,833.1_1^4.1_2^2.1_3 + 5,001.1_1^4.1_2^3.1_3 - \\
 & - 3,754.1_1^3.1_2^3.1_3 + 81,834.1_1^3.1_2^2.1_3 - 87,498.1_1^2.1_2^3.1_3 + 1,998.1_1^2.1_2^2.1_3 - \\
 & - 3,083.1_1.1_2^3.1_3 + 0,333.1_1^3.1_2.1_3 + 0,417.1_1.1_2.1_3^2 + 2,083.1_1.1_2.1_3^2 - \\
 & - 18,75.1_1.1_2.1_3 + 12,332.1_2^3.1_3 - 1,668.1_2.1_3^3 - 8,332.1_2.1_3^2 + 75.1_2.1_3 = 0
 \end{aligned}$$

Yukarıda görüldüğü gibi, yüksek dereceden karmaşık denklem elde edildi. Diğer parsiel türevlerden $((\frac{\partial(m/P)}{\partial l_2}), (\frac{\partial(m/P)}{\partial l_3}))$ de aynı şekilde karmaşık denklemler elde edileceği açıktır. Parametreleri (l_1, l_2, l_3) 'ü statik denge yöntemi ile bulacağız.

Statik Denge Yöntemi

Bu yöntemde rijit bölgeler için denge şartını yazıyoruz. Buna gerek olmadan da dönme eksenine göre moment olarak parametrelere bağlı olarak yazarız. Düşüm kuvvetleri hesaplanır, sonra 4 rijit bölgede denklemler m (eğilme momentine) bağlı olarak yazılıp, 4 bölgede tatonman yöntemi ile momentlerin değeri birbirine yaklaştırılarak optimum çözüm elde edilir. Böylece gerçek kırılma elde edilir. Ayrıca parametreler bulunmuş olur. Kırılma çizgileri

teorisinde olduğu gibi, her bölge tek tek incelenerek moment denklemini yazacağız.



Şekilde, plâşa etkiyen yükler gösterilmiştir. Düşüm kuvvetlerinin hesabını açıklayalım: Düşüm kuvvetleri K Noktasında sıfırdır. Çünkü donatı ağı aynı olduğu zaman 3 kırılma çizgisi keşişirse; her bir düşüm kuvveti sıfırdır. H Noktasında da düşüm kuvvetleri sıfırdır. Çünkü kırılma çizgisi GB kenarını dik kesmektedir. Bu durumda $\beta = 90^\circ$ olur. $\cot \beta = 0$ olduğundan, düşüm kuvvetleri sıfırdır. F Noktasındaki düşüm kuvvetleri;

$$Q_e = \bar{m} \cot \beta = \bar{m} \cdot \frac{l_3}{2,5}$$

$$\text{III bölgesinde } Q_e = + m \cdot \frac{l_3}{2,5}, \text{ IV bölgesinde } Q_e = -m \cdot \frac{l_3}{2,5} \text{ dir.}$$

I. Bölge

$$(m) 4,50 - \frac{1}{2} \cdot P \cdot (5-l_1)^2 \cdot (4,5-l_2) + \frac{1}{6} \cdot P \cdot l_2 \cdot (5-l_1)^2$$

$$m = \frac{1}{27} \cdot P (1_2(5-1_1)^2 + 3 \cdot (4,5-1_2) (5-1_1)^2)$$

$$m = \frac{P}{27} ((5-1_1)^2 \cdot 1_2 + 3 \cdot (4,5-1_2))$$

II. Bölge

$$(m+m') 5,0 = \frac{1}{2} \cdot 1_2 \cdot 5,0 P \cdot \frac{1_2}{3} - \frac{1}{6} \cdot P \cdot 5,0 1_2^2 \quad m' = im$$

$$i = 1,30$$

$$m(1+i) 5,0 = \frac{1}{6} P \cdot 5,0 \cdot 1_2^2 \Rightarrow m = \frac{1}{13,8} \cdot P \cdot 1_2^2$$

III. Bölge

$$+ m \cdot \frac{1_3}{2,5} + (m) \cdot (4,5+1_3) + m' \cdot 7,50 = \frac{1}{2} P \cdot 1_1 \cdot 1_2 \cdot \frac{1_1}{3} +$$

$$+ P \cdot (4,50-1_2) \cdot 1_1 \cdot \frac{1_1}{2} + 2,5 \cdot (3-1_3) P \cdot \frac{2,5}{2} + \frac{1}{2} \cdot 2,5 \cdot 1_3 \cdot \frac{2,5}{3} \cdot P$$

$$m \left(\frac{3,5 \cdot 1_3 + 35,625}{2,5} \right) = \frac{1}{6} P (1_1^2 \cdot 1_2 + 3(4,5-1_2) \cdot 1_1^2 + 18,75(3-1_3) + 2,5 \cdot 1_3)$$

$$m = \frac{2,5}{6} P (-2 \cdot 1_2 \cdot 1_1^2 - 16,25 \cdot 1_3 + 13,50 \cdot 1_1^2 + 56,25) \cdot \frac{1}{3,5 \cdot 1_3 + 35,625}$$

$$m = \frac{1}{(8,40 \cdot 1_3 + 85,50)} \cdot P \cdot (-2 \cdot 1_2 \cdot 1_1^2 - 16,25 \cdot 1_3 + 13,50 \cdot 1_1^2 + 56,25)$$

IV. Bölge

$$m \cdot 2,5 - m \cdot \frac{1_3}{2,5} = \frac{1}{2} \cdot P \cdot 2,5 \cdot 1_3 \cdot \frac{1_3}{3}$$

$$m(2,5 - \frac{1_3}{2,5}) = \frac{1}{6} P \cdot 2,5 \cdot 1_3^2$$

$$m = \frac{1}{(6 - 0,160 \cdot 1_3)} \cdot P \cdot 1_3^2$$

2) $l_1 = 3,10\text{ m}$ $l_3 = 2,0\text{ m}$ 3) $l_1 = 3,16$ $l_3 = 2.\text{m}$

I $m = 0,976 \cdot P$

I $m = 0,880 \cdot P$

II $m = 0,696 \cdot P$

II $m = 0,724 \cdot P$

III $m = 1,344 \cdot P$

III $m = 1,394 \cdot P$

IV $m = 0,704 \cdot P$

IV $m = 0,724 \cdot P$

4) $l_1 = 3,15\text{ m}$ $l_3 = 2\text{ m}$

5) $l_1 = 3,17\text{ m}$ $l_3 = 2.\text{m}$

I $m = 0,913 \cdot P$

I $m = 0,710 \cdot P$

II $m = 0,719 \cdot P$

II $m = 0,728 \cdot P$

III $m = 1,385 \cdot P$

III $m = 1,402 \cdot P$

IV $m = 0,704 \cdot P$

IV $m = 0,704 \cdot P$

$l_1 = l_2$ ilk yaklaşımına göre; yukarıdaki sonuçlarda elde edilen momentler 5. tatonmanda III.Bölge hariç birbirine çok yakın ama III.Bölge diğer bölgelerin iki katı olmaktadır.Şimdi tatonmana $l_1 \cdot l_2 \cdot l_3$ farklı değerler verip,deneme yapılacaktır.

1) $l_1 = 3.10,\text{m}$ $l_2 = 3,35,\text{m}$ $l_3 = 2,15\text{ m}$

I $m = 0,909 \cdot P$

2) $l_1 = 3,15,\text{m}$ $l_2 = 3,35,\text{m}$ $l_3 = 2,20\text{ m}$

II $m = 0,813 \cdot P$

I $m = 0,862 \cdot P$

III $m = 0,837 \cdot P$

II $m = 0,813 \cdot P$

IV $m = 0,817 \cdot P$

III $m = 0,846 \cdot P$

IV $m = 0,857 \cdot P$

3) $l_1=3,15, m_1=3,40, m_2=2,20$ 4) $l_2=3,37, m_1=3,10, m_2=2,17$

I $m = 0,944 \cdot P$
II $m = 0,838 \cdot P$
III $m = 0,837 \cdot P$
IV $m = 0,857 \cdot P$

I $m = 0,904 \cdot P$
II $m = 0,823 \cdot P$
III $m = 0,829 \cdot P$
IV $m = 0,833 \cdot P$

5) $l_1=3,15, m_1=3,36, m_2=2,19$ 6) $l_1=3,16, m_1=3,36, m_2=2,19$

I $m = 0,859 \cdot P$
II $m = 0,818 \cdot P$
III $m = 0,846 \cdot P$
IV $m = 0,849 \cdot P$

I $m = 0,850 \cdot P$
II $m = 0,818 \cdot P$
III $m = 0,851 \cdot P$
IV $m = 0,849 \cdot P$

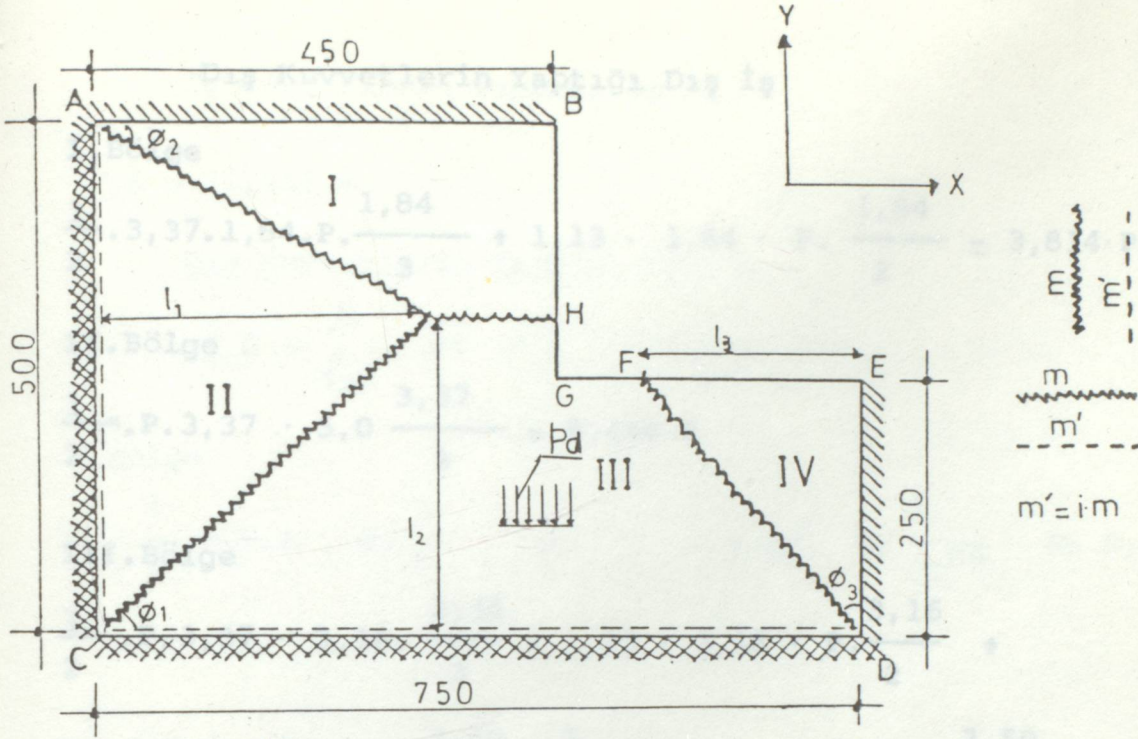
7) $l_1=3,17, m_1=3,36, m_2=2,18$ 8) $l_1=3,16, m_1=3,37, m_2=2,19$

I $m = 0,841 \cdot P$
II $m = 0,818 \cdot P$
III $m = 0,857 \cdot P$
IV $m = 0,841 \cdot P$

I $m = 0,848 \cdot P$
II $m = 0,823 \cdot P$
III $m = 0,849 \cdot P$
IV $m = 0,849 \cdot P$

8 no.lu tatonmandan elde edilen sonuçlara göre; parametreler belirlendi. Buna göre; artık m ve m' momentlerini bulabiliriz. Bunun için de virtüel iş yöntemini düzgün yayılı yük altında uygulayacağız.

$\sum I = 2,448 \cdot P + 3,448 \cdot P + 5,186 \cdot P + 0,903 \cdot P$
 $\sum I = 11,987 \cdot P$



İç Kuvvetlerin Yaptığı İç İş

I. Bölge

$$\theta = \frac{1}{1,84}, \quad mn.\theta n.l_n = m \cdot \frac{1}{1,84} \cdot 4,50 = 2,446 \text{ m}$$

II. Bölge

$$\theta = \frac{1}{3,37}, \quad mn.\theta n.l_n = m(1+1,30) \frac{1}{3,37} \cdot 5,0 = 3,412 \text{ m}$$

III. Bölge

$$\theta = \frac{1}{3,17}, \quad mn.\theta n.l_n = \frac{1}{3,17} \cdot 6,69+1,30 \text{ m } 7,50 \cdot \frac{1}{3,17} = 5,186 \text{ m}$$

IV. Bölge

$$\theta = \frac{2,5}{(3,16 \cdot 2,19)}, \quad mn.\theta n.l_n = m \cdot \frac{2,50}{3,16 \times 2,19} \cdot 2,50 = 0,903 \text{ m}$$

$$\sum I = 2,446 \text{ m} + 3,412 \text{ m} + 5,186 \text{ m} + 0,903 \text{ m}$$

$$\sum I = 11,947 \text{ m}$$

İç Kuvvetlerin Yaptığı İç İş

$$\sum I = 11,947 \text{ m}$$

Dış Kuvvetlerin Yaptığı Dış İş

$$\sum D = \sum_{i=1}^n M \cdot \theta_i \text{ bulunacaktır.}$$

I.Bölge

$$M = \frac{1}{2} \cdot P \cdot b \cdot b, \theta = \frac{1}{P} \quad M = \frac{1}{2} \bar{P} \cdot 1,84^2, \theta = \frac{1}{1,84} \quad D = 0,920 \cdot \bar{P}$$

III.Bölge

$$M = \frac{1}{2} \cdot \bar{P} \cdot 3,16^2, \theta = \frac{1}{3,16} \quad D = 1,580 \cdot \bar{P}$$

II. ve IV.bölgelere çizgisel yük etkilemediğinden, bu bölgede yapılan dış iş yoktur. Sıfırdır.

$$\sum D = 0,920 \cdot \bar{P} + 1,580 \cdot \bar{P}, \quad D = 2,500 \bar{P}$$

$$\sum I = \sum D \quad 11,947 \text{ m} = 2,500 \cdot \bar{P} \Rightarrow m = 0,209 \cdot \bar{P}$$

Süperpozisyon

Plâğa etkiyen düzgün yayılı yük ve çizgisel yük etkisi altında m kırılma momentleri ayrı ayrı bulundu. Süperpozisyon kuralı gereğince m kırılma momentleri toplanır.

$$m_1 = 2,623 \cdot P_d$$

$$m_2 = 0,209 \cdot \bar{P}$$

$$m = m_1 + m_2 = 2,623 \cdot P_d + 0,205 \cdot \bar{P}$$

$$m = 2,623 \cdot P_d + 0,205 \cdot \bar{P}$$

Betonarme Hesabı

Malzeme BS16 - BÇ I hf = 20 m

Taşıma gücü ilkesine göre; plak donatı hesabı yapılacaktır.

$$g = 500 \text{ kg/m}^2 \quad \text{Plak öz ağırlık} = 24 \cdot d = 24 \cdot 20 = 480 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Kaplama + Sıva} = 160 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Toplam sabit yük} = 640 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Hareketli yük} = 500 \text{ kg/m}^2$$

$$P_d = 1,40 \cdot 6,40 + 1,60 \cdot 500 = 1696 \text{ kg/m}^2$$

$$P_d = 1,696 \text{ t/m}^2$$

Çizgisel yük	Cinsi	Kalınlık	Ağırlık (Sıva ile beraber)
	Delikli Tuğla	Bir Tuğla	420 kg/m ²

$$h = 3,0 \text{ m seçildi} \quad \bar{P} = 3,0 \cdot 0,420 = 1,26 \cdot P$$

$$\bar{P} = 1,40 \cdot 1,26 = 1,764 \text{ t/m}$$

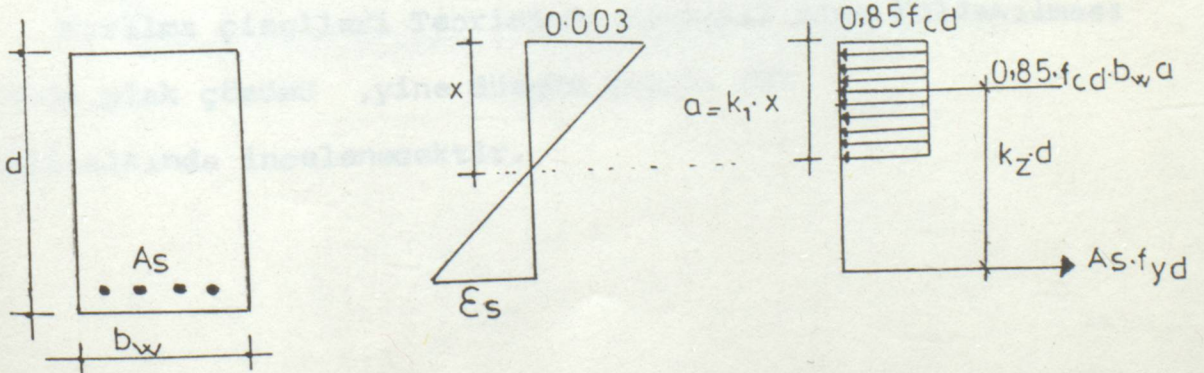
$$m = 2,623 \cdot 1,696 + 0,205 \cdot 1,764$$

$$m = 4,810 \text{ tm}$$

$$m' = 1,30 \cdot 4,810 = 6,253 \text{ tm}$$

$$m' = 6,253 \text{ tm}$$

Bulduğumuz m ve m' momentleri için 1 m lik şerit çıkarıp donatı hesabı yapılacaktır.



Birimler

Bağıntılar

K..... cm^2/t

$$M_d = \frac{b_w \cdot d^2}{k}$$

$$A_s = \frac{M_d}{f_y d \cdot k_z \cdot d} = k_s \cdot \frac{M}{d}$$

M..... tcm

A_s cm^2

$$\rho = \frac{A_s}{b_w \cdot d}$$

$$M = 4,810 \text{ tm} = 481 \text{ tcm}$$

$$k = \frac{b d^2}{M} = \frac{100 \cdot 18,5^2}{481} = 71,15 \Rightarrow k_s = 0,570$$

$$A_s = 0,570 \cdot \frac{481}{18,5} = 14,82 \text{ cm}^2 \quad \emptyset 12/15 \quad (\emptyset 12/7,5) \quad 15,08 \text{ cm}^2$$

$\emptyset 12/15$

$$\rho = \frac{15,08}{100 \cdot 18,5} = 0,008 < 0,50 \cdot \rho_b = 0,50 \cdot 0,0316 = 0,0158$$

$$M' = 0,253 \text{ tm} = 625,3 \text{ tcm}$$

$$k = \frac{18,5^2 \cdot 100}{625,3} = 54,734 \Rightarrow k_s = 0,587$$

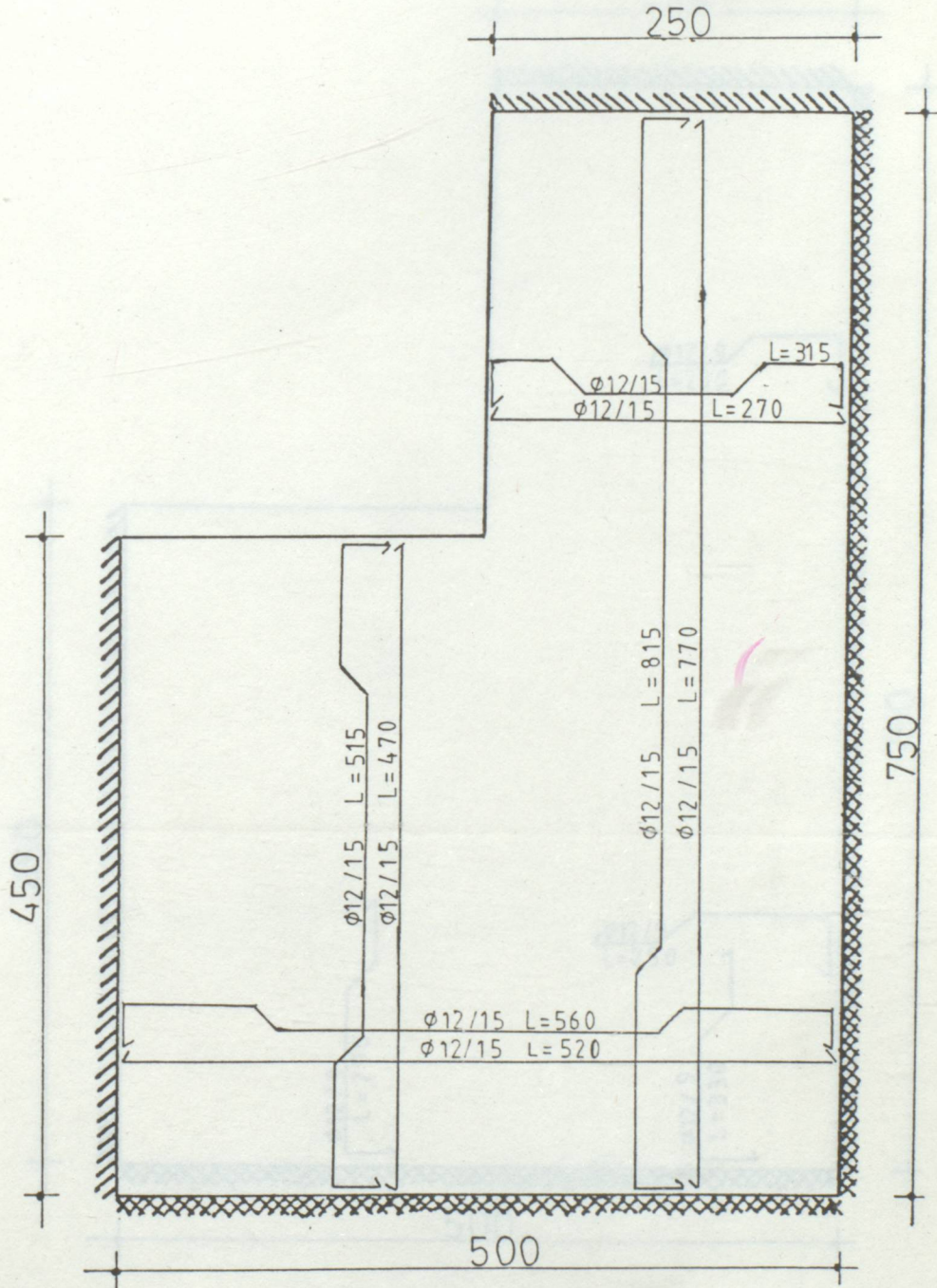
$$A_s = 0,587 \cdot \frac{625,3}{18,5} = 19,84 \text{ cm}^2 \quad \emptyset 12/15 \quad (\emptyset 14/7,5) \quad 20,52 \text{ cm}^2$$

$\emptyset 12/9$

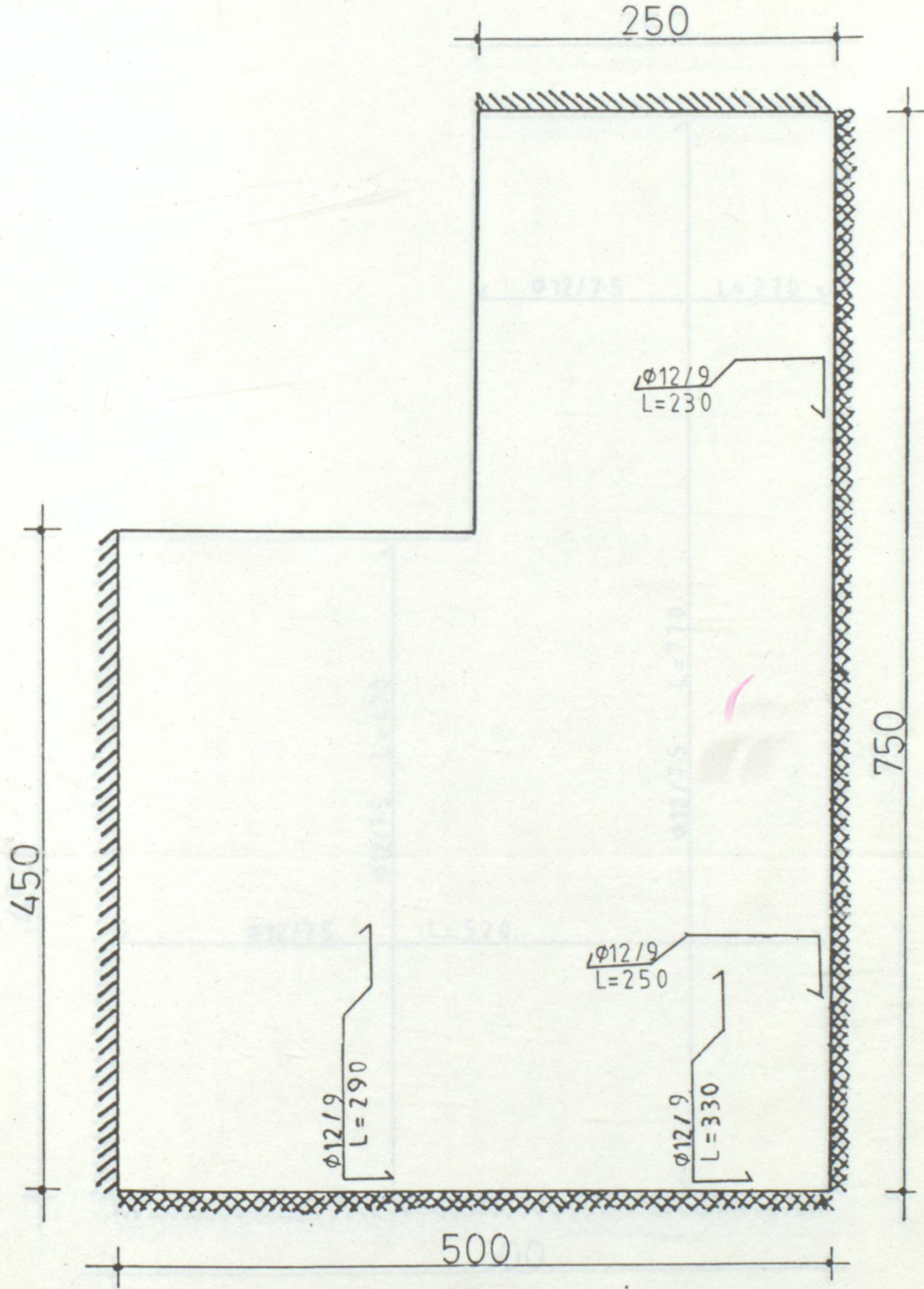
$20,11 \text{ cm}^2$

Kırılma çizgileri Teorisinde kuvvetli bant kullanılması halinde, plak çözümü , yine düzgün yayılı yük etkisi altında incelenecektir.

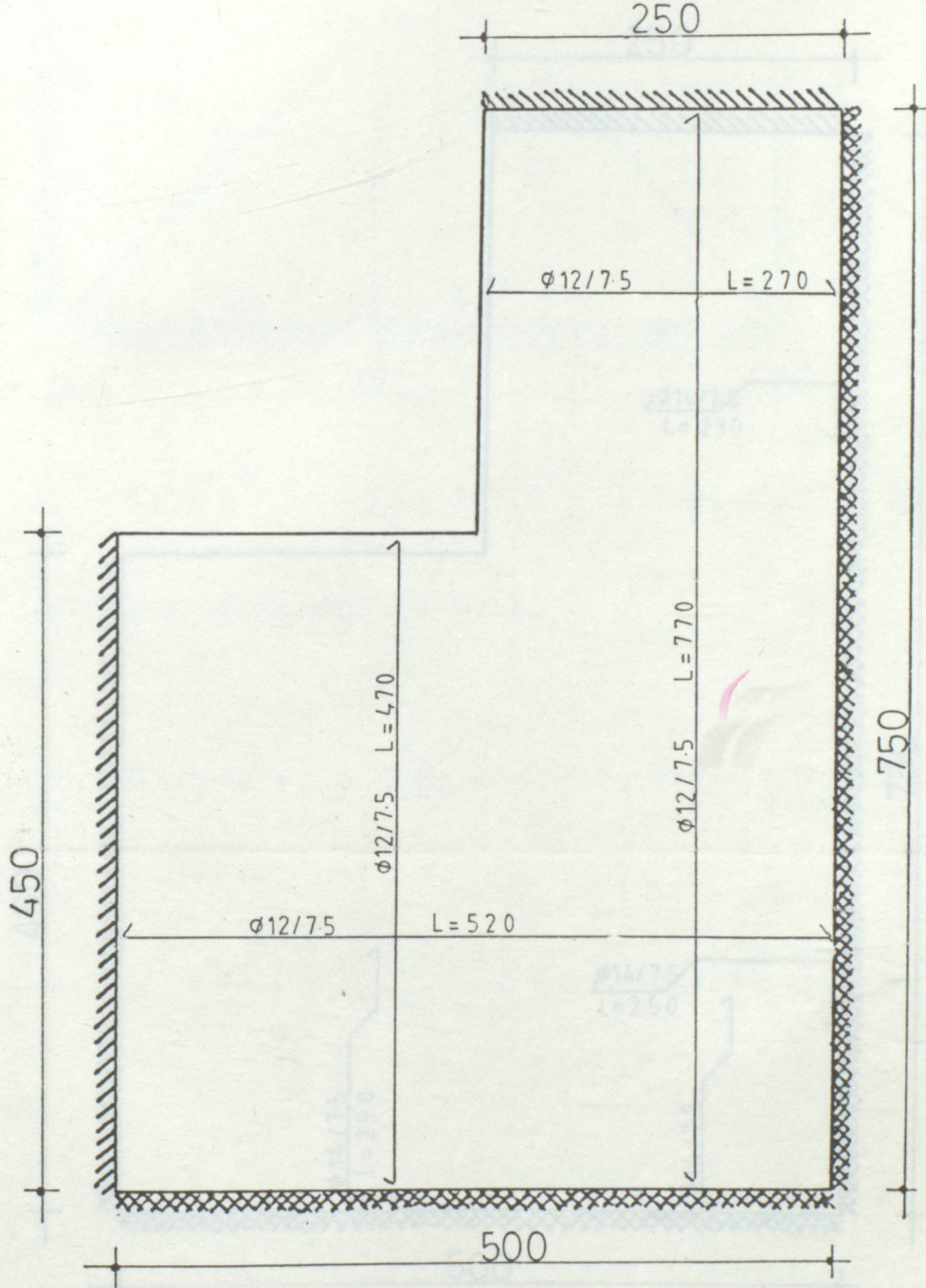
MESNET DONATISI RESİMİ
AÇIKLIK DONATISI RESİMİ



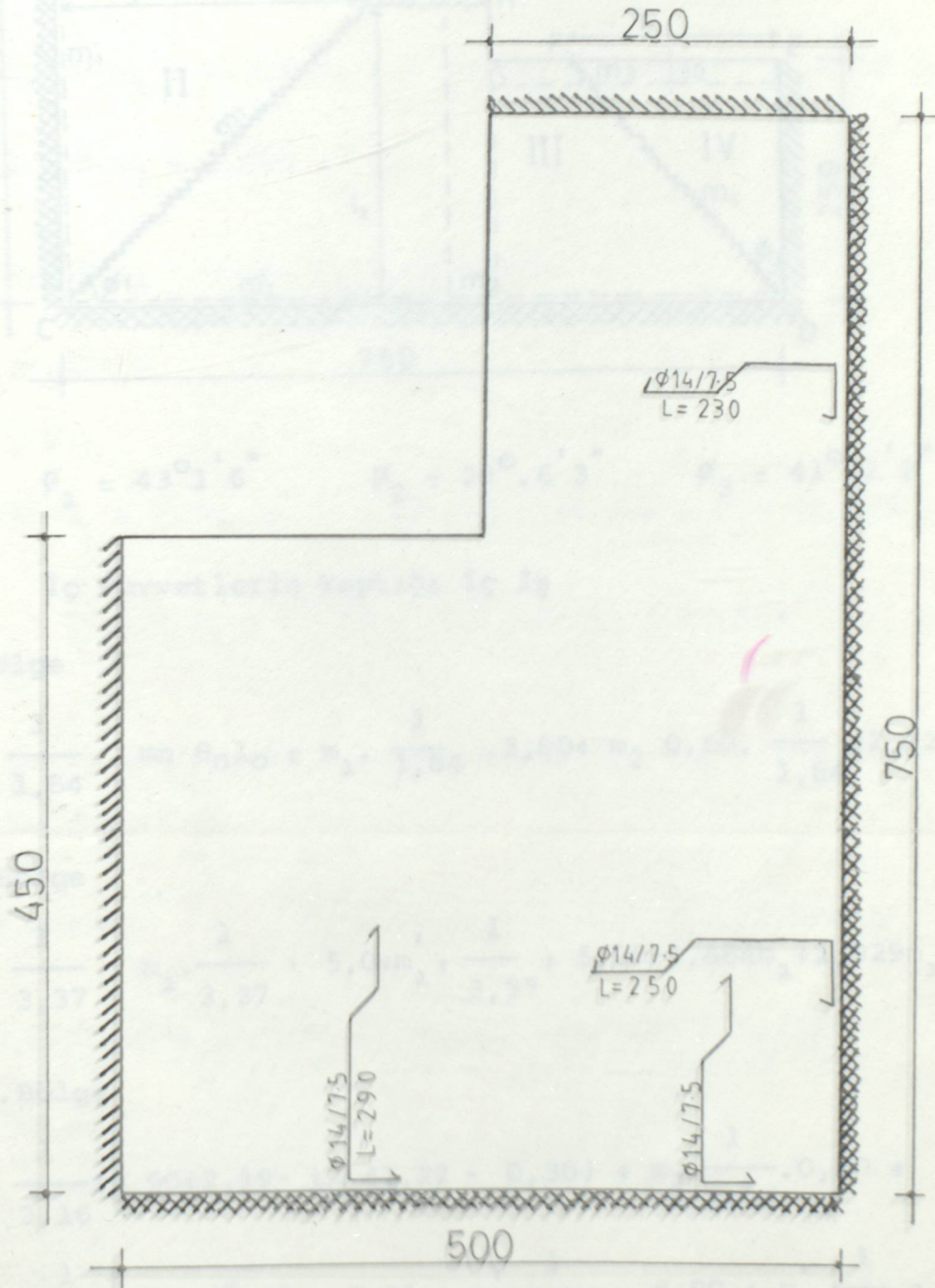
MESNET DONATISI RESİMİ

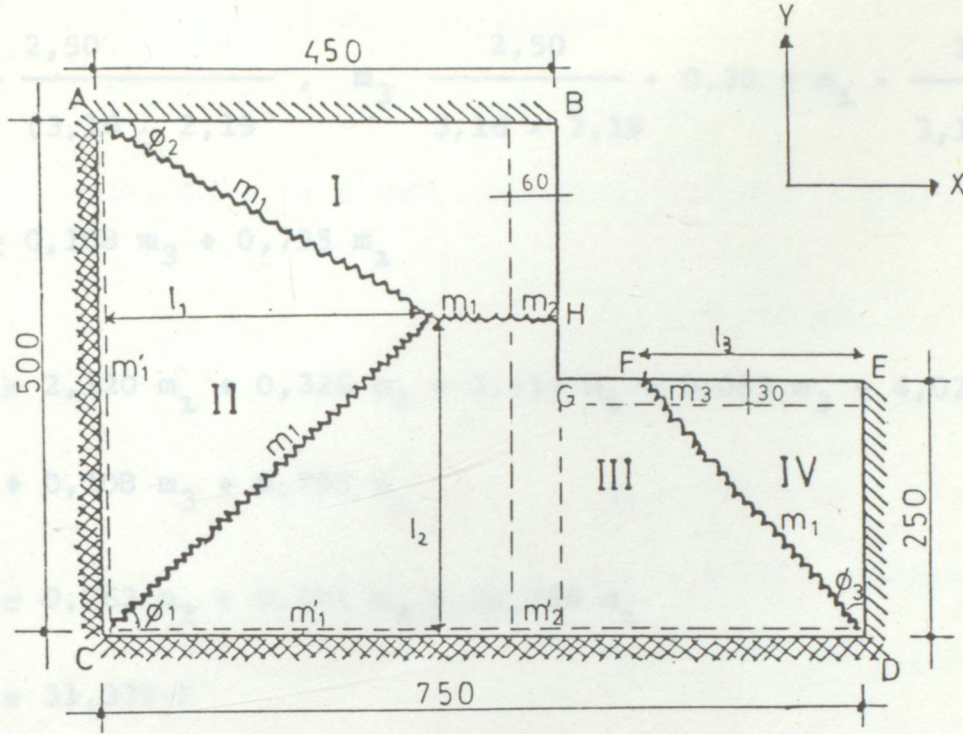


AÇIKLIK DONATISI RESİMİ



MESNET DONATISI RESİMİ





$$\phi_1 = 43^\circ 1' 6'' \quad \phi_2 = 28^\circ 6' 3'' \quad \phi_3 = 41^\circ 2' 2''$$

İç Kuvvetlerin Yaptığı İç İş

I. Bölge

$$\theta_n = \frac{1}{1,84} \quad m_n \cdot \theta_n l_o = m_1 \cdot \frac{1}{1,84} \cdot 3,90 + m_2 \cdot 0,60 \cdot \frac{1}{1,84} = 2,120 m_1 + 0,326 m_2$$

II. Bölge

$$\theta_n = \frac{1}{3,37} \quad m_1 \cdot \frac{1}{3,37} \cdot 5,00 + m_1' \cdot \frac{1}{3,37} \cdot 5,00 - 1,484 m_1 + 1,929 m_1' = 3,413 m_1$$

III. Bölge

$$\begin{aligned} m_1 \cdot \frac{1}{3,16} (3,90 + 2,19 - t_g 41,22 \cdot 0,30) + m_2 \cdot \frac{1}{3,16} \cdot 0,60 + \\ + m_3 \cdot \frac{1}{3,16} t_g 41^\circ 22' \cdot 0,30 + m_1' \cdot \frac{1}{3,16} \cdot 6,90 + m_2' \cdot \frac{1}{3,16} \cdot 0,60 = \\ = 0,083 m_3 + 0,437 m_2 + 4,028 m_1 \end{aligned}$$

IV. Bölge

$$\theta_n = \frac{2,50}{(3,16 \cdot 2,19)} \cdot m_3 \cdot \frac{2,50}{3,16 \cdot 2,19} \cdot 0,30 + m_1 \cdot \frac{2,50}{3,16 \cdot 2,19} \cdot 2,20 =$$

$$= 0,108 m_3 + 0,795 m_1$$

$$\sum I = 2,120 m_1 + 0,326 m_2 + 3,413 m_1 + 0,083 m_3 + 4,028 m_1 +$$

$$+ 0,108 m_3 + 0,795 m_1$$

$$\sum I = 0,763 m_2 + 0,191 m_3 + 10,356 m_1$$

$$\sum D = 31,339 \cdot P$$

$$\sum I = \sum D$$

$$11,011 m_1 + 0,763 m_2 + 0,191 m_3 = 31,339 \cdot P - 31,339 \cdot 1,696$$

$$10,356 m_1 + 0,763 m_2 + 0,191 m_3 = 53,151$$

Şerit Yönteminde bulunan momentlerin oranı alınarak m_1 , m_2 ve m_3 bulunacaktır.

$$m_1 = 3,085 \text{ tm} \quad m_2 = 6,00 \text{ tm} \quad m_3 = 1,594 \text{ tm}$$

$$m_2 = 6,00/0,60 = 10,000 \quad , \quad m_3 = 1,594/0,30 = 5,313$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{10,00}{3,085} = 3,241 \quad m_2 = 3,241 m_1$$

$$\frac{m_3}{m_1} = \frac{5,313}{3,085} = 1,722 \quad m_3 = 1,722 m_1$$

Denkleme yerine konulursa;

$$10,356 m_1 + 0,763 m_2 + 0,191 m_3 = 53,151$$

$$10,356 m_1 + 0,763 \cdot 3,241 m_1 + 0,191 \cdot 1,722 m_1 = 53,151$$

$$m_1 = 4,040 \text{ tm}$$

$$m_2 = 3,241 \cdot 4,04 \cdot 0,60$$

$$m_2 = 7,855 \text{ tm}$$

$$m_3 = 1,722 \cdot 4,04 \cdot 0,30$$

$$m_3 = 2,087 \text{ tm}$$

$$m'_1 = 4,04 \cdot 1,30$$

$$m'_1 = 5,252 \text{ tm}$$

$$m'_2 = 7,855 \cdot 1,30$$

$$m'_2 = 10,212 \text{ tm}$$

$$M_1 = 4,040 \text{ tm} = 404,0 \text{ tcm}$$

$$k = \frac{18,5^2 \cdot 100}{404} = 84,71 \Rightarrow k_s = 0,562$$

$$A_s = 0,562 \cdot \frac{404,0}{18,5} = 12,27 \text{ cm}^2 \quad \begin{matrix} \emptyset 12/18 & (\emptyset 12/9) & 12,57 \text{ cm}^2 \\ \emptyset 12/18 & & \end{matrix}$$

$$\rho = \frac{12,57}{18,5 \cdot 100} = 0,007 < 0,0158$$

$$M'_1 = 5,252 \text{ tm} = 525,2 \text{ tcm}$$

$$k = \frac{18,5^2 \cdot 100}{525,2} = 65,17 \Rightarrow k_s = 0,577$$

$$A_s = 0,577 \cdot \frac{525,2}{18,5} = 16,38 \text{ cm}^2 \quad \begin{array}{l} \emptyset 12/18 \quad (\emptyset 14/9) \quad 17,10 \text{ cm}^2 \\ \emptyset 12/10 \\ \hline 17,05 \text{ cm}^2 \end{array}$$

$$M_2 = 7,855 \text{ tm} = 785,5 \text{ tcm}$$

$$k = \frac{18,5^2 \cdot 100}{785,5} = 43,57 \Rightarrow k_s = 0,611$$

$$A_s = 0,611 \cdot \frac{785,5}{18,5} = 25,94 \text{ cm}^2 \quad \begin{array}{l} \emptyset 16/15 \quad (\emptyset 16/7,5) \quad 26,81 \text{ cm}^2 \\ \emptyset 16/15 \end{array}$$

$$\rho = \frac{26,81}{18,5 \cdot 100} = 0,014 < 0,0158$$

$$M_2' = 10,212 \text{ tm} = 1021,2 \text{ tcm}$$

$$13,516 \quad \rho_d = 0,60 \cdot \rho_b \text{ için}$$

$$k = \frac{18,5^2 \cdot 100}{1021,2} = 33,514 \Rightarrow k_s = 0,650 \text{ alındı.}$$

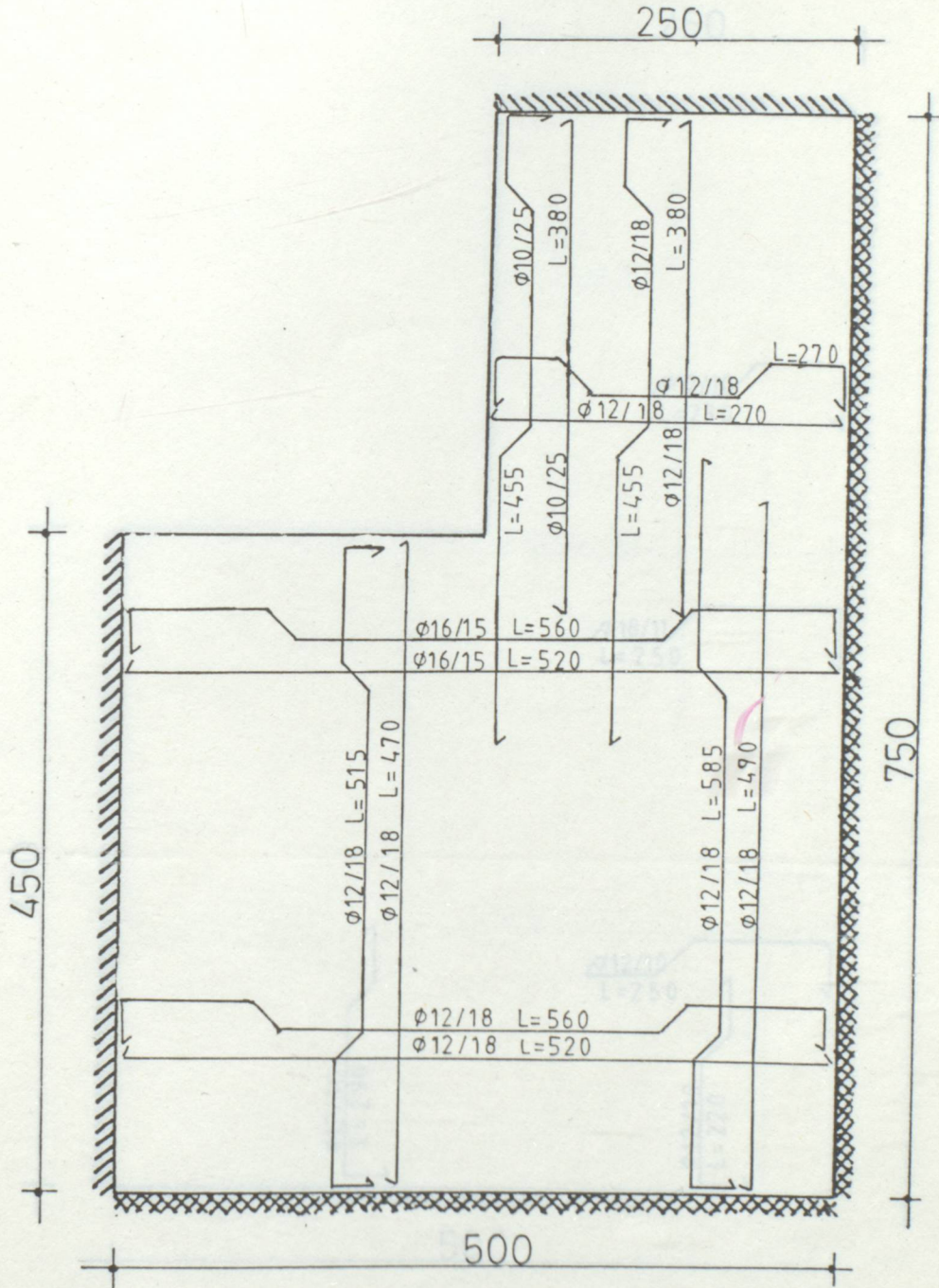
$$A_s = 0,650 \cdot \frac{1021,2}{18,50} = 35,88 \text{ cm}^2 \quad \begin{array}{l} \emptyset 16/15 \quad (\emptyset 18/7) \quad 36,36 \text{ cm}^2 \\ \emptyset 18/11 \\ \hline 36,55 \text{ cm}^2 \end{array}$$

$$M_3 = 2,087 \text{ tm} = 208,7 \text{ tcm}$$

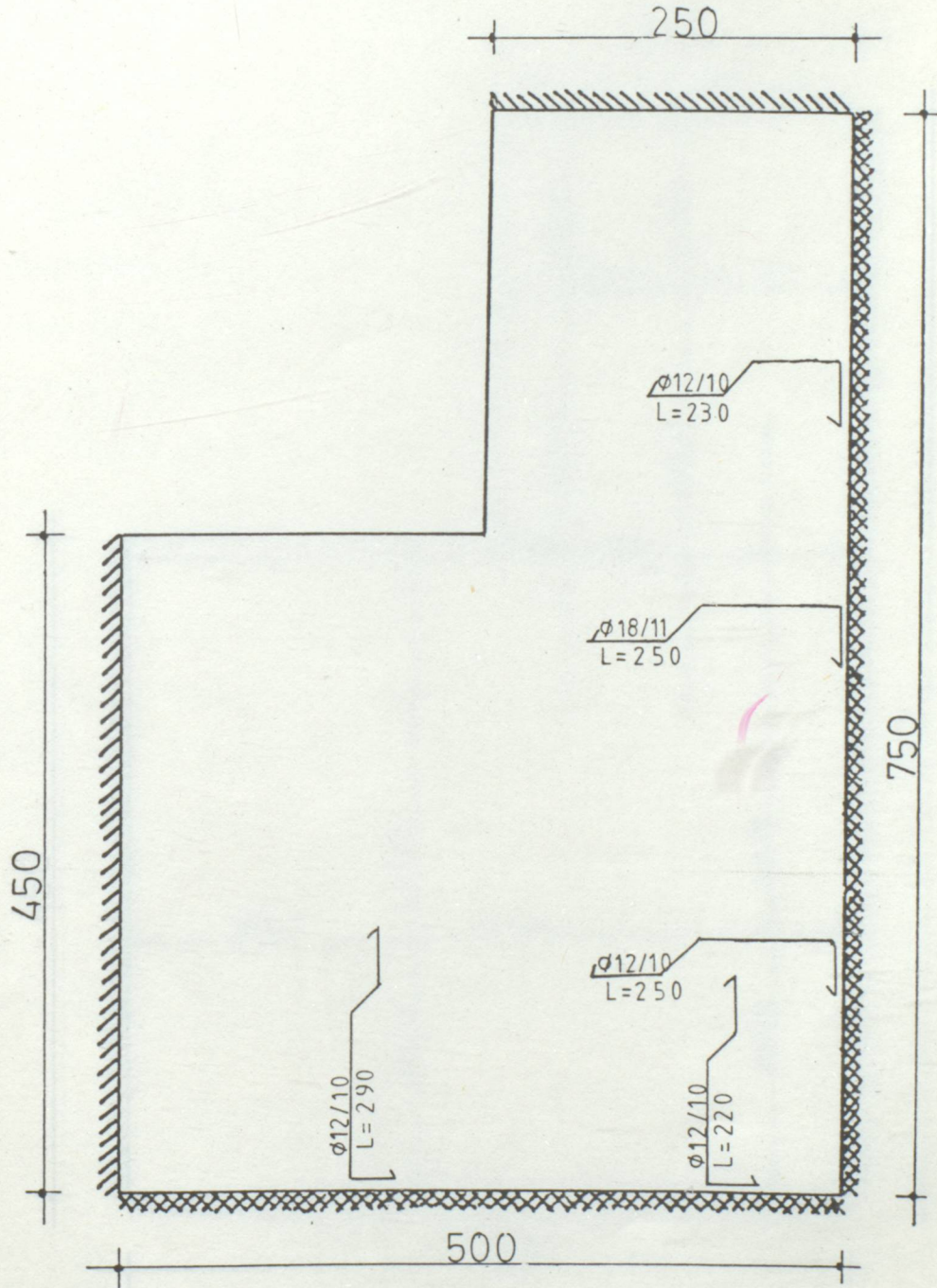
$$k = \frac{18,5^2 \cdot 100}{208,7} = 163,99 \Rightarrow k_s = 0,542$$

$$A_s = 0,542 \cdot \frac{208,7}{18,5} = 6,11 \text{ cm}^2 \quad \begin{array}{l} \emptyset 10/25 \quad (\emptyset 10/12,5) \quad 6,28 \text{ cm}^2 \\ \emptyset 10/25 \end{array}$$

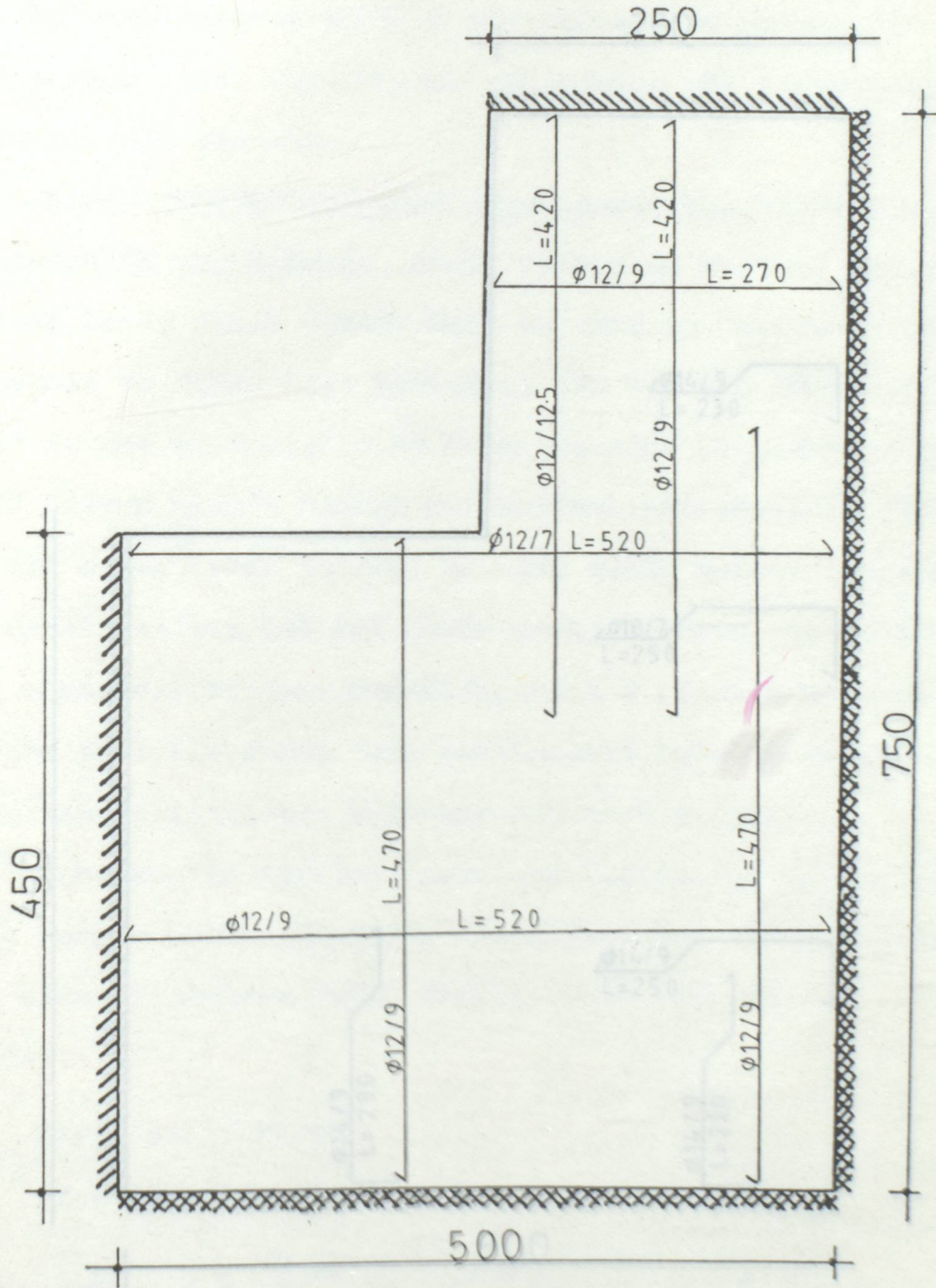
AÇIKLIK DONATISI RESİMİ



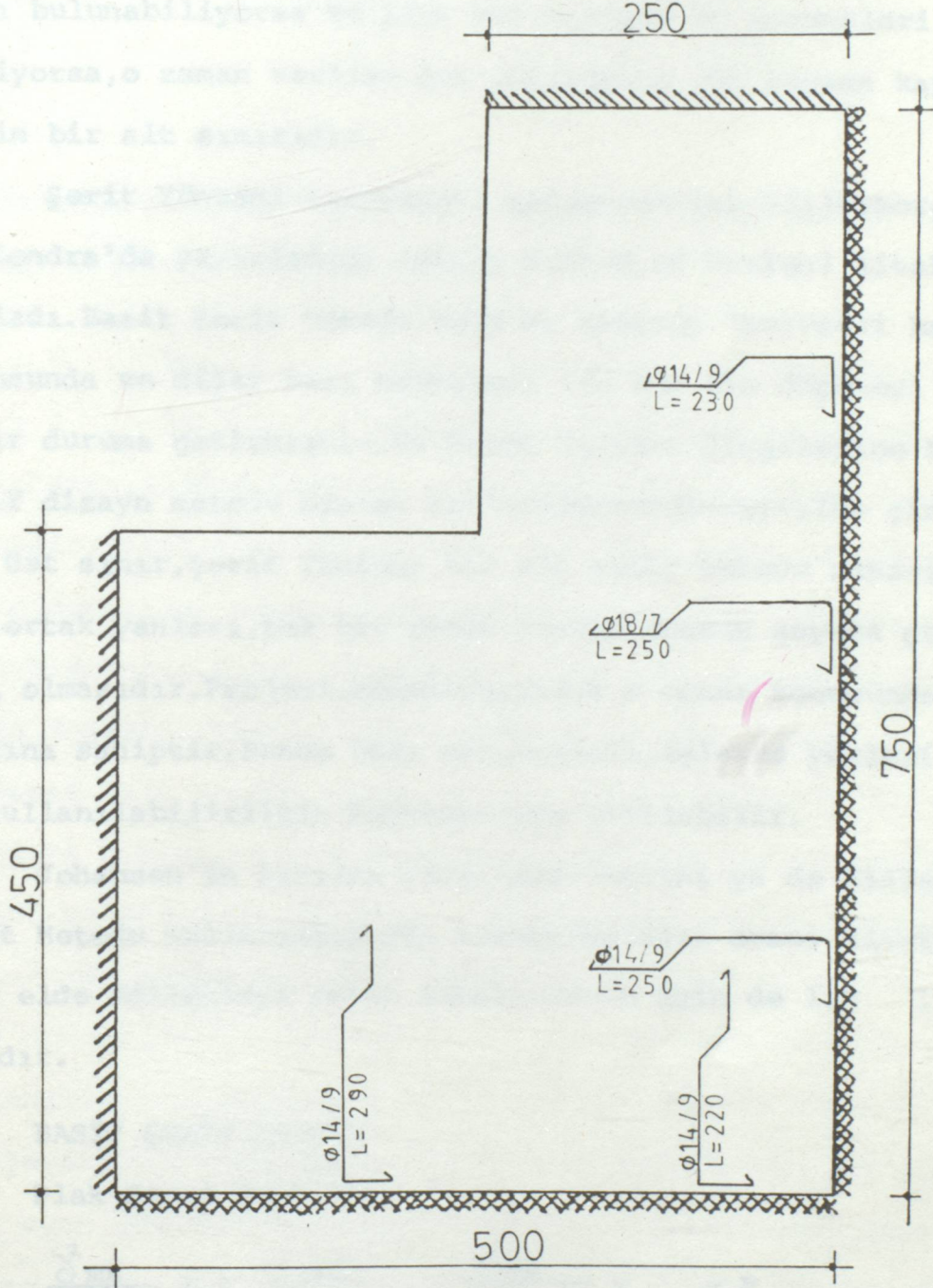
MESNET DÖNATISI RESİMİ



AÇIKLIK DONATISI RESİMİ



MESNET DONATISI RESİMİ



HILLERBORG ŞERİT YÖNTEMİ

Alt sınır çözümlerinden biri olan Hillerborg'un Şerit Yönteminin dayandığı ilke şudur: Verilen bir dış yük için plak denge denklemini ve sınır şartlarını sağlayan bir moment dağılışı bulunabiliyorsa ve plak her noktada bu momentleri taşıyabiliyorsa, o zaman verilen dış yük, plağın yük taşıma kapasitesinin bir alt sınırıdır.

Şerit Yöntemi üzerindeki çalışmalarını, Hillerborg 1974'-de Londra'da yayınladığı (Strip Method of Design) kitabında topladı. Basit Şerit Metodu Wood ve Armerin "kuvvetli bantlar" konusunda ve diğer bazı katkıları ile her tip döşemeyi çözülebilir duruma getirmiştir. Bu Metot Kırılma Çizgilerine bir alternatif dizayn metodu olarak kullanılmaktadır. Kırılma çizgileri bir üst sınır, Şerit Yöntemi bir alt sınır metodu olmasına karşın, ortak yanları, tek bir çözüm yerine, sonsuz sayıda çözüm olmağı olmasıdır. Projeci, mesnet/açıklık m oranı konusunda seçme hakkına sahiptir. Bunun bazı sakıncaları, işletme yükleri altında kullanılabilirliğin korunmasında görülebilir.

Johansen'in Kırılma Çizgileri Teorisi ya da Hillerborg'un Şerit Metodu kullanıldığında mesnet/açıklık oranı elastik teo-ride elde edilenlere yakın olmalı. Bunun için de 1,0 1,50 olmalıdır.

BASİT ŞERİT METODU

Plak denge denklemi:

$$\frac{\partial^2 m_x}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial m_{xy}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 m_y}{\partial y^2} = -p$$

m_x , m_y ve m_{xy} bu denklemi sınır şartlarıyla sağlayacak herhangi bir kombinezonu bu momentlere uygun seçilmek koşulu ile bir alt sınır çözümdür.

Hillerborg Şerit Yönteminde $m_{xy} = 0$ tercihini yapıyor. Böylece yükü x ve y doğrultusunda dağıtıyoruz ve yükü yalnızca m_x ve m_y eğilme momenti taşıyor.

$$\frac{\partial^2 m_x}{\partial x^2} = -P_x, \quad \frac{\partial^2 m_y}{\partial y^2} = -P_y$$

$$P_x = \gamma P$$

$$P_y = (1 - \gamma) P$$

$$P_x + P_y = P$$

Bu durumda proje mühendisine $0 < \gamma < 1$ arasında bir değer alarak katsayıyı seçmek kalıyor.

$$\gamma = 0 \quad P_y = P \quad \text{yük } y \text{ doğrultusunda taşınıyor.}$$

$$\gamma = 1 \quad P_x = P \quad \text{yük } x \text{ doğrultusunda taşınıyor.}$$

Bu katsayı, plağın değişik bölgelerinde birbirinden farklı da olabilir. Şerit Yönteminin amacı, dış etkilerden oluşan momentlerin, donatının oluşturduğu dayanım momentleri ile çakışmasını sağlamaktır. Şerit Yönteminde yükün eşit yayılı olması zorunlu değildir. Tekil yükler, küçük bir alana etkiyen yüksek şiddette eşit yayılı yükler de alınabilir. Yöntemde belirli bir yöredeki yükler, belirli döşeme şeritlerine verilir. Meydana gelen moment ve kesme kuvvetlerinin sürekliliği sağlanır. Deformasyon ve burulma momentlerindeki süreksizlik ihmal edilebilir. Şeritteki momentlerin hesaplanmasında elastik veya plastik yöntemler kullanılabilir. Şerit yönteminde verilen plakta şeritler çıkarılır. Şeritlerde hesaplanan momentlere göre donatı her şerit için ayrı ayrı yerleştirilir. Şerit Yöntemi kullanılarak yapılan hesaplar, donatının en büyük momente göre, döşeme boyunca eşit aralıklı olarak yerleştirilmesini olumsuz yönde etkileyebilir.

İLERİ (GELİŞTİRİLMİŞ) ŞERİT METODU

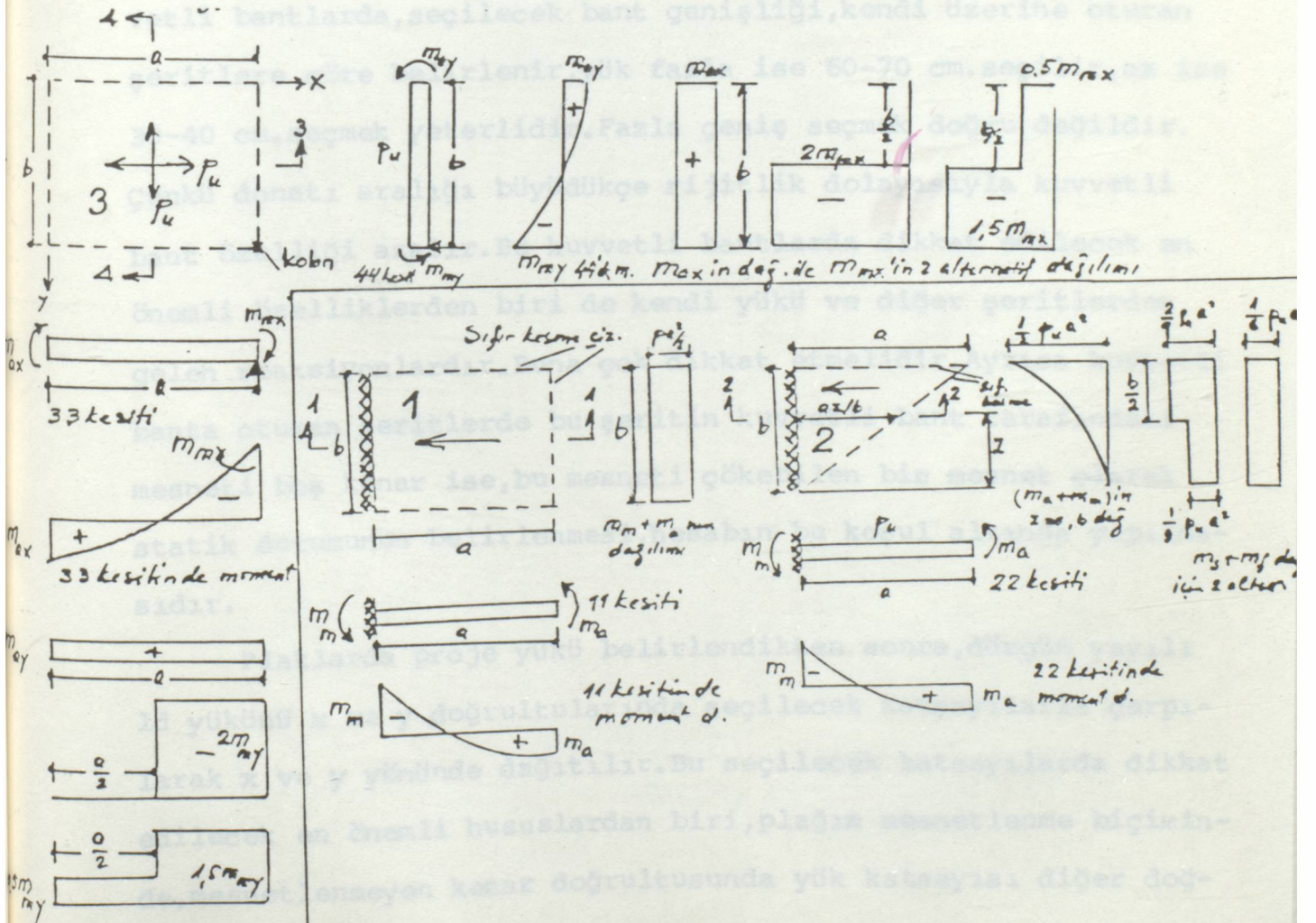
İleri Şerit Metodunda döşeme sıfır kesme kuvveti çizgileri ile sınırlandırılıp elemanlara bölünmüştür. Hesap yükleri ile dengede ve bu sıfır kesme kuvveti çizgileri ile uyum içinde bulunacak eğilme momentleri, hesap momentleri olur.

Döşeme üç farklı tipte elemana bölünür:

Tip 1 : Dikdörtgen bir kenarı boyunca mesnetlenmiş bir doğrultuda yük taşır,

Tip 2 : Üçgen bir kenarı boyunca mesnetlenmiş bir doğrultuda yük taşır,

Tip 3 : Dikdörtgen bir köşesinden mesnetlenmiş iki doğrultuda yük taşır.



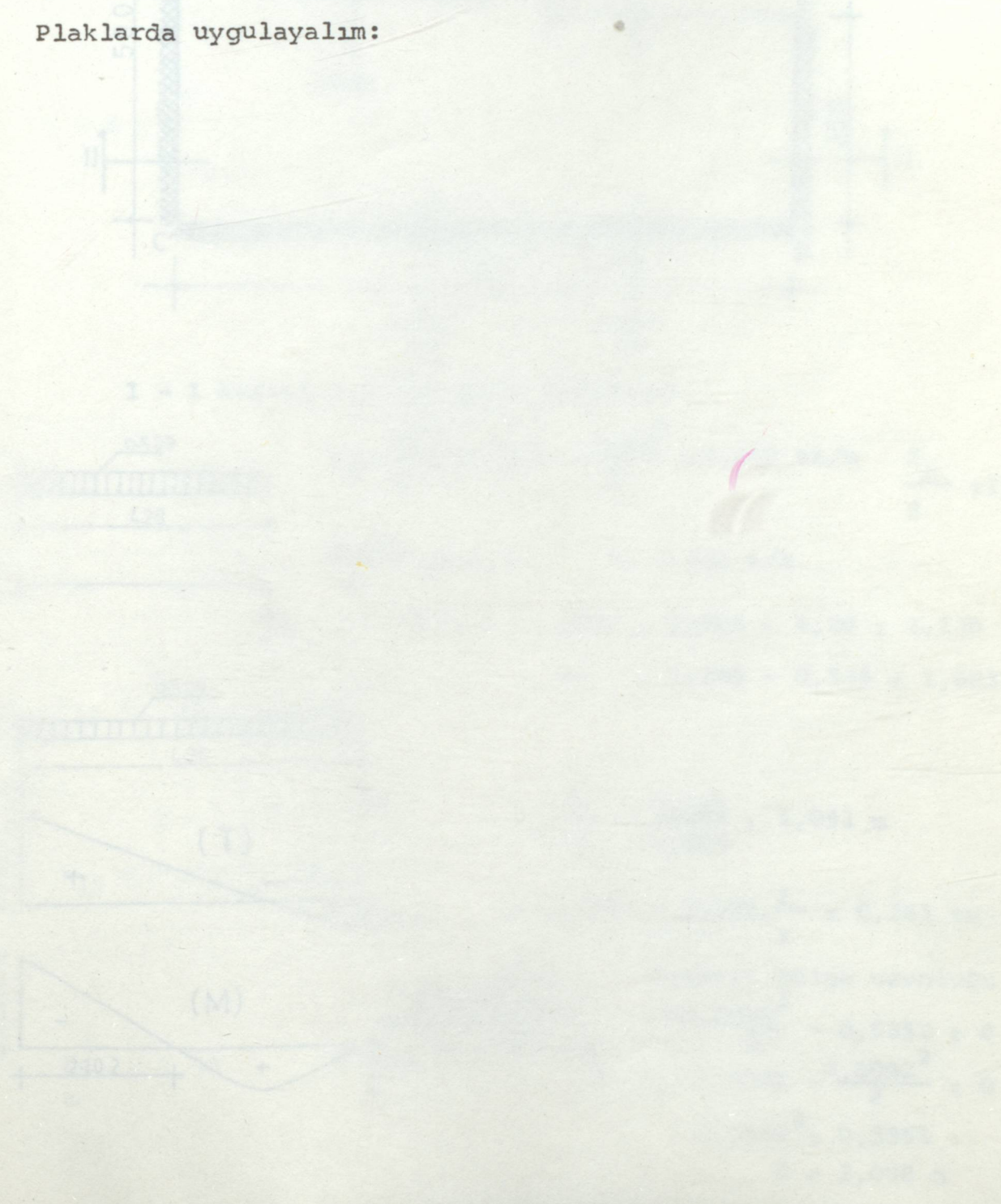
Şerit Yönteminde izlenen yol şöyledir:

Önce mesnetlenme biçimi ve yükü belirlenmiş bir betonarme plakta x ve y doğrultularında 1 m.lik şeritler çıkarılır. Şeridin mesnetlenme biçimine göre basit mesnet ise, açıklık momenti bulunur, ankastre mesnet ise açıklık ve mesnet momenti bulunur. Sonra 1 m.lik şerit için artırılmış yüklere göre betonarme hesabı yapılır, donatısı bulunur. Çizgisel yük taşıyan şeritlerde genişlik 1 m.den küçük seçilmelidir. Çünkü yükün etkidiği noktada genişlik az ve yük etkisi çizgi şeklindedir. Zira bu çizgisel yükler (Plaklarda bölme duvarı şeklinde görülür. Bu çizgisel yük içinde genişlik 30-40 cm. yeterlidir. Plaklarda mesnetlenmiş (boş kenar) kenarda plağı rijitleştirmek için sık donatılı şeritler kullanırız. Bunlara "kuvvetli bant" denir. Bu kuvvetli bantlarda, seçilecek bant genişliği, kendi üzerine oturan şeritlere göre belirlenir, yük fazla ise 60-70 cm. seçilir, az ise 30-40 cm. seçmek yeterlidir. Fazla geniş seçmek doğru değildir. Çünkü donatı aralığı büyüdükçe rijitlik dolayısıyla kuvvetli bant özelliği azalır. Bu kuvvetli bantlarda dikkat edilecek en önemli özelliklerden biri de kendi yükü ve diğer şeritlerden gelen reaksiyonlardır. Buna çok dikkat etmelidir. Ayrıca kuvvetli banta oturan şeritlerde bu şeritin kuvvetli bant tarafındaki mesneti boş kenar ise, bu mesneti çökebilen bir mesnet olarak statik durumunun belirlenmesi, hesabın bu koşul altında yapılmasıdır.

Plaklarda proje yükü belirlendikten sonra, düzgün yayıllı yükünü x ve y doğrultularında seçilecek katsayılarla çarpılarak x ve y yönünde dağıtılır. Bu seçilecek katsayılarda dikkat edilecek en önemli hususlardan biri, plağın mesnetlenme biçiminde, mesnetlenmeyen kenar doğrultusunda yük katsayısı diğer doğ-

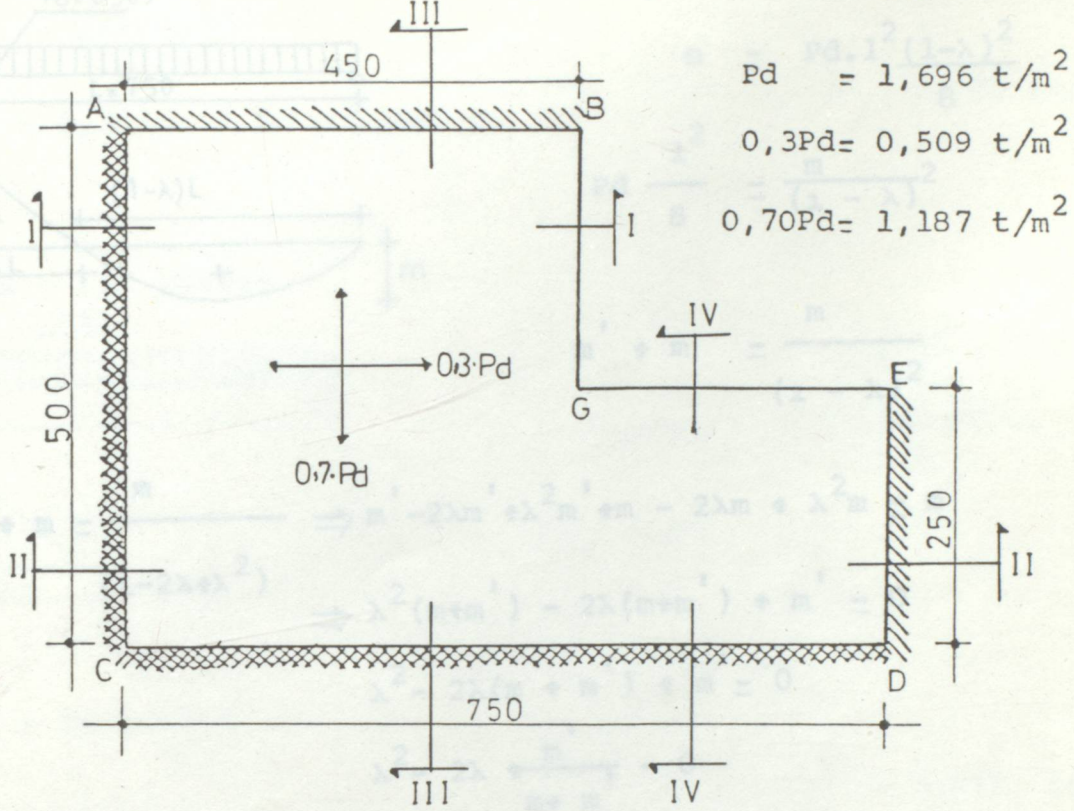
HILLERBORG ŞERİT YÖNTEMİ

rultuya göre küçük seçmek gerekir.Çünkü mesnetlenmeyen kenarlarda bulunan kuvvetli bantlar,diğer doğrultudaki şeritleri için mesnet görevi gördüğü için yük katsayısı küçük olursa, reaksiyonda doğru orantılı olarak küçük olur.Bu da kuvvetli bant için bulunan m eğilme ve ankastrelik momentlerin değeri küçük olur.Dolayısıyla gereken donatı az olur.Bu da ekonomik çözüm sağlar.Hillerborg Şerit Yöntemini Tez Konumuz olan "L" Plaklarda uygulayalım:

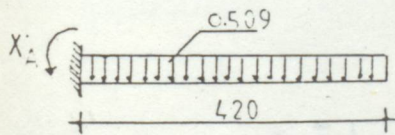


HILLEBERG ŞERİT YÖNTEMİ

Bu yöntem de önce basit şerit yöntemi ile yapılacaktır.

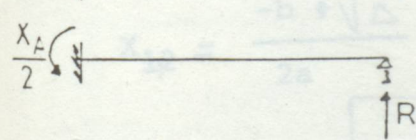


I - I kesiti 1 m.lik şerit çıkarılır.



$$X_A = \frac{Pl^2}{2} = 0,509 \cdot \frac{4,20^2}{2} = 4,489 \text{ tm/m}$$

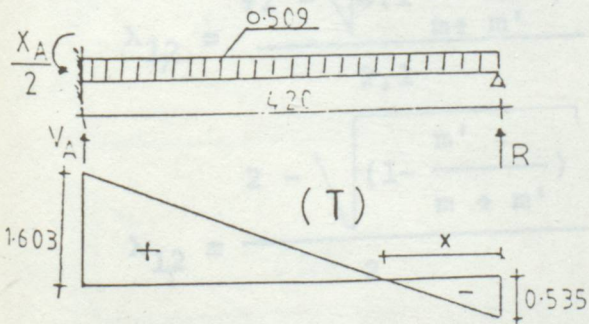
$$\frac{X_A}{2} = 2,245 \text{ tm/m}$$



$$\frac{4,489}{2} = R, 4,2 \quad R = 0,535 \text{ t/m}$$

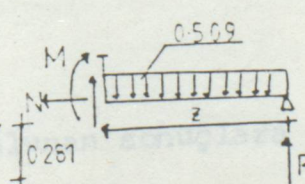
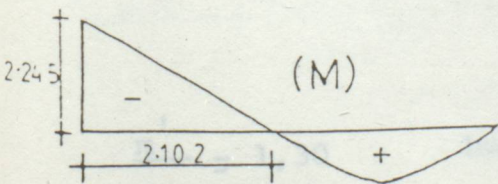
$$\sum f_y = 0 \quad VA + R = 0,509 \cdot 4,20 = 2,138$$

$$VA = 2,138 - 0,535 = 1,603 \text{ t/m}$$



$$x = \frac{T}{P} = \frac{0,535}{0,509} = 1,051 \text{ m}$$

$$m = 1,051 \cdot 0,535 \cdot \frac{1}{2} = 0,281 \text{ tm}$$



negatif bölge uzunluğu

$$M + 0,509 \frac{z^2}{2} - 0,535z = 0$$

$$M = 0,535z - \frac{0,509z^2}{2} = 0$$

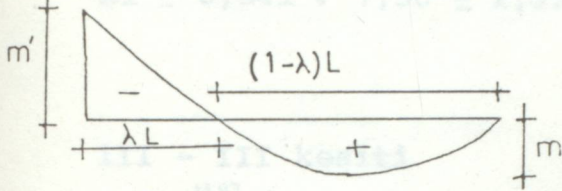
$$0,255z^2 = 0,535z$$

$$z = 2,098 \text{ m}$$

II - II kesiti

$Pd = 0.509$

$L = 7.50$



$$m' + m = Pd \frac{1^2}{8}$$

$$m = Pd \cdot 1^2 \frac{(1-\lambda)^2}{8}$$

$$Pd \frac{1^2}{8} = \frac{m}{(1-\lambda)^2}$$

$$m' + m = \frac{m}{(1-\lambda)^2}$$

$$m' + m = \frac{m}{(1-2\lambda+\lambda^2)} \Rightarrow m' - 2\lambda m' + \lambda^2 m' + m - 2\lambda m + \lambda^2 m = m$$

$$\Rightarrow \lambda^2 (m+m') - 2\lambda (m+m') + m' = 0$$

$$\lambda^2 - 2\lambda (m+m') + m' = 0$$

$$\lambda^2 - 2\lambda \frac{m'}{m+m'} - 0$$

$$\Delta = b^2 - 4ac$$

$$\Delta = 4 \cdot -4 \cdot \frac{m'}{m+m'}$$

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{\Delta}}{2a}$$

$$\lambda_{1,2} = \frac{-2 \pm \sqrt{4(1 - \frac{m'}{m+m'})}}{2,1}$$

$$\lambda_{1,2} = \frac{2 - \sqrt{(1 - \frac{m'}{m+m'})}}{2}$$

$$\lambda = 1 - \sqrt{(1 - \frac{m'}{m+m'})}$$

$$\lambda = 1 - \sqrt{\frac{m'}{m+m'}}$$

$$\lambda = 1 - \frac{1}{\sqrt{\frac{m+m'}{m}}} \quad \lambda = 1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{m'}{m}}}$$

$$\frac{m'}{m} = 1,30$$

bulunan sonuçlara göre;

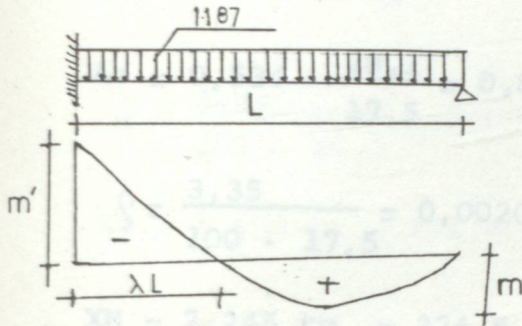
$$\lambda = 1 - \frac{1}{\sqrt{1 + 1,30}} = 0,341$$

$$m = 0,509 \cdot 7,50^2 (1 - 0,341)^2 = 1,554 \text{ tm/m}$$

$$\lambda l = 0,341 \cdot 7,50 = 2,558 \text{ m}$$

$$m' = 1,554 \cdot 1,30 = 2,021 \text{ tm/m}$$

III - III kesiti



$$\lambda = 0,341, \lambda l = 0,341 \cdot 5,0 = 1,705 \text{ m}$$

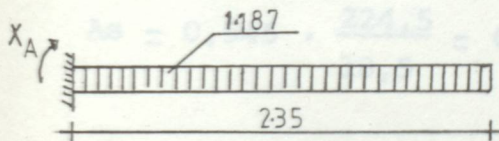
$$m = 1,187 \cdot 5,0 \frac{2(1 - 0,341)^2}{8}$$

$$m = 1,611 \text{ tm/m}$$

$$m' = 1,30 \cdot 1,611$$

$$m' = 2,094 \text{ tm/m}$$

IV - IV kesiti



$$X_A = 1,187 \cdot \frac{2,35}{2} = 3,278 \text{ tm/m}$$

$$\frac{X_A}{2} = R \cdot 2,35 \quad R = 0,697 \text{ t/m}$$

$$\sum f_y = 0 \quad R + V_A = 1,187 \cdot 2,35 = 2,789$$

$$V_A = 2,092 \text{ t/m}$$

$$x = \frac{I}{P} = \frac{0,697}{1,187} = 0,587 \text{ m}$$

$$m = 0,587 \cdot 0,697 \cdot \frac{1}{2} = 0,205 \text{ tm/m}$$

$$m' = 1,639 \text{ tm/m}$$

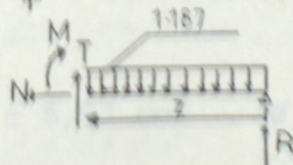
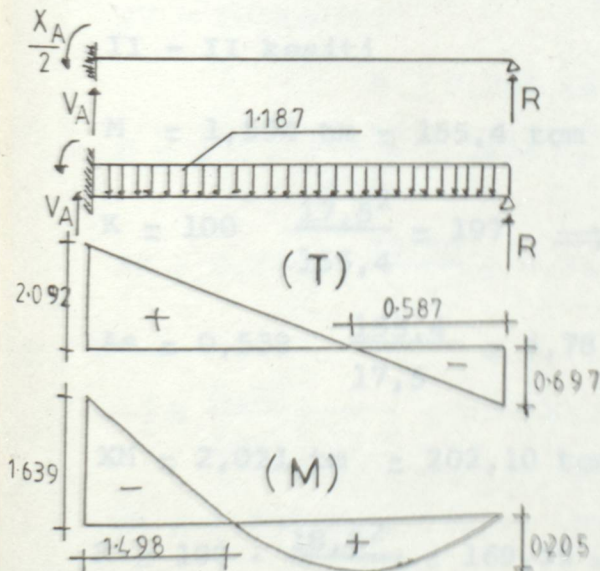
negatif bölge uzunluğu.

$$M + 1,187 \cdot \frac{Z^2}{2} - 0,697Z = 0$$

$$M = 0,697Z - 1,187 \frac{Z^2}{2} = 0$$

$$0,594Z^2 = 0,697Z$$

$$Z = 0,892 \text{ m}$$



Donatı hesabı

I - I kesiti

$$M = 0,281 \text{ tm} = 28,1 \text{ tcm}$$

$$K = 100 \cdot \frac{17,5^2}{28,1} = 1089 \Rightarrow k_s = 0,534$$

$$A_s = 0,534 \cdot \frac{28,1}{17,5} = 0,857 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \begin{array}{l} \emptyset 8/30 \\ \emptyset 8/30 \end{array} \quad (\emptyset 8/15) \quad 3,35 \text{ cm}^2$$

$$\rho = \frac{3,35}{100 \cdot 17,5} = 0,0020 < 0,0158$$

$$X_M = 2,245 \text{ tm} = 224,5 \text{ tcm}$$

$$K = 100 \cdot \frac{18,5^2}{224,5} = 153 \Rightarrow k_s = 0,545$$

$$A_s = 0,545 \cdot \frac{224,5}{18,5} = 6,614 \text{ cm}^2 \quad \begin{array}{l} \emptyset 8/30 \\ \emptyset 8/10 \end{array} \quad (10/11) \quad 7,14 \text{ cm}^2$$

$$6,71 \text{ cm}^2$$

II - II kesiti

$$M = 1,554 \text{ tm} = 155,4 \text{ tcm}$$

$$K = 100 \cdot \frac{17,5^2}{155,4} = 197 \Rightarrow k_s = 0,538$$

$$A_s = 0,538 \cdot \frac{155,4}{17,5} = 4,78 \text{ cm}^2 \quad \begin{array}{l} \emptyset 8/20 \\ \emptyset 8/20 \end{array} \quad (\emptyset 8/10) \quad 5,03 \text{ cm}^2$$

$$X_M = 2,021 \text{ tm} = 202,10 \text{ tcm}$$

$$K = 100 \cdot \frac{18,5^2}{202,10} = 169,35 \Rightarrow k_s = 0,543$$

$$A_s = \frac{202,10}{18,5} \cdot 0,543 = 5,93 \text{ cm}^2 \quad \begin{array}{l} \emptyset 8/20 \\ \emptyset 10/20 \end{array} \quad (\emptyset 10/13) \quad 6,04 \text{ cm}^2$$

$$6,44 \text{ cm}^2$$

III - III kesiti

$$M = 1,611 \text{ tm} = 161,10 \text{ tcm}$$

$$K = 100 \cdot \frac{18,5^2}{161,10} = 212 \Rightarrow k_s = 0,538$$

$$A_s = 0,538 \cdot \frac{161,10}{18,5} = 4,69 \text{ cm}^2 \quad \begin{array}{l} \emptyset 10/32 \\ \emptyset 10/32 \end{array} \quad (\emptyset 10/16) \quad 4,91 \text{ cm}^2$$

$$\rho = \frac{4,91}{100 \cdot 18,5} = 0,003 < 0,0158$$

$$X_M = 2,094 \text{ tm} = 209,4 \text{ tcm}$$

$$K = 100 \cdot \frac{18,5^2}{209,4} = 163 \Rightarrow k_s = 0,543$$

$$A_s = 0,543 \cdot \frac{209,4}{18,5} = 6,15 \text{ cm}^2 \quad \begin{array}{l} \emptyset 10/32 \\ \emptyset 8/13 \end{array} \quad (\emptyset 12/18) \quad 6,28 \text{ cm}^2$$

$$6,33 \text{ cm}^2$$

IV - IV kesiti

$$M = 0,205 \text{ tm} = 20,50 \text{ tcm}$$

$$K = 100 \cdot \frac{17,5^2}{20,5} = 1494 \Rightarrow k_s = 0,534$$

$$A_s = 0,534 \cdot \frac{20,50}{17,50} = 0,66 \text{ cm}^2 \quad \begin{array}{l} \emptyset 8/30 \\ \emptyset 8/30 \end{array} \quad (\emptyset 8/30) \quad 3,35 \text{ cm}^2$$

$$\rho = \frac{3,35}{100 \cdot 17,5} = 0,0020 < 0,0158$$

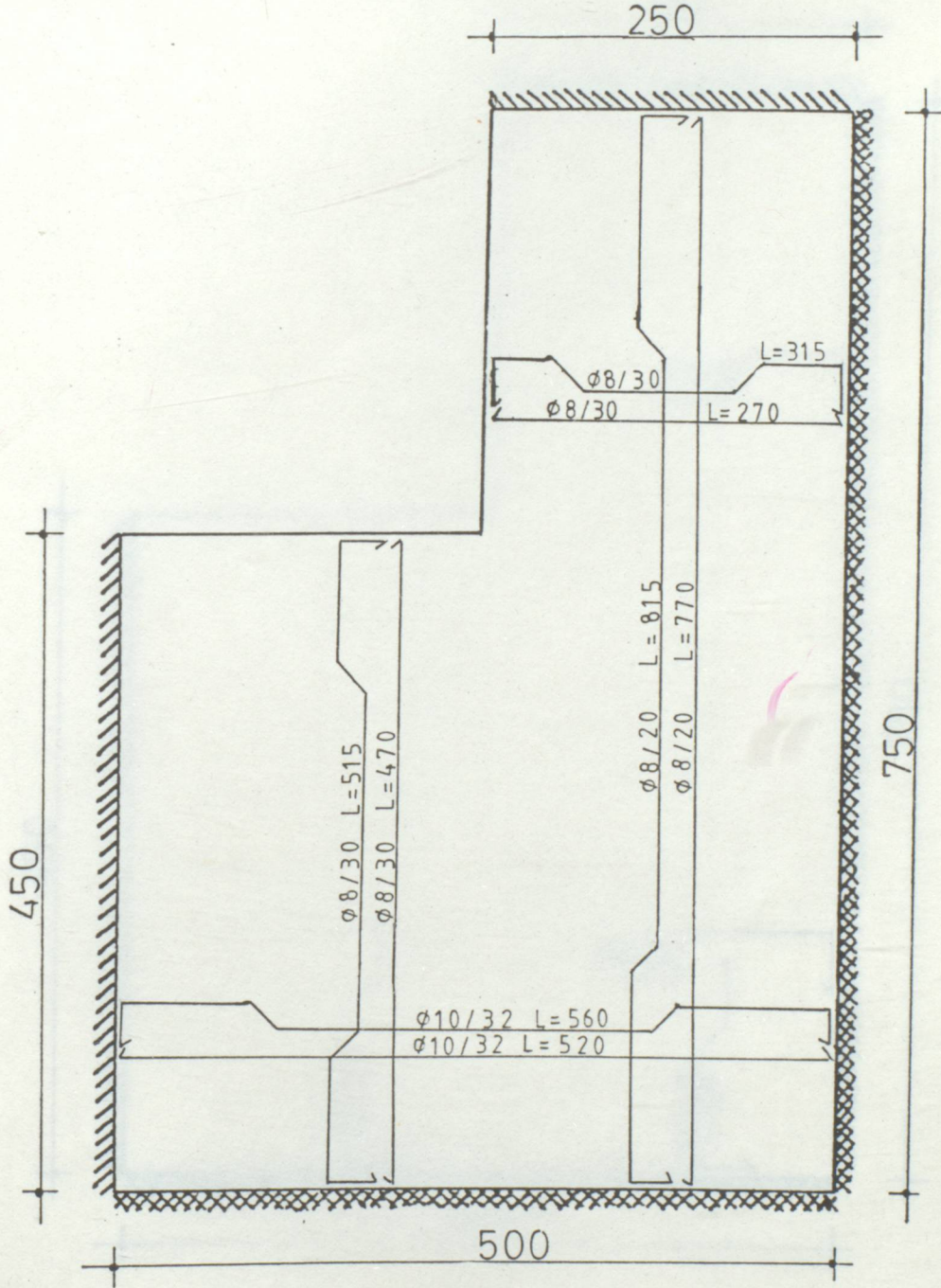
$$X_M = 1,639 \text{ tm} = 169,90 \text{ tcm}$$

$$K = 100 \cdot \frac{18,5^2}{163,90} = 209 \Rightarrow k_s = 0,538$$

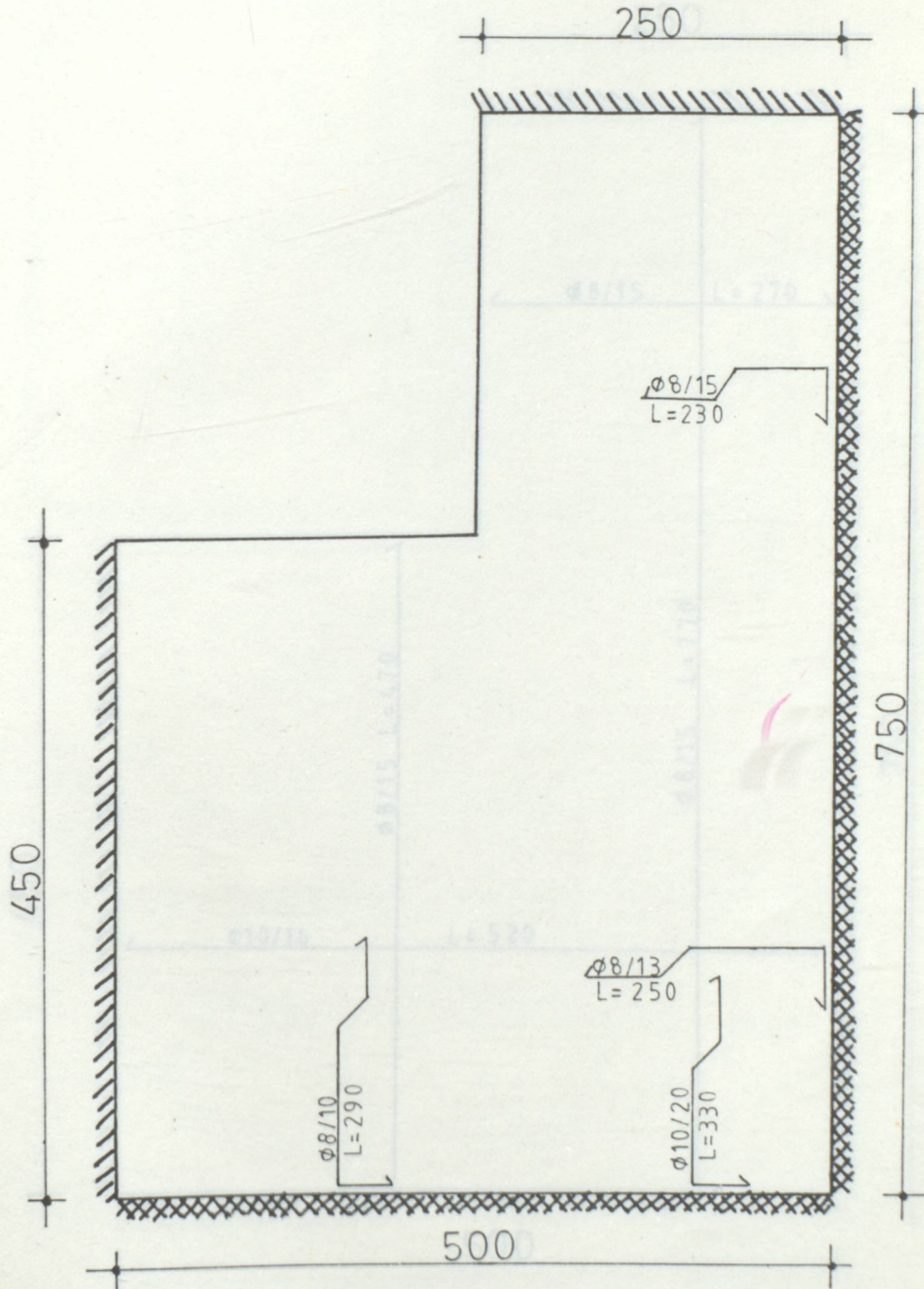
$$A_s = 0,538 \cdot \frac{163,9}{18,5} = 4,77 \text{ cm}^2 \quad \begin{array}{l} \emptyset 8/30 \\ \emptyset 8/15 \end{array} \quad (\emptyset 10/15) \quad 5,24 \text{ cm}^2$$

$$5,03 \text{ cm}^2$$

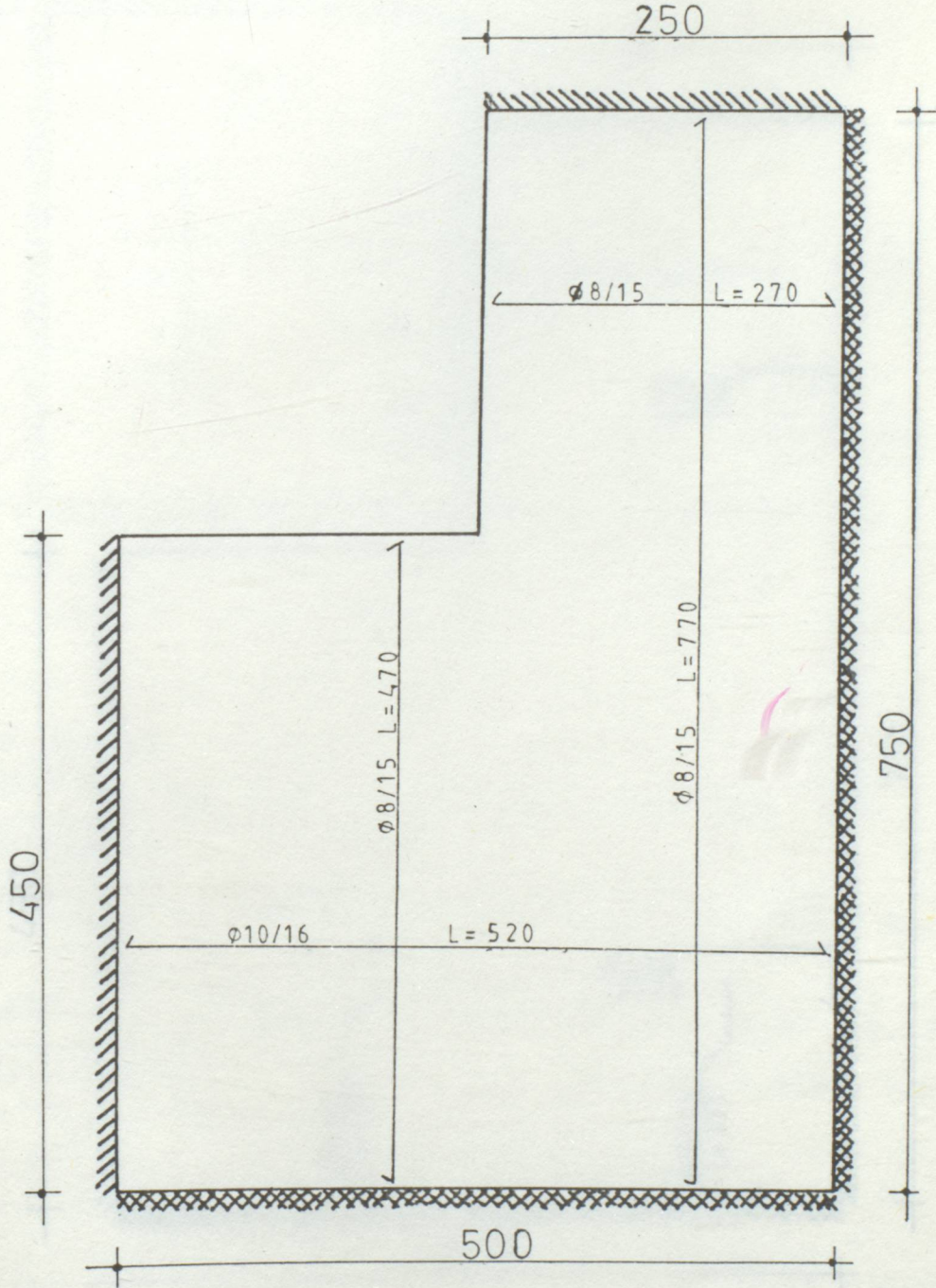
AÇIKLIK DONATISI RESİMİ



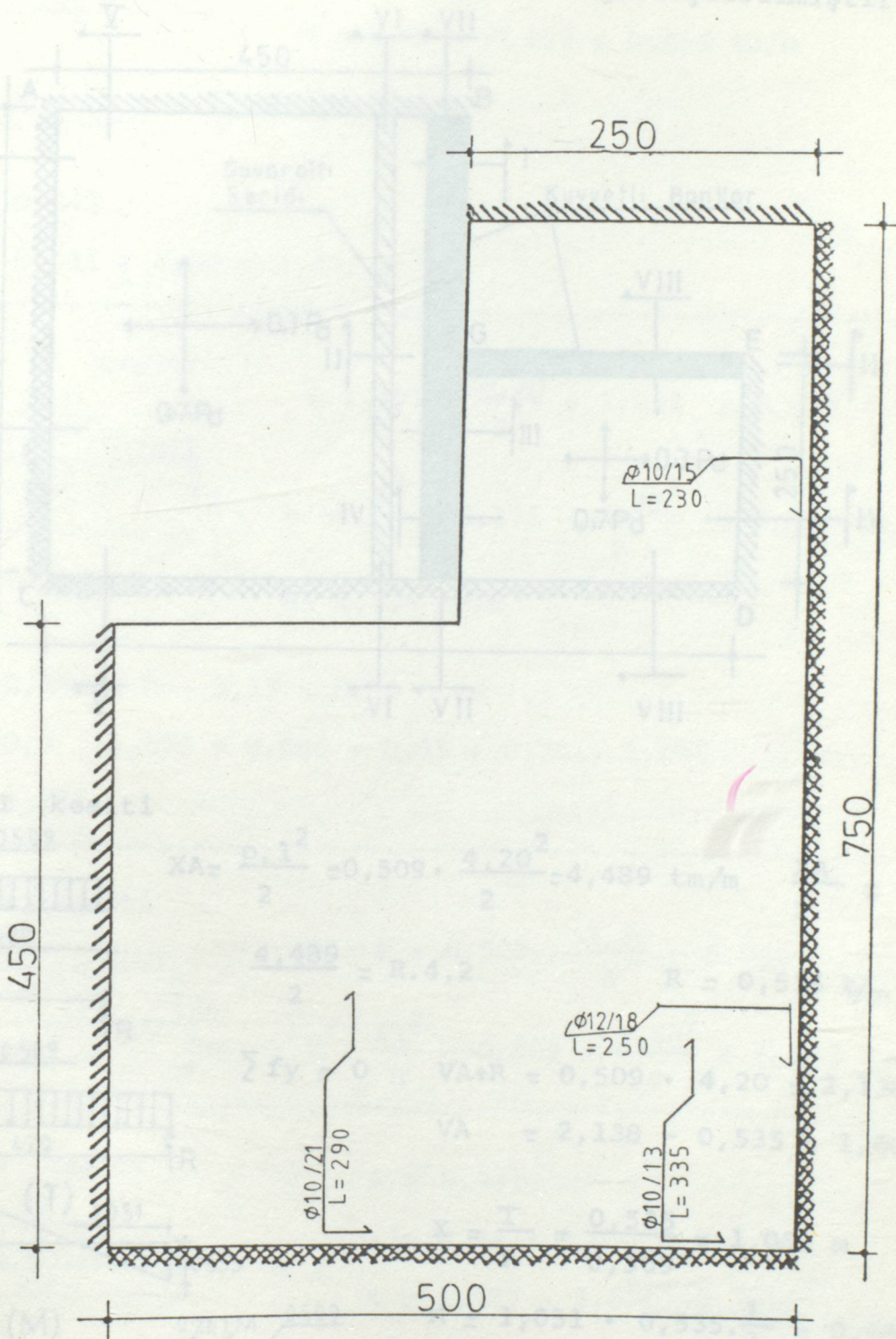
ACI MESNET DONATISI RESİMİ



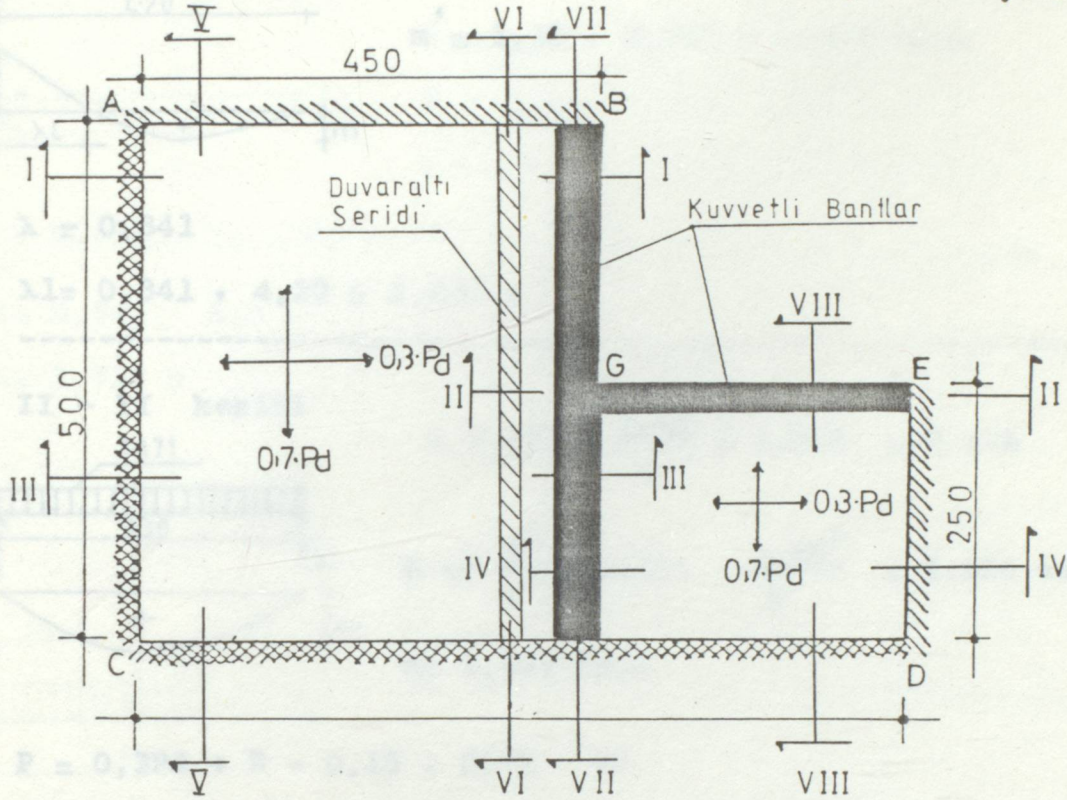
AÇIKLIK DONATISI RESİMİ



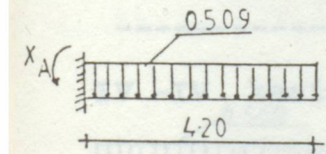
MESNET DONATISI RESİMİ



Hillerborg Şerit Yönteminde kuvvetli bant kullanılması halinde, çözümlü aşağıdaki gibidir. Plakın serbest kenarlarında kuvvetli bantlar kullanılarak, plak rijitleştirilmiştir.



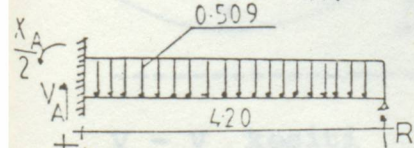
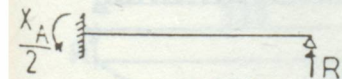
I - I kesiti



$$X_A = \frac{p \cdot l^2}{2} = 0,509 \cdot \frac{4,20^2}{2} = 4,489 \text{ tm/m} \quad \frac{X_A}{2} = 2,245 \text{ tm/m}$$

$$\frac{4,489}{2} = R \cdot 4,2$$

$$R = 0,535 \text{ t/m}$$



$$\sum f_y = 0$$

$$V_A + R = 0,509 \cdot 4,20 = 2,138$$

$$V_A = 2,138 - 0,535 = 1,603 \text{ t/m}$$

$$x = \frac{I}{P} = \frac{0,535}{0,509} = 1,051 \text{ m}$$

$$M = 1,051 \cdot 0,535 \cdot \frac{1}{2} = 0,281 \text{ tm}$$

negatif bölge uzunluğu

$$M + 0,509 \cdot \frac{z^2}{2} - 0,535z = 0$$

$$M = 0,535z - 0,509 \frac{z^2}{2} = 0$$

$$0,255z^2 = 0,535z$$

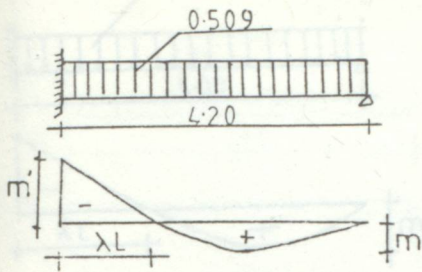
$$z = 2,098 \text{ m}$$

$$M = 0,281 \text{ tm/m}$$

$$M' = 2,245 \text{ tm/m}$$

VI - VI kesiti

III - III kesiti



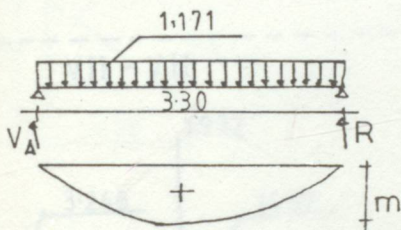
$$m = 0,509 \cdot 4,20^2 \frac{(1-0,34)^2}{8} = 0,487 \text{ tm/m}$$

$$m' = 1,30 \cdot 0,487 = 0,634 \text{ tm/m}$$

$$\lambda = 0,341$$

$$\lambda l = 0,341 \cdot 4,20 = 1,432 \text{ m}$$

II - II kesiti



$$= 1,171 \cdot \frac{3,30}{2} = 1,932 = R = V_A$$

$$M = P \frac{l^2}{8} = 1,171 \cdot \frac{3,30^2}{8} = 1,594 \text{ tm/m}$$

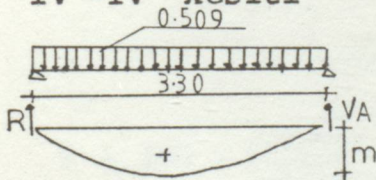
$$M = 1,594 \text{ tm/m}$$

$$P = 0,3Pd + R - 0,15 \cdot 0,70 \quad Pd$$

$$P = 0,3 \cdot 1,696 + 0,840 - 0,15 \cdot 0,70 \cdot 1,696$$

$$P = 1,171$$

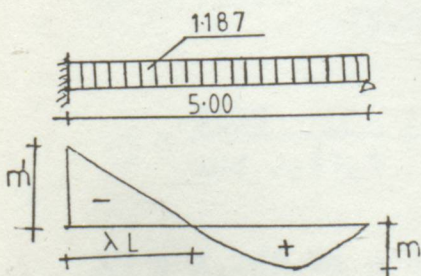
IV -IV kesiti



$$V_A = R = 0,509 \cdot \frac{3,30}{3} = 0,840$$

$$M = \frac{Pl^2}{8} = 0,509 \cdot \frac{3,30^2}{8} = 0,693 \text{ tm/m}$$

V - V kesiti



$$\lambda = 0,341$$

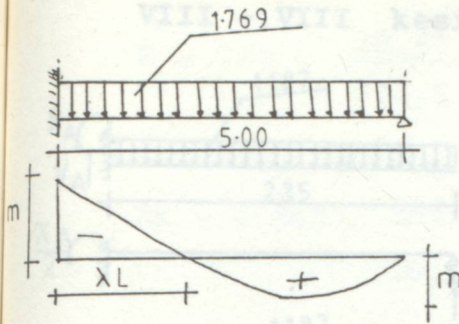
$$\lambda l = 0,34 \cdot 5,0 = 1,705 \text{ m}$$

$$m = 1,187 \cdot 5,0^2 \frac{(1-0,341)^2}{8}$$

$$m = 1,611 \text{ tm/m}$$

$$m' = 1,30 \cdot 1,611 = 2,094 \text{ tm/m}$$

VI - VI kesiti



$$P_d = 0,30 \cdot 1,696 = 0,509 \text{ t/m}$$

Delikli bir tuğlanın sıva dahil ağırlığı:
420 kg/m²

$$\bar{P} = 3,0 \cdot 0,420 = 1,260 \text{ t/m}$$

$$\bar{P} = 1,4 \cdot 1,260 = 1,764 \text{ t/m}$$

$$P_d + \bar{P} = 0,509 + 1,764 = 2,273 \text{ t/m}$$

$$\lambda = 0,341 \quad m = 2,273 \cdot 5,0^2 \frac{(1-0,341)^2}{8} = 3,085 \text{ tm/m}$$

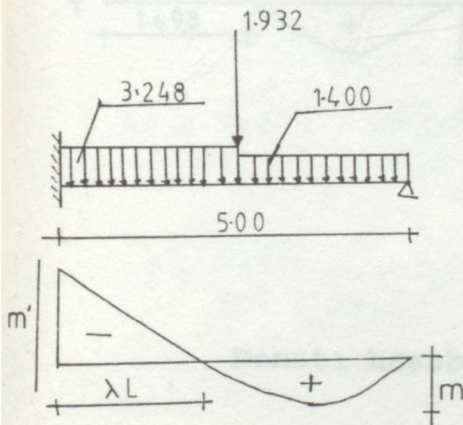
$$\lambda l = 0,341 \cdot 5,0$$

$$\lambda l = 1,710 \text{ m}$$

$$m' = 3,085 \cdot 1,30$$

$$m' = 4,010 \text{ tm/m}$$

VII - VII



$$P = 1,932 \text{ t}$$

$$P_{d1} = 0,60 \cdot P_d + R - 0,3 \cdot 0,3 P_d$$

$$P_{d1} = 0,60 \cdot 1,696 + 0,535 - 0,3 \cdot 0,30 \cdot 1,696$$

$$P_{d1} = 1,40 \text{ t/m}$$

$$P_{d2} = 0,60 \cdot P_d + R + R - 0,3 \cdot 0,3 P_d - 0,3 \cdot 0,30 P_d$$

$$P_{d2} = 0,60 \cdot 1,696 + 0,535 + 0,840 - 2,0 \cdot 0,3 \cdot 1,696$$

$$P_{d2} = 3,248 \text{ t/m}$$

$$P_d = P_{d1} + P_{d2} / 2 = 3,248 + 1,40 / 2 = 2,324 \text{ t/m}$$

$$\lambda = 0,341$$

$$\lambda l = 0,341 \cdot 5,0 = 1,71 \text{ m}$$

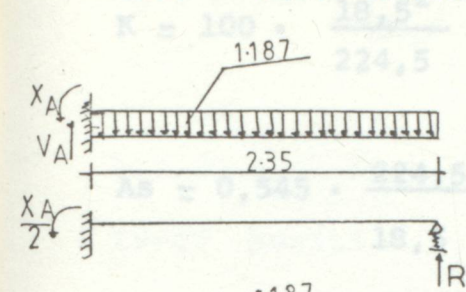
$$m = 3,248 \cdot \frac{(1-0,341)^2}{8} \cdot 5^2 + 1,932 \cdot \frac{(1-0,341) \times 5}{4}$$

$$m = 6,00 \text{ tm}$$

$$m' = 4,7 \text{ tm/m}$$

$$m' = 6,0 \cdot 1,30 = 7,80 \text{ tm/m}$$

VIII - VIII kesiti

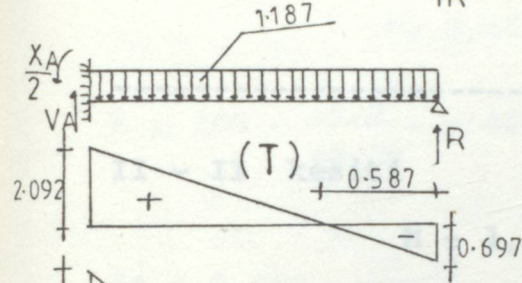


$$X_A = 1,187 \cdot \frac{2,35}{2} = 3,278 \text{ tm/m}$$

$$X_A = R \cdot 2,35 \quad R = 0,697 \text{ t/m}$$

$$\sum f_y = 0 \quad R + V_A = 1,187 \cdot 2,35 = 2,789$$

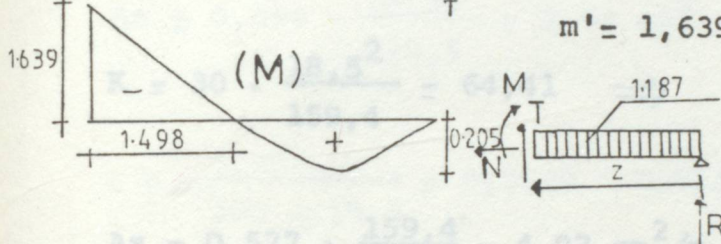
$$V_A = 2,092 \text{ t/m}$$



$$x = \frac{I}{P} = \frac{0,697}{1,187} = 0,587 \text{ m}$$

$$m = 0,587 \cdot 0,697 \cdot 1/2 = 0,205 \text{ tm/m}$$

$$m' = 1,639 \text{ tm/m}$$



negatif bölge uzunluğu

$$M + 1,187 \frac{z^2}{2} = 0,697 z = 0$$

$$0,594 z^2 = 0,697 z$$

$$z = 0,852 \text{ m}$$

Donatı hesabı

I - I kesiti

$$M = 0,281 \text{ tm} = 28,10 \text{ tcm}$$

$$K = 100 \cdot \frac{17,5^2}{28,10} = 1089 \Rightarrow k_s = 0,534$$

$$A_s = 0,534 \cdot \frac{28,10}{17,50} = 0,857 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Ø 8/30

(Ø 8/15) 3,35 cm²

Ø 8/30

$$\rho = \frac{3,35}{100 \cdot 17,5} = 0,0020 < 0,0158$$

$$X_M = 2,245 \text{ tm} = 224,5 \text{ tm}$$

$$K = 100 \cdot \frac{18,5^2}{224,5} = 153 \quad k_s = 0,545$$

$$A_s = 0,545 \cdot \frac{224,5}{18,5} = 6,614 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \begin{array}{l} \varnothing 8/30 \\ \varnothing 8/10 \end{array} \quad (\varnothing 10/11) 7,14 \text{ cm}^2$$

$$6,71 \text{ cm}^2$$

II - II kesiti

$$M = 1,594 \text{ tm} = 159,40 \text{ tcm}$$

$$K = 30 \cdot \frac{18,5^2}{159,4} = 64,41 \Rightarrow k_s = 0,577$$

$$A_s = 0,577 \cdot \frac{159,4}{18,5} = 4,97 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \begin{array}{l} \varnothing 8/20 \\ \varnothing 8/20 \end{array} \quad (\varnothing 8/10) 5,03 \text{ cm}^2$$

$$\rho = \frac{5,03}{100 \cdot 18,5} = 0,0027 < 0,0158$$

III - III kesiti

$$M = 0,487 \text{ tm} = 48,70 \text{ tcm}$$

$$K = 100 \cdot \frac{17,5^2}{48,70} = 628 \Rightarrow k_s = 0,534$$

$$A_s = 0,534 \cdot \frac{48,70}{17,5} = 1,486 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \begin{array}{l} \varnothing 8/30 \\ \varnothing 8/30 \end{array} \quad (\varnothing 8/15) 3,35 \text{ cm}^2$$

$$\rho = \frac{3,35}{100 \cdot 17,5} = 0,0019 < 0,0158$$

$$X_M = 0,634 \text{ tm/m} = 63,40 \text{ tcm}$$

$$K = 100 \cdot \frac{18,5^2}{63,40} = 539 \Rightarrow k_s = 0,534$$

$$A_s = 0,534 \cdot \frac{63,40}{18,5} = 1,83 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \begin{array}{l} \emptyset 8/30 \\ \emptyset 8/33 \\ \hline 3,20 \text{ cm}^2 \end{array} \quad (\emptyset 8/20) \quad 2,51 \text{ cm}^2$$

IV-IV kesiti

$$M = 0,693 \text{ tm} = 69,30 \text{ tcm}$$

$$K = 100 \cdot \frac{18,5^2}{69,30} = 493,8 \Rightarrow k_s = 0,534$$

$$A_s = 0,534 \cdot \frac{69,30}{18,5} = 2,00 \text{ cm}^2 \quad \begin{array}{l} \emptyset 8/30 \\ \emptyset 8/30 \end{array} \quad (\emptyset 8/75) \quad 3,35 \text{ cm}^2$$

$$\rho = \frac{3,35}{100 \cdot 18,5} = 0,0020 < 0,0158$$

V - V kesiti

$$M = 1,161 \text{ tm} = 161,10 \text{ tcm}$$

$$A_s = 0,538 \cdot \frac{161,10}{18,50} = 4,69 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \begin{array}{l} \emptyset 10/32 \\ \emptyset 10/32 \end{array} \quad (\emptyset 10/16) \quad 4,91 \text{ cm}^2$$

$$\rho = \frac{4,91}{100 \cdot 18,5} = 0,0027 < 0,0158$$

$$X_M = 2,094 \text{ tm} = 209,40 \text{ tcm}$$

$$K = 100 \cdot \frac{18,5^2}{209,4} = 163 \Rightarrow k_s = 0,543$$

$$A_s = 0,543 \cdot \frac{209,4}{18,5} = 6,15 \text{ cm}^2 \quad \begin{array}{l} \emptyset 10/32 \\ \emptyset 8/13 \\ \hline 6,33 \text{ cm}^2 \end{array} \quad (\emptyset 12/18) \quad 6,28 \text{ cm}^2$$

VI - VI kesiti

$$K = 60 \cdot \frac{18,5}{780} = 28,33 \Rightarrow ks = 0,650$$

$$K = 30 \cdot \frac{18,5^2}{308,5} = 33,28 \Rightarrow ks = 0,650$$

$$As = 0,650 \cdot \frac{308,5}{18,5} = 10,84 \text{ cm}^2 \quad \begin{matrix} \emptyset 12/20 \\ \emptyset 12/20 \end{matrix} \quad (\emptyset 12/10) 11,31 \text{ cm}^2$$

VIII - VIII kesiti

$$\vartheta = \frac{11,31}{100 \cdot 18,5} = 0,0060 < 0,0158$$

$$XM = 4,010 \text{ tm} = 401,0 \text{ tcm}$$

$$K = 30 \cdot \frac{18,5^2}{401,0} = 25,60 \Rightarrow ks = 0,650$$

$$As = 0,650 \cdot \frac{401,0}{18,5} = 14,09 \text{ cm}^2 \quad \begin{matrix} \emptyset 12/20 \\ \emptyset 8/9 \end{matrix} \quad (\emptyset 12/8) 14,14 \text{ cm}^2$$

$$\underline{14,39 \text{ cm}^2}$$

VII - VII kesiti

$$M = 6,00 \text{ tm} = 600 \text{ tcm}$$

$$K = 60 \cdot \frac{18,5^2}{600} = 34,23 \Rightarrow ks = 0,650$$

$$As = 0,650 \cdot \frac{600}{18,5} = 21,08 \text{ cm}^2 \quad \begin{matrix} \emptyset 12/14 \\ \emptyset 12/14 \end{matrix} \quad (\emptyset 12/7) 16,16 \text{ cm}^2$$

$$\vartheta = \frac{16,16}{18,5 \cdot 100} = 0,0092 < 0,0158$$

$$XM = 7,80 \text{ tm} = 780 \text{ tcm}$$

$$K = 60 \cdot \frac{18,5^2}{780} = 26,33 \Rightarrow k_s = 0,650$$

$$A_s = 0,650 \cdot \frac{780}{18,5} = 27,41 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \begin{array}{l} \emptyset 12/14 \quad (\emptyset 16/7) \quad 28,73 \text{ cm}^2 \\ \underline{\emptyset 14/7} \\ 30,07 \text{ cm}^2 \end{array}$$

VIII - VIII kesiti

$$M = 0,205 \text{ tm} = 20,50 \text{ tcm}$$

$$K = 100 \cdot \frac{17,5^2}{20,50} = 0,66 \text{ cm}^2 \quad \begin{array}{l} \emptyset 8/30 \quad (\emptyset 8/15) \quad 3,35 \text{ cm}^2 \\ \emptyset 8/30 \end{array}$$

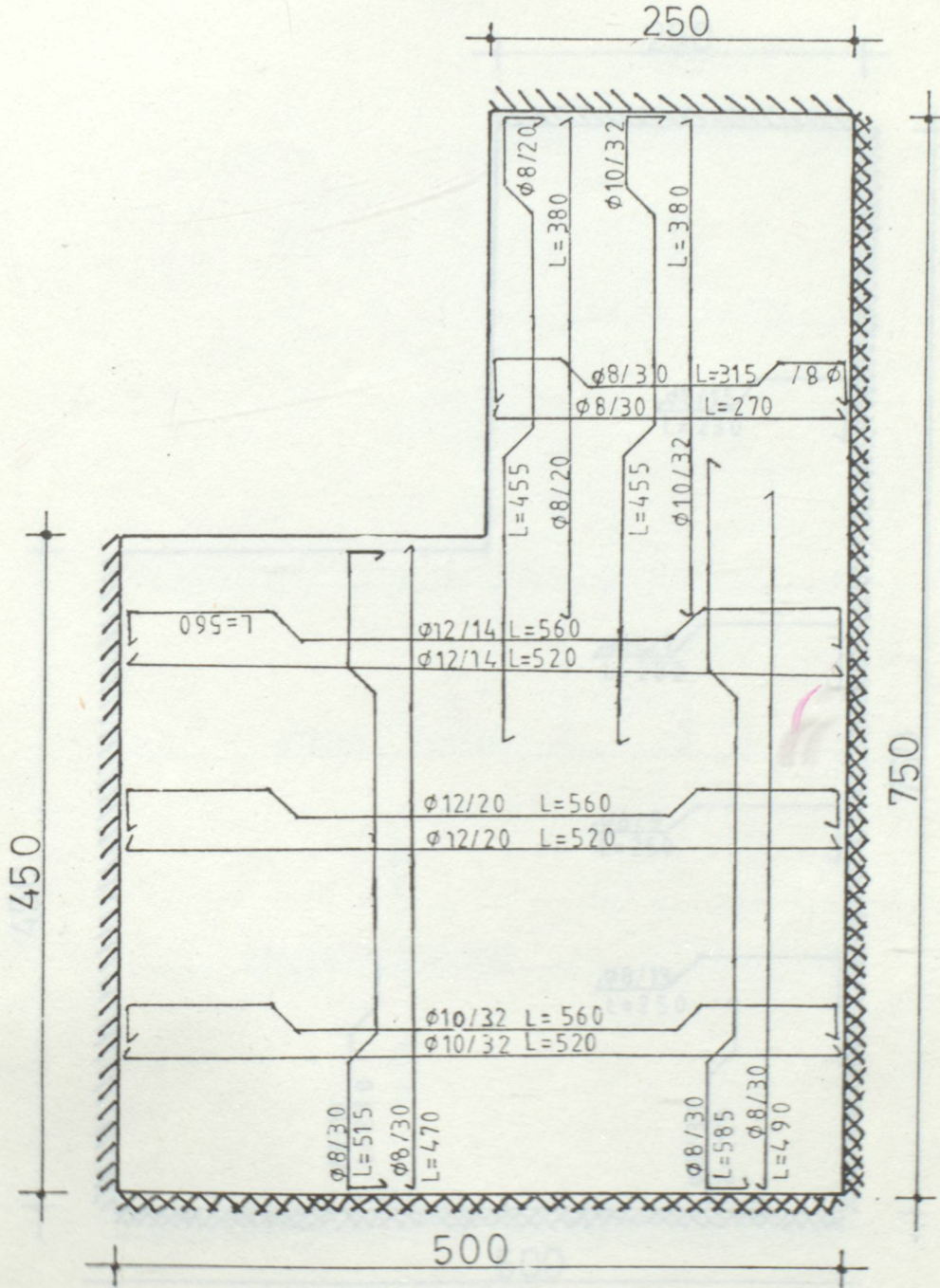
$$\rho = \frac{3,35}{100 \cdot 18,5} = 0,0020 < 0,0158$$

$$X_M = 1,640 \text{ tm} = 164 \text{ tcm}$$

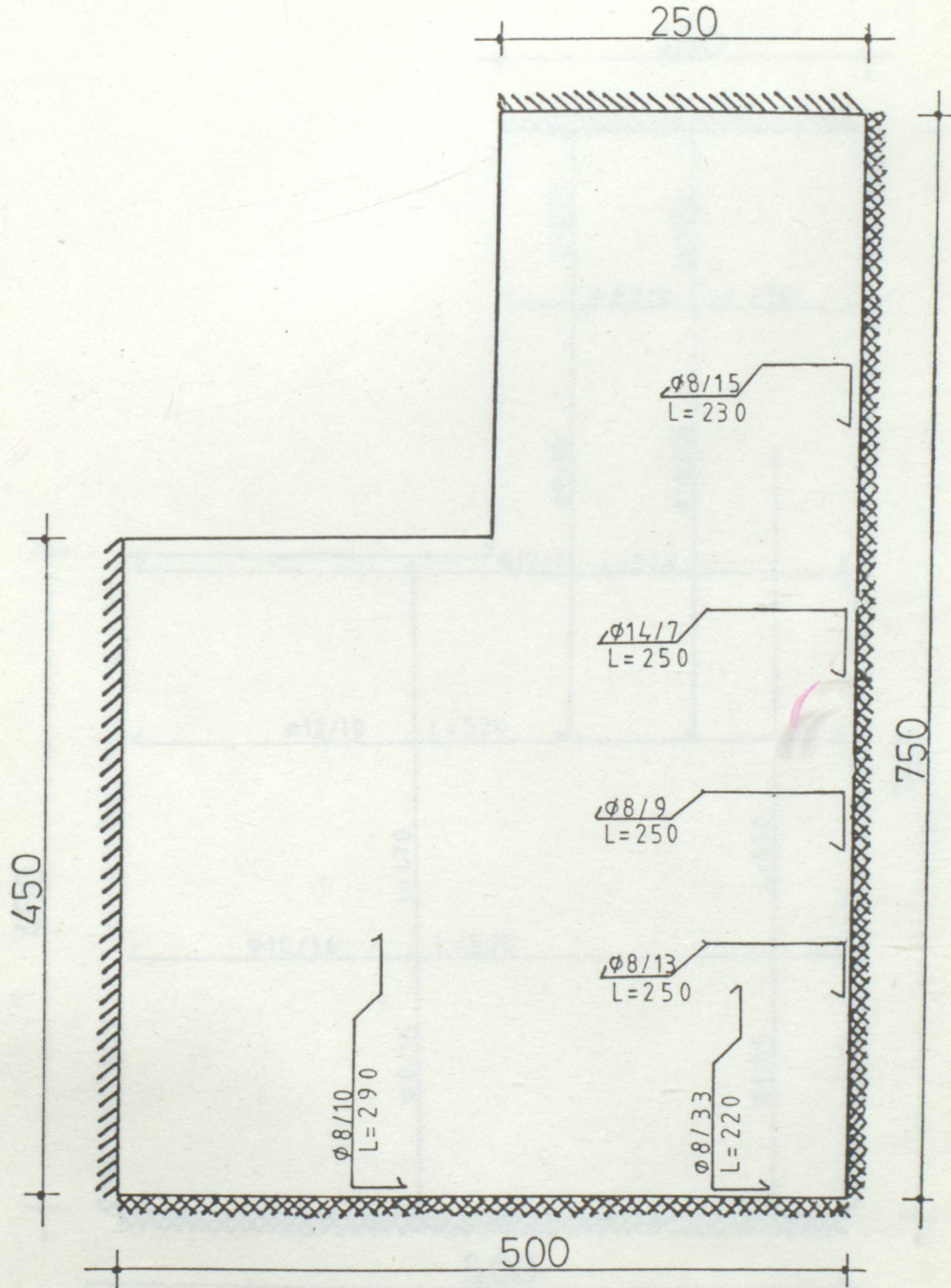
$$K = 100 \cdot \frac{18,5^2}{164} = 209 \Rightarrow k_s = 0,538$$

$$A_s = 0,538 \cdot \frac{164}{18,5} = 4,77 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \begin{array}{l} \emptyset 8/30 \quad (\emptyset 10/15) \quad 5,24 \text{ cm}^2 \\ \emptyset 8/15 \\ \underline{\hspace{1cm}} \\ 5,03 \text{ cm}^2 \end{array}$$

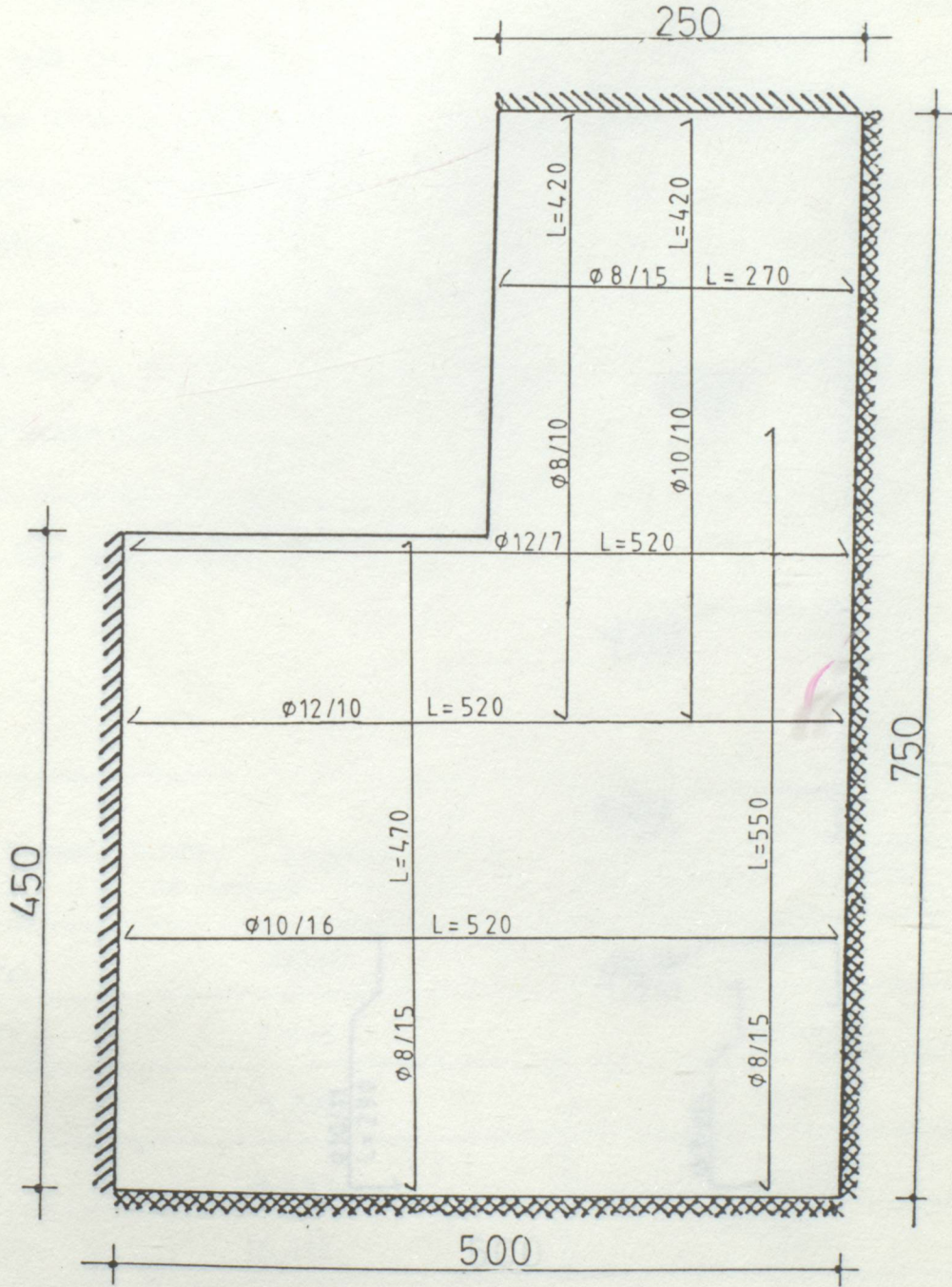
AÇIKLIK DONATISI RESİMİ



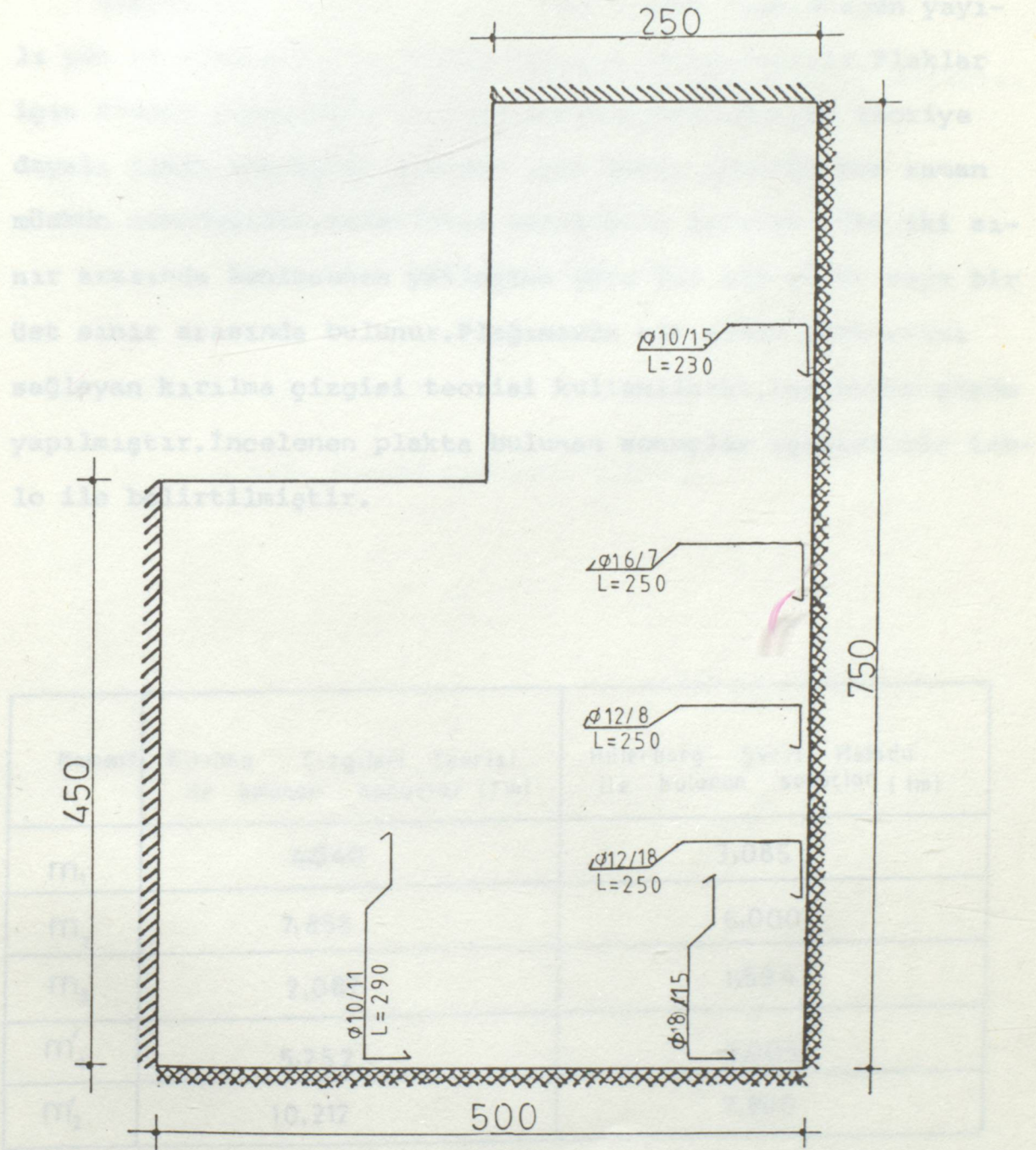
MESNET DONATISI RESİMİ



AÇIKLIK DONATISI RESİMİ



MESNET DONATISI RESİMİ



S O N U Ç

Burada konu edilen " L " Şeklindeki Plak,düzgün yayı-
lı yük ve çizgisel yük etkisi altında incelenmiştir.Plaklar
için klasik plastisite teorisi kullanılmaktadır.Bu teoriye
dayalı limit analiz de,plaklar için kesin çözümün her zaman
mümkün olmadığıdır.Genellikle hesaplanan kırılma yükü,iki sı-
nır arasında benimsenen yaklaşıma göre bir alt sınır veya bir
üst sınır arasında bulunur.Plağımızda alt sınır şartlarını
sağlayan kırılma çizgisi teorisi kullanılarak,bir başka çözüm
yapılmıştır.İncelenen plakta bulunan sonuçlar aşağıda.bir tab-
lo ile belirtilmiştir.

Moment	Kırılma Çizgileri Teorisi ile bulunan sonuçlar (tm)	Hillerborg Şerit Metodu ile bulunan sonuçlar (tm)
m_1	4,040	3,085
m_2	7,855	6,000
m_3	2,087	1,594
m'_1	5,252	5,005
m'_2	10,212	7,800

KAYNAKLAR

1) ERSOY, Prof.Dr.Uğur

- Betonarme Temel İlkeler ve Taşıma Gücü Hesabı..

2) BERKTAY,Doç.İlhan

- Kırılma Çizgileri Teorisi ders notları..

3) PARK,R. - W.L.Camble

- Rein forced Concrete Slabs..

ÖZGEÇMİŞ

1962 yılında Malatya'da doğdum. İlkokul öğrenimimi Gaziantep'te, orta ve lise öğrenimimi ise Malatya'da tamamladım. 1981 yılında girdiğim İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi'nden 1985 yılında mezun oldum. 1985 yılından beri Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde İnşaat-Yapı dalında yüksek lisans öğrenimi yapmaktayım.

