

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Çeşitli Şek, Bot. Kes, Eğik, Eği, Etk. Altı Dav.
Etti, ve Pro, Betü Çeş, Ger. def, Eğr, göz Önü,
Alt, Bun, Bir ile Karş, ve Öner.

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zeynel Aksoy

1987

19
150
152

İnş
21000 TL

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEŞİTLİ ŞEKİLLERDEKİ BETONARME KESİTLERİN EĞİK EĞİLME
ETKİSİ ALTINDA DAVRANIŞLARININ ETÜDÜ VE PROGRAMLANMASINDA
BETONUN ÇEŞİTLİ GERİLME-DEFORMASYON EĞRİLERİNİN GÖZ ÖNÜNE
ALINARAK BUNLARIN BİRBİRİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI VE ÖNERİLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: İnş. Müh. Zeynel AKSOY

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANE DOKÜMANTASYON
DAİRE BAŞKANLIĞI

Kot : R 150
152

Alındığı Yer : FEN. BİL. ENS.

Tarih : 15.10.1991

Fatura : - - - - -

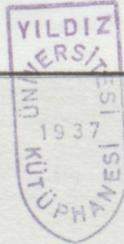
Fiyatı : 4000. TL.

Ayniyat No : 1/15

Kayıt No : 47744

UDC : 624.378.242

Ek :





YILDIZ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEŞİTLİ ŞEKİLLERDEKİ BETONARME KESİTLERİN EĞİK EĞİLME
ETKİSİ ALTINDA DAVRANIŞLARININ ETÜDÜ VE PROGRAMLANMASINDA
BETONUN ÇEŞİTLİ GERİLME-DEFORMASYON EĞRİLERİNİN GÖZ ÖNÜNE
ALINARAK BUNLARIN BİRBİRİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI VE ÖNERİLER



YÜKSEK LİSANS TEZİ

YÖNETEN: Öğr.Gör. Mete KARAKOÇ
HAZIRLAYAN: İnş.Müh. Zeynel AKSOY

Bu çalışmada bana yardımcı olan değerli hocam Öğr.Gör.METE KARAKOÇ`a ve tezin daktilo edilmesinde emeği geçen kardeşim FİLİZ AKSOY ve arkadaşım KAZIM ENGİN`e saygı ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMA

SAYFA

ÖZET	42
SUMMARY	43
KULLANILAN NOTASYONLAR	45
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	1

BÖLÜM 2

EĞİK EĞİLME ETKİSİNDEKİ KOLONLARIN ELASTİK HESABI

2.1 Tanımlar ve Kesit Özellikleri	3
2.1.1 Donatı Katkısı	10
2.2 Gerilme Hesabı	14
2.3 Boyutlandırma	16
2.4 Bilgisayar Programının Düzenlenmesi	17
2.4.1 Bilgisayar Akış Diyagramı	18
2.4.2 Program Listesi	19
2.4.3 Bilgisayar Çıkışı	22
2.5 Sonuçlar ve Öneriler	23

BÖLÜM 3

EĞİK EĞİLME ETKİSİNDEKİ KOLONLARIN TAŞIMA GÜCÜNE GÖRE HESABI

3.1 Tanımlar ve Varsayımlar	25
3.2 Denge Denklemlerinin Teşkili	29
3.2.1 Donatı Katkısı	30
3.3 Boyutlandırma	32
3.4 Bilgisayar Programının Düzenlenmesi	35

3.4.1 Bilgisayar Akış Diyagramı	36
3.4.2 Program Listesi	37
3.4.3 Bilgisayar Çıktısı	42
3.5 Sonuçlar ve Öneriler	43
ÖZGEÇMİŞ	45
YARARLANILAN KAYNAKLAR	46

elastik davranış ve kolayca programlanabilen bir ardışık yaklaşım yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemle hem elastik metotla görülen baskı taşıma gücüne göre çözümler ayrı ayrı incelenmiş ve bilgisayar programları yazılmıştır. Baskı gücü bakımında beton basınç gerilmelerinin yayılımı dik-dörtgen şeklinde idealleştirilmiştir. Yöntem genelleştirilmiş beton-Raphece yönteminin bir uyarlamasıdır. Soyutlandırılmış kesit içindeki donatı yayılımına bağımlılığını göstermek için simetrik donatılı kesitlere ait bir yaklaşık yol önerilmiştir. Her iki metottada taraflı eksenin konumu ayrı ayrı incelenmiştir. Çerçeve elastik metod gereğinde baskı gücüne göre basınç gerilmelerinin yayılımı ve donatı yayılımı ile ilgili varsayımların sonuçlara etkisi incelenmiş ve daha genel gerilme yayılımı durumlarında uygulanabilecek bir hesap yolu önerilmiştir.

SUMMARY

ÖZET

Bu çalışmada normal kuvvet ile birlikte eğik eğilme etkisinde bulunan dikdörtgen kesitlerin elastik metod ve taşıma gücü kuramına göre boyutlandırılması için hızlı olarak yakınsayan ve kolayca programlanabilen bir ardışık yaklaşım yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemle hem elastik metodla çözüm hemde taşıma gücüne göre çözümler ayrı ayrı incelenmiş ve bilgisayar programları yazılmıştır. Taşıma gücü kuramında beton basınç gerilmelerinin yayılışı dikdörtgen şeklinde idealleştirilmiştir. Yöntem genelleştirilmiş Newton-Raphson yönteminin bir uyarlamasıdır. Boyutlandırmanın kesit içindeki donatı yayılışına bağımlılığını gidermek için simetrik donatılı kesitlere ait bir yaklaşık yol önerilmiştir. Her iki metodta da tarafsız eksenin konumu ayrı ayrı incelenmiştir. Gerek elastik metod gereksede taşıma gücüne göre basınç gerilmelerinin yayılışı ve donatı düzeni ile ilgili varsayımların sonuçlara etkisi irdelenmiş ve daha genel gerilme yayılışı durumlarında uygulanabilecek bir hesap yolu önerilmiştir.

SUMMARY

In this paper a rapidly converging and easily programmable method of successive approximations is developed for ultimate strength design and elastic design of rectangular reinforced concrete cross sections subjected to biaxial bending and axial force. The method is essentially an adaptation of the generalized Newton-Raphson method whereby a set of linear equations with three unknowns is solved at each step. The compressive stress distribution in concrete is assumed to be rectangular. An approximate procedure used in the elastic design of symmetrically reinforced cross sections is adopted in order to make the solution independent of the reinforcement distribution with in the cross section. The effects of the assumptions related with compressive stress distributions and reinforcement disposition on the results are discussed. A method applicable for more general cases of compressive stress distribution is proposed.

KULLANILAN NOTASYONLAR

- b : Kesit Genişliği
 h, d : Kesit Yüksekliği
 E_s : Çeliğin Elastisite Modülü
 E_c : Betonun Elastisite Modülü
 M_x, M_y : Eğilme Momentleri
 N : Normal Kuvvet
 ϵ_i : Beton ve Çelik Gerilmeleri
 F_i : Demir Alanına Dönüştürülmüş Eşdeğer Kesit
 V_s, U_s : V ve U eksenlerine Göre Koordinat
 I_s, I_t, I_{st} : Atalet Momentleri (s ve t eksenlerine göre)
 A, C : Tarafsız Eksenin u ve v eksenlerini Kestiği
Noktaların 3 nolu Köşeye Uzaklıkları
 S_i : İlgili Eksene Göre Statik Moment
 F_e, A_{st} : Toplam Donatı
 γ : Donatı Katsayısı
 P_x : b Kenarına Paralel Donatının Toplam Donatıya oranı
 λ : Oran Katsayısı
 β : NS Doğrusu ile S Ekseni Arasındaki Açı
 α : Tarafsız Eksenin U Ekseni ile Yaptığı Açı
 S_o, t_o : Tarafsız Eksenin s ve t Eksenlerini Kestiği
Noktaların S Noktasına Uzaklıkları
 ϵ_i : Deformasyon
 f_{yd} : Çeliğin Hesap Dayanımı
 f_{cd} : Betonun Hesap Dayanımı
 f_{ck} : Betonun Karakteristik Silindirik Dayanımı

a : Basınç Bölgesinin Köşeye Mesafesi

c : Tarafsız Eksenin Köşeye Mesafesi

Ai : Beton Basınç Bölgesinin Alanı

xi,yi : Alanın Ağırlık Merkezinin Koordinatları

α_i : Bir Donatı Çubuğunun Toplam Donatıya Oranı

[X] : Bilinmeyenler Sütun Matrisi

[M_k]-[M] : Denge Denklemleri Sütun Matrisi

[T] : Türev Matrisi

Betonarme yapı mühendisliğinde uzun yıllardan beri çok geniş uygulama alanına sahip bir malzeme olarak bilinmekte ve her türlü taşıyıcı sistemde kullanılmaktadır. Betonarme yapı elemanlarının boyutlandırılmasında çeşitli yöntemler ve hesap teknikleri bulunmaktadır. Ülkemizde de bu hesap teknikleri veya metodlarından ikisi uygulanmaktadır. Bunlardan birincisi Elastik hesap denilen hesap yöntemi diğeride ülkemiz için yeni sayılabilecek bir metod olan taşıma gücü ilkesidir. Her iki metottada betonarme yapı elemanlarının hesabı bilinmektedir. Bu çalışmada sadece yapı elemanlarından kolon hesapları göz önüne alınıp bunlara ait hesap teknikleri ve bu hesap tekniklerine ait compütür programları verilmiştir. Her iki metottada kolon hesaplarının en basidi sadece kolonun eksenel yükle yüklü olması halidir. Bu durumda hesaplar çok kolay ve basittir. Fakat yapılan çalışmalar kolonda sadece eksenel yükün olmadığını eksenel yükle birlikte her iki doğrultudada eğilme etkisinininde var olduğunu ortaya çıkarmıştır. Tek eksenli eğilme ve küçük dış merkezlikli iki eksenli eğilme etkisinde bulunan kolon kesitlerinin boyutlandırılması problemleri ise eksenel yük haline göre biraz daha zordur. Ancak bu durum bu konuda araştırma yapmış yazarlar tarafından geliştirilmiş olan yöntemler, abaklar veya tablolar yardımıyla kolaylıkla çözülebilmektedir. Fakat büyük dışmerkezlikli iki eksenli eğilme (eğik eğilme) etkisinde bulunan kolon kesitlerinin hesabı için genel ve pratik bir çözüm yöntemi bulunamamıştır. Çünkü bu

durumda hem problem daha karmaşıktır hemde boyutlandırma probleminin kesin çözümünü kesit içindeki donatı yayılışına bağlıdır. Fakat kullanılışı çok zor olmasına karşın bunun içinde bazı abaklar ve tablolar hazırlanmıştır. Ama bunlar hem çok kullanışsız hemde donatı yayılışının sabit olması zorunluluğunu doğurmuştur. Elastik hesapta bu tip tablo ve abaklar daha fazla ve etkindir. Zira taşıma gücüne göre bu problemi çözmek çok daha zor ve karmaşıktır. Vede dolayısıyla bu konuda araştırma daha azdır. Bu çalışmada her iki metodlarda bu problemin çözümleri incelenmiştir sonuçları belirtilmiştir, Elastik metodda çözüme Löser tarafından verilen boyutlandırma yöntemiyle gidilmiştir. Löser tarafından gerilme hesabı için verilen ardışık yaklaşım yönteminin kolaylıkla programlanabilecek olduğu görülmüş olup çalışmada Löser yöntemi seçilmiştir. Taşıma gücüne göre hesapta betonun lineer olmayan davranışı göz önüne alındığından kesit tahkiki veya donatı hesabı Elastik hesaba göre daha karmaşıktır. Dolayısıyla eğik eğilme etkisi altında gelişigüzel betonarme kesitlerin taşıma gücüne göre hesabı için konuyu en genel şekli ile ele alıp bilgisayara uygulanabilecek şekilde formüle etmeye gereksinme vardır.

Bu çalışmada her iki metodda ayrı ayrı ele alınıp incelenecektir. Ayrıca çalışma sonunda basit eğilme halinde bilgisayar programlarında her iki metod için verilecektir.

BÖLÜM 2

EĞİK EĞİLME ETKİSİNDEKİ KOLONLARIN ELASTİK HESABI

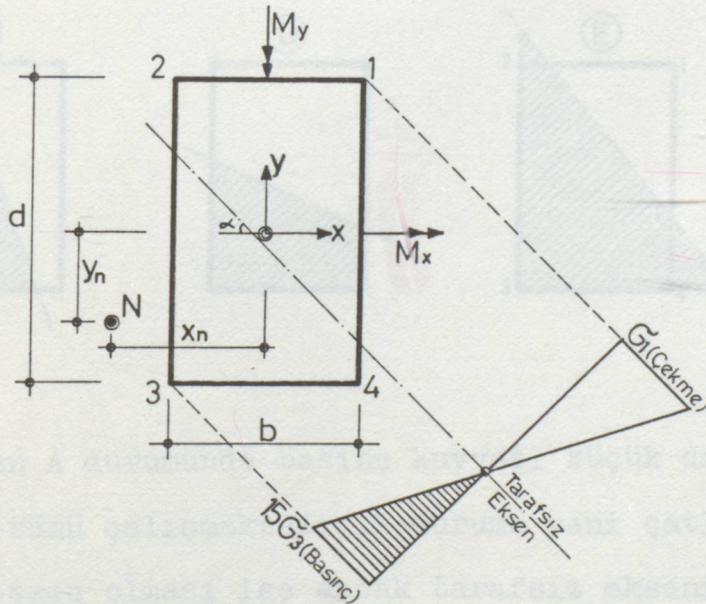
2-1 TANIMLAR VE KESİT ÖZELLİKLERİ

Çalışmada çelik ve betonun lineer oldukları ve elastisite modülleri arasındaki oranında

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 15$$

olduğu kabul edilmiştir.

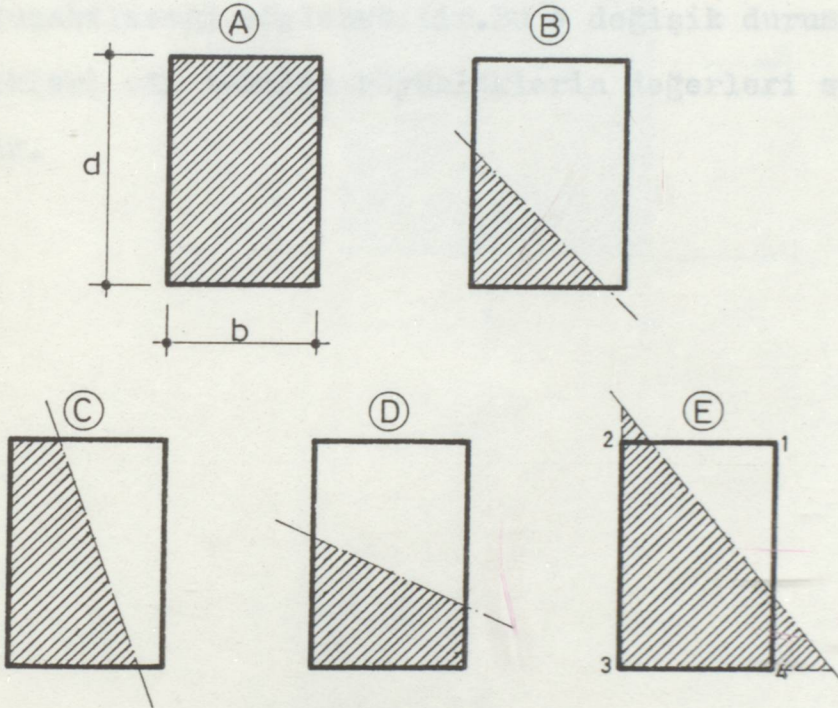
Eksenel kuvvet ile birlikte iki eksenli eğilme etkisi altında bulunan dikdörtgen bir kesit ile kesitteki demir gerilmesine dönüştürülmüş şematik gerilme yayılımı aşağıda gösterilmiştir.



N eksenel kuvveti basınç olduğu zaman işaretin pozitif olduğu kabul edilmiştir. M_x ve M_y eğilme momentlerinin işaretleri yukarıdaki gibi seçilirse maksimum beton basınç gerilmesi 3 nolu köşede oluşur. Bu durumda N basınç kuvvetinin uygulama noktasının beton kesitin ağırlık merkezindeki eksen takımına göre koordinatları

$$x_n = -\frac{M_y}{N} ; y_n = -\frac{M_x}{N}$$

olur. Seçilen işaretlere göre her iki koordinatda negatiftir. Tarafsız eksen eğilme momentleri M_x ve M_y ve kesit boyutlarına bağlı olarak çeşitli konumlarda bulunabilir. Buna bağlı olarakda çatlamış beton bölgesi geometrik bakımdan 5 ayrı biçimde olabilir. Bunlar aşağıda taralı olarak gösterilmiştir.



Bunlardan A durumunda basınç kuvveti küçük dış merkezlidir ve kesitin tümü çalışmaktadır. E durumu yani çatlamış beton bölgesinin beşgen olması ise ancak tarafsız eksenin (2-4) köşegenine oldukça yakın bir konumda bulunması halinde gerçekleşir. Bu durumda 2 ve 4 köşelerine komşu dış bölgelerde oluşan küçük üçgenlerden daha küçük olanı kesite katılarak E durumu C veya D durumuna dönüştürülebilir. Bu dış bölgelerde beton gerilmeleri çok küçük değerlerde olduğu için bundan dolayı yapılacak hatanın sonuca etkisi de çok küçük olacaktır. Kesit dışındaki üçgen-

lerin büyümesi halinde yani tarafsız eksenin 1 köşesine yaklaşması halinde 1 köşesindeki çekme gerilmesi küçülür ve

$$|G| \leq 0.35 G_3$$

halinde A durumu söz konusu olur. Sonuç olarak çatlamış beton bölgesinin yukarıdaki A, B, C ve D ile gösterilen 4 ayrı biçimde oluşabileceği söylenebilir. Bu 4 değişik durum için kesit özellikleri adı verilen büyüklüklerin değerleri sırası ile şöyledir.

$$F = \frac{bd}{15} \cdot F$$

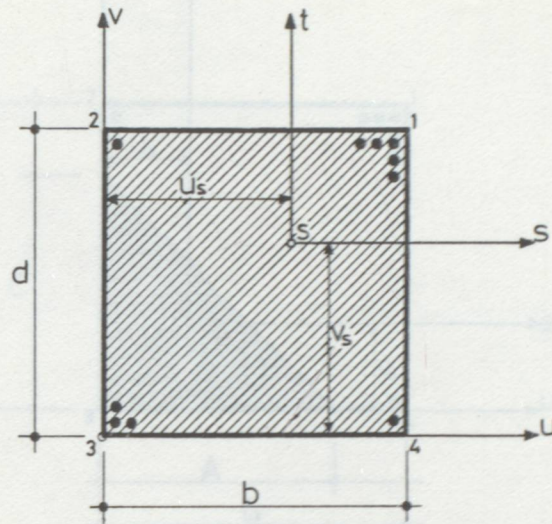
$$u = \left(\frac{bd^2}{30} \cdot S_1 \right) \cdot F$$

$$u = \left(\frac{bd^2}{30} \cdot S_1 \right) \cdot F$$

$$L_1 = \frac{bd^2}{25} \cdot F - F u^2$$

$$L_2 = \frac{bd^2}{25} \cdot F - F u^2$$

$$L_3 = \frac{bd^2}{25} \cdot F - F u_1 u_2$$



(A)

$$F_I = \frac{bd}{15} + F_E$$

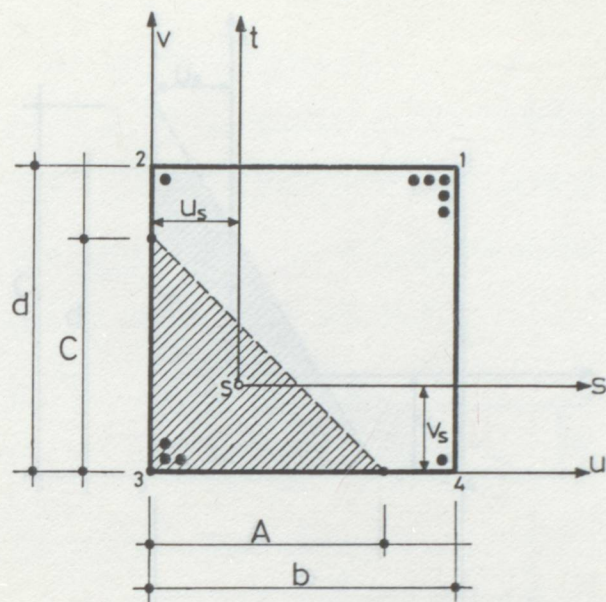
$$v_s = \left(\frac{bd^2}{30} + \overline{S_u} \right) : F_I$$

$$u_s = \left(\frac{b^2d}{30} + \overline{S_v} \right) : F_I$$

$$I_s = \frac{bd^3}{45} + \overline{I_u} - F_I v_s^2$$

$$I_t = \frac{b^3d}{45} + \overline{I_v} - F_I u_s^2$$

$$I_{st} = \frac{b^2d^2}{60} + I_{uv} - F_I u_s v_s$$



(B)

$$F_i = \frac{AC}{30} + F_e$$

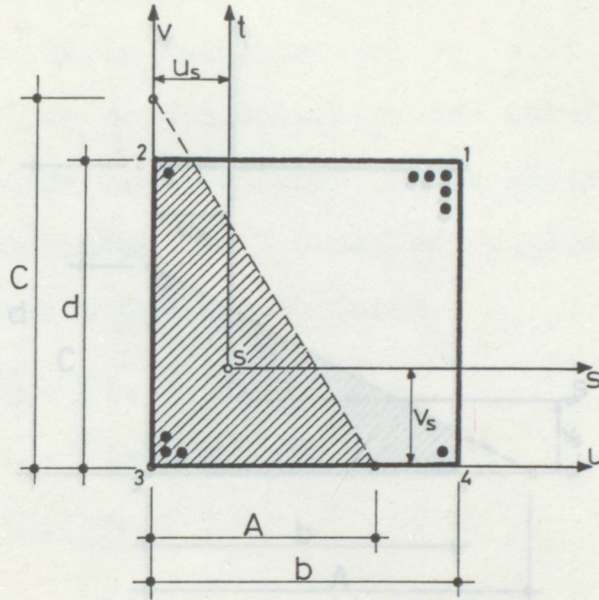
$$v_s = \left(\frac{AC^2}{90} + \bar{S}_u \right) : F_i$$

$$u_s = \left(\frac{A^2C}{90} + \bar{S}_v \right) : F_i$$

$$I_s = \frac{AC^3}{180} + \bar{I}_u - F_i v_s^2$$

$$I_t = \frac{A^3C}{180} + \bar{I}_v - F_i u_s^2$$

$$I_{st} = \frac{AC}{360} + \bar{I}_{uv} - F_i u_s v_s$$



(C)

$$F_1 = \frac{1+\varphi}{30} Ad + F_e$$

$$\varphi = (C-d):C$$

$$v_s = \left(\frac{A d^2}{\mu} + \bar{S}_u \right) : F_1$$

$$\mu = \frac{90}{1+2\varphi}$$

$$u_s = \left(\frac{A^2 d}{\gamma} + \bar{S}_v \right) : F_1$$

$$\gamma = \frac{90}{1+\varphi+\varphi^2}$$

$$I_s = \frac{A d^3}{\rho} + \bar{I}_u - F_1 v_s^2$$

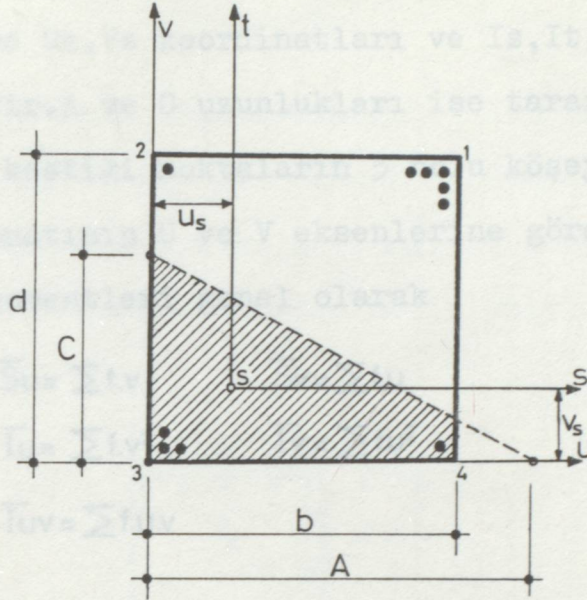
$$\rho = \frac{180}{1+3\varphi}$$

$$I_t = \frac{A^3 d}{\tau} + \bar{I}_v - F_1 u_s^2$$

$$\tau = \frac{180}{(1+\varphi)(1+\varphi^2)}$$

$$I_{st} = \frac{A^2 d^2}{W} + \bar{I}_{uv} - F_1 u_s v_s$$

$$W = \frac{360}{1+2\varphi+3\varphi^2}$$



(D)

$$F_i = \frac{1+\varphi}{30} bC + F_e$$

$$\varphi = (A-b):A$$

$$v_s = \left(\frac{bC^2}{\gamma} + \bar{S}_u \right) : F_i$$

$$\gamma = \frac{90}{1+\varphi+\varphi^2}$$

$$u_s = \left(\frac{b^2C}{\mu} + \bar{S}_v \right) : F_i$$

$$\mu = \frac{90}{1+2\varphi}$$

$$I_s = \frac{bC^3}{\tau} + \bar{I}_u - F_i v_s^2$$

$$\tau = \frac{180}{(1+\varphi)(1+\varphi^2)}$$

$$I_t = \frac{b^3C}{\rho} + \bar{I}_v - F_i u_s^2$$

$$\rho = \frac{180}{1+3\varphi}$$

$$I_{st} = \frac{b^3C^2}{W} + \bar{I}_{uv} - F_i u_s v_s$$

$$W = \frac{360}{1+2\varphi+3\varphi^2}$$



2-1.1 DONATI KATKISI

Kesit büyüklüklerindeki F demir alanına dönüştürülmüş eşdeğer kesit alanını, ağırlık merkezinin 3 nolu köşedeki U,V eksen takımına göre U_s, V_s koordinatları ve I_s, I_t, I_{st} atalet momentleri verilmiştir. A ve C uzunlukları ise tarafsız eksenin U ve V eksenlerini kestiği noktaların 3 nolu köşeye uzaklıkları gösterilmiştir. Donatının U ve V eksenlerine göre statik momentleri ile atalet momentleri genel olarak

$$\begin{aligned}\bar{S}_U &= \sum f.v & \bar{S}_V &= \sum f.u \\ \bar{I}_U &= \sum f.v^2 & \bar{I}_V &= \sum f.u^2 \\ \bar{I}_{UV} &= \sum f.u.v\end{aligned}$$

formülleri ile hesaplanabilir. Burada f bir çubuğun alanını göstermektedir. Buna göre toplam donatı

$$F_e = \sum f$$

olarak hesaplanır. Ayrıca eşdeğer kesite ait kesit özelliklerine donatısında katkısı olmaktadır.

2.1.1.1. DONATI YAYILIŞININ BELİRLİ OLMASI HALİNDE

Genel olarak donatıya ait büyüklükler bazı yaklaşımlarla kolaylıkla hesaplanabilirler. Bir adet çubuğun alanına f dersek r tane demir çubuk e uzunluğunda sıralandığında bu çubuklara ait statik momentler ile çarpım atalet momentleri

$$\bar{S}_U = r.f.v_e ; \quad \bar{S}_V = r.f.u_e ; \quad \bar{I}_{UV} = r.f.u_e.v_e$$

dir. Burada U_e ve V_e sırasıyla e uzunluğundaki sıranın ağırlık merkezinin U ve V eksenlerine göre koordinatlarını göstermektedir. U ve V eksenlerine göre atalet momentleride b kenarına ait donatılar için

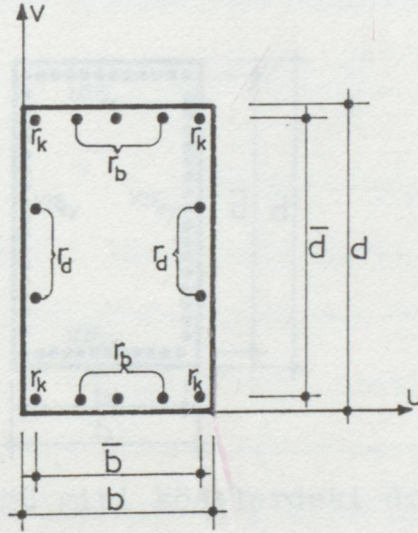
$$\begin{aligned}\bar{I}_U &= r.f.v_e^2 \\ \bar{I}_V &= r.f. \left[\frac{(r+1)e^2}{12(r-1)} + u_e^2 \right]\end{aligned}$$

d kenarına ait donatılar içinde:

$$\bar{I}_u = r.f. \left[\frac{(r+1) e^2}{12(r-1)} + v_e^2 \right]$$

$$\bar{I}_v = r.f. u_e^2$$

dir. Belirsizlikleri mümkün olduğunca aza indirmek için donatı yayılımını simetrik olarak düşünürsek ki uygulamada genellikle simetrik donatı kullanılır, o zaman donatıya ait büyüklükler şu formüllerle hesaplanır.



$$F_e = 2f(2r_k + r_b + r_d)$$

$$\bar{S}_u = 0.5 F_e d ; \quad \bar{S}_v = 0.5 F_e b ; \quad \bar{I}_{uv} = 0.25 F_e b d$$

$$\bar{I}_u = F_e (\gamma_d \bar{d}^2 + 0.25 d^2)$$

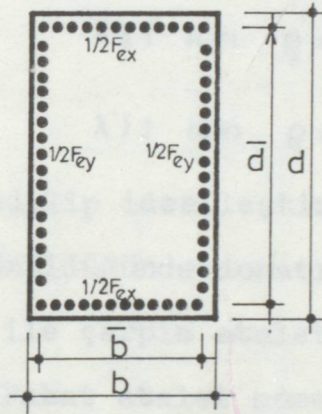
$$\gamma_d = \frac{3(2r_k + r_b)(r_d + 1) + r_d(r_d - 1)}{12(2r_k + r_b + r_d)(r_d + 1)}$$

$$\bar{I}_v = F_e (\gamma_b \bar{b}^2 + 0.25 b^2)$$

$$\gamma_b = \frac{3(2r_k + r_d)(r_b + 1) + r_b(r_b - 1)}{12(2r_k + r_b + r_d)(r_b + 1)}$$

2.1.1.2 DONATI YAYILIŞININ BELİRLİ OLMAMASI HALİNDE

Daha öncede görüldüğü gibi donatının kesit özelliklerine katkısı donatının miktarına ve kesit içindeki yayılışına bağlıdır. Oysa boyutlandırma donatı ve donatının kesit içindeki yayılışı önceden belirli değildir. Donatının miktarı ve yayılışının belirli olmaması problemi dahada güçleştirmektedir. Bu zorluğu mümkün olduğunca azaltabilmek için donatının kesit içindeki yayılışının simetrik olduğu varsayılırsa simetrik donatılı dikdörtgen kesitlerde donatı yayılışı aşağıdaki gibi olur.



Yukarıda görüldüğü gibi köşelerdeki donatının eşit olarak kenarlara paralel donatılara katıldığı kabul edilmiştir. Eğer toplam donatı F_e ile ve b, d kenarlarına paralel donatılarda F_{ex} ve F_{ey} ile gösterilirse

$$F_{ex} = p_x F_e \quad ; \quad F_{ey} = (1 - p_x) F_e$$

olarak yazılabilir. Buradaki formüllerdeki p_x değeri teorik olarak istenildiği gibi seçilebilir. Fakat bu değer in gelişi güzel seçilmesi veya standard bir değer olarak kabul edilmesi boyutlandırmanın ekonomik olmamasına yol açar. Yapılan araştırmalar ve incelemeler göstermiştir ki p_x değeri momentler ve boyutlara bağlı olarak alındığında daha ekonomik sonuçlar elde edilmektedir.

Bu oran yada katsayı

$$\lambda = \frac{M_x \cdot b}{M_y \cdot d}$$

olarak gösterilir. λ ile p_x arasındaki bağıntı aşağıdaki diyagramda gösterilmiştir.

$$\lambda = 0 \quad \text{icin} \quad p_x = 0$$

$$\lambda = 1 \quad \text{icin} \quad p_x = 0.5$$

$$\lambda = \infty \quad \text{icin} \quad p_x = 1$$

koşullarını sağlaması gereken bu bağıntı yaklaşık olarak

$$\lambda \ll 1 \quad \text{icin} \quad p_x = \frac{\lambda^2}{2}$$

$$\lambda \gg 1 \quad \text{icin} \quad p_x = 1 - \frac{1}{2\lambda^2}$$

olarak formüle edilip idealleştirilebilir. Donatı yayıllığı yukarıdaki gibi düşünüldüğünde donatının U ve V eksenlerine göre statik momentleri ile çarpım atalet momentleri daha önceki şekilde hesaplanabilir. Fakat atalet momentleri

$$\bar{I}_u = (0.25 \cdot F_{ex} + \gamma_y \cdot F_{ey}) \bar{d}^2 + 0.25 \cdot F_e \cdot d^2$$

$$\bar{I}_v = (\gamma_x \cdot F_{ex} + 0.25 \cdot F_{ey}) \bar{b}^2 + 0.25 \cdot F_e \cdot b^2$$

formülleriyle hesaplanmalıdır. Buradaki γ_x ve γ_y değerleri ilgili sıradaki demir sayısına bağlı olarak 1/4 ile 1/12 arasında değişen değerler almaktadır. Buradada bir yaklaşıklık söz konusu edilirse $\gamma_x = \gamma_y = 1/8$ olarak alınabilir. Böylece donatın kesit özelliklerine katkısı sadece F_e değeri ile M_x, M_y, b, d büyüklüklerine bağlı olarak hesaplanmış olmaktadır. Çalışma esnasında p_x, γ_x, γ_y için yapılan kabullerin etkisi hakkındaki görüşler sonuç bölümünde verilecektir.

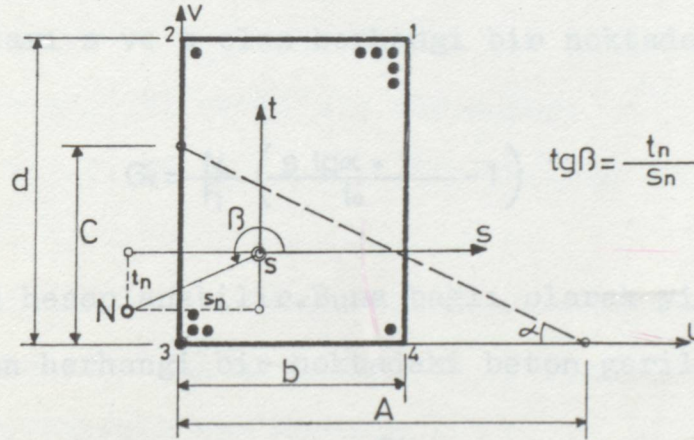
2.2 GERİLME HESABI

Kesit tesirleri N, M_x, M_y ve kesit boyutları b, d olan bir dikdörtgen kesitin beton ve çelik gerilmeleri aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

N normal kuvvetinin uygulama noktasına ait X_n, Y_n koordinatları (2) formülleri ile verilmişti. Eşdeğer kesitin ağırlık merkezinden geçen s, t eksen takımına göre bu noktanın koordinatları

$$s_n = x_n + 0.5b - u_s \quad ; \quad t_n = y_n + 0.5d - v_s$$

dır. Buradaki U_s ve V_s değerleri daha önce verilmişti. Aşağıdaki şekilde incelendiğinde görüldüğü gibi NS doğrusu ile S eksenini arasındaki açı β ile gösterildiğinde



olur. Tarafsız eksenin eğimi ise

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{I_s - I_{st} \cdot \operatorname{tg} \beta}{I_t \cdot \operatorname{tg} \beta - I_{st}}$$

olarak hesaplanmaktadır. Buradaki I_s, I_{st}, I_t değerlerinin hesabı daha önce gösterilmişti. Eşdeğer kesit alanı F ile gösterildiğinde tarafsız eksenin s ve t eksenlerini kestiği noktaların S noktasına uzaklıkları

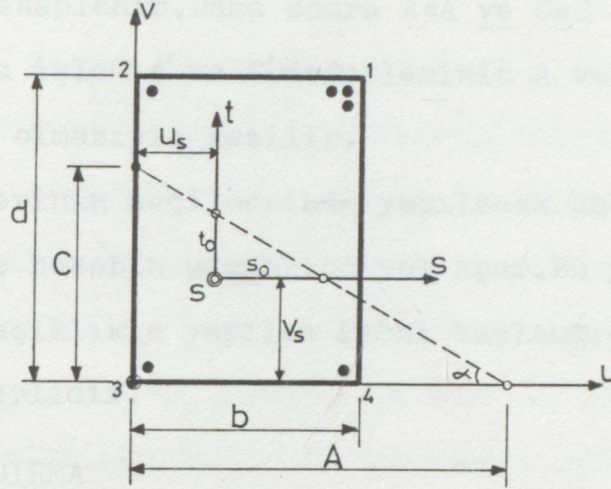
$$s_0 = -\frac{I_t + I_{st} \cdot \cot \alpha}{s_n \cdot F} \quad ; \quad t_0 = s_0 \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

U ve V eksenlerini kestiği noktaların 3 nolu köşeye uzaklıkları

$$A = u_s + s_0 + v_s \cdot \cot \alpha$$

$$C = v_s + t_0 + u_s \cdot \tan \alpha$$

dır. Bu büyüklükler aşağıdaki şekilde daha rahat gözlenebilmektedir.



Koordinatları s ve t olan herhangi bir noktadaki demir çekme gerilmesi

$$\sigma_e = \frac{N}{F_i} \left(\frac{s \cdot \tan \alpha + t}{t_0} - 1 \right)$$

formülüyle hesaplanabilir. Buna bağlı olarak yine koordinatları s ve t olan herhangi bir noktadaki beton gerilmesinde

$$\sigma_b = \frac{\sigma_e}{15}$$

formülüyle rahatlıkla hesaplanabilir. Burada demir için çekme beton içinde basınç gerilmelerinin pozitif olduğu kabul edilmiştir. En büyük çelik gerilmesinin hesabı için s ve t yerine 1 nolu köşedeki çubuğun koordinatlarını koymak yeterlidir. En büyük beton gerilmesinin 3 nolu köşede olur ve değeride

$$\sigma_{b3} = \frac{A \cdot N}{15 \cdot s_0 \cdot F_i}$$

formülüyle hesaplanır. Anlaşılacağı gibi gerilmelerin hesabı için eşdeğer kesite ait kesit özelliklerinin bilinmesi gerek-

mektedir. Oysa kesit özelliklerinin hesabı için gerekli büyüklüklerin hepsi A ve C değerlerine bağlıdır. Bunun için hesabın başında A ve C değerleri seçilir buna bağlı olarak yeni A' ve C' değerleri hesaplanır. Daha sonra $A=A'$ ve $C=C'$ seçilir. ve hesap tekrarlanır. Bu işlem A' ve C' değerlerinin A ve C değerlerine yeterince yakın olmasıyla kesilir.

A ve C değerlerinin seçilmesinde yapılacak kabul hesabı pek etkilemez sadece hesabın uzamasına yol açar. Bu yüzden $A=b$ ve $C=d$ gibi bir yaklaşıklıkla yapılan kabul başlangıç değerlerinin seçimi için yeterlidir.

2.3 BOYUTLANDIRMA

Kesit tesirleri M_x, M_y ve N olan bir dikdörtgen kesitin boyutlandırılmasında iki şekil söz konusudur.

a) Kesit boyutları belli olan bir kesitin donatı miktarının tayini

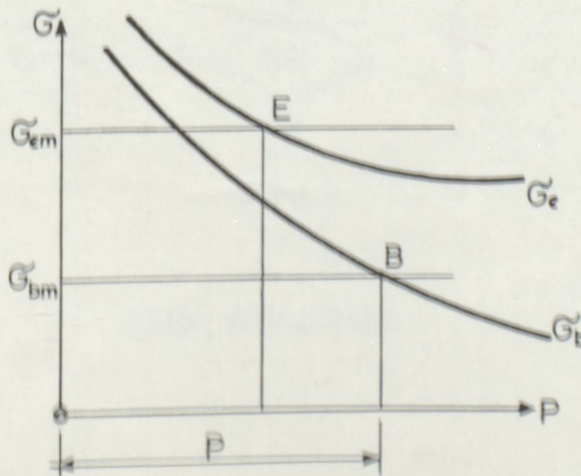
b) Belirli bir donatı oranı için kesit boyutlarının saptanması

Çalışmada daha çok karşılaşılan birinci durum ele alınmıştır.

Boyutları belirli bir kesitte

$$p = \frac{F_t}{b.d}$$

donatı oranına bağlı olarak en büyük beton ve demir gerilmesinin değişimi şematik olarak aşağıda gösterilmiştir.



p donatı oranının

$$G_b \ll G_{bm} ; G_c \ll G_{cm}$$

koşullarının ikisini bir arada sağlayan en küçük değer olarak tayin edilmesi gerekir.

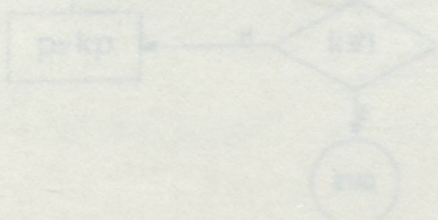
Bunları göz önünde bulundurursak önce p, A ve C değerleri seçilmeli, daha sonrada kesit özellikleri, yardımcı büyüklükler A ve C değerleri için yeni değerler hesaplanmalıdır. Daha sonra büyük demir ve beton gerilmeleri ile bunların emniyet gerilmelerine oranı bulunmalıdır. Bu oranlarda büyük olanına k denirse ardışık hesapta p yerine bir sonraki adımda k.p denilmelidir. Bu kullanılan p değerlerinin birbirine yeterince yakın olmasıyla ardışık yaklaşım yöntemi durdurulmalıdır.

Başlangıç değerleri olarak $A=b$; $C=d$ ve donatı yüzdesinin başlangıç değeri olarakda min p seçilebilir.

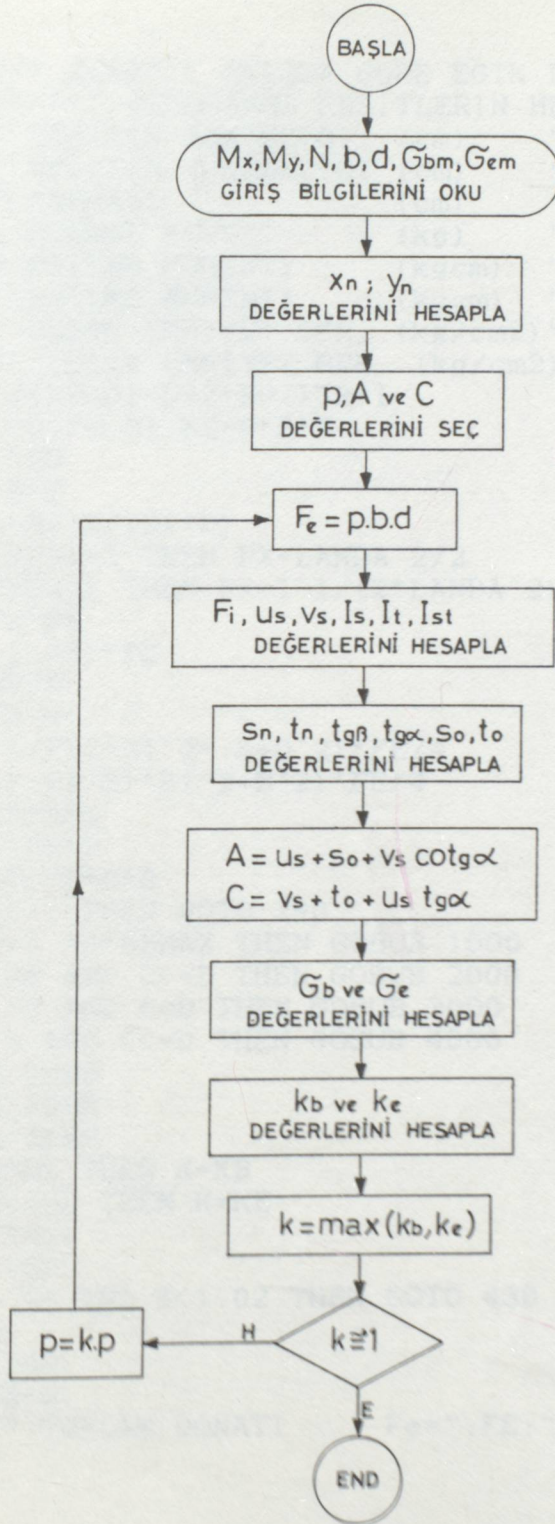
2.4 BİLGİSAYAR PROGRAMININ DÜZENLENMESİ

Yukarıdaki bölümlerde anlatılanları bir bilgisayar programı yardımıyla toparladığımızda işlerimizin bir çoğunu bilgisayara yaptırmamız mümkün olmaktadır. Bu programa ait akış diyagramı ve daha sonrada bu akış diyagramına ait program listesi aşağıda gösterilmiştir.

Ayrıca sayısal bir örneğe ait bu programa ait çıktı program listesinden sonra verilmiştir.



AKİS DİYAGRAMI



AKIŞ DİYAGRAMI


```
10 REM **** ELASTİK METODA GORE EGİK EGILMEYE MARUZ ****
20 REM ***** BETONARME KESİTLERİN HESABI *****
30 INPUT" KESİTİN GENİSLİĞİ (cm) ";B
40 INPUT" KESİTİN YÜKSEKLİĞİ (cm) ";D
50 INPUT" PASPAYI (cm) ";PP
60 INPUT" NORMAL KUVVET (kg) ";N
70 INPUT" EGİLME MOMENTİ (kgcm) ";MX
80 INPUT" EGİLME MOMENTİ (kgcm) ";MY
90 INPUT" BETON EMNİYET GER. (kg/cm2) ";GBEM
100 INPUT" ÇELİK EMNİYET GER. (kg/cm2) ";GEEM
110 B1=B-2*PP:D1=D-2*PP:ITR=1
120 A=B:C=D:P=.01:FE=P*B*D
130 GOTO 150
140 FE=P*B*D
150 LANDA=MX*B/(MY*D)
160 IF LANDA<=1 THEN PX=LANDA^2/2
170 IF LANDA>1 THEN PX=1-1/(2*LANDA^2)
180 FEX=PX*FE
190 FEY=(1-PX)*FE
200 XN=-MY/N
210 YN=-MX/N
220 UI=((1+PX)*D1^2*.5+D^2)*FE/4
230 VI=((1-PX/2)*B1^2+B^2)*FE/4
240 SU=.5*FE*D
250 SV=.5*FE*B
260 UV=.25*FE*B*D
270 IF ITR=1 THEN GOTO 290
280 IF GB<=.35*GBMAX THEN GOSUB 1000
290 IF A<=B AND C<=D THEN GOSUB 2000
300 IF A<=B AND C>D THEN GOSUB 3000
310 IF A>B AND C<=D THEN GOSUB 4000
320 GOSUB 5000
330 KB=GB/GBEM
340 KE=GE/GEEM
350 IF KB>KE THEN K=KB
360 IF KB<=KE THEN K=KE
370 ITR=ITR+1
380 P1=P*100
390 IF K>.98 AND K<1.02 THEN GOTO 430
410 P=K*P
420 GOTO 140
430 FE=P*B*D
440 PRINT" TOPLAM DONATI Fe=";FE;"cm2"
450 END
```



```
1000 REM *** 1.TIP ***
1010 FI=B*D/15+FE
1020 VS=((B*D^2)/30+SU)/FI
1030 US=((B^2*D)/30+SV)/FI
1040 SI=(B*D^3)/45+UI-FI*VS^2
1050 TI=(B^3*D)/45+VI-FI*US^2
1060 ST=(B^2*D^2)/60+UV-FI*US*VS
1070 RETURN
2000 REM *** 2.TIP ***
2010 FI=A*C/30+FE
2020 VS=((A*C^2)/90+SU)/FI
2030 US=((A^2*C)/90+SV)/FI
2040 SI=(A*C^3)/180+UI-FI*VS^2
2050 TI=(A^3*C)/180+VI-FI*US^2
2060 ST=(A^2*C^2)/360+UV-FI*US*VS
2070 RETURN
3000 REM *** 3.TIP ***
3010 Q=(C-D)/C
3020 M=90/(1+2*Q)
3030 V=90/(1+Q+Q^2)
3040 RO=180/(1+3*Q)
3050 T=180/((1+Q)*(1+Q^2))
3060 W=360/(1+2*Q+3*Q^2)
3070 FI=(1+Q)*A*D/30+FE
3080 VS=((A*D^2)/M+SU)/FI
3090 US=((A^2*D)/V+SV)/FI
3100 SI=(A*D^3)/RO+UI-FI*VS^2
3110 TI=(A^3*D)/T+VI-FI*US^2
3120 ST=((A^2*D^2)/W)+UV-FI*US*VS
3130 RETURN
4000 REM *** 4.TIP ***
4010 Q=(A-B)/A
4020 M=90/(1+2*Q)
4030 V=90/(1+Q+Q^2)
4040 RO=180/(1+3*Q)
4050 T=180/((1+Q)*(1+Q^2))
4060 W=360/(1+2*Q+3*Q^2)
4070 FI=(1+Q)*B*C/30+FE
4080 VS=((B*C^2)/V+SU)/FI
4090 US=((B^2*C)/M+SV)/FI
4100 SI=(B*C^3)/T+UI-FI*VS^2
4110 TI=(B^3*C)/RO+VI-FI*US^2
4120 ST=(B^2*C^2)/W+UV-FI*US*VS
4130 RETURN
```



```

5000 REM *** GERILMELERIN HESABI ***
5010 SN=XN+.5*B-US
5020 TN=YN+.5*D-VS
5030 TGB=TN/SN
5040 TGA=(SI-ST*TGB)/(TI*TGB-ST)
5050 CTGA=1/TGA
5060 SO=-(TI+ST*CTGA)/(SN*FI)
5070 TO=SO*TGA
5080 A=US+SO+VS*CTGA
5090 C=VS+TO+US*TGA
5100 S=B-US-PP:T=D-VS-PP
5110 GE=N*((S*TGA+T)/TO-1)/FI
5120 GB=A*N/(15*SO*FI)
5130 GBMAX=A*N/(15*SO*FI)
5140 RETURN

```


RUN

KESITIN GENISLIGI	(cm)	?	25
KESITIN YUKSEKLIGI	(cm)	?	50
PASPAYI	(cm)	?	2.5
NORMAL KUVVET	(kg)	?	12000
EGILME MOMENTI	(kgcm)	?	750000
EGILME MOMENTI	(kgcm)	?	150000
BETON EMNİYET GER.	(kg/cm ²)	?	100
CELIK EMNİYET GER.	(kg/cm ²)	?	2200
TOPLAM DONATI	Fe=	21.88296	cm ²

Ok

RUN

KESITIN GENISLIGI	(cm)	?	50
KESITIN YUKSEKLIGI	(cm)	?	50
PASPAYI	(cm)	?	5
NORMAL KUVVET	(kg)	?	50000
EGILME MOMENTI	(kgcm)	?	250000
EGILME MOMENTI	(kgcm)	?	250000
BETON EMNİYET GER.	(kg/cm ²)	?	100
CELIK EMNİYET GER.	(kg/cm ²)	?	2200
TOPLAM DONATI	Fe=	9.008081	cm ²

Ok

2.5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmada çeşitli örnekler üzerinde yapılan incelemeler sonucunda bu metoda ait görüşleri şöyle sıralayabiliriz.

a)Geliştirilen boyutlandırma metodunu donatı yayılışının belirli olmaması halinde de kullanmak mümkündür.

b)Bu metodla yukarıda gösterilmiş formüllerle elde edilen p_x değerinin göz önüne alınması halinde hem hata % 5'in altına iner hemde daha ekonomik bir sonuç alınmasını sağlar.

c)Demir sayısının az olması halinde bu metodla daha ekonomik çözümler elde etmek mümkündür.

d)En ekonomik çözüm donatıyı köşelere toplamak suretiyle elde edilir.Bu durumda bir çok hallerde diğer hesap metodlarına nazaran % 25 daha ekonomik çözümler elde edilir.

e)Eğer Säger obakları kullanılsaydı donatının 1 ve 3 nolu köşelerde yoğunlaşması gerekirdi.Oysa uygulamada genellikle simetrik donatı yayılışı kullanılmaktadır.Bu da hata oranını % 30'lara çıkarmaktadır.

f)Ouvrier tabloları özellikle kare kesitler için değerinin 1'e yakın olması halinde kesin ve oldukça ekonomik sonuçlar vermektedir.Fakat bu tabloların programlama zorluğu göz önüne alındığında bu metodun işlerliği daha açık görülmektedir.Ayrıca Ouvrier tablolarının dikdörtgen kesitlere uygulanması durumunda hatanın bu metodda olduğu gibi % 5'in altında olduğu belirlenmiştir.

g)Fakat Ouvrier tablolarında λ nın 1 den uzak değerleri halinde bazan % 20'ye varan oranda fazla donatı elde etmek mümkündür.Bunun nedenininde λ nın her değeri için $p_x = 0.5$ olarak kabul edilmiştir.

Oysa bu metodda λ nın her değeri için p_x değeri ayrıca hesap edilebilmektedir.

h)Ouvrier tablolarında pas payınında büyük tutulması ve bunun sabit olması özellikle kesit boyutlarının büyümesi halinde fazla donatı elde edilmesine sebep olur.Oysa bu metodda pas payını istediğimiz şekilde almak mümkündür.

ı)Yukarıda belirtilen nedenler birleştğinde bazı durumlarda Ouvrier tabloları ile yapılan hesapların % 30'un üzerinde fazla donatı verdiği görülmüştür.

Oysa anlatılan methodla gidildiğinde yukarıdaki hataya neden olan durumlar düzeltilindiğinde hata oranı % 5'in altına inebilir.Buda donatı seçimindeki donatı miktarı yuvarlamaları göz önüne alındığında fazla büyük bir oran teşkil etmektedir.

Bu methodla yapılan hesaplardaki hız ve kontrolün kolay oluşu bu methodun ne kadar geçerli olduğunu belirtmektedir.Yukarıdada belirtildiği gibi en ekonomik çözüm donatının köşelerde olması halinde elde edilmektedir.Fakat yönetmeliklerle donatı aralıkları sınırlandırıldığından büyük kesitlerde buna imkan yoktur. Bu dezavantajda p_x değerini göz önüne alınmasıyla kaldırılabilir.Bu metodda 8 veya daha çok demir kullanılması halinde hata % 5'i geçmemektedir.Donatı adedinin 4 olması halinde hata oranı emniyetli yönde ve % 30'a varmaktadır.

Bu durumda $F_{ex} = F_{ey} = 0.5.F_c$ olarak alınarak elde edilen

$$\bar{I}_u = (\bar{d}^2 + d^2) \frac{F_c}{4}$$

$$\bar{I}_v = (\bar{b}^2 + b^2) \frac{F_c}{4}$$

formüllerinin kullanılması halinde bu hata oranı yine % 5'lerin altına ineilmektedir.Burada $\gamma_x = \gamma_y = 0.25$ olarak alınmalıdır.

BÖLÜM 3

EĞİK EĞİLME ETKİSİNDEKİ KOLONLARIN TAŞIMA GÜCÜNE GÖRE HESABI

3-1 TANIMLAR VE VARSAYIMLAR

Bu çalışmada sunulan formülasyonda beton ve çelik malzemesi için bazı kabuller yapılmıştır. Bu kabulleri şöyle sıralamak mümkündür.

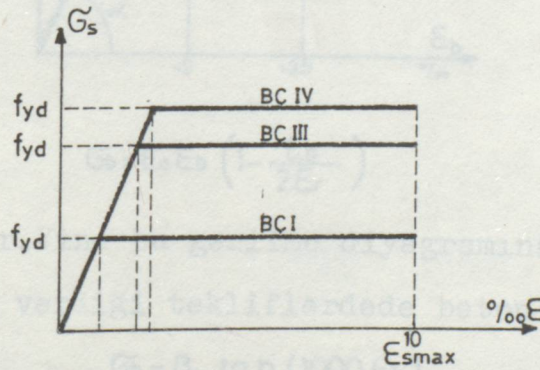
a) Şekil değiştirmeler için Bernovilli-Navier hipotezi geçerlidir. Yani düzlem kesitler şekil değiştirmeden sonradan düzlem kalırlar.

b) Beton ve çelik arasında tam bir aderans vardır.

c) Betonun çekme gerilmeleri hesaba katılmaz.

d) Donatı çeliğinin davranışı ideal elasto-plastiktir.

Aşağıdaki çeliğin $G-E$ diyagramındada görüldüğü gibi çeliğin akma limitine kadar tam elastik akma limitinden sonrada tam plastik olduğu varsayılır.



e) Betonun basınç hesap mukavemeti f_{cd} ile gösterildiğine göre maksimum beton basınç gerilmesi $0,85 f_{cd}$ olarak alınacaktır.

f) Basınç bölgesindeki beton gerilmelerinin yayıllışı dikdörtgen olarak idealleştirilmiştir. Bu idealleştirme sonucu

-26-

baskın bölgesinin köşeye olan mesafesi $a=k_1c$ olarak alınmıştır. Burada c tarafsız eksenin köşeye olan mesafesini göstermektedir. f_{ck} ile betonun karakteristik mukavemeti gösterildiğine göre

$$f_{ck} \leq 25 \text{ N/mm}^2 \text{ için } k_1 = 0.85$$

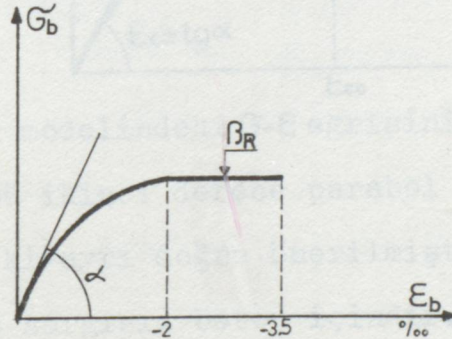
$$f_{ck} > 25 \text{ N/mm}^2 \text{ için } k_1 = 0.85 - 0.006(f_{ck} - 25)$$

olarak alınabilir.

Baskın bölgesindeki beton gerilmelerinin yayılımı konusunda çeşitli görüşler ve modeller vardır. Bunlara kısaca değinirsek en önemlilerini şöyle sıralayabiliriz.

f.1) DIN 1045 modeli

Bu modele ait $G-E$ diyagramı aşağıda gösterilmiştir.



$$G_b = E_0 E_b \left(1 - \frac{E_b}{2E_r} \right)$$

olarak alınabilir. Yine bu gerilme diyagramına ait Dimitroff'un ve Simopoulis'un verdiği tekliflerdede beton gerilmelerinin

Dimitroff'a göre: $G_b = \beta_R \operatorname{tg} h (1000 E_b)$

Simopoulis'a göre: $G_b = \beta_R \left[1 - \left(1 - \frac{E}{\%0.35} \right)^{4.25} \right]$

olarak alınabileceği belirtilmiştir. Değerleri DIN 1045'de beton sınıflarına bağlı olarak sabit değerler almaktadır.

f.2) Hognestad modeli

Hognestad tarafından önerilen ve otuz yıldır belkide en yaygın olarak kullanılan $G-E$ eğrisi aşağıda gösterilmiştir.

Bu modelde $f_c = 0.85 f_{ck}$

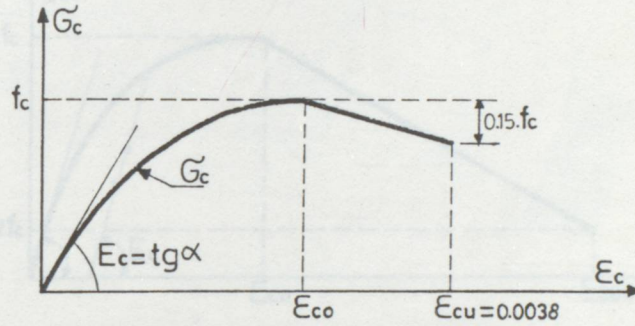
$$\epsilon_{co} = \frac{2.f_c}{E_c} \quad ; \quad E_c = \tan \alpha = 126800 + 460 f_c$$

$$G_c = f_c \left[\frac{2\epsilon_c}{\epsilon_{co}} - \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_{co}} \right)^2 \right]$$

olarak alınmıştır. Hognestad modelinde maksimum birim kısalma 0,0038 ile sınırlandırıldığından sarılmış beton için uygun değildir.

f.3) KENT VE PARK MODELİ

Bu modele ait $G-\epsilon$ eğriside aşağıda verilmiştir.



Kent ve Park modelindeki $G-\epsilon$ eğrisinin maksimum gerilmeye kadar olan bölümü ikinci derece parabol varsayılmış, eğrinin düşüş parçası içinse iki ayrı doğru önerilmiştir. Bunlardan biri sargılı diğeri de sargısız beton içindir.

$$f_c = f_{ck}$$

A-B parçası için

$$G_c = f_c \left[\frac{2\epsilon_c}{0.002} - \left(\frac{\epsilon_c}{0.002} \right)^2 \right]$$

B-D ve B-C parçası içinde

$$G_c = f_c (1 - z(\epsilon_c - 0.002))$$

$$z = \frac{0.5}{\epsilon_{50u} + \epsilon_{50h} - 0.002}$$

$$\epsilon_{50u} = \frac{3 + 0.0285 f_c}{14.2 f_c - 1000} \quad ; \quad \epsilon_{50h} = \frac{3}{4} g_s \sqrt{\frac{b''}{s}}$$

$$g_s = \frac{A_{50} \cdot a'' \cdot b''}{s \cdot a'' \cdot b''}$$

b"=göbek betonunun küçük boyutu

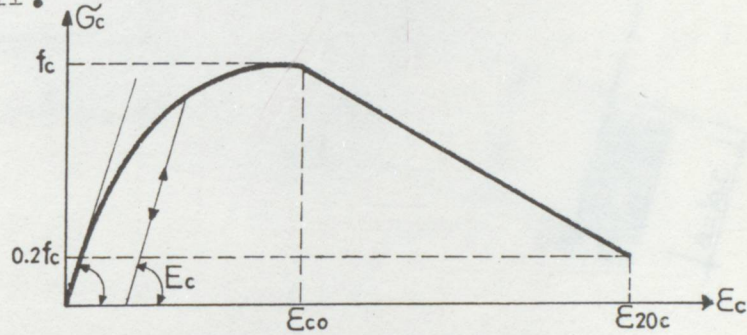
a"=göbek betonunun büyük boyutu

s=ettriye aralığı

ρ_s =ettriyenin hacımsal yüzdesi

f.4) THOMPSON VE PARK MODELİ

Aşağıda $G-E$ eğrisi verilen bu modeldeki eğri Kent ve Park modelindeki eğri ile aynıdır. Tek farkı yükün boşalması ve yeniden yüklenmesi durumunda eğrinin izleyeceği yolların belirlenmiş olmasıdır.



Boşalma sırasındaki gerilmenin %50 sine kadar inen eğrinin ilk bölümünün eğimi sonsuz, bu gerilmeden sıfır gerilmeye kadar olan bölümün eğimi ise, $0.5 \cdot E_c \cdot F_c$ olarak tanımlanmaktadır. E_c ve F_c aşağıdaki denklemlerden hesaplanmaktadır.

$$E_c = 126800 + 460 \cdot f_c$$

$$F_c = 0.80 - \frac{0.70 (E_c - 0.002)}{E_{20c} - 0.002}$$

$$E_{20c} = 1.6 (E_{50h} + E_{50u}) - 0.0012$$

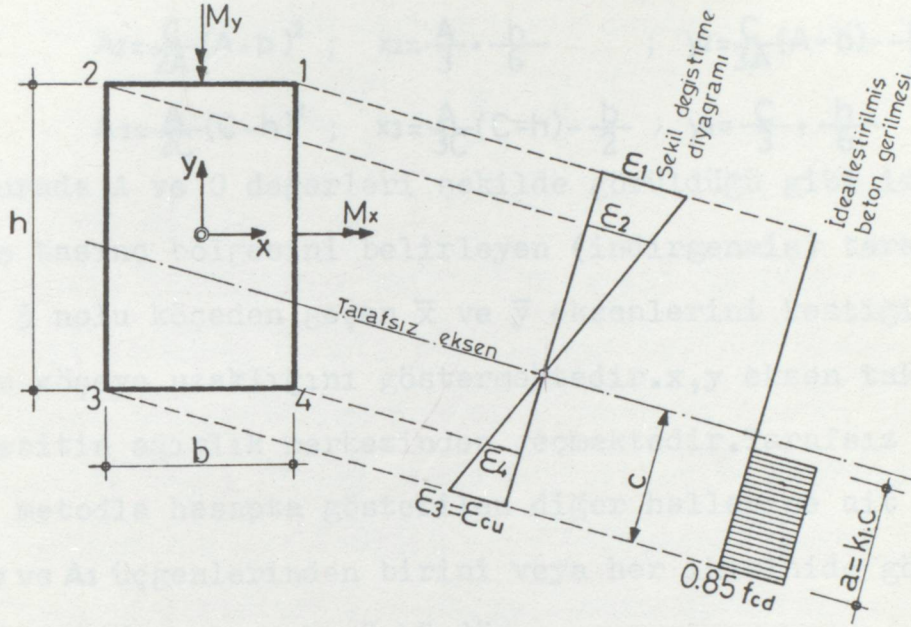
Yeniden yüklemede $G-E$ eğrisinin doğrusal olduğu ve eğimin $E_c \cdot F_c$ olduğu varsayılmaktadır.

f.5) TS 500 MODELİ

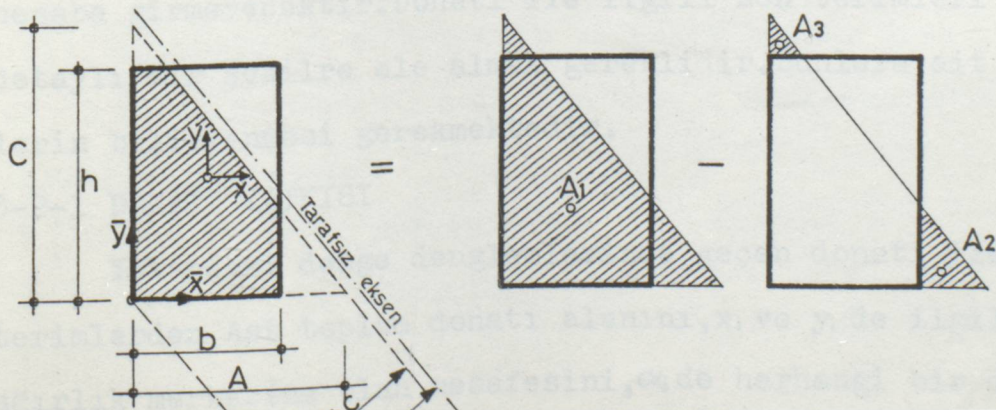
Bu modelde $G-E$ eğrisi yaklaşık bir kabulle dikdörtgen olarak idealleştirilmiştir. Çalışmada bu model üzerinde durulmuştur. Vede bu modele göre yapılan kabullerle kısa sürede çözüme varacak bilgisayar programları yazılmıştır.

3-2-DENGE DENKLEMLERİNİN TEŞKİLİ

Bu çalışmaya ait moment ve normal kuvvetin yönlerini gösteren şekil ve gerilme diyagramları aşağıda gösterilmiştir.



Taraflı eksen M_x, M_y eğilme momentleri ile b, h kesit boyutlarına bağlı olarak çeşitli konumlarda olabilir. Elastik metotla çözümde gösterilen bu şekillerden E durumu yani basınç bölgesinin beşgen olması hali buradada diğer tüm halleri özel hal olarak içeren genel bir durumdur. Bu durumda idealleştirilmiş basınç bölgesinin aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi, üç üçgenin süperpozisyonundan oluştuğu düşünülerek bu üçgenlere ait A alanları ile ağırlık merkezlerinin x, y koordinatlarının hesabı formüle edilmiştir.



$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{AC}{2} ; x_1 = \frac{A}{3} - \frac{b}{2} ; y_1 = \frac{C}{3} - \frac{h}{2} \\ A_2 &= \frac{C}{2A}(A-b)^2 ; x_2 = \frac{A}{3} + \frac{h}{6} ; y_2 = \frac{C}{3A}(A-b) - \frac{h}{2} \\ A_3 &= \frac{A}{2C}(C-h)^2 ; x_3 = \frac{A}{3C}(C-h) - \frac{b}{2} ; y_3 = \frac{C}{3} + \frac{h}{6} \end{aligned}$$

Burada A ve C değerleri şekilde görüldüğü gibi idealleştirilmiş basınç bölgesini belirleyen (indirgenmiş) tarafsız eksenin 3 nolu köşeden geçen $\bar{x}$ ve $\bar{y}$ eksenlerini kestiği noktaların bu köşeye uzaklığını göstermektedir. x, y eksen takımı ise beton kesitin ağırlık merkezinden geçmektedir. Tarafsız eksenin elastik metodla hesapta gösterilen diğer hallerine ait durumlarda A_2 ve A_3 üçgenlerinden birini veya her ikisinin de göz önüne almamakla çözüme ulaşmak mümkündür.

N, M_x ve M_y kesit zorlarının etkisinde bulunan dikdörtgen keside ait izdüşüm ve moment denge denklemleri

$$N = 0.85 f_{cd} A_1 - 0.85 f_{cd} A_2 - 0.85 f_{cd} A_3 + A_{st} \sum \alpha_i G_{si}$$

$$M_x = -0.85 f_{cd} A_1 y_1 + 0.85 f_{cd} A_2 y_2 + 0.85 f_{cd} A_3 y_3 - A_{st} \sum \alpha_i G_{si} y_i$$

$$M_y = -0.85 f_{cd} A_1 x_1 + 0.85 f_{cd} A_2 x_2 + 0.85 f_{cd} A_3 x_3 - A_{st} \sum \alpha_i G_{si} x_i$$

şeklinde ifade edilebilir. Görüldüğü gibi denge denklemlerinin

son terimlerinde donatı ile ilgili bazı büyüklükler vardır.

Ayrıca $A \ll b$ ve $C \ll d$ olması durumunda bunlara bağlı olarak A_2 ve

A_3 olanları sıfır olacağından bu terimlere ait büyüklükler

hesaba girmeyecektir. Donatı ile ilgili son terimleri daha

detaylı bir şekilde ele almak gereklidir. Bunlara ait büyüklük-

lerin belirlenmesi gerekmektedir.

3-2-1 DONATI KATKISI

Yukardaki denge denklemlerinde geçen donatı ile ilgili terimlerden A_{st} toplam donatı alanını, x_i ve y_i de ilgili donatının ağırlık merkezine olan mesafesini, α_i de herhangi bir donatı

çubuğun alanının toplam donatı alanına oranıdır. Tüm donatı çubukları aynı kalınlıkta ise $\alpha_i = 1/n$ dir. Birim uzamaların tarafsız eksenlerden uzaklıkları ile orantılı olmaları varsayımı göz önünde tutulursa herhangi bir donatıdaki gerilme

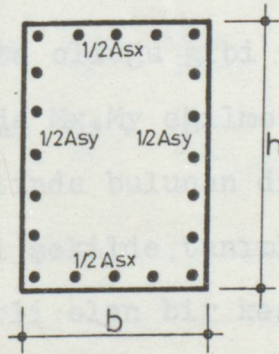
$$\sigma_{si} = E_s E_{cu} \left[1 - k_1 \left(\frac{\bar{x}_i}{A} + \frac{\bar{y}_i}{C} \right) \right]$$

şeklinde ifade edilir.

3.2.1.1. DONATI YAYILIŞININ BELİRLİ OLMAMASI HALİNDE

Kesit içindeki donatı yayılışının belirli olmaması halinde denge denklemlerine donatının katkısı A, C ve A_{st} büyüklüklerine bağlı olarak ifade edilebilir. Bu değerler zaten boyutlandırma probleminin esas değişkenleridir.

Hesap ve formülasyonun kolay olması nedeniyle uygulamada daha çok kullanılan simetrik donatılı kesitler üzerinde durulacaktır. Simetrik donatılı dikdörtgen kesitlerde toplam donatı aşağıdaki gibi idealleştirilebilir.



Burada daha önce elastik metodla çözümde uyguladığımız bir yöntemle aynı sorunu çözersek toplam donatıya A_{st} , b kenarına paralel donatıya A_{sx} , d kenarına paralel donatıya A_{sy} dersek:

$$A_{sx} = P_x \cdot A_{st}$$

$$A_{sy} = (1 - P_x) \cdot A_{st}$$

şeklinde hesaplanabilir.Yapılan incelemelerde Px değerinin

$$\lambda = \frac{M_x \cdot b}{M_y \cdot d}$$

değerine bağlı olarak alınması halinde daha ekonomik sonuçlar elde edildiği görülmüştür. λ ile Px arasındaki bağıntı

$$\lambda \ll 1 \quad \text{için} \quad R_x = \frac{\lambda^2}{2}$$

$$\lambda \gg 1 \quad \text{için} \quad R_x = 1 - \frac{1}{2\lambda^2}$$

şeklinde alınabilmektedir.Ancak bir çubuğa ait gerilmenin hesap edilebilmesi için bir sırada kaç demir olduğunun bilinmesi gerekmektedir.Eğer yaklaşık her sırada beş demir olduğunu varsayarsak o zaman denge denklemlerindeki ve

$$\alpha_x = 0.1 \cdot P_x$$

$$\alpha_y = 0.1 - \alpha_x$$

şeklinde yazılabilir.Donatının köşelere toplanması halinde $\alpha_i = 0.25$ olarak alınmalıdır.

3.3.BOYUTLANDIRMA

Elastik hesapta olduğu gibi taşıma gücü kavramına göre yapılan hesaptada M_x, M_y eğilme momentleriyle N basınç kuvvetinin etkisi altında bulunan dikdörtgen bir kesitin boyutlandırılması iki şekilde tanımlanabilir:

- a) Boyutları belirli olan bir kesitin donatısının tayini
- b) Belirli bir donatı oranı için kesit boyutlarının saptanması

Çalışmada uygulamada daha çok rastlanan donatı miktarının tayini ele alınmıştır.Boyutları,kesit karakteristikleri ve malzeme cinsi belirli olan bir kesitte donatı miktarının tayini için A,C ve A_{st} 'nin bilinmesi gerekir. Başka bir deyişle denge denklemleri bunlara bağlıdır.

$$N_k(A, C, A_{st}) - N = 0$$

$$M_{kx}(A, C, A_{st}) - M_x = 0$$

$$M_{ky}(A, C, A_{st}) - M_y = 0$$

veya

$$[M_k] - [M] = 0$$

şeklinde gösterilebilir. Buradada bu denklem takımını çözmek için genelleştirilmiş Newton-Raphson metodu kullanılacaktır. Buna göre denklemlerdeki esas değişkenleri $[X]$ matrisi altında adlandırırsak:

$$[X]_{n+1} = \begin{bmatrix} A \\ C \\ A_{st} \end{bmatrix}_{n+1} \quad [X]_n = \begin{bmatrix} A \\ C \\ A_{st} \end{bmatrix}_n$$

bilinmeyenlerin sırası ile $(n+1)$ ve n 'inci adımdaki değerlerini göstermek üzere

$$[X]_{n+1} = [X]_n - [T]^{-1}([M_k] - [M])$$

yazılabilir. Buradaki $[T]$ matrisi aşağıda gösterilmiştir.

$$[T] = \begin{bmatrix} \frac{\partial N_k}{\partial A} & \frac{\partial N_k}{\partial C} & \frac{\partial N_k}{\partial A_{st}} \\ \frac{\partial M_{ky}}{\partial A} & \frac{\partial M_{ky}}{\partial C} & \frac{\partial M_{ky}}{\partial A_{st}} \\ \frac{\partial M_{kx}}{\partial A} & \frac{\partial M_{kx}}{\partial C} & \frac{\partial M_{kx}}{\partial A_{st}} \end{bmatrix}$$

Yukarıdaki matris elemanlarını teşkil eden türevler alınmış ve sonuçları bir tablo yardımıyla gösterilmiştir. Bu tabloda beton ve donatının etkileri ayrı ayrı alınmış ve gösterilmiş olup beton etkisinde tarafsız eksenin konumuna bağlı olarak hesaplanmıştır.

TERİM	BETON KATKISI (Çarpan : 007 fcd)			DONATI KATKISI (Çarpan : Ecu Es k1)
	GENEL	A) b için	C) h için	
$\frac{\partial N_k}{\partial A}$	6C	$-\frac{6C}{A^2} (A^2 - b^2)$	$-\frac{6(C-h)^2}{C}$	$\frac{A_{st}}{A^2} \sum \alpha_i \bar{X}_i$
$\frac{\partial M_{ky}}{\partial A}$	C(3b-4A)	$\frac{C}{A^2} (A-b) \left[2(A-b)(2A+b) + 3b(A+b) \right]$	$\frac{(C-h)^2}{C} \left[\frac{4A}{C} (C-h) - 3b \right]$	$\frac{A_{st}}{A^2} \sum \alpha_i \bar{X}_i X_i$
$\frac{\partial M_{kx}}{\partial A}$	C(3h-2C)	$\frac{C}{A^2} (A^2 - b^2) \left[\frac{2C}{A} (A-b) - 3h \right]$	$-\frac{(C-h)^2}{C} (2C+h)$	$\frac{A_{st}}{A^2} \sum \alpha_i \bar{X}_i Y_i$
$\frac{\partial N_k}{\partial C}$	6A	$-\frac{6(A-b)^2}{A}$	$-\frac{6A}{C^2} (C^2 - h^2)$	$\frac{A_{st}}{C^2} \sum \alpha_i \bar{Y}_i$
$\frac{\partial M_{ky}}{\partial C}$	A(3b-2A)	$\frac{(A-b)^2}{A} (2A+b)$	$-\frac{A}{C^2} (C^2 - h^2) \left[\frac{2A}{C} (C-h) - 3b \right]$	$\frac{A_{st}}{C^2} \sum \alpha_i \bar{Y}_i X_i$
$\frac{\partial M_{kx}}{\partial C}$	A(3h-4C)	$\frac{(A-b)^2}{A} \left[\frac{4C}{A} (A-b) - 3h \right]$	$\frac{A}{C^2} (C-h) \left[2(C-h)(2C+h) + 3h(C+h) \right]$	$\frac{A_{st}}{C^2} \sum \alpha_i \bar{Y}_i Y_i$
$\frac{\partial N_k}{\partial A_{st}}$	—	—	—	$-\sum \alpha_i \sigma_{si}$
$\frac{\partial M_{ky}}{\partial A_{st}}$	—	—	—	$-\sum \alpha_i \sigma_{si} X_i$
$\frac{\partial M_{kx}}{\partial A_{st}}$	—	—	—	$-\sum \alpha_i \sigma_{si} Y_i$

Beton ve donatının [T] matrisine katkısı ayrı ayrı gösterilmiştir. Tarafsız çeşitli konumlarını göz önüne almak için beton katkısı terimleri üç ayrı grupta toplanmıştır. Donatı katkısı terimlerinin hesabında çubuklardaki gerilmeler her defasında kontrol edilmeli ve eğer herhangi bir çubuktaki gerilme akma gerilmesinden büyük ise bu çubuğun tablonun ilk altı satırındaki terimlere katkısı gözönüne alınmamalıdır. Çünkü bu durumda çubuğun gerilmesi A ve C değerlerinden bağımsız olmaktadır.

Newton-Raphson yöntemi uygulanırken her adımda invers alınması gerekmez. Bunun yerine her adımda

$$[T][\Delta X] = [M_k] - [M]$$

denklemini çözülerek

$$[X]_{n+1} = [X]_n - [\Delta X]$$

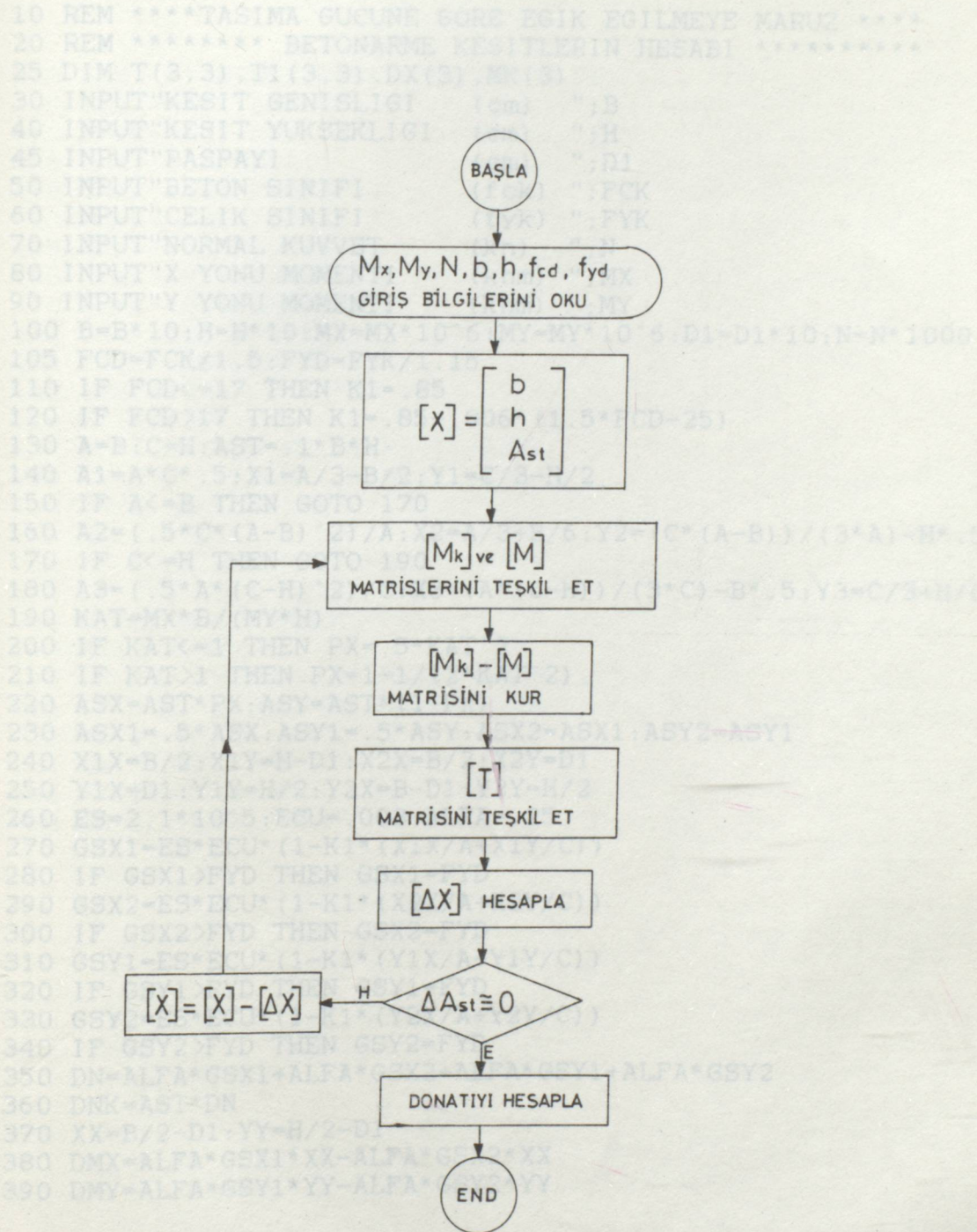
formülü kullanılabilir. Burada $[\Delta X]$ matrisi

$$[\Delta X] = \begin{bmatrix} \Delta A \\ \Delta C \\ \Delta A_{st} \end{bmatrix}$$

dir. Başlangıç olarak A, C ve Ast için birer değer kabul etmek gerekmektedir. Yapılan incelemeler ve çalışmalar bu kabullerin $A=b$: $C=h$ ve $A_{st}=0.01.b.h$ olarak alınabileceğini göstermiştir.

3.4 BİLGİSAYAR PROGRAMININ DÜZENLENMESİ

Yukarıda anlatılanlar bir bilgisayar programı yardımıyla programlandığında bize sadece giriş bilgilerini vermek kalır. Böyle bir programa ait akış diyagramı ve daha sonrada bu akış diyagramına ait program listesi aşağıda verilmiştir. Ayrıca sayısal bir örneğe ait bilgisayar çıktısı da verilmiştir.



AKIŞ DİYAGRAMI


```
10 REM ****TASIMA GUCUNE GORE EGİK EGILMEYE MARUZ ****
20 REM ***** BETONARME KESİTLERİN HESABI *****
25 DIM T(3,3),T1(3,3),DX(3),MK(3)
30 INPUT"KESİT GENİSLİĞİ      (cm)  ";B
40 INPUT"KESİT YÜKSEKLİĞİ    (cm)  ";H
45 INPUT"PASPAYI              (cm)  ";D1
50 INPUT"BETON SINIFI        (fck)  ";FCK
60 INPUT"ÇELİK SINIFI        (fyk)  ";FYK
70 INPUT"NORMAL KUVVET       (kn)   ";N
80 INPUT"X YONU MOMENTİ      (knm)  ";MX
90 INPUT"Y YONU MOMENTİ      (knm)  ";MY
100 B=B*10:H=H*10:MX=MX*10^6:MY=MY*10^6:D1=D1*10:N=N*1000
105 FCD=FCK/1.5:FYD=FYK/1.15
110 IF FCD<=17 THEN K1=.85
120 IF FCD>17 THEN K1=.85-.006*(1.5*FCD-25)
130 A=B:C=H:AST=.1*B*H
140 A1=A*C*.5:X1=A/3-B/2:Y1=C/3-H/2
150 IF A<=B THEN GOTO 170
160 A2=(.5*C*(A-B)^2)/A:X2=A/3+B/6:Y2=(C*(A-B))/(3*A)-H*.5
170 IF C<=H THEN GOTO 190
180 A3=(.5*A*(C-H)^2)/C:X3=(A*(C-H))/(3*C)-B*.5:Y3=C/3+H/6
190 KAT=MX*B/(MY*H)
200 IF KAT<=1 THEN PX=.5*KAT^2
210 IF KAT>1 THEN PX=1-1/(2*KAT^2)
220 ASX=AST*PX:ASY=AST*(1-PX)
230 ASX1=.5*ASX:ASY1=.5*ASY:ASX2=ASX1:ASY2=ASY1
240 X1X=B/2:X1Y=H-D1:X2X=B/2:X2Y=D1
250 Y1X=D1:Y1Y=H/2:Y2X=B-D1:Y2Y=H/2
260 ES=2.1*10^5:ECU=.003:ALFA=.25
270 GSX1=ES*ECU*(1-K1*(X1X/A+X1Y/C))
280 IF GSX1>FYD THEN GSX1=FYD
290 GSX2=ES*ECU*(1-K1*(X2X/A+X2Y/C))
300 IF GSX2>FYD THEN GSX2=FYD
310 GSY1=ES*ECU*(1-K1*(Y1X/A+Y1Y/C))
320 IF GSY1>FYD THEN GSY1=FYD
330 GSY2=ES*ECU*(1-K1*(Y2X/A+Y2Y/C))
340 IF GSY2>FYD THEN GSY2=FYD
350 DN=ALFA*GSX1+ALFA*GSX2+ALFA*GSY1+ALFA*GSY2
360 DNK=AST*DN
370 XX=B/2-D1:YY=H/2-D1
380 DMX=ALFA*GSX1*XX-ALFA*GSX2*XX
390 DMY=ALFA*GSY1*YY-ALFA*GSY2*YY
```


400 REM *** DENGİ DENKLEMLERİNİN TESKİLİ ***

405 DMXK=-AST*DMX

410 DMYK=-AST*DMY

420 GNK=.85*FCD*A1

430 GMXK=-.85*FCD*A1*Y1

440 GMYK=-.85*FCD*A1*X1

450 ANK=-.85*FCD*A2

460 AMXK=.85*FCD*A2*Y2

470 AMYK=.85*FCD*A2*X2

480 CNK=-.85*FCD*A3

490 CMXK=.85*FCD*A3*Y3

500 CMYK=.85*FCD*A3*X3

510 MK(1)=GNK

520 IF A>B THEN MK(1)=MK(1)+ANK

530 IF C>H THEN MK(1)=MK(1)+CNK

540 MK(1)=MK(1)+DNK

550 MK(2)=GMYK

560 IF A>B THEN MK(2)=MK(2)+AMYK

570 IF C>H THEN MK(2)=MK(2)+CMYK

580 MK(2)=MK(2)+DMYK

590 MK(3)=GMXK

600 IF A>B THEN MK(3)=MK(3)+AMXK

610 IF C>H THEN MK(3)=MK(3)+CMXK

620 MK(3)=MK(3)+DMXK

630 MK(1)=MK(1)-N

640 MK(2)=MK(2)-MY

650 MK(3)=MK(3)-MX


```

660 REM *** TUREV MATRISININ TESKILI ***
665 GNAT=.85*FCD*C*6/12
670 ANAT=-.85*FCD*6*C*(A^2-B^2)/(A^2*12)
680 CNAT=-.85*FCD*6*(C-H)^2/(12*C)
690 DNAT=ECU*ES*K1*AST*(ALFA*B+ALFA*D1+ALFA*(B-D1))/A^2
700 GMYAT=.85*FCD*C*(3*B-4*A)/12
710 AMYAT=.85*FCD*C*(4*A^3-3*B*A^2+B^3)/(12*A^2)
720 CMYAT=.85*FCD*((C-H)^2/C)*(4*A*(C-H)/C-3*B)*1/12
730 DMYAT=ECU*ES*K1*AST*(ALFA*D1*(-B/2+D1)+ALFA*(B-D1)*(B/2-D1))/A^2
740 GMXAT=.85*FCD*C*(3*H-2*C)/12
750 AMXAT=.85*FCD*C*(2-6*B^2*C/A^2+4*C*B^3/A^3-3*H+3*B^2*H/A^2)/12
760 CMXAT=.85*FCD*(C-H)^2*(2*C+H)/(12*C)
770 DMXAT=ECU*ES*AST*K1*(ALFA*B*(H/2-D1)/2-ALFA*B*(H/2-D1)/2)/A^2
780 GNCT=.85*FCD*6*A/12
790 ANCT=-.85*FCD*6*(A-B)^2/(12*A)
800 CNCT=-.85*FCD*6*A*(C^2-H^2)/(12*C)
810 DNCT=ECU*ES*K1*AST*(ALFA*(H-D1)+ALFA*D1+ALFA*H)/C^2
820 GMYCT=.85*FCD*A*(3*B-2*A)/12
830 AMYCT=.85*FCD*(A-B)^2*(2*A+B)/(12*A)
840 CMYCT=.85*FCD*A*(2-6*H^2*A/C^2+4*A*H^3/C^3-3*B+3*H^2*B/C^2)/12
850 DMYCT=ECU*ES*K1*AST*(ALFA*(H/2)*(B/2-D1)-ALFA*H*(B/2-D1)/2)/C^2
860 GMXCT=.85*FCD*A*(3*H-4*C)/12
870 AMXCT=.85*FCD*(A-B)^2*(4*C*(A-B)/A-3*H)/(12*A)
880 CMXCT=.85*FCD*A*(4*C^3-3*H*C^2+H^3)/(12*C^2)
890 DMXCT=ECU*ES*K1*AST*(ALFA*(H-D1)*(H/2-D1)-ALFA*D1*(H/2-D1))/C^2
900 DNST=DN
910 DMXAST=GSX1*ALFA*(H/2-D1)-GSX2*ALFA*(H/2-D1)
920 DMYAST=GSY1*ALFA*(B/2-D1)-GSY2*ALFA*(B/2-D1)
930 T(1,1)=GNAT
940 IF A>B THEN T(1,1)=T(1,1)+ANAT
950 IF C>H THEN T(1,1)=T(1,1)+CNAT
960 T(1,1)=T(1,1)+DNAT
970 T(1,2)=GNCT
980 IF A>B THEN T(1,2)=T(1,2)+ANCT
990 IF C>H THEN T(1,2)=T(1,2)+CNCT
1000 T(1,2)=T(1,2)+DNCT
1010 T(1,3)=DNAST
1020 T(2,1)=GMYAT
1030 IF A>B THEN T(2,1)=T(2,1)+AMYAT
1040 IF C>H THEN T(2,1)=T(2,1)+CMYAT
1050 T(2,1)=T(2,1)+DMYAT
1060 T(2,2)=GMYCT
1070 IF A>B THEN T(2,2)=T(2,2)+AMYCT
1080 IF C>H THEN T(2,2)=T(2,2)+CMYCT
1090 T(2,2)=T(2,2)+DMYCT
1100 T(2,3)=-DMYAST
1110 T(3,1)=GMXAT
1120 IF A>B THEN T(3,1)=T(3,1)+AMXAT
1130 IF C>H THEN T(3,1)=T(3,1)+CMXAT
1140 T(3,1)=T(3,1)+DMXAT
1150 T(3,2)=GMXCT
1160 IF A>B THEN T(3,2)=T(3,2)+AMXCT
1170 IF C>H THEN T(3,2)=T(3,2)+CMXCT
1180 T(3,2)=T(3,2)+DMXCT
1190 T(3,3)=-DMXAST

```



```
1200 REM *** BILINMEYENLERIN HESABI ***
1210 FOR I=1 TO 3
1220 T1(I,I)=1:NEXT I
1230 FOR J=1 TO 3
1240 Z=T(J,J)
1250 FOR K=1 TO 3
1260 T1(J,K)=T1(J,K)/Z
1270 T(J,K)=T(J,K)/Z
1280 NEXT K
1290 FOR I=1 TO 3
1300 P=T(I,J)
1310 IF I=J THEN 1360
1320 FOR K=1 TO 3
1330 T1(I,K)=T1(I,K)-P*T1(J,K)
1340 T(I,K)=T(I,K)-P*T(J,K)
1350 NEXT K
1360 NEXT I:NEXT J
1370 FOR I=1 TO 3
1380 FOR K=1 TO 3
1390 DX(I)=DX(I)+T1(I,K)*MK(K)
1400 NEXT K:NEXT I
1410 IF DX(3)>0 THEN GOTO 1440
1420 A=A-DX(1):C=C-DX(2):AST=AST-DX(3)
1430 GOTO 140
1440 GOSUB 2000
1450 END
```

1450 END

1450 END

1450 END

1450 END

1450 END

1450 END

1450 END

1450 END

1450 END

1450 END

1450 END

1450 END


```
2000 REM *** DONATI HESABI ***
2010 ND=N:MXD=MX:MYD=MY:FCK=FCK*10:FYK=FYK*10
2020 N=ND*10/(B*H*FCK)
2030 MX=MXD*10/(B*H^2*FCK)
2040 MY=MYD*10/(B^2*H*FCK)
2050 IF FYK>2500 THEN GOTO 2200
2060 IF N>=.2 THEN GOTO 2110
2070 K=(3-6.65*N)*MY+2.65*N+.1
2080 M=MX+K*MY
2090 MU=2.86*M+2.92*N^2-1.48*N
2100 GOTO 2330
2110 IF N>.3 THEN GOTO 2160
2120 K=(-1.33+15*N)*MY-1.4*N+.91
2130 M=MX+K*MY
2140 MU=2.92*M-.192
2150 GOTO 2330
2160 K=(3.67-1.67*N)*MY+.85-1.2*N
2170 M=MX+K*MY
2180 MU=2.92*M+.62*N^2+.254*N-.33
2190 GOTO 2330
2200 IF N>=.2 THEN GOTO 2250
2210 K=(2-6.65*N)*MY+2.65*N+.2
2220 M=MX+K*MY
2230 MU=2.86*M+2.92*N^2-1.48*N
2240 GOTO 2330
2250 IF N>.3 THEN GOTO 2300
2260 K=(-4.33+25*N)*MY-2.05*N+1.14
2270 M=MX+K*MY
2280 MU=2.92*M-.192
2290 GOTO 2330
2300 K=(3.67-1.67*N)*MY+.75-.75*N
2310 M=MX+K*MY
2320 MU=2.92*M+.62*N^2+.254*N-.32
2330 AS=MU*B*H*FCK/(FYK*100)
2340 PRINT"TOPLAM DONATI      Ast=";AS;"cm2"
2350 RETURN
```


3.3 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmada çeşitli çubuklar ile yapılan deneyler

ve çalışmalar neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

BUN			
KESİT GENİSLİĞİ	(cm)	?	40
KESİT YUKSEKLİĞİ	(cm)	?	40
PASPAYI	(cm)	?	4
BETON SINIFI	(fck)	?	25
CELİK SINIFI	(fyk)	?	400
NORMAL KUVVET	(kn)	?	800
X YONU MOMENTİ	(knm)	?	120
Y YONU MOMENTİ	(knm)	?	120
TOPLAM DONATI	Ast= 19.78748 cm ²		

Ok

3.5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmada çeşitli örnekler üzerinde yapılan incelemeler ve çalışmalar meticesinde şu görüşleri sıralayabiliriz.

a)Yapılan çok sayıda uygulamada açıklanan ardışık yaklaşım yöntemi hızlı olarak yakınsaktır.Uygulamalarda 2. veya 3.adım sonuçlarının %3 den az hatalı oldukları ve daha kesin sonucun 4 ve 5. adımlarda alındığı saptanmıştır.

b)Metod donatı yayılışının belirli olmaması halindede uygulanmakta olup Px değeri göz önünde tutuldunda hata oranının % 3 ün altında olduğu gözlenmiştir.

c)Çubuk sayısının az tutulması ve donatının köşelere toplanması halinde daha ekonomik sonuçlar elde edilmektedir.Ancak donatı yayılışının hesaba katkısı çok azdır.

d)Normal kuvvetin küçük olması halinde tarafsız eksen kesitinin dışında çıkar bu durumda [T] matrisine ait elamanlar A ve C değerlerinden bağımsız olurlar ve matris tekil olur.Bu durumda bu metod uygulanmaz

e)Beton basınç gerilmesi diyagramının dikdörtgen olarak alın hesapların buna göre yapılması gerçek teirlere yakın sonuçlar vermiş olup hata emniyetli yönden olmakla beraber ancak % 5 mertebesisine ulaşmaktadır.

f)Donatı düzenlenmesinde Px değerinin göz önünde bulundurulması ve 8 veya daha çok demir kullanılması halinde hata % 3 ün altında kalmaktadır. Demir seçimindeki yuvarlatmalar gözönüne alındığında bunun o kadar büyük bir oran olmadığı anlaşılmaktadır.

g)Kuramsal olarak kesin sonucun bulunması istenirse yukarıda verilen yaklaşık formüller kullanılarak elde edilen sonuca

göre donatı seçilip daha sonra donatı yayılımı belirli bir kesitin hesabı yeniden yapılarak kesin sonuca daha yakın sonuçlar elde edilebilir.

h)Donatı olarak 4 demir kullanıldığında emniyetli yönde ve en fazla % 15 e yaklaşan hatalı sonuçlar vermektedir.Böyle durumlarda $\alpha_i=0.25$ alınarak hata % 3-5 mertebesine indirilebilir.

ÖZGEÇMİŞ

1960 ERZİNCAN doğumluyum.İlkokul öğrenimime 1968-1969 öğretim yılında Emin Ali Yaşın ilkokulunda başladım.Daha sonra 4.sınıfta Esenler Ayvalıdere İlkokuluna nakil yaptırarak bu okuldan 1972-1973 öğrenim yılında mezun oldum. Ortaokula 1973-1974 öğrenim yılında Esenler Ayvalıdere ortaokulunda başladım.Bu okuldan 1975-1976 öğrenim yılında mezun oldum.Daha sonra 1976-1977 öğrenim yılında Bahçelievler Lisesinde lise öğrenimime başladım ve 1978-1979 öğrenim yılındada buradan mezun oldum.

Lisans öğrenimime 1979-1980 öğrenim yılında İstanbul Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat (gece) bölümünde başladım.Burada öğrenimime 5 yıl devam ettikten sonra 1984-1985 öğrenim yılında mezun oldum.

1984-1985 öğrenim yılında Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü LİSANSÜSTÜ İNŞAAT-YAPI dalında lisansüstü öğrenimime başladım.Şu anda bir arkadaşım ile beraber açmış olduğumuz bir proje bürosunda statik proje üzerine çalışmaktayım.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. B.LÖSER :Bemessungsverfahren,17. Auflage, Wilhelm Ernst Sohn, Berlin 1962
2. W.SAGER :Der Bauingenier,Heft 21/23 Juni 1941
3. E.OUVRIER :Stahlbetonsaulen, 4. Auflage, Werner Verlag, Düsseldorf 1966
4. J.RÜDINGER :Beton und Eisen S. 345-350 ,1940
5. B.BRESLER :Journal of the A.C.I Vol.57,Nov. 1960
6. A.ÇAKIROĞLU :Malzeme ve Geometri Değişimi Bakımından
E.ÖZER Lineer Olmayan Sistemler. İstanbul 1980
7. DIN 1045 :Bemessung von Beton-und Stahlbetonbaute-
ilen Januar 1972
8. U.ERSOY :Betonarme Yapıların Taşıma Gücü İlkesiyle
Hesap ve Yapım Kuralları. Ankara 1978
9. CEB :CEB Bulletin D'Information No.111 Oct 1975
10. G.ÖZMEN :Eğik eğilme Etkisindeki Dikdörtgen Kolon
Kesitlerinin Elastik Hesabı İstanbul 1978
- 11.M.KARAKOÇ :Yayımlanmamış Bir Çalışma.
12. M.İPEK :Genel Betonarme Kesitlerin Taşıma Gücü
F.AYTEMİZ İlkesine Göre Hesap. İstanbul 1983



