

KARADENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

K.Ü.
MERKEZ KÜTÜPHANESİ
Dem. No: 10565
Flattı : 100

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GEOTEKNİK DALI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

TEZ NUMARASI

Genel :
Anabilim dalı :
Program :

SERİT TEMELLERİN ÇÖZÜMÜ ÜZERİNE

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Melike ALTINTAŞ

Yönetici: Doç.Dr. Bayram Ali UZUNER

TRABZON, 1987

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın her aşamasında bana yol gösteren ve büyük yardımlarını gördüğüm Hocam Sayın Doç.Dr.Bayram Ali UZUNER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Bilgisayar çalışmalarında bana yardımcı olan Hocam Sayın Dr. Ümit Uzman'a ve tezi daktilo eden Orhan Topsakal'a teşekkür ederim.

Bilgisayar hesapları Karadeniz Üniversitesi Elektronik Hesap Bilimleri Enstitüsünde (EHBE) gerçekleştirilmiştir.

Melike ALTINTAŞ

1987 - Trabzon

İÇİNDEKİLER

ÖZET	IV
BÖLÜM-1	
GİRİŞ.....	1
1. TEMELLER ÜZERİNE GENEL BİLGİLER	1
1.1. TEMELLERİN TANIMI.....	1
1.2. TEMELLERİN SAĞLAMASI GEREKEN KOŞULLAR	1
1.2.1. Taşıma gücü koşulu	1
1.2.2. Oturma koşulu	14
1.2.3. Ekonomiklik koşulu	20
1.3. TEMELLERİN SINIFLANDIRILMASI	20
BÖLÜM-2	
2. ŞERİT TEMELLER	23
2.1. ŞERİT TEMELLERİN SINIFLANDIRILMASI.....	23
2.1.1. Duvaraltı veya perdealtı şerit temelleri.....	23
2.1.2. Kolonaltı şerit temeller	26
BÖLÜM-3	
3. ŞERİT TEMELLERİN HESAP YÖNTEMLERİ	28
3.1. TEK DOĞRULTUDAKİ ŞERİT TEMELLERİN HESAP YÖNTEMLERİ	28
3.1.1. Rijit Kabul	29
3.1.2. Esnek Kabul	31
3.1.3. Yatak Katsayısı Yöntemi	32
3.1.4. Sonlu Farklar Yöntemi	42
3.2. İKİ DOĞRULTUDAKİ ŞERİT TEMELLERİN HESAP YÖNTEMLERİ.....	45
3.2.1. Yaklaşık Yöntem	46
3.2.2. Kesin Yöntem.....	47

BÖLÜM-4

4. ŞERİT TEMELLERİN PROJELENDİRİLMESİNDE YAPILAN DENETİMLER (TAHKİKLER).....	48
4.1. TAŞIMA GÜCÜ DENETİMİ	48
4.2. BOYUNA EĞİLME DENETİMİ	48
4.3. ENİNE KAYMA DENETİMİ	49
4.4. BOYUNA KAYMA DENETİMİ	50
4.5. ENİNE EĞİLME DENETİMİ	51

BÖLÜM-5

5. TEK DOĞRULTUDA ŞERİT TEMELLERE AİT SAYISAL BİR ÖRNEK	52
5.1. RİJİT KABUL İLE ÇÖZÜM	53
5.2. ESNEK KABUL İLE ÇÖZÜM	56
5.3. YATAK KATSAYISI YÖNTEMİ İLE ÇÖZÜM	58
5.4. SONLU FARKLAR YÖNTEMİ İLE ÇÖZÜM	61

BÖLÜM-6

SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR	66
-------------------------------	----

KAYNAKLAR	68
-----------------	----

EK-I YATAK KATSAYISI BİLGİSAYAR PROGRAMININ KULLANIMI.....	71
EK-II PROGRAMIN LİSTESİ	72
EK-III SONLU FARKLAR BİLGİSAYAR PROGRAMININ KULLANIMI	74
EK-IV PROGRAMIN LİSTESİ	75

Ö Z E T

Bu çalışmada, Şerit temeller çeşitli yönleriyle incelenmiştir. Türkiye'de İnşaat Mühendisliği lisans düzeyindeki eğitimde çok az değinilen veya değinilmeyen, Türkçe kaynaklarda eksik, bölük-pörçük verilen şerit temeller, bu çalışmada derli-toplu olarak işlenmiştir.

Birinci bölümde temellerle ilgili genel bilgiler özetlenerek verilmiştir. İkinci bölümde şerit temellerle ilgili bilgiler özetlenmiştir. Üçüncü bölümde şerit temellerle ilgili başlıca dört yöntem ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Dördüncü bölümde şerit temellerin projelendirilmesinde yapılan denetimler verilmiş olup, beşinci bölümde bütün yöntemlerle bir örnek çözüm yer almıştır. Altıncı bölümde sonuçlar tartışılmıştır.

Bu çalışmanın, Türk İnşaat Mühendisliği alanında bir boşluğu dolduracağı ve özellikle pratikte çalışan inşaat mühendislerine yararlı olacağına inanılmaktadır.

B Ö L Ü M - 1

GİRİŞ

1. TEMELLER ÜZERİNE GENEL BİLGİLER

1.1. TEMELLERİN TANIMI

Temeller, yapıdan gelen yükleri kendi ağırlığı ile birlikte emniyetle zemine ileten elemanlardır. Bunlar; bina temelleri, köprü temelleri, baraj temelleri, yol temelleri vs. olabilirler.

Günümüzde çoğunlukla beton veya betonarme olarak yapılan bina temelleri; kolon, duvar veya döşemelerden aldıkları yükleri, tür, boyut ve derinliklerinin değişmesiyle zeminin taşıyabileceği gerilmelere çevirirler.

1.2. TEMELLERİN SAĞLAMASI GEREKEN KOŞULLAR

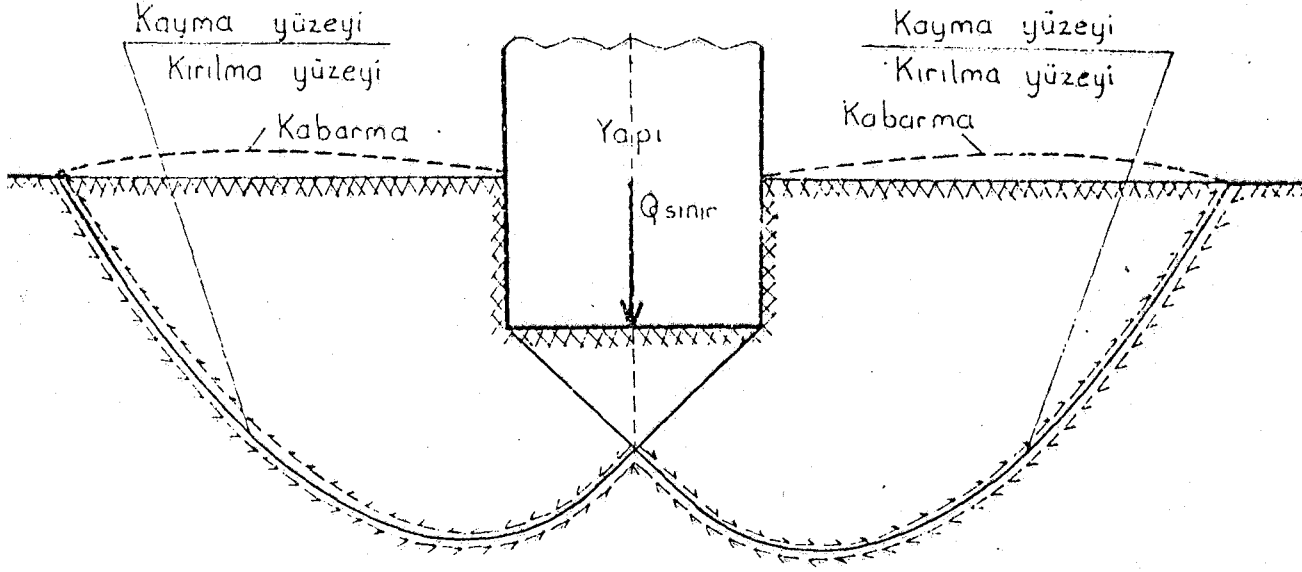
Hangi tür temel seçilirse seçilsin, temellerin sağlaması gerekli üç koşul vardır.

- Taşıma gücü koşulu,
- Oturma koşulu,
- Ekonomiklik koşulu.

1.2.1. Taşıma Gücü Koşulu:

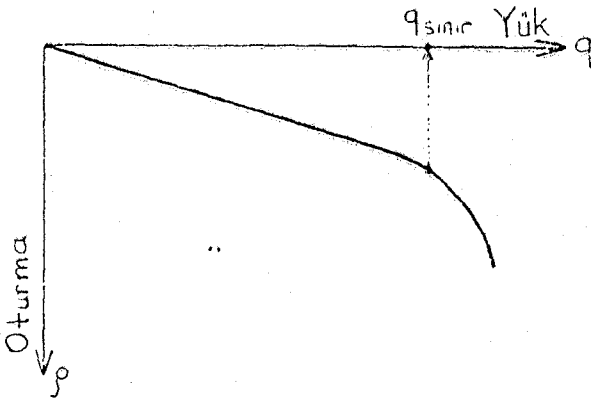
Temel zemini ya da temel, aktarılan yükleri emniyetle taşımalıdır. Temel zemininde kırılma, göçme meydana gelmemeli ve böyle olaylara karşı belli bir güvenlik bulunmalıdır. Bir temel, gittikçe artan

biçimde yüklendiğinde (Şekil 1.2) öyle bir an gelir ki, temel daha fazla yük taşıyamaz, büyük oturmalar yapar. Temel zemininde kırılma yüzeyleri oluşur (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Zeminde göçme (kırılma) olayı.

Bu olaya temelin göçmesi veya temel zemininin göçmesi, kırılması denilir. Göçme anında temelin taşıdığı yük, temel taban alanına bölünürse, sınır taşıma gücü elde edilir.



Şekil 1.2. Temelde oturma-yük ilişkisi.

$$q_{\text{sınır}} = \frac{Q_{\text{sınır}}}{A} \quad (1.1)$$

$q_{\text{sınır}}$: Göçme anında temelin birim alanının taşıyabileceği yük,

$Q_{\text{sınır}}$: Temelin göçme anında taşıyabileceği maksimum yük,

A: Temel taban alanı

Emin taşıma gücü (zemin emniyet gerilmesi), sınır taşıma gücünün 2-5 arasında değişen bir güvenlik sayısına bölünmesi ile bulunur.

$$q_{\text{emin}} = \frac{q_{\text{sınır}}}{G_s} \quad (1.2)$$

q_{emin} Emin taşıma gücü (zemin emniyet gerilmesi),

G_s : Güvenlik sayısı

Zeminin emin taşıma gücü q_{emin} başlıca üç şekilde belirlenebilir.

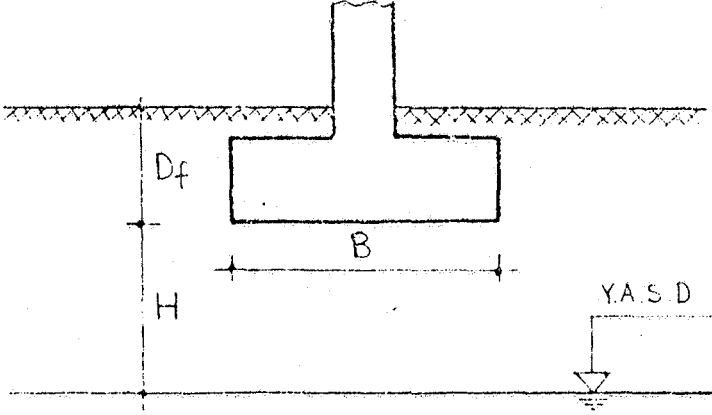
1. Terzaghi Taşıma Gücü Formülü ile:

Taşıma gücü konusunda esas teori, Terzaghi (1943)'e aittir. Terzaghi'den sonra ortaya atılan Taşıma Gücü Teorileri, Terzaghi'nin Teorisine benzerdirler. Terzaghi Taşıma Gücü Formülü en genel biçimi ile aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$q_{\text{sınır}} = k_1 c N_c + p'_0 N_q + k_2 \gamma B N_\gamma \quad (1.3)$$

c: Zeminin kohezyonu, $N_c - N_q - N_\gamma$: zeminin içsel sürtünme açısı ϕ' 'ye bağlı boyutsuz taşıma gücü katsayıları, p'_0 : temel taban düzeyinde düşey efektif gerilme, $k_1 - k_2$: temel şekil katsayıları, γ : temel tabanındaki zeminin birim hacim ağırlığı, B: şerit temellerde temel genişliği, kare temellerde bir kenarın uzunluğu, dairesel temelde çap, dikdörtgen temelde genişliktir

Zemin birim hacim ağırlığı, zeminde suyun olması veya olmaması durumlarına göre düzeltilir veya aynen alınır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Y.A.S.D. (yeraltı su düzeyi) durumu

$$H > B \quad \text{ise} \quad \gamma = \gamma_n \quad (1.4)$$

$$H \leq 0 \quad \text{ise} \quad \gamma' = \gamma_d - 1 \quad (1.5)$$

$0 < H < B$ ise enterpolasyon (doğrusal orantı) yapılır.

γ_n : Zeminlerin doğal birim hacim ağırlığı, γ_d : Suyu doymuş zeminin birim hacim ağırlığı, γ' : Suyu doymuş zeminin efektif birim hacim ağırlığı.

Terzahi Taşıma Gücü formülünde görüldüğü gibi; taşıma gücü; zeminin içsel sürtünme açısına, kohezyonuna, birim hacim ağırlığına, temel genişliğine ve şekline bağlıdır.

Sınır taşıma gücü bulunduktan sonra, (1.2) bağıntısı ile emin taşıma gücü elde edilir.

2. Arazi Deneyleri ile.

Başlıca üç arazi deneyi ile emin taşıma gücü belirlenebilir.

Plâka Yükleme Deneyi, Standart Penetrasyon Deneyi, Hollanda Koni Deneyi.

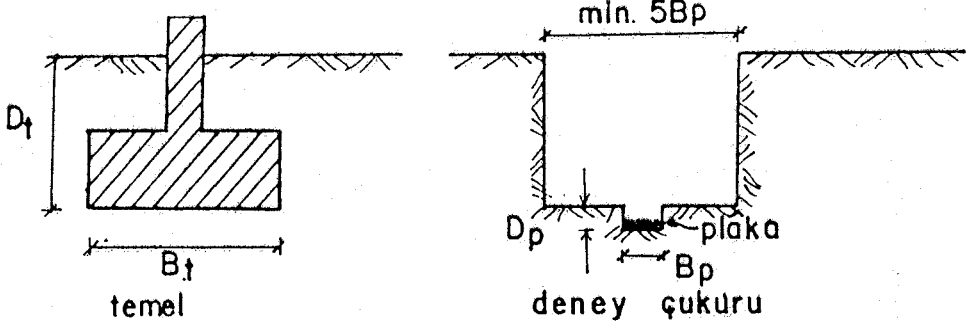
a) Plâka Yükleme Deneyi (PLT):

Bu deney, zeminin emin taşıma gücünün, temellerin muhtelif oturmalarının ve zemine ait bazı parametrelerin belirlenmesi (zemin elâstisite modülü, zemin yatak katsayısı, vb.) için yapılan bir arazi deneyidir. Deneyin özü, temel taban düzeyinde, rijit bir plâkanın adım adım yüklenmesi ve bu yüklemeler altında plâkanın yaptığı oturmaların ölçülmesidir. Deneyde kullanılacak plâka, kare veya daire, vb. biçimli olabilir. Çelikten yapılan plâkanın kenar uzunluğu veya çapı 30, 45, 60, 75 cm. olabilir. Kalınlığı minimum 2.5 cm. (1 inch) olmalıdır (Terzaghi ve Peck, 1967). Deney hakkında birçok kaynakta ayrıntılı bilgi edinilebilir (Uzuner, 1986; vs.). Deney için açılan çukurun genişliği, plâka genişliğinin en az beş katı kadar olmalıdır (Şekil 1.4). Ayrıca aşağıdaki ilişkinin sağlanması istenilir.

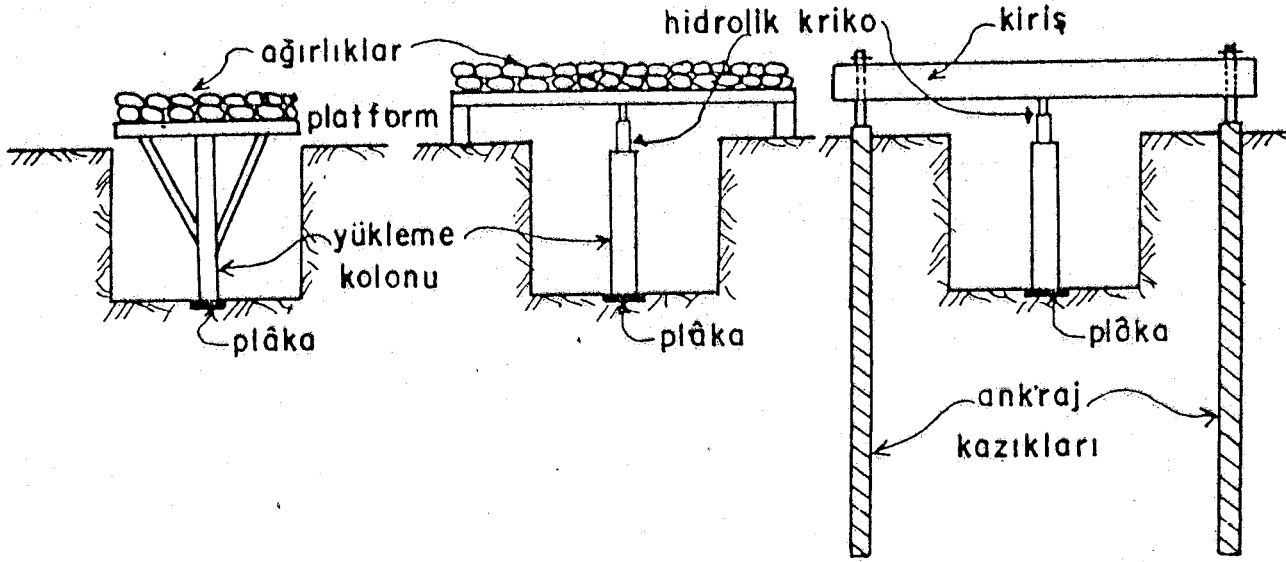
$$\frac{D_t}{B_t} = \frac{D_p}{B_p} \quad (1.6)$$

D_t : Temel derinliği, B_t : Temel genişliği, B_p : Plâka genişliği, D_p : Plâka derinliği.

Plâkanın oturacağı alan hazırlanırken, zeminin örselenmemesine, bozulmamasına özen gösterilmelidir. Çünkü, deney sonuçları plâka genişliğinin iki katından daha az bir zemin kalınlığının özelliklerini yansıtmaktadır. Plâkanın yüklenmesi için çeşitli düzenler kullanılabilir. Plâka ya doğrudan veya bir yerden hidrolik kriko (veren) ile tepki (reaksiyon) alınarak yüklenebilir. Şekil 1.5'de çeşitli yükleme düzenleri görülmektedir.



Şekil 1.4. Temel ve plâka yükleme deney çukuru.

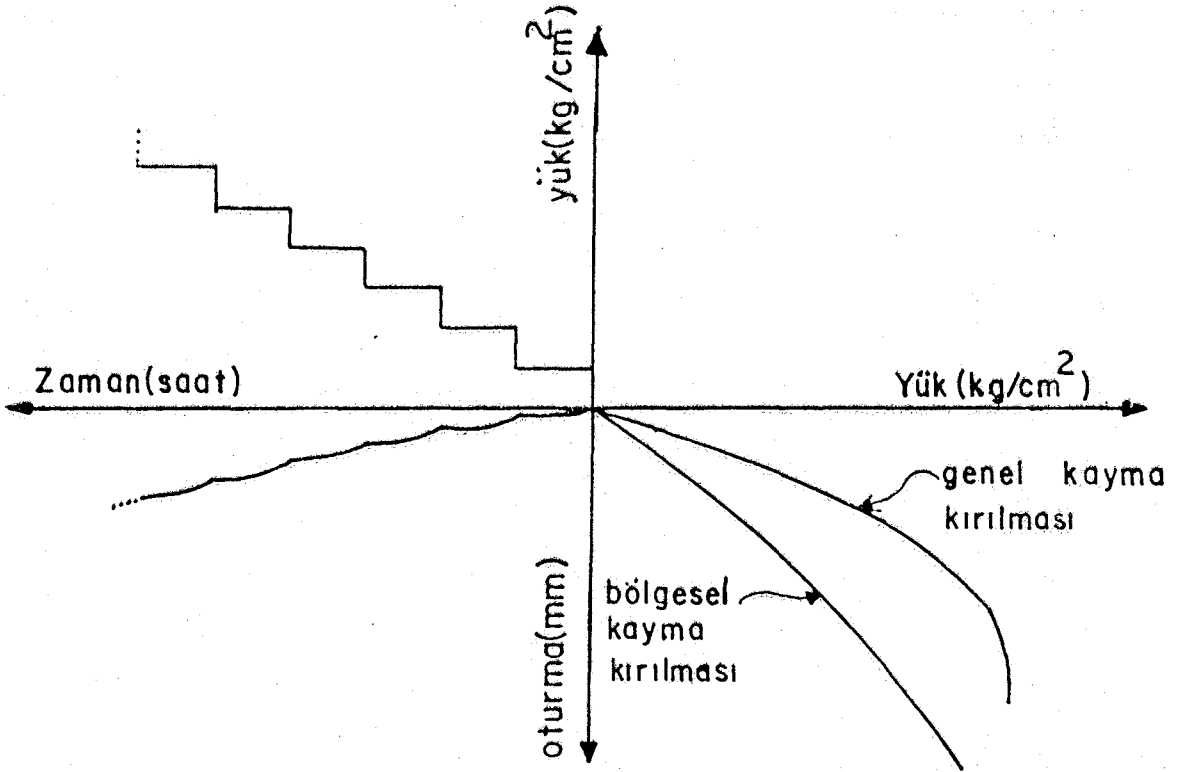


Şekil 1.5. Şematik olarak çeşitli yükleme düzenleri.

Gerçek temelin altının pürüzlü (sürtümlü) olduğu düşünülürse, plâka alt yüzeyinin de pürüzlü olması sağlanmalıdır. Çünkü, pürüzlü tabanlı temelin, pürüzsüz tabanlı temele göre daha fazla yük taşıdığı bilinmektedir.

Yükleme adım adım yapılır. Bir adım, tahmin edilen plâka emin taşıma gücünün $1/5$ 'i veya plâka sınır taşıma gücünün $1/10$ u mertebesin-

de seçilebilir. Her yükleme adımında 1, 4, 10, 20, 40, 60 dakikalarda ve daha sonra birer saat ara ile oturma değerleri kaydedilir. Her adımda, oturmalar pratik olarak sona erinceye kadar (yaklaşık saatte 0.02 mm. den az) oturma gözlemlerine devam edilir. Bundan sonra diğer yük artışına geçilir. Deney sonunda oturma-yük-zaman ilişkisi çizilir. Şekil 1.6 da tipik bir Plâka Yükleme Deney sonuç grafiği görülmektedir.



Şekil 1.6. Tipik bir oturma-yük-zaman eğrisi

Bu deneyin sonunda emin taşıma gücü şu şekilde belirlenir:

Çizilen oturma-yük (basınç gerilmesi) eğrisinden, önce plâka emin taşıma gücü belirlenir. Plâka emin taşıma gücünü belirlemek için iki yaklaşım vardır.

• Ya oturma-yük eğrisinde, kırılma noktasına karşılık gelen plâka sınır taşıma gücü, 2-3 gibi bir güvenlik sayısına bölünerek, plâka emin taşıma gücü bulunur. Sıkı ve sert zeminlerde genel kayma kırılması oluşup, oturma-yük eğrisinde kırılma noktası belirgindir (Şekil 1.5). Buna karşılık, bölgesel (yerel) kayma kırılmasının oluştuğu gevşek veya yumuşak zeminlerde, oturma-yük eğrisinde kırılma noktası belirgin değildir. Böyle bir durumda; oturma-yük eğrisi her ikisinin de logaritmik olarak hazırlandığı eksen takımında çizilir. Oturma (log.)-yük(log.) eğrisinin başlangıç ve son kısımları doğrusal olup, bu doğrusal kısımların kesişme noktası, kırılma noktasını verir.

• Veya, oturma-yük eğrisinde belli bir oturma değerine (genellikle 10 mm.) karşılık gelen yük, 2-3 gibi bir güvenlik sayısına bölünerek plâka emin taşıma gücü belirlenir.

Plâka emin taşıma gücünden, temel taban boyutlandırılmasında kullanılacak zemin emin taşıma gücünün belirlenmesi gerekir.

Kohezyonlu zeminlerde taşıma gücü kabaca temel boyutundan bağımsız olup, zemin emin taşıma gücü aşağıdaki bağıntıyla belirlenir.

$$q_{emin} = q_{emin} \text{ (plâka)} \quad (1.7)$$

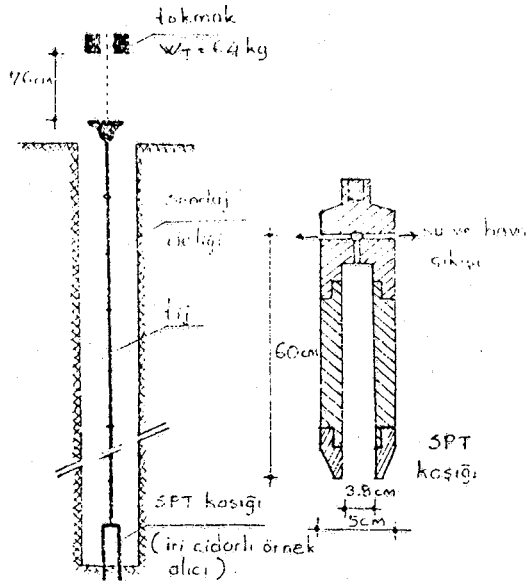
Daneli zeminlerde ise, taşıma gücü, temel genişliği ile kabaca orantılı olarak arttığından, emin taşıma gücü şu bağıntıyla belirlenir.

$$q_{emin} = q_{emin} \frac{B_t}{B_p} \quad (1.8)$$

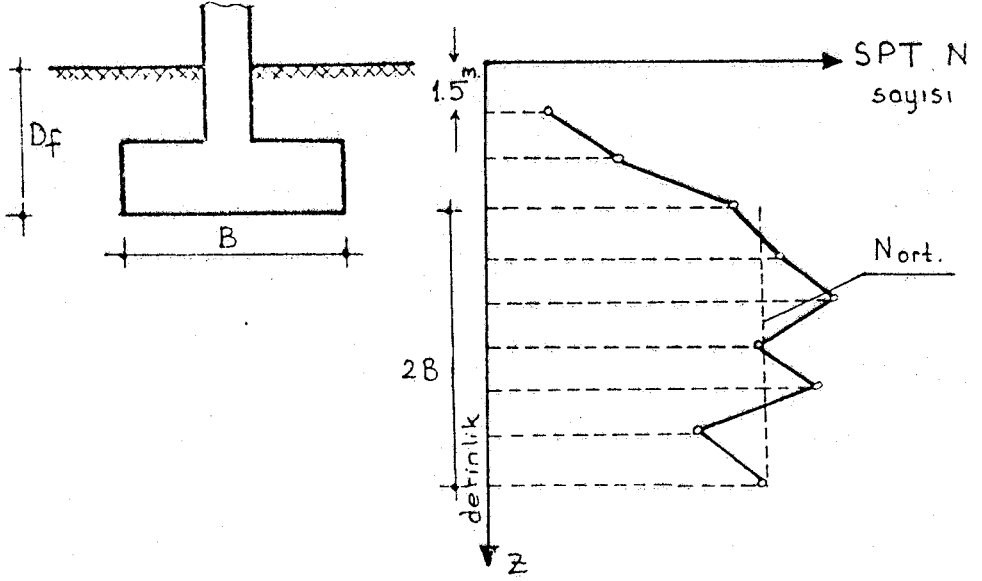
b- Standart Penetrasyon Deneyi (SPT):

Dinamik bir penetrasyon (girme) deneyi olan bu deney, 1920'lerde ABD'de kum zeminlerin sıklığını arazide belirlemek için kullanılmaya başlanmıştır. Deneyin özü, önceden açılan bir sondaj deliğinde, kalın cidarlı bir tüpün (kaşık) belli bir enerjiyle (76 cm. yükseklikten serbestçe düşen 64 kg. ağırlığındaki tokmak ile) zemine belli bir

11ği dibinin 15 cm. geçilmesinden sonraki 30 cm. için yapılan çakma sayısına SPT N sayısı denilir. Deney, sondaj sırasında yaklaşık her 1.5 m. de bir yapılır. SPT N sayısında veraltısıvı altında ince siltli



Şekil 1.7. Standart Penetrasyon Deney düzeni ve SPT kaşığı.



Şekil 1.8. Tipik bir derinlik-vuruş sayısı grafiği.

Bu deneyin sonunda emin taşıma gücü şu şekilde belirlenir.

• Terzaghi-Peck (1948)' göre:

$$q_{emin} = \frac{N_{ort}}{3} \left(\frac{B+1}{2B} \right)^2 \quad (1.9)$$

q_{emin} : t/feet², B: feet, 1 feet: 30.5 cm.

N_{ort} : temel altında, 2B derinliği boyunca ortalama SPT N sayısı

(Şekil 1.8).

• Meyerhof (1965)' göre:

Tekil temeller için

$$q_{emin} = \frac{N_{ort}}{8}, \quad B < 4 \text{ feet} \quad (1.10)$$

$$q_{emin} = \frac{N_{ort}}{12} \left(\frac{B+1}{B} \right)^2, B > 4 \text{ feet} \quad (1.11)$$

Radye temeller için:

$$q_{emin} = \frac{N_{ort}}{12} \quad (1.12)$$

c) Hollanda Koni Deneyi (DCT):

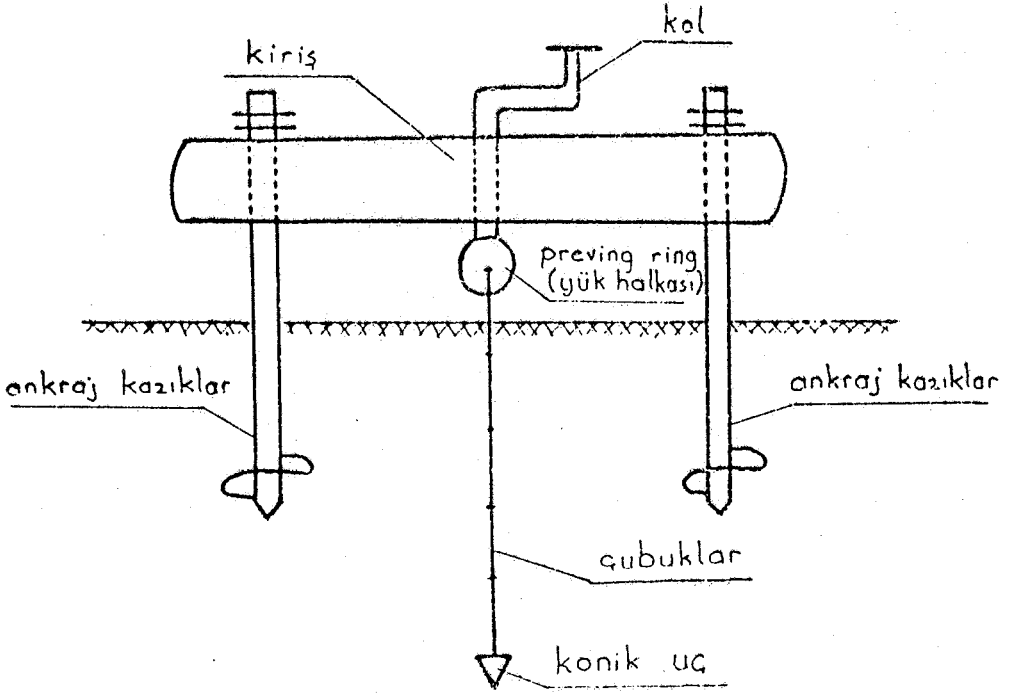
1930'larda Hollanda, Belçika gibi ülkelerde kum zeminlerde kazıkların taşıma gücünü belirlemek için kullanılmaya başlanan bu deney, statik penetrasyon deneylerinin en belli başlısıdır. Deneyin özü, plandaki izdüşüm alanı 10 cm^2 ve tepe açısı 60° olan bir metal konik ucun, zemine sabit bir hızla (1-2 cm/sn) itilerek sokulması ve zeminin bu girmeye karşı gösterdiği direncin ölçülmesine dayanır. Konik ucu itmek için gerekli olan kuvvet enkesit alanına bölünerek, koni uç direnci (q_c) belirlenir. Normal olarak derinlik boyunca her 20 cm. de bir yapılır. Silindirik sürtünme ceketli olanları ayrıca yan sürtünmesi (f_s) denen terimin belirlenmesini de sağlar. Deney düzeni Şekil 1.9 da görülmektedir.

Şekil 1.10da tipik bir Hollanda Koni Deney sonuç grafiği görülmektedir.

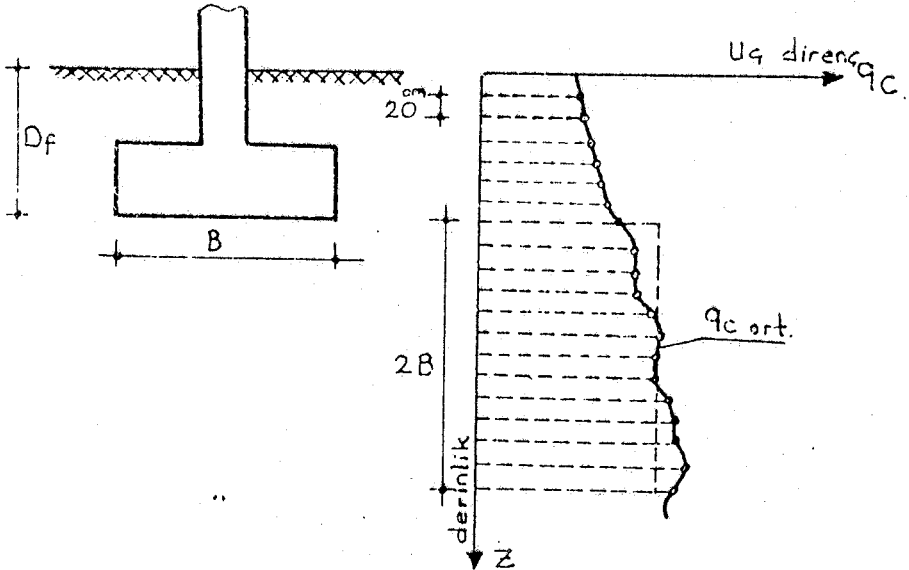
Bu deneyin sonunda emin taşıma gücü (1.13) bağıntısı ile hesaplanır (Sanglerat, 1972).

$$q_{emin} = \frac{q_c}{10} \quad (1.13)$$

q_c : Uç direnç.



Şekil 1.9. Şematik olarak deney düzeni.



Şekil 1.10. Tipik bir derinlik uç direnç grafiği.

3. Tablolarla emin taşıma gücünün belirlenmesi:

Zemin cinslerine göre emin taşıma gücü değerleri Tablo 1.1 de verilmiştir.

Tablo 1.1. Zemin cinslerine göre emin taşıma gücü değerleri

Zemin Cinsi	q_{emin} (t/m ²)
Sıkı çakıl	60
Sıkı çakıl + kum	60
Orta sıkı çakıl	20-60
Orta sıkı çakıl + kum	20-60
Sıkı kum	30
Orta sıkı kum	10-30
Gevşek kum	10 tehlikeli
Çok sert taşlı kil	30-60
Sert kil	15-30
Orta sert kil	7.5-15
Yumuşak, çok yumuşak kil	7.5 tehlikeli

Bu değerler, yeraltı suyunun olmadığı durumlar için verilmiştir. Eğer yeraltı suyu derinliği (tabandan itibaren) $H < B$ ise (Şekil 1.3),

$$q_{emin} = \frac{q_{tablo}}{2} \quad (1.14)$$

alınır.

1.2.2. Oturma koşulu:

Aktarılan yüklerden dolayı temel zemininde meydana gelebilecek oturmalar, yapıya zarar verecek büyüklükte olmamalıdır.

Bir yapı ne kadar doğru hesaplanırsa hesaplanırsa, yapının inşaatı öngörülenlere ne kadar uygun gerçekleştirilirse gerçekleştirilsin; temel oturmaları dikkate alınmazsa, diğer bir deyişle temel oturmaları belli değerleri (izin verilebilir, müsaade edilebilir oturma değerleri) aşarsa, yapı hasar (zarar) görebilir, hatta göçebilir (yıkılabilir). Yapı hasarlarında veya göçmelerinde, temel oturmaları, özellikle farklı temel oturmaları en başta gelen nedenlerdir (Uzuner, 1984).

Genel anlamda yapı, zeminle doğrudan ilişkisi olan ve insanlar tarafından yapılan sabit herhangi bir şey (bina, silo, köprü, baraj, yol, havaalanı, akaryakıt tankı, istinat duvarı v.b.) olarak tanımlanabilir.

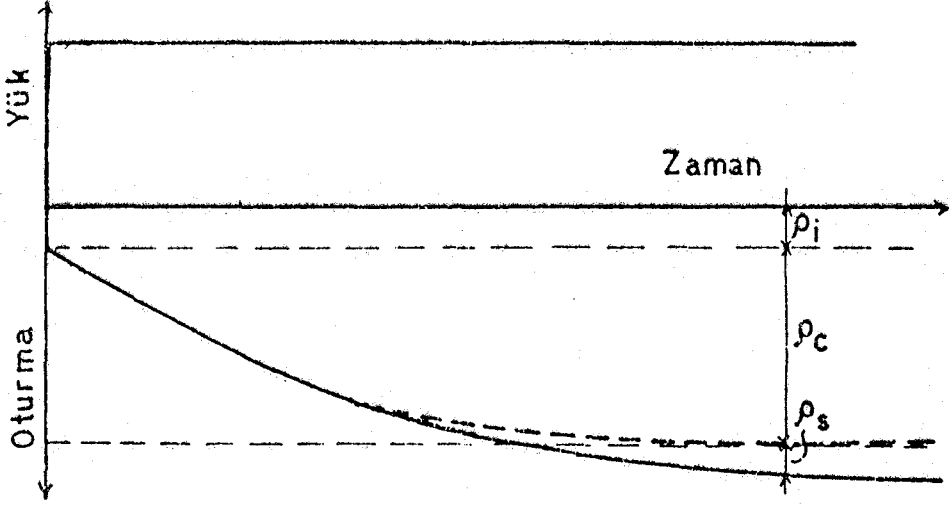
Oturma (çökme, tasman, sıkışma), yapı temellerinde düşey hareket olarak tanımlanabilir. Bilindiği gibi zemin, çeşitli büyüklükte (birkaç desimetreden, birkaç mikrona kadar) ve biçimde (yuvarlak, köşeli, yassı, iğne biçimli v.b.) daneler ve danelerarası boşluklardan oluşan doğal bir malzemedir. Danelerarası boşluklar tamamen hava, tamamen su veya kısmen su ve kısmen hava ile dolu olabilir. Genel anlamda oturma; aktarılan yüklerden veya etkilerden dolayı danelerarası boşlukların azalması ile oluşan kısa veya uzun süreli bir hacim azalması, sıkışma olayıdır.

• Zemin cinslerine göre oturmalar:

Kohezyonlu zeminlerde (kil, silt gibi ince daneli zeminler) toplam oturma 3 bileşenden meydana gelir (Şekil 1.11):

a) Ani (ilk, elâstik) oturma (ρ_i): Zeminin düşük geçirirliiği nedeniyle, yük uygulanır uygulanmaz, hacim değişikliği olmaksızın

($\Delta V = 0$, Poisson oranı, $\nu = 0,5$) meydana gelen oturmadır.



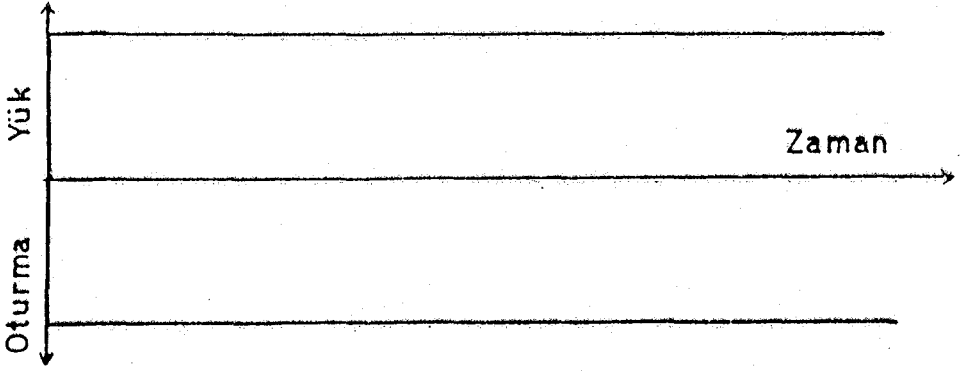
Şekil 1.11. Suya doymun killerde toplam oturma bileşenlerinin şematik gösterilmesi.

b) Birincil veya primer konsolidasyon oturması (ρ_c): Aktarılan yükler nedeniyle zeminde ek düşey gerilmeler meydana gelir. Bu ek gerilmeler, boşluk suyu basıncını arttırarak, boşluklardaki suyun bir kısmının zamanla dışarı akmasına yol açar. Zeminin düşük geçirirliğin-den dolayı bu çıkış uzun zaman alır. Danelerarası boşluk hacminin bu şekilde azalmasıyla zeminde sıkışma, oturma meydana gelir. İşte bu otur-maya birincil (primer) konsolidasyon veya sadece konsolidasyon oturması denilir. Kohezyonlu zeminlerde, toplam oturmanın büyük bir bölümünü oluşturan bu oturma bileşeni, bir kaç cm. den bir kaç m. ye kadar ola-bilir ve bir kaç aydan, bir kaç yıla kadar devam edebilir.

c) İkincil (sekönder) konsolidasyon oturması (ρ_s): Birincil kon-solidasyon oturmasının normal olarak zeminde yaratılan ek boşluksuyu basıncının sona ermesiyle (sönmesiyle, sıfır olmasıyla) durması gere-kir. Ancak, araştırmalar; ek boşluksuyu basıncının sıfır olmasından

sonra da sabit efektif gerilmeler altında oturmanın çok düşük bir hızla devam ettiğini göstermiştir. Bir tür akma (krîp) olayı olan bu oturmaya sekonder konsolidasyon oturması (sekonder sıkışma) denilir ve nedenini açıklayan çeşitli görüşler vardır. Belli tür kohezyonlu zeminler (yüksek plâstisiteli killer ile organik kil ve siltler) dışındaki zeminlerde ihmal edilebilecek değere sahiptir.

Kohezyonsuz zeminlerde (kum, çakıl gibi ayırık daneli zeminler), yük uygulanır uygulanmaz, danelerarası boşlukların azalması sonucu, oturma hemen meydana gelir (Şekil 1.12).

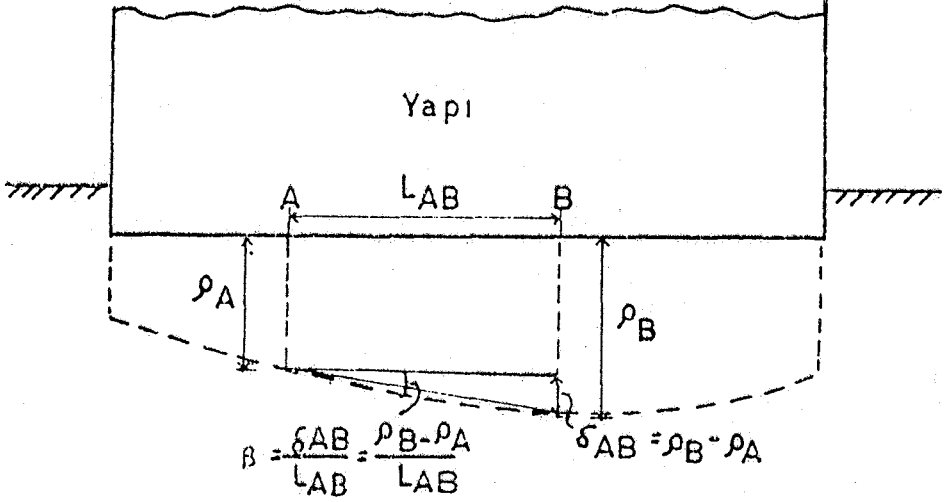


Şekil 1.12. Kohezyonsuz zeminlerde şematik olarak oturma-zaman ilişkisi.

• Oturma nedenleri:

Oturmaya birçok olay neden olabilir. Bunlardan belli başlıları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Osterberg, 1973 ; Simons ve Menzies, 1975).

- Zeminin yüklenmesi
- Yeraltı suyunun indirilmesi
- Daneli zeminlerde meydana gelen titreşimler
- Bitişik kazılar nedeniyle mevcut temel veya temeller altın-



Şekil 1.14. Oturma terimleri.

amacı (görevi), zemin cinsi (oturma hızı) v.b. birçok etmene bağlı olarak belirlenen ve aşıldıklarında yapıda hasar meydana getiren oturma değerlerine izin verilebilir oturmalar denilir.

Oturmalar sonucu, yapıda meydana gelen hasarlar, birçok araştırmacı tarafından sınıflandırılmıştır (Skempton ve Mac Donald, 1956; Moorhouse, 1972). Bunlar özetle:

- Mimari hasar: İç bölme duvarlarının çatlaması, iç dekorasyonun zarar görmesi v.b. hasarlardır. Bunlar, estetik, psikolojik v.b. gibi nedenlerle istenmezler.

- Fonksiyonel hasar: Binalarda kapı ve pencerelerin açılıp kapanmasında güçlükler, makina ve cihazların işletilmesinde zorluklar, krenlerin raylarında doğrultu sorunları gibi olayları oluşturan hasarlardır.

• Yapısal hasar: Taşıyıcı duvar, kolon, kiriş, perde, döşeme gibi elemanlarda çatlaklar oluşturan hasarlardır. Miktarlarına göre, yapının kısmen veya tamamen hasar görmesine neden olabilirler.

Çeşitli araştırmacılar, hasarlı ve hasarsız mevcut yapılar üzerinde yaptıkları hasar-çatlak ve oturma gözlemlerinden, izin verilebilir oturma değerleri önermişlerdir. Bu konuda ilk ve önemli çalışma Skempton ve Mac Donald (1956) tarafından yapılmıştır. Skempton ve Mac Donald, izin verilebilir oturmalar için $\beta=1/300$ ün aşılmamasını, bu değer için izin verilebilir oturma değerleri için esas alınmasını önermişlerdir. Bunların verdikleri izin verilebilir oturma değerleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Farklı oturmalar: Kile oturan temellerde 40 mm, kuma oturan temellerde 25 mm.
- Mutlak oturmalar: Tekil temeller için kilde 65 mm. kumda 40 mm., radye temeller için kilde 65-100 mm., kumda 40-65 mm.

Oturma konusunda ayrıntılı bilgi (Uzuner, 1980; Uzuner 1985) de bulunabilir.

1.2.3. Ekonomiklik koşulu:

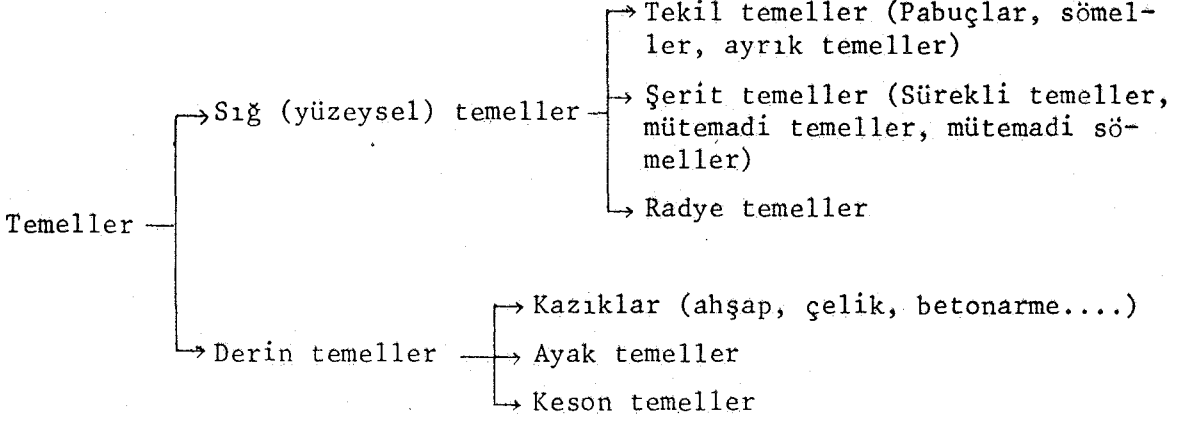
Temeller, her mühendislik işinde olduğu gibi en az harcama ile inşa edilmelidir.

1.3. TEMELLERİN SINIFLANDIRILMASI:

Temel, yapı yüklerini zemin yüzüne yakın tabakalara aktarıyorsa, böyle temellere sıg (yüzeysel) temeller denilir.

Temel, yapı yüklerini derinlerdeki tabakalara aktarıyorsa, böyle temellere de derin temeller denilir.

Sığ ve derin temeller, kendi aralarında sınıflara ayrılırlar (Şekil 1.15).



Şekil 1.15. Temellerin sınıflandırılması.

Tekil temeller, taşıma gücü iyi olan zeminlerde inşa edilirler. Her kolonun altına bir tane gelecek şekilde yerleştirilirler ve tek kolonun yükünü taşırlar. Kare, dikdörtgen, daire vs. şekillerinde olabilirler.

Zemin taşıma gücü kötüye gidiyorsa, kolon yüklerinin de büyüklüğünden tekil temeller birbirine iyice yaklaşır. Bu durumlarda ekonomiden çok, işçilik ön plâna çıkar. Tekil temeller yerine şerit temel yapımına gidilir. Şerit temeller, tekil temellere oranla oturmalarına karşı daha güvenlidirler.

Zemin özellikleri kötü, yapı yükünün gerektirdiği temel alanı da inşa alanının büyük bir kısmını kaplıyorsa, şerit temel yapımında da vazgeçilerek radye temel yapımına gidilir. Radye temeller, yapının tüm alanını kaplarlar. Kalınlıkları minimum 1 m. dir. Betonarme yapılırlar. Radye temeller; düz radye, kirişli radye ve hücreli radye olmak üzere üç türlü yapılabilir.

Zemin yüzüne yakın tabakanın taşıma gücü çok düşük ise iki yola başvurulur.

- Ya zemin ıslah edilir.
- Ya da derin temel yapılır.

Yumuşak kil ve gevşek kum gibi zeminlerde bu tür temellerin yapılması kaçınılmazdır. Çünkü, yumuşak kilin taşıma gücü çok düşüktür, büyük konsolidasyon oturmaları yapar.

Suya doymun gevşek kumda ise, titreşimlerin etkisi ile zamanla sıvılaşma* (liquefaction) oluşabilir, zeminde büyük oturmalar meydana gelebilir.

* Sıvılaşma: Suya doymun gevşek kum zeminlerde, gerek yatay, gerekse düşey yönde etkiyen tekrarlı yükler (deprem, titreşim etkileri) altında boşluk suyu basıncı artar. Zeminin kendi ağırlığından olan σ toplam gerilmesi sabit dururken, U boşluk suyu basıncı devamlı artınca (1.15) bağıntısına göre efektif gerilme sıfır olur. O anda zemin bir sıvı gibi davranarak akabilir. Bu olaya sıvılaşma (liquefaction) denir.

$$\sigma' = \sigma - U \quad (1.15)$$

σ : Zeminin kendi ağırlığından olan toplam düşey gerilme,

U : Boşluk suyu basıncı

σ' : Effektif gerilme

Sıvılaşma olayı; $D_r < 0.5$ ya da SPT $N < 20$ olan zeminlerde görülebilir. D_r : Zeminlerde sıklık (0.5-1.0 arasında olmalıdır.).

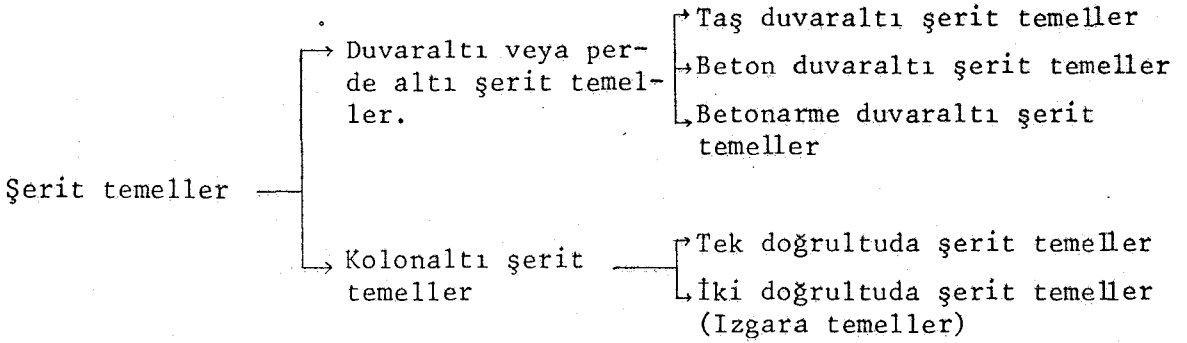
B Ö L Ü M - 2

2. ŞERİT TEMELLER

Tekil temeller birbirine çok yaklaşıyorsa, şerit temel yapımına gidilir.

2.1. ŞERİT TEMELLERİN SINIFLANDIRILMASI:

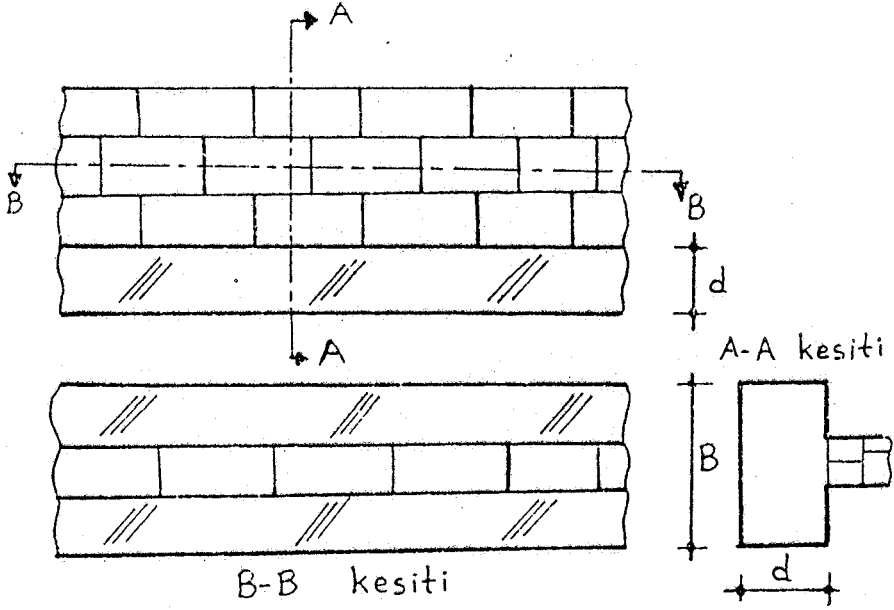
Şerit temeller, duvaraltı veya perdealtı ile kolonaltı olmak üzere iki şekilde yapılabilirler. Ayrıca, yapının özelliğine bağlı olarak kendi aralarında da sınıflara ayrılırlar (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Şerit temellerin sınıflandırılması.

2.1.1 Duvaraltı veya perdealtı şerit temeller:

Bu tür temellere yükler, sürekli olarak etkir. Taşıyıcı sistemi duvar olan yığma yapılarda, bu taş duvarların altındaki zemin cinsine bağlı olarak duvaraltı şerit temelleri yerleştirilir. Şekil 2.2 de tipik bir duvaraltı şerit temelin genel ve kesit görünüşü verilmektedir.



Şekil 2.2. Tipik bir duvaraltı şerit temelin genel ve kesit görünüşü.

Duvaraltında sürekli olarak devam eden şerit temeller, yapıldığı malzemeye göre üçe ayrılırlar (Şekil 2.3 a, b, c).

- a) Taş temeller,
- b) Beton temeller,
- c) Betonarme temeller.

a) Taş duvaraltı şerit temeller, yığma yapıların altında ve çimento takviyeli kireç harçlı moloz taş duvar olarak yapılırlar. Bu duvarlar en az 50 cm. kalınlıkta yapılırlar. Duvarların üst ve altına betonarme birer hatıl yerleştirilir. Bu hatıllar en az 4 adet $\phi 12$ mm.lik boyuna donatı, (25-30)cm. aralıklı $\phi 6$ mm.lik etriyelerle donatılmalıdır. Bir yığma yapının planda birbiri ile dik kesişen tüm duvarlarında bu

hatıllar sürekli olarak bulunmalıdır. Burada verilen donatılar minimum olup, deprem bölgelerine göre değişir. Bu değerler Afet Bölgelerinde yapılacak yapılar hakkındaki yönetmeliğe göre belirlenmelidir. Ayrıca;

$$d > 1.5 t$$

(2.1)

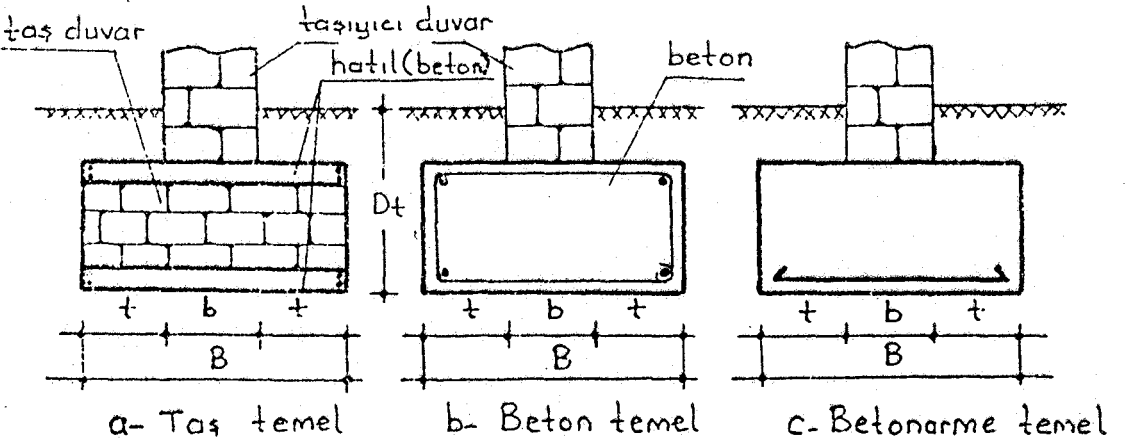
olmalıdır.

d: Temel duvarının derinliği,

t: Temelin çıkma uzunluğu (ampatman genişliği).

b) Yapı yüklerinin büyük olması durumunda, moloz taşı temel yerine beton temel yapılması, yapının güvenliği açısından yararlı olur.

c) Yapı yükünün daha büyük olması veya emin taşıma gücünün küçük olması nedeniyle t çıkma uzunluğunun büyümesi durumunda, duvaraltı temeli betonarme yapılır.



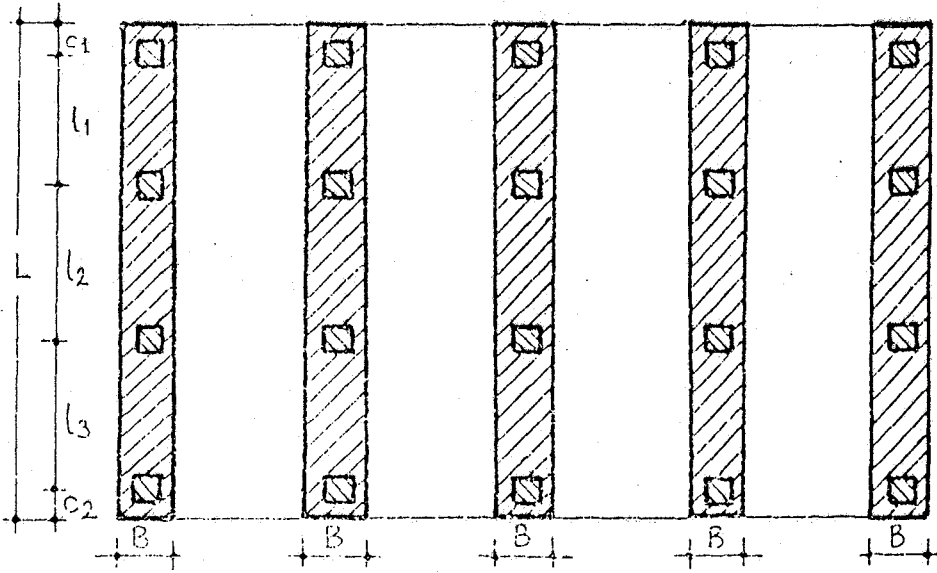
Şekil 2.3. Duvaraltı şerit temelleri kesit görünüşleri.

2.1.2. Kolonaltı Şerit Temeller:

Kolonaltı şerit temeller, aynı doğrultudaki kolonların birbirine bağlanması ile meydana gelirler. Tek doğrultuda olabildiği gibi iki doğrultuda da yapılabilirler.

a) Tek doğrultuda şerit temeller:

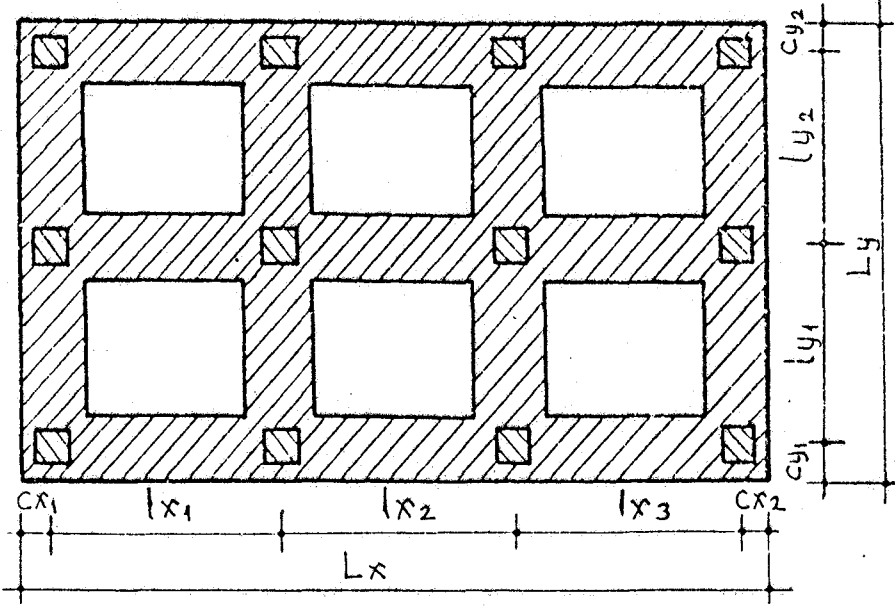
Tek doğrultudaki kolonların kalın bir plâka şeklinde birbirine bağlanması ile meydana gelirler (Şekil 2.4). Binanın kısa kenar doğrultusunda olmaları tercih edilir.



Şekil 2.4. Tek doğrultuda şerit temeller.

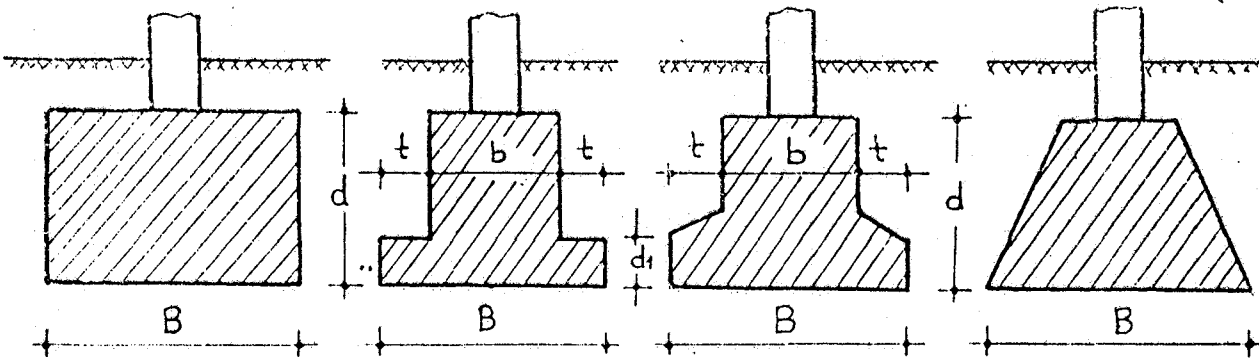
b) İki doğrultuda şerit temeller (Izgara temeller):

Sağlam olmayan zeminlerde kolon sıralarının her iki doğrultuda da şerit temelle bağlanması mümkündür (Şekil 2.5). Izgara temeller de denilebilen bu tür temeller, her bir kolonun yük dağılım alanını büyütmeleri ile birlikte, yapının bütünlüğünü sağlamak ve farklı oturmaları önlemek açısından da yararlıdır.



Şekil 2.5. İki doğrultuda şerit (Izgara) temel.

Şerit temeller değişik enkesitlerde olabilirler (Şekil 2.6).



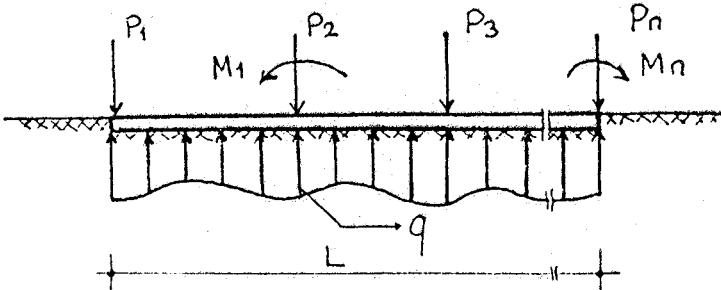
Şekil 2.6. Şerit temellerin değişik enkesitleri.

B Ö L Ü M - 3

3. ŞERİT TEMELLERİN HESAP YÖNTEMLERİ

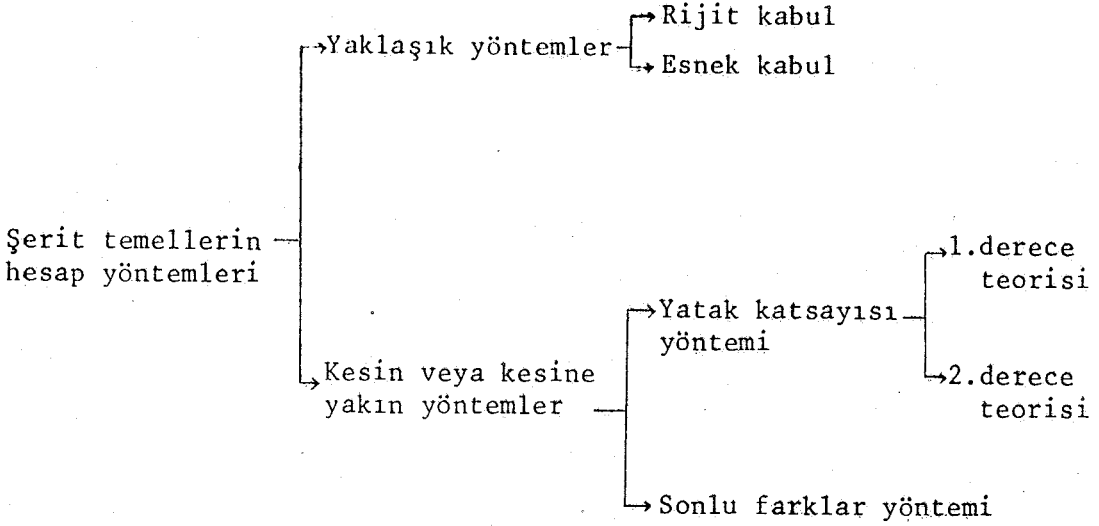
3.1. TEK DOĞRULTUDAKİ ŞERİT TEMELLERİN HESAP YÖNTEMLERİ:

Şerit temellerin hesaplanması için, taban basıncı dağılışı-
nın bilinmesi gereklidir. Taban basınçlarının gerçek dağılışı-
nı belirlemek oldukça güçtür. Şerit temellerle ilgili yöntemler, taban basıncı
dağılışılarının belirlenmesi ile ilgili yapılan kabullere göre değişir.
Şerit temellerdeki gerçek taban basıncı dağılışı Şekil 3.1 de olduğu gi-
bidir.



Şekil 3.1. Şerit temellerde gerçek taban basıncı dağılışı.

Şerit temellerin hesap yöntemleri Şekil 3.2 de görülmektedir.



Şekil 3.2. Şerit temellerin hesap yöntemleri

3.1.1. Rijit Kabul:

Bu yöntemde aşağıdaki kabuller yapılır.

- Taban basıncı dağılışı doğrusaldır.
- Temel yüklerinin bileşkesi, taban basıncının bileşkesine eşittir. Yani; $\uparrow \Sigma Y = 0$ veya $Q = R$ dir.

Q: Temel yüklerinin bileşkesi, R: Taban basıncının bileşkesi.

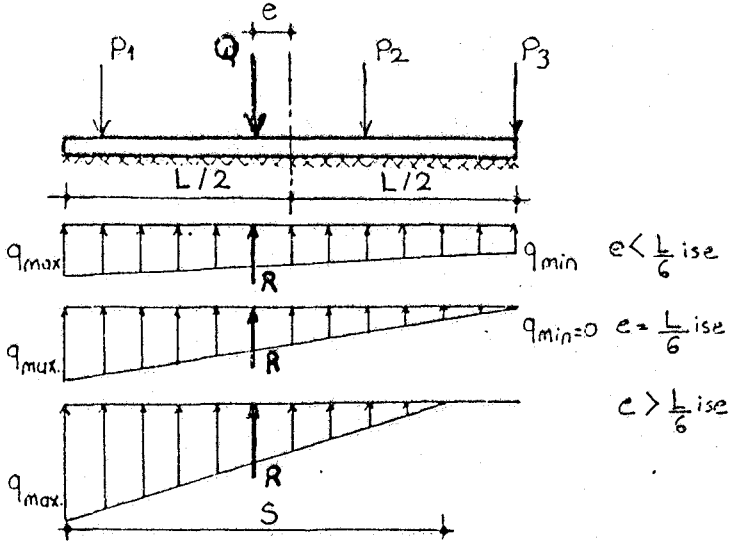
- Bu bileşkelerin etkime noktaları ortak olmalıdır.

Yani; $\Sigma M_1 = 0$ veya $\Sigma M_n = 0$

Rijit kabulde, taban basıncı dağılışının belirlenebilmesi için, eksantrikliğin bilinmesi gereklidir. Eksantrikliğin farklı değerlerine göre, taban basıncı dağılışları Şekil 3.3 de verilmiştir.

$$S = 3 \left(\frac{L}{2} - e \right) \quad (3.1)$$

S: $e > L/6$ olması durumunda temelde oluşan çekme bölgesi uzunluğu,



Şekil 3.3. Rijit kabulde taban basıncı dağılışları.

L : Şerit temelin uzunluğu, e : temel yüklerinin bileşkesinin temel orta noktasına olan uzaklığı (eksantrisite).

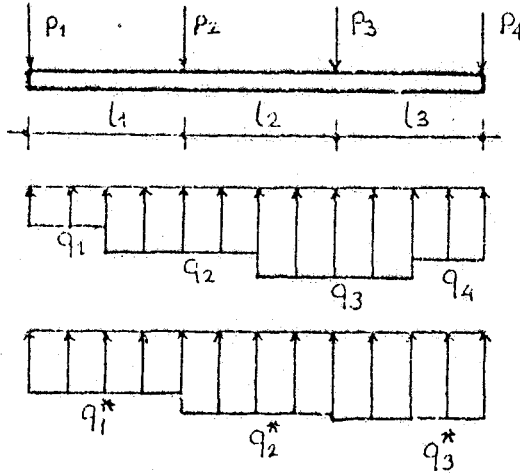
Taban basıncı maksimum ve minimum değerleri (3.2) bağıntısı ile elde edilir.

$$q_{\max}^{\min} = \frac{Q}{B.L} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{L} \right) \quad (3.2)$$

q_{\max}^{\min} : Şerit temelin taban kenarlarında oluşan maksimum ve minimum gerilmeler.

3.1.2. Esnek Kabul:

Temelin ince ve eğilebilir olduğu kabul edilmektedir. Taban basıncı dağılışı kademelidir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Esnek kabulde taban basıncı dağılışıları.

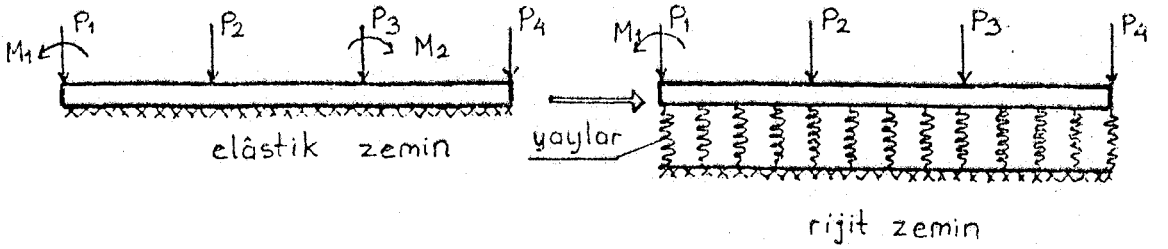
Taban basıncı değerleri, aşağıdaki bağıntılarla elde edilirler.

$$\left. \begin{aligned} q_1 &= \frac{P_1}{l_1/2} \\ q_2 &= \frac{P_2}{(l_1+l_2)/2} \\ q_3 &= \frac{P_3}{(l_2+l_3)/2} \\ q_4 &= \frac{P_4}{l_3/2} \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

$$\left. \begin{aligned} q_1^* &= \frac{q_1 + q_2}{2} \\ q_2^* &= \frac{q_2 + q_3}{2} \\ q_3^* &= \frac{q_3 + q_4}{2} \end{aligned} \right\} \quad (3.4)$$

3.1.3. Yatak Katsayısı Yöntemi:

Yatak katsayısı yöntemine göre, şerit temel, birbirinden bağımsız olarak çalışan tek tek yaylar üzerine oturan elâstik bir kiriş gibi düşünülmektedir (Winkler, 1867). Winkler Problemi olarak bilinen bu düşünce, Şekil 3.5 de verilmiştir.



Şekil 3.5. Elâstik zemine oturan kiriş ve Winkler problemi.

Yaylı yatak, aşağıdaki bağıntı ile ifade edilmektedir.

$$y(x) = \frac{q(x)}{k} \quad (3.5)$$

$y(x)$: Temel veya temel zemininin oturması, deformasyonu, k : Zeminin yatak katsayısı, $q(x)$: Taban basıncı, zemin tepkisi.

Bu bağıntıda oturmalar, uygulanan basınçla orantılıdır ve bu, yatak katsayısı yönteminin 1. derece teorisidir.

Gerçekte, zeminin gerilme-deformasyon davranışı elâstik, lineer olmayıp, non-elâstik, non-lineerdir. Ancak, düşük gerilme düzeylerinde, yaklaşık olarak elâstik, lineer gibi düşünülebilir. Winkler probleminde, her noktanın, komşu noktalardan bağımsız olarak oturduğu kabul edilmiştir. Gerçekte bir noktadaki oturma, komşu noktalardan etkilenir ve bu, yatak katsayısı yönteminin 2. derece teorisidir (Kany, 1967; Köseoğlu, 1971). Burada 2. derece teorisine hiç değinilmeyecek, Winkler problemi anlatılacaktır.

Elâstik zemine oturan kiriş, Winkler (1867) tarafından elâstik teoriye göre çözülmüştür. Elâstik eğriye ait diferansiyel denklem (İnan, 1967):

$$EI_z \frac{d^4 y(x)}{dx^4} = p(x) - q(x) \quad (3.6)$$

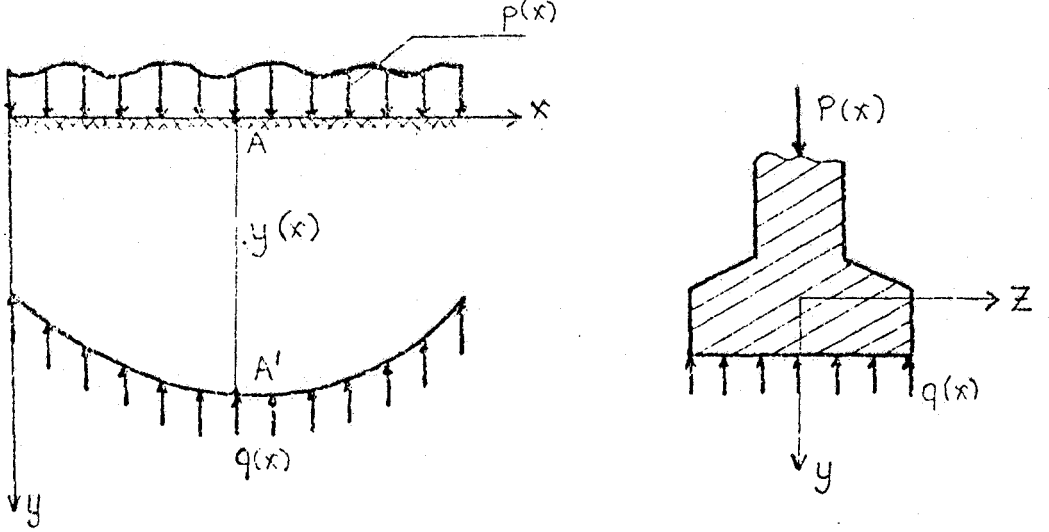
olarak verilmiştir.

E: Zemin elâstisite modülü, I_z : Atalet momenti, $y(x)$: Oturmalar, $p(x)$: temele etkiyen yük, $q(x)$: Zemin tepkisi.

Kirişin oturduğu ortamın şekil değiştireceği kabul edildiğine göre, (3.6) bağıntısına göre, $p(x)$ yükleri kirişe $y(x)$ çökmelerini yaptırır ve kiriş de zeminden $q(x)$ tepkilerini görür (Şekil 3.6).

(3.6) denklemindeki $p(x)$ yayılı yükleri bilinmekte, ancak $q(x)$ yayılı tepkileri bilinmemektedir. Problemi çözebilmek için bu tepkilerin bilinmesi gereklidir. Bunun için (3.5) denklemi $q(x)$ tepkisi cinsinden yazılarak

$$q(x) = k.y(x) \quad (3.7)$$



Şekil 3.6. Elâstik zemine oturan şematik bir kiriş.

bağıntısı elde edilir. Buradaki k yatak katsayısı, birim oturmaya karşılık gelen gerilmenin, temel genişliği ile çarpılmış halidir. Aşağıdaki bağıntı ile ifade edilir.

$$k = k_0 \cdot B \quad (3.8)$$

k_0 : Birim oturmaya karşılık gelen gerilme, birim yatak katsayısı.

• Yatak katsayısı

Temel zemininin cinsine göre çok çeşitli değerler alabilen bu katsayı, şerit ve radye temellerin Winkler Hipotezine göre hesaplanmasında, dönmeye, çökmeye karşı elâstik ankastre mesnetlerin hesaplanmasında v.b. kullanılır.

Zemin yatak katsayısı, plâka yükleme deneyinin başlangıç doğrusal kısmının eğimi olarak hesaplanır (Şekil 1.6). Zemin yatak katsayı-

sı bir çok etkene, bu arada plâka genişliğine bağlı olarak değişir. Plâka yükleme deneyinden belirlenecek yatak katsayısından, temel yatak katsayısına aşağıdaki bağıntıyla geçilir.

Daneli zeminlerde:

$$k_t = k_p \left(\frac{B_t + B_p}{2B_t} \right)^2 \quad (3.9)$$

Kohezyonlu zeminlerde:

$$k_t = k_p \cdot \frac{B_t}{B_p} \quad (3.10)$$

k_t : Temel için yatak katsayısı, k_p : Plâka için yatak katsayısı.

(3.7) bağıntısı (3.6) da yerine konur ve düzenlenirse;

$$EI_z = \frac{d^4 y(x)}{dx^4} + ky(x) = p(x) \quad (3.11)$$

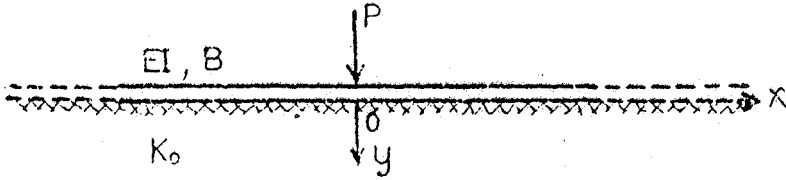
elâstik zemine oturan kirişlerin diferansiyel denklemi elde edilmiş olur. Kiriş kesit kuvvetlerinin bulunabilmesi için $y(x)$ in bilinmesi, dolayısıyla da (3.11) denkleminin çözümü gerekmektedir. Bu denklemin çözümü ise, homogen çözüm ile bir özel çözümün toplamı şeklindedir.

Elâstik zemine oturan kiriş problemi üç şekilde ele alınmış ve elâstik zemine oturan kirişlerin diferansiyel denklemi (3.11), her üç durum için de çözümlenerek; oturma, moment ve kesme kuvvetlerini verecek bağıntılar hesaplanmıştır. Bunlar, (Keskinel ve Kumbasar, 1976; Köseoğlu, 1971) da yer almaktadır. Bu üç durum; sonsuz uzunluklu kiriş, yarı sonsuz uzunluklu kiriş ve sonlu uzunluklu kiriş olarak sayılabilir.

a) Sonsuz uzunluklu kiriş:

• Tekil kuvvet durumu:

Tekil kuvvet etkisindeki bir sonsuz kirişte (Şekil 3.7) simetriden dolayı kirişin yarısını incelemek yeterlidir.



Şekil 3.7. Elâstik zemine oturan sonsuz kirişte tekil kuvvet durumu.

Kirişin bu yüklemekten dolayı herhangi bir noktasındaki oturma, moment ve kesme kuvveti değerleri aşağıdaki bağıntılardan hesaplanır.

$$y(x) = \frac{P\lambda}{2k} A_{\lambda}(x)$$

$$M(x) = \frac{P}{4\lambda} C_{\lambda}(x) \quad (3.12)$$

$$T(x) = -\frac{P}{2} D_{\lambda}(x)$$

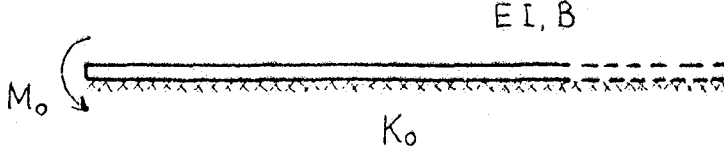
$y(x)$: Oturma, $M(x)$: Eğilme momenti, $T(x)$: Kesme kuvveti.

$$A_{\lambda}(x) = e^{-\lambda x} (\cos \lambda x + \sin \lambda x)$$

$$C_{\lambda}(x) = e^{-\lambda x} (\cos \lambda x - \sin \lambda x)$$

$$D_{\lambda}(x) = e^{-\lambda x} \cos \lambda x$$

(3.13)



Şekil 3.10. Yarısonsuz kirişte başlangıç noktasına M_0 eğilme momenti etkimesi durumu.

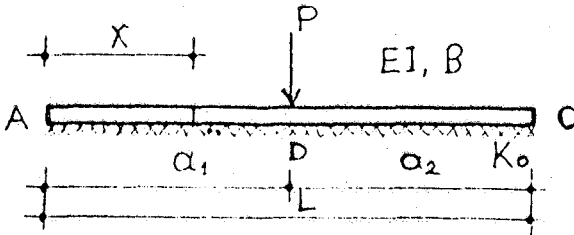
menti, kesme kuvveti ve tabanda zemin gerilmeleri yayılışı diyagramlarında verilmiştir (Magnel, 1948).

c) Sonlu kiriş:

Pratikte, kirişler genellikle sonlu uzunluktadır. Sonlu uzunluk-taki bir kirişin, sonsuz ve yarısonsuz kiriş tesir çizgileri ile çözü-mü daha karmaşıktır. Sıfır olması gereken kesit tesirleri sıfır olmaz. Bunları değiştirmek ve doğrultmak gerekir. Bu da uzun işlemleri gerek-tirir. Bu nedenle, pratikte, sonlu uzunluktaki şerit temeller için, son-lu kiriş çözüm sonuçları kullanılır.

• Tekil kuvvet durumu:

Elâstik zemine oturan iki ucu serbest bir AC sonlu kirişine bir P tekil kuvvetinin etkimesi durumunda (Şekil 3.11), herhangi bir kesit-



Şekil 3.11. AC sonlu kirişine bir P tekil kuvveti etkimesi durumu.

teki oturma, moment ve kesme kuvveti değerleri aşağıdaki bağıntılardan bulunur.

$$y(x) = \frac{PL^3}{4EI} \xi y_p$$

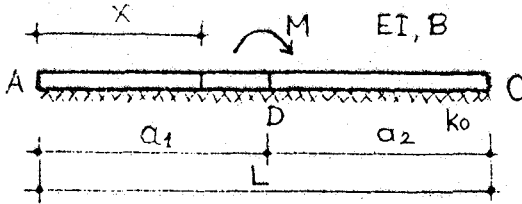
$$M(x) = PL \xi M_p \quad (3.18)$$

$$T(x) = P \xi T_p$$

$\xi y_p, \xi M_p, \xi T_p$ katsayıları için tesir çizgisi eğrileri ve tabloları verilmiştir (Keskinel ve Kumbasar, 1976).

- Tekil eğilme momenti durumu:

Elâstik zemine oturan iki ucu serbest AC sonlu kirişine bir M tekil momentinin etkimesi durumunda (Şekil 3.12) herhangi bir kesit-



Şekil 3.12. AC sonlu kirişine bir M tekil eğilme momenti etkimesi durumu.

teki oturma, moment ve kesme kuvveti değerleri aşağıdaki bağıntılardan bulunur.

$$y(x) = -\frac{ML^2}{2EI} \xi y_M$$

$$M(x) = -M \xi M_M \quad (3.19)$$

$$T(x) = -\frac{M}{L} \xi T_M$$

ξ_{yM} , ξ_{MM} , ξ_{TM} katsayıları için tesir çizgisi eğrileri ve tabloları verilmiştir (keskinel ve Kumbasar, 1976).

3.1.3.1. Şerit temellerin sonlu kiriş gibi çözümü:

Elâstik zemine oturan sonlu kirişlerde, λL bağıl rijitliği, herhangi bir noktadaki dış kuvvetin kiriş boyunca etkisinin derecesini gösterir.

Bağıl rijitliklerine göre sonlu kirişler:

a) Kısa kirişler

$$\lambda L < \pi/4$$

b) Orta uzunluklu kirişler

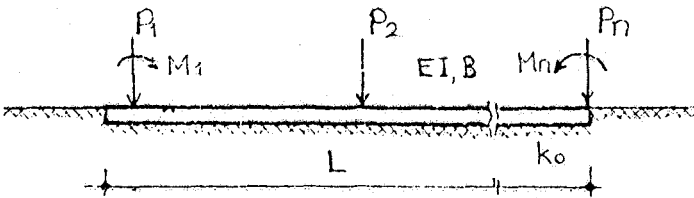
$$\pi/4 \leq \lambda L \leq \pi$$

c) Uzun kirişler

$$\lambda L > \pi$$

olarak üç gruba ayrılırlar.

Bir şerit temel (Şekil 3.13), yatak katsayısı yöntemine göre sonlu kiriş olarak, süperpozisyon kuralına göre çözülür.



Şekil 3.13. Çeşitli yükler etkisindeki şerit temel.

Bu kurala göre, şerit temel üzerindeki her bir etki (yük, moment) den oluşan oturma, moment, kesme kuvveti bulunur. Bu etkilerin toplamı, şerit temele ait çözümü verir.

3.1.4. Sonlu farklar yöntemi:

Elâstik eğriye ait diferansiyel denklem, sonlu farklar (finite differences) denklemleriyle ifade edilirse, problemin çözümü lineer denklem takımına indirgenebilir (İnan, 1967).

Sonlu farklar yönteminin başlıca üstünlüğü, zeminin reaksiyon modülü veya temelin kesit alanının eleman boyunca herhangi bir tarzda değişebilir olmasıdır. Yöntem, çok sayıda denklem yazıp çözmeyi gerektirir (Bowles, 1970).

Çözümde Winkler temelinin uygulandığı kabulü yapılır. Yani; herhangi bir noktadaki taban basıncı oturumlarla orantılıdır ve bir noktanın deplasmanı bitişik noktaninkinden bağımsızdır. Diğer bir deyişle, temeldeki her nokta, bir yaya dayalıdır (Şekil 3.5).

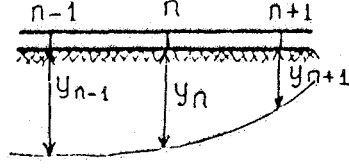
Momentin hesabını öngören

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = - \frac{M_x}{EI} \quad (3.20)$$

diferansiyel denkleminde, sol taraftaki ikinci türev, birbirini eşit aralıklarla izleyen üç ordinatın farklarıyla, şu şekilde ifade edilebilir (Şekil 3.14).

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{\Delta^2 y}{\Delta x^2} = \frac{y_{n-1} - 2y_n + y_{n+1}}{\Delta x^2} \quad (3.21)$$

Δx : Ayrık noktaların apsis farkı, Δy : Ayrık noktaların ordinat farkı.



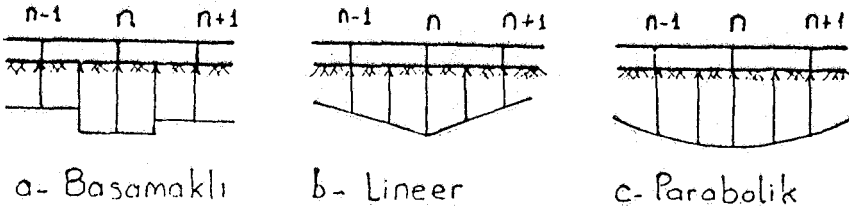
Şekil 3.14. Elâstik zemine oturan kirişte oturmalar

(3.20) ve (3.21) denklemleri karşılaştırılırsa;

$$y_{n-1} - 2y_n + y_{n+1} = - \Delta x^2 M_n / EI \quad (3.22)$$

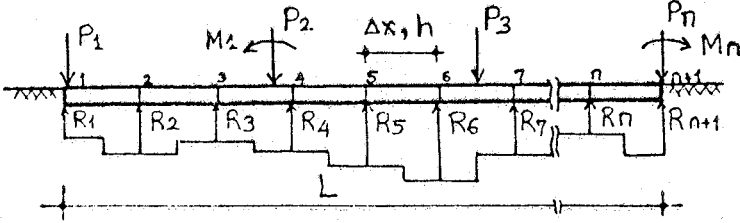
şeklinde, elâstik eğrinin sonlu farklar denklemi kurulmuş olur.

Bu denklemin çözümü için, taban basıncı dağılışı ile ilgili bir kabul yapmak gerekir. Yapılan kabuller Şekil 3.15 de görülmektedir.



Şekil 3.15. Sonlu farklar yönteminde taban basıncı dağılışıları.

Bu kabuller arasında, işlem azlığı ve çözüm kolaylığı bakımından en uygun olanı, basamaklı taban basıncı dağılışıdır. Bu dağılışı, şerit temel boyunca Şekil 3.16 da görülmektedir.



Şekil 3.16. Şerit temelde basamaklı taban basıncı dağılışı ve tekil zemin tepkileri.

Bu taban basıncı dağılışını, tekil zemin tepkileri cinsinden veren bağıntılar aşağıdaki gibidir.

$$\left. \begin{aligned} R_1 &= \frac{1}{2} hky_1 \\ R_2, \dots, R_n &= hky_2, \dots, n \\ R_{n+1} &= \frac{1}{2} hky_{n+1} \end{aligned} \right\} \quad (3.23)$$

Sonlu farklara ait diferansiyel denklem (3.22) uygulanarak şerit temeller çözülmürken, aşağıdaki sıra takip edilir.

• Önce, bir L açıklığı, $\Delta x=L/n$ olacak şekilde, n eşit parçaya ayrılır (Şekil 3.16).

• Ortaya çıkan n+1 bilinmeyen ordinatı hesaplamak için (3.22) denklemini, $k=2,3,\dots,n$ noktaları için ayrı ayrı uygulanarak n-1 tane lineer denklem elde edilir.

• Eksik kalan iki denklem, problemin denge koşullarından sağlanacaktır. Bu koşullardan biri, toplam düşey kuvvetlerin sıfır olması:

$$\uparrow \Sigma (P_i - R_i) = 0 \quad (3.24)$$

P_i : 1'den n'ye kadar temele etkiyen yükler, R_i : 1'den n'ye kadar temele etkiyen tekil zemin tepkileri.

İkincisi, 1. veya (n+1). nokta için yazılan moment denklemdir:

$$\Sigma M_1 = 0 \quad \text{veya} \quad \Sigma M_{n+1} = 0 \quad (3.25)$$

• Elde edilen n+1 denklemde, momentler, her nokta için ayrı ayrı hesaplanır ve (3.23) denklemleri yardımı ile oturmalar cinsinden yazılarak, n 1 bilinmeyenli denklem takımı olarak çözülür ve oturmalar elde edilir.

• Oturmalar hesaplandıktan sonra, (3.23) denklemleri ile zemin tepkilerinin değerleri elde edilir.

• Bulunan bu değerlerin yardımı ile, kesme kuvvetleri her nokta için ayrı ayrı hesaplanır.

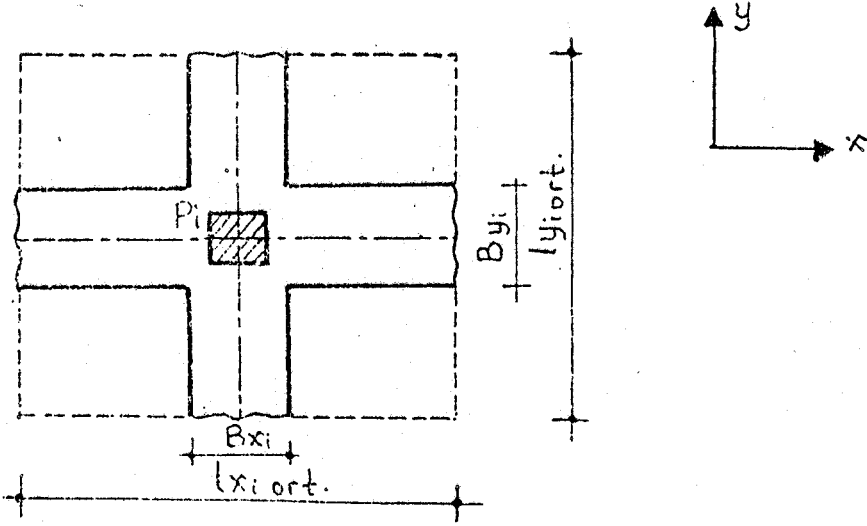
• (3.22) denklemi ile ara noktadaki momentler hesaplanır.

• Hesaplanan kesme kuvveti değerleri ile basamaklı kesme kuvveti diyagramı ve moment değerleri ile de moment diyagramı çizilir.

3.2. İKİ DOĞRULTUDAKİ ŞERİT TEMELLERİN HESAP YÖNTEMLERİ

İki doğrultudaki şerit temeller, tek doğrultudaki şerit temellere dönüştürülerek hesaplanırlar. Hesap ilkelerinde fark yoktur. Şekil 3.2 deki hesap yöntemleri grafiği aynen geçerlidir. Ancak; iki doğrultudaki şerit temelleri, tek doğrultudaki şerit temellere dönüştürmek için yaklaşık ve kesin yöntem olmak üzere iki yöntem kullanılır.

3.2.1. Yaklaşık Yöntem:



Şekil 3.17. Bir düğüm noktasındaki kolon yükünün x ve y doğrultularına dağıtılması.

$$P_i = P_{xi} + P_{yi} \quad (3.26)$$

P_{xi} : x doğrultusundaki şerit temel üzerine gelen yük bileşeni,

P_{yi} : y doğrultusundaki şerit temel üzerine gelen yük bileşeni.

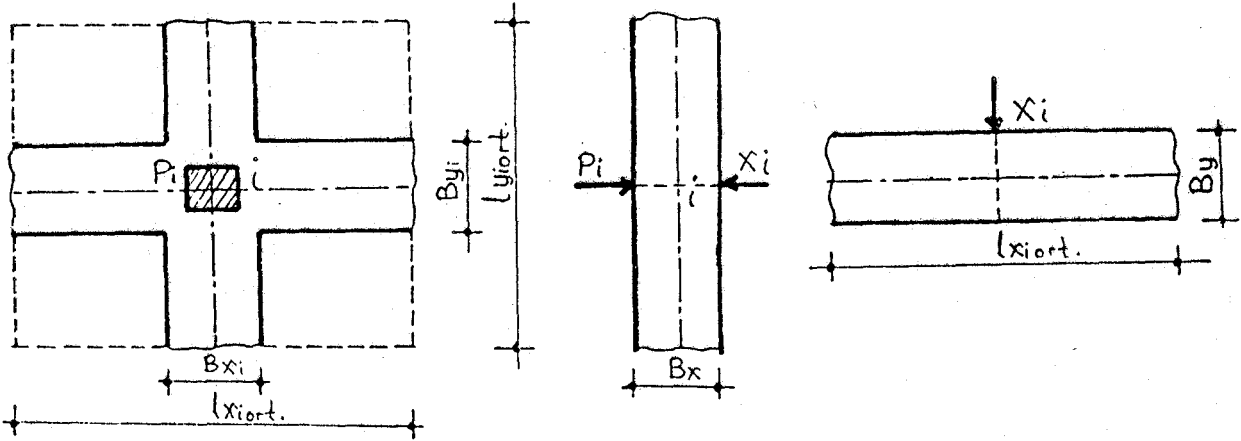
İlk adımda, uzunluklardan gidilerek yükler orantılı dağıtılır.

$$\left. \begin{aligned} P_{xi} &= \frac{l_{xi_ort}}{l_{xi_ort} + l_{yi_ort}} \cdot P_i \\ P_{yi} &= \frac{l_{yi_ort}}{l_{xi_ort} + l_{yi_ort}} \cdot P_i \end{aligned} \right\} \quad (3.27)$$

$l_{x_i \text{ ort}}$: P_{x_i} yükünün etkime uzunluğu, $l_{y_i \text{ ort}}$: P_{y_i} yükünün etkime uzunluğu.

Bu yükler etkisinde, şerit (Izgara temeller), x ve y doğrultularında ayrı ayrı şerit temeller halinde çözülürler.

3.2.2. Kesin Yöntem:



Şekil 3.18. Bir düğüm noktasında etkiyen yük ve x_i bilinmeyenleri.

İki doğrultudaki şerit temelleri, kesin yöntem ile tek doğrultudaki şerit temellere dönüştürmek ve yatak katsayısı yöntemi ile çözmek mümkündür (Keskinel ve Kumbasar, 1976). Bu yaklaşımda Kuvvet Yöntemi izlenir. Şöyle ki; Şerit temellerin kesişme noktasındaki P_i yüküne ters yönde etkiyen x_i tepkileri bilinmeyen olarak seçilir (Şekil 3.18). Sürekli yük denklemleri yazılarak bilinmeyenler bulunur. Bulunan değerler, şerit temelin her iki doğrultusunda (ters işaretlerde olmak üzere) etki ettirilerek, her şerit temel, tek doğrultuda şerit temel olarak yatak katsayısı yöntemine göre çözülür.

B Ö L Ü M - 4

4. ŞERİT TEMELLERİN PROJELENDİRİLMESİNDE YAPILAN DENETİMLER (TAHKİKLER)

Temelin taban basıncı çeşitli yöntemler ile belirlenip, B genişliği hesaplandıktan sonra, diğer boyutlarının hesaplarına geçilir. Bu hesaplar, bir takım denetimlerle yürütülür.

4.1. TAŞIMA GÜCÜ DENETİMİ:

B temel genişliğini belirlemede kullanılan bu denetim, aşağıdaki bağıntı ile yapılır.

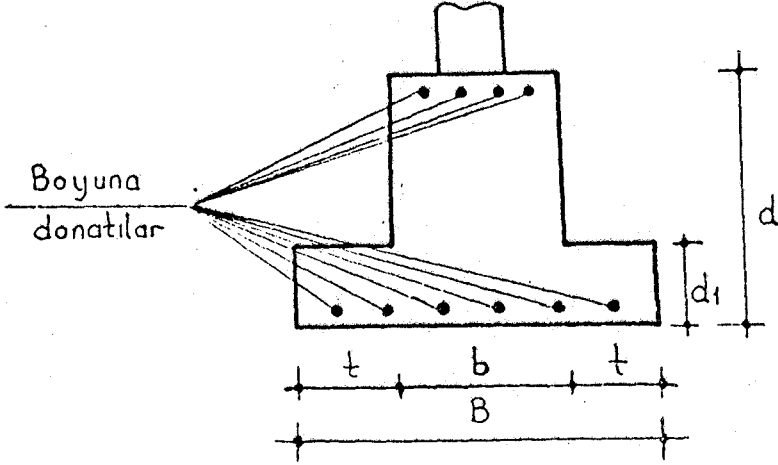
$$q_{\max} \leq q_{\text{emin}} \quad (4.1)$$

q_{\max} : Temel ağırlığını da içeren taban basıncı değeri.

Temel ağırlığı önceden tahmin edilerek hesaplara başlanır. Daha sonra, bulunan kesin boyutlarla karşılaştırılır. Eğer tahmin edilen temel ağırlığı, hesaplanan temel ağırlığından küçük ise, hesaplar yeniden yapılır. Aksi halde, emin taşıma gücü aşılabılır.

4.2. BOYUNA EĞİLME DENETİMİ:

Çeşitli yöntemlere göre, temel boyunca belirlenen moment diyagramından donatılar hesaplanır. Bu donatılar, momentin işaretine göre, temelin altında veya üstünde, temel boyunca giden donatılardır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Şerit temel enkesitinde görülen boyuna donatılar.

4.3. ENİNE KAYMA DENETİMİ:

Çizilen kesme kuvveti diyagramındaki maksimum kuvvet gözönüne alınarak, Betonarmedeki Emniyet Gerilmeleri Yöntemine göre (4.2) kontrol yapılır.

$$\tau_{\max} = \frac{T_{\max}}{b \cdot 0,9 \cdot h} \leq \tau_{em_b} \quad (4.2)$$

τ_{em_b} : Beton sınıfına bağlı kayma emniyet gerilmesi,

T_{\max} : Kesme kuvveti diyagramındaki maksimum değer, h: d-paspa-yı (5-7 cm).

Bu bağıntıda "b" genişliği seçilerek, "h" yüksekliği hesaplanır.

4.2. BOYUNA KAYMA DENETİMİ:

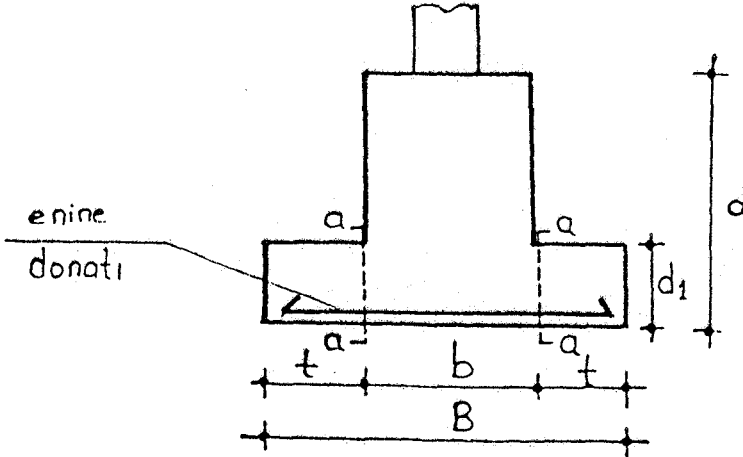
En büyük kayma gerilmelerinin, duvar yüzünden geçen düzlem içinde meydana geleceği kabulüne göre hesaplar yapılır. Şekil 4.2 deki a-a kritik kesitinde oluşacak maksimum kayma gerilmesi için;

$$\tau_{\max} \frac{T_{a-a}}{0,9 \cdot h_1 \cdot 100} \leq \tau_{em_b} \quad (4.3)$$

bağıntısı ile kontrol yapılır.

Ta-a: çıkmalara (ampatman) etki eden maksimum kesme kuvveti (t.q), h₁: d₁-paspayı (5-7 cm).

Burada dikkat edilecek nokta, a-a kesitinde kayma donatısı gerektirmeyecek şekilde, çıkmaların yüksekliğinin belirlenmesidir.



Şekil 4.2. Şerit temelde kritik kesitler ve enine donatılar.

4.5. ENİNE EĞİLME DENETİMİ:

Hesaplar, 1 m. temel uzunluğu için yapılır. Şekil 4.2 deki a-a kesitinde oluşacak maksimum moment değeri;

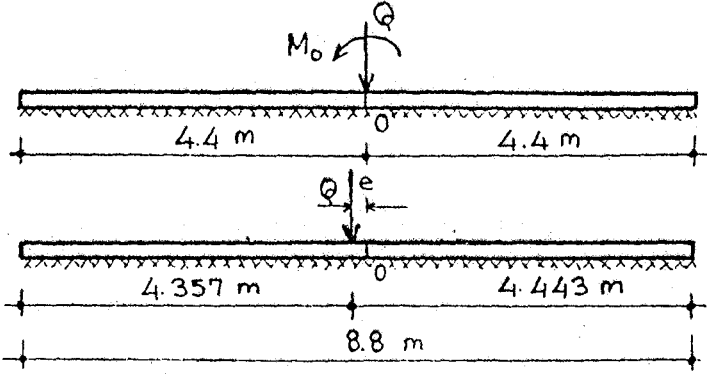
$$M_{a-a} = \frac{1}{2} q t^2 \quad (4.4)$$

t: temel ampattan genişliği, bağıntısı ile hesaplanarak enine donatılar belirlenir. Bu donatılar, Şekil 4.2 deki gibi yerleştirilir.

Bu işlemlerin dışında, temele, betonarme yönetmeliklerine göre, uygun miktarda montaj donatısı, gövde donatısı ve dağıtma donatısı konur.

Kullanılacak etriyenin çapı $> \theta/3$ olmalıdır.

5.1. RİJİT KABUL İLE ÇÖZÜM



Şekil 5.2. Bileşke ve etki noktası.

$q_{\text{temel tahmin}} = 3.20 \text{ t/m}$ olarak seçilsin.

Şerit boyunca temel ağırlığı = $L \cdot q_{\text{temel tahmin}} = 28,16 \text{ ton}$

Temele etkileyen yüklerin bileşkesi; $Q = 52+85+48+28.16=213.16 \text{ ton}$

Şerit temelin orta noktasına etkileyen moment; $M_o = 9.10 \text{ tm.}$

Bu durumda;

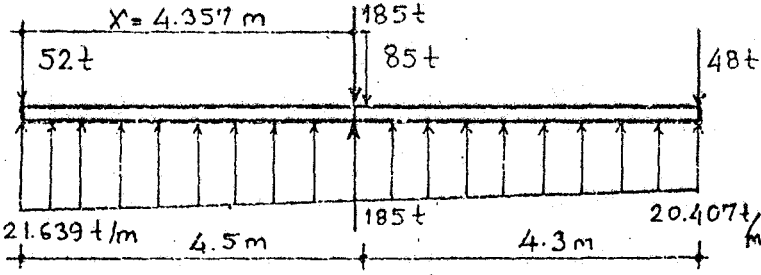
$$e = \frac{M_o}{Q} = 0.043 \text{ m. dir.}$$

a) Taşıma gücü denetimi:

(3.2) ve (4.1) bağıntılarından, temel genişliği $B = 1.70 \text{ m.}$

esaplanır. Yine (3.2) bağıntısında, bu sefer $q_{\text{temel tahmin}} = 0$ alınarak, taban basıncı dağılışı hesaplanır (Şekil 5.3).

Bu taban basıncı dağılışı, rijit kabuldeki esasları da sağlamaktadır. Yani, taban basıncı bileşkesi ile temele etkileyen yük bileşkesi birbirlerine eşittirler (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Rijit kabulde taban basıncı dağılışı

Ayrıca, yamuk taban basıncının ağırlık merkezi $x = 4.357$ m. olarak, temel yük bileşkesi ile çakışmaktadır (Şekil 5.3).

Bu taban basıncı dağılışına göre, moment ve kesme kuvveti değerleri hesaplanarak kesit tesiri grafikleri çizilir (Şekil 5.4).

b) Enine kayma denetimi:

Malzemedden; $\tau_{em_b} : 6 \text{ kg/cm}^2$

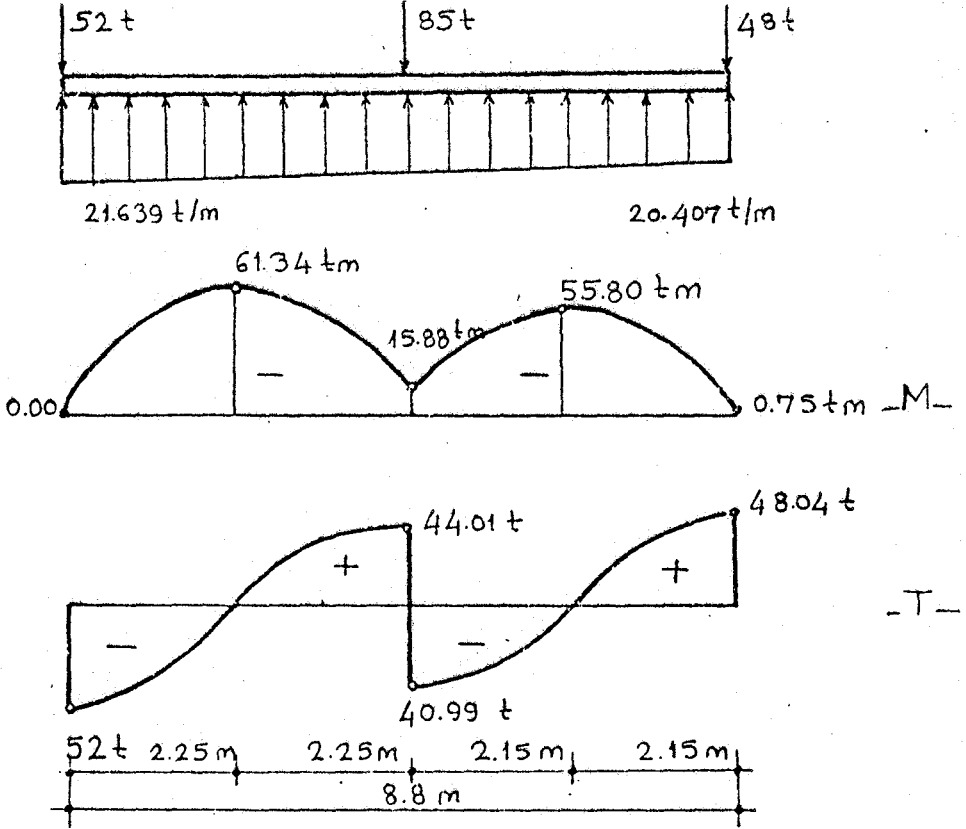
$b = 60$ cm. seçilir.

$T_{max} = 52$ ton

(4.2) bağıntısından; $h = 1,60$ m. dolayısıyla $d = 1.65$ m. olarak hesaplanır.

c) Boyuna kayma denetimi:

$T_{a-a} = 11,9$ ton

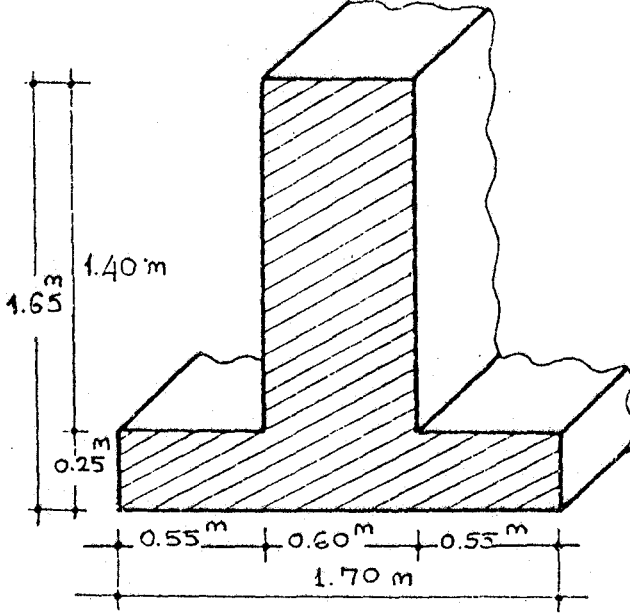


Şekil 5.4. Rijit kabule göre hesaplanmış taban basıncı ve kesit tesiri diyagramları.

(4.3) bağıntısından; $h_1 = 20$ cm, dolayısıyla $d_1 = 25$ cm. olarak hesaplanır.

Boyutları hesaplanan şerit temel in kesiti şekil 5.5 de verilmiştir.

Gerçek temel boyutları ile bulunan temel ağırlığı, önceden tahmin edilen temel ağırlığı ile karşılaştırılırsa;



Şekil 5.5. Boyutları ile birlikte şerit temel en kesiti.

$$q_{\text{temel tahmin}} = 3.20 \text{ t/m}$$

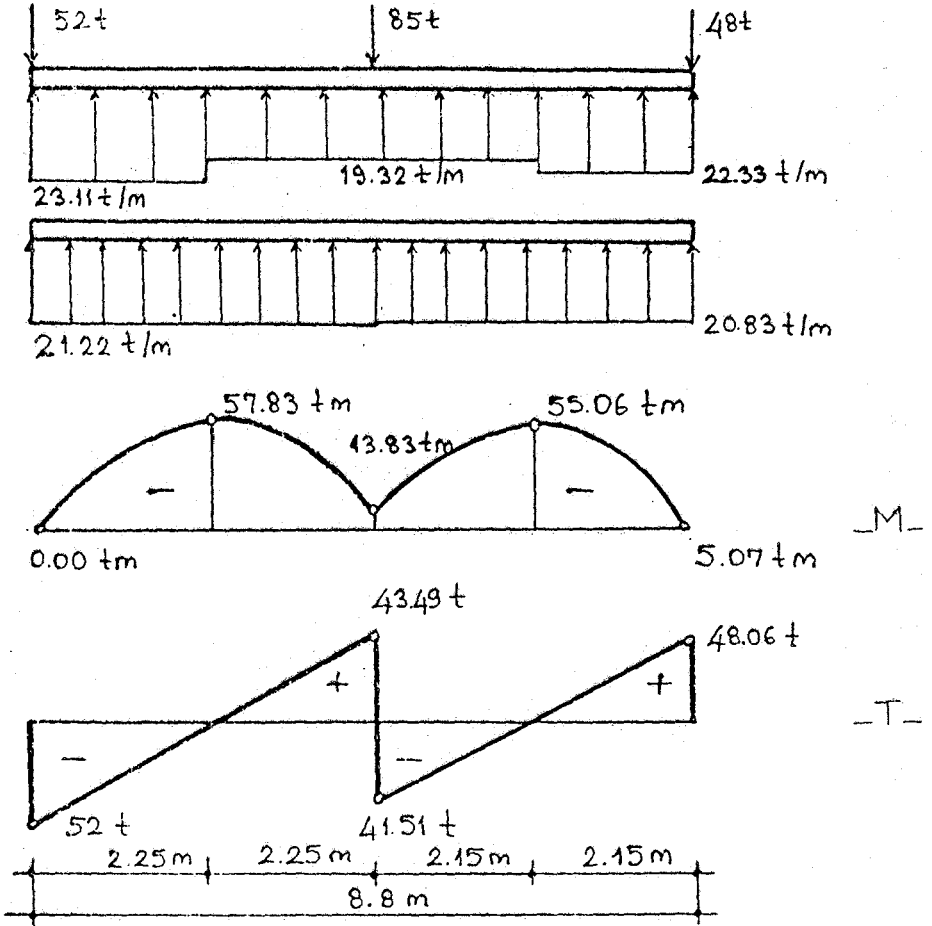
$$q_{\text{kesin}} = 2.98 \text{ t/m}$$

sonucun yeterli olduğu görülür.

Betonun birim hacim ağırlığı 2.4 t/m^3 alınmıştır.

5.2. ESNEK KABUL İLE ÇÖZÜM

(3.3) ve (3.4) bağıntıları kullanılarak, taban basıncı dağılışı bulunur. Moment ve kesme kuvveti değerleri hesaplanarak, kesit tesiri grafikleri çizilir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. Esnek kabule göre hesaplanmış taban basıncı ve kesit tesiridiyagramları.

Moment diyagramı şekil 5.6 da görüldüğü gibi kapanmamaktadır.

Bunun nedeni, taban basınçlarının açıklıklarda üniform kabul edilmesinden dolayı, üst yapıdan gelen yüklerin ağırlık merkezinin, tesadüfün ışığında, alttan gelen gerilmelerin ağırlık merkezi ile çakışmamasıdır.

$$q_{\text{temel tahmin}} = 3.20 \text{ t/m idi.}$$

$$q_{\text{max}} = 21.22 + 3.20 = 24.42 \text{ t/m}$$

a) Taşıma gücü denetimi:

$$q_{\max} = \frac{24.42 \text{ t/m}}{1.70\text{m}} = 14.36 \text{ t/m}^2 < 15 \text{ t/m}^2 = q_{\text{emin}}$$

koşulumuz sağlanmaktadır.

Diğer denetimler, rijit kabulde yapılanların aynısıdır. Bu durumda, önceden bulunan boyutlar, bu çözüm için de yeterlidir.

5.3. YATAK KATSAYISI YÖNTEMİ İLE ÇÖZÜM:

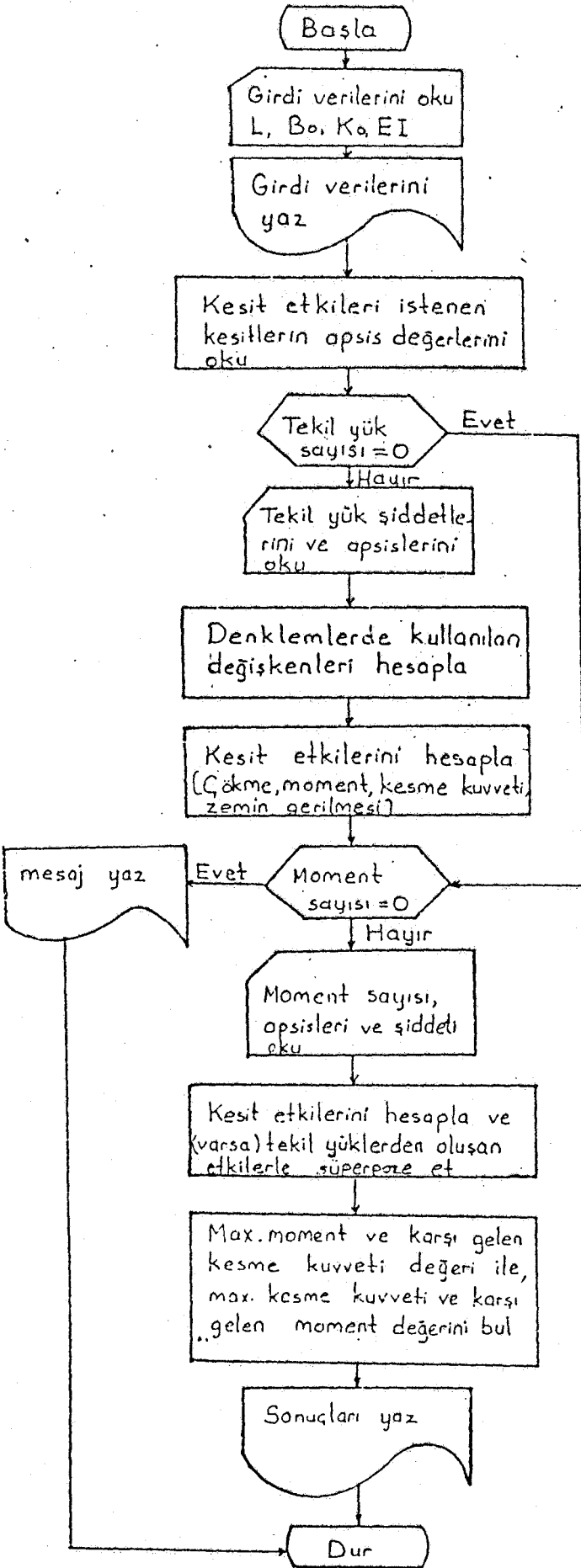
(3.1.3. konusunda ana hatları ile özetlenmiş Yatak Katsayısı Yöntemine ait çözüm, bilgisayarda programlanarak elde edilmiştir (Durmuş ve Aytekin, 1986). Programa ait akış diyagramı verilmiştir (Şekil 5.8).

Bilgisayar programı, Fortran 77 dili ile yazılmış ve Karadeniz Üniversitesi Bilgi İşlem Merkezinde çalıştırılmıştır. Programın kullanımını Ek-1 de, listesi Ek-2 de verilmiştir.

Programda, girdi verisi olarak;

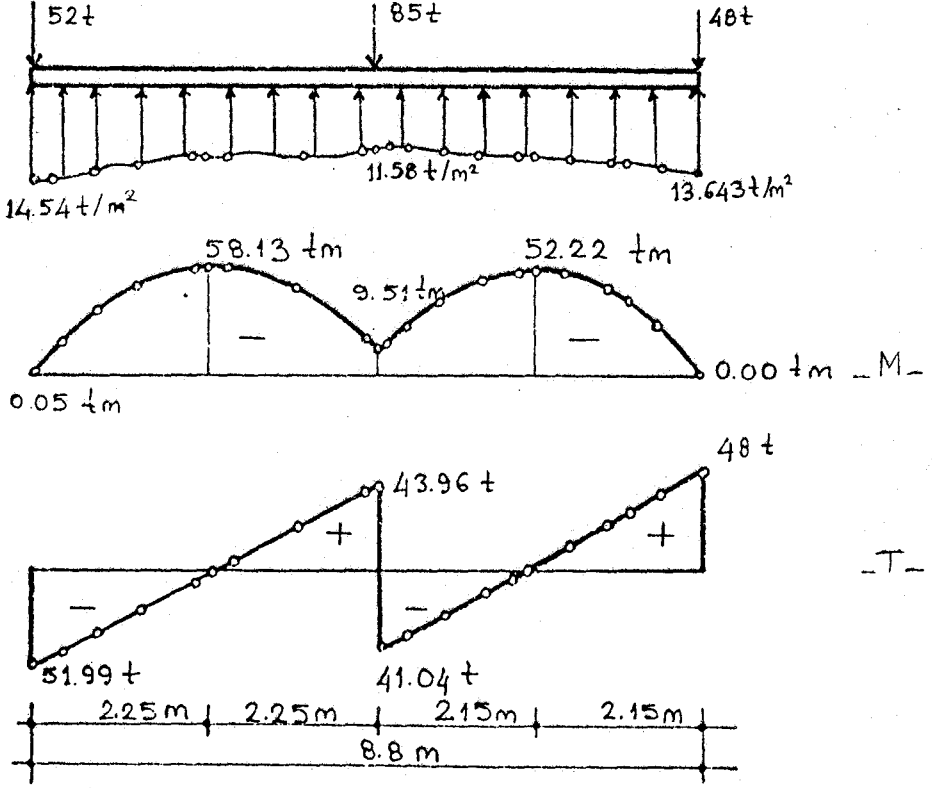
Temel uzunluğu = 8.8 m., temel genişliği = 1.70 m., yatak katsayısı = 2000 t/m³, temel rijitliği = 306710.80 tm², hesabı istenen kesit sayısı = 20, bu kesitlerin apsis değerleri, temele etkiyen yük sayısı = 3, bu yüklerin şiddetleri ve tepkime noktalarının apsis değerleri verilmektedir.

Sonuç olarak, Tablo 5.1 deki değerler elde edilmektedir. Tablo 5.1 deki taban basıncı, moment ve kesme kuvveti değerlerine göre kesit esiri diyagramları çizilir (Şekil 5.7).



TABLO 5.1 Yatak katsayısı yönteminde tekil yüklerden oluşan etkiler.

APSiS Metre	TABAN BASINCI t/m ²	MOMENT tm	KESME KUVVETİ ton	OTURMA mm.
0.010	14.543	-0.519	-51.753	7.272
0.440	14.016	-20.515	-41.315	7.008
0.880	13.503	-36.415	-31.025	6.751
1.500	12.859	-51.312	-17.142	6.430
2.250	12.253	-58.125	-1.155	6.126
2.640	12.020	-57.002	6.889	6.010
3.500	11.700	-43.601	24.198	5.850
4.400	11.533	-13.803	41.989	5.791
4.500	11.577	-9.506	43.958	5.789
4.600	11.573	-13.512	-39.074	5.786
4.850	11.565	-22.666	-34.158	5.783
5.500	11.598	-40.714	-21.368	5.799
6.000	11.696	-48.928	-11.474	5.848
6.500	11.873	-52.168	-1.463	5.936
6.600	11.918	-52.214	0.559	5.959
7.040	12.159	-49.994	9.560	6.079
7.650	12.595	-40.274	22.385	6.297
7.820	12.735	-36.158	26.045	6.367
8.360	13.220	-18.898	37.954	6.610
8.800	13.643	0.000	48.000	6.822



Şekil 5.7. Yatak katsayısı yöntemine göre hesaplanmış taban basıncı ve kesit tesiri diyagramları.

5.4. SONLU FARKLAR YÖNTEMİ İLE ÇÖZÜM:

3.1.4. konusunda ana hatları ile özetlenmiş Sonlu Farklar

Yöntemine ait çözüm, bilgisayarda programlanarak elde edilmiştir. Programına ait akış diyagramı verilmiştir (Şekil 5.10).

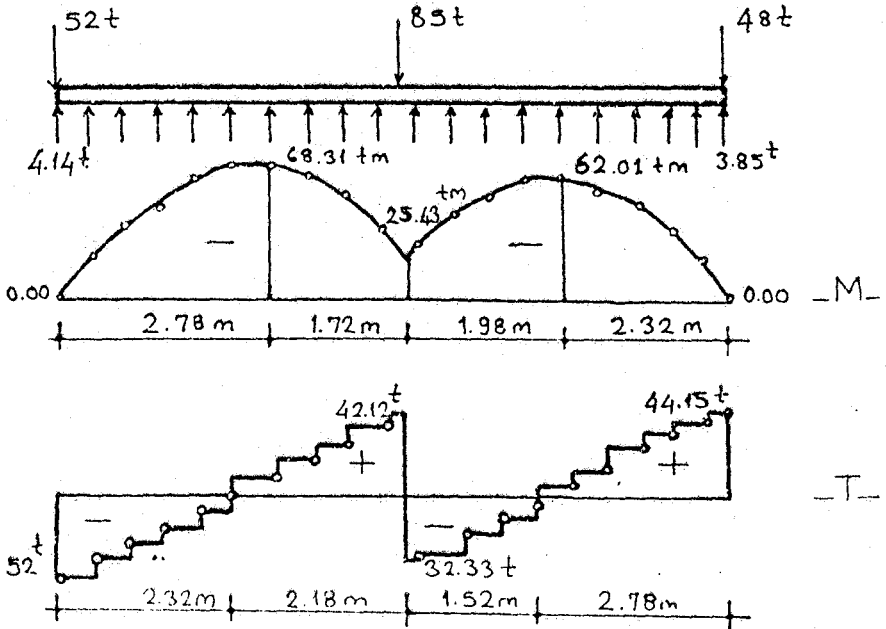
Bilgisayar programı, Fortran 77 dili ile yazılmış ve Karadeniz Üniversitesi Bilgi İşlem Merkezinde çalıştırılmıştır. Programın kullanımı Ek-3 de, listesi Ek-4 de verilmiştir.

Programda, girdi verisi olarak;

Kesit etkileri hesabı istenen kesit sayısı = 20, temele etkileyen tekil yük sayısı = 3, şerit temelin uzunluğu = 8.8 m., elâstisite modülü = 2200000 t/m², atalet momenti = 0,139414 m⁴, yatak katsayısı = 2000 t/m³, temel genişliği = 1.7 m., yüklerin şiddet ve etkiye noktalarının apsis değerleri verilmektedir.

Sonuç olarak, Tablo 5.2 deki katsayılar matrisi ve yük vektörü ile Tablo 5.3 deki moment, zemin tekil kuvveti, kesme kuvveti ve oturma değerleri elde edilir.

Tablo 5.3 deki zemin kuvveti, moment ve kesme kuvveti değerlerine göre kesit tesiri diyagramları çizilir (Şekil 5.9).



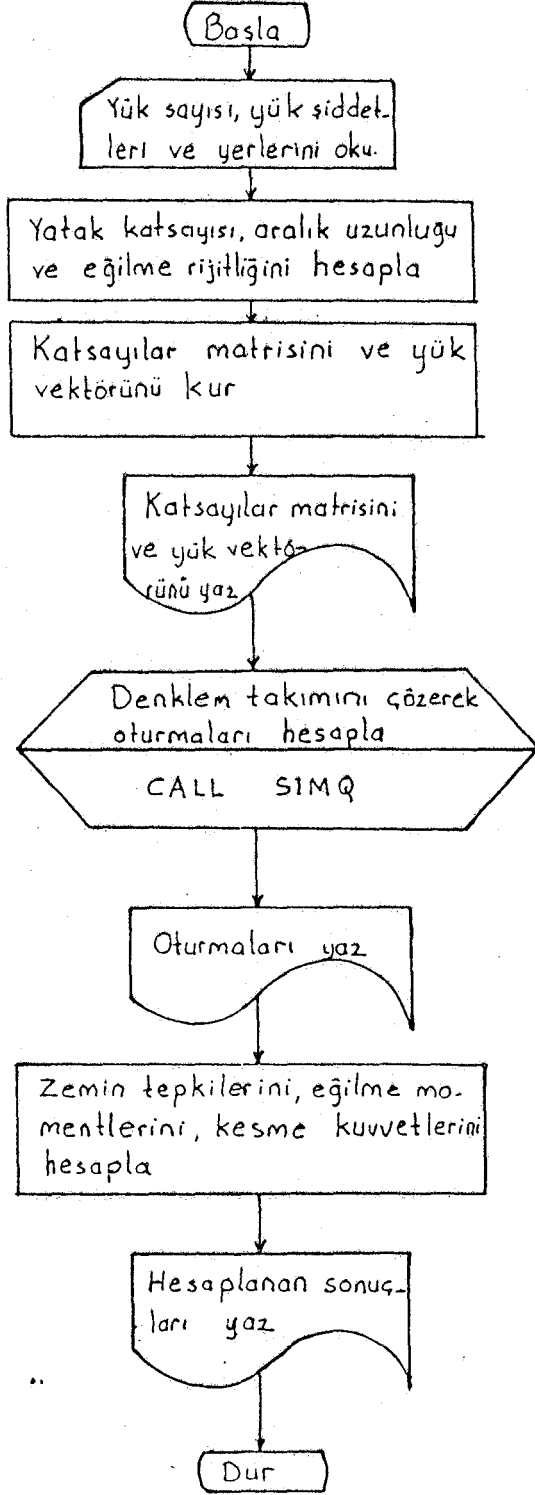
Şekil 5.9. Sonlu farklar yöntemine göre hesaplanmış zemin kuvveti ve kesit tesiri diyagramları.

TABLO 5.3. Sonlu farklar yönteminde tekil yüklerden oluşan etkiler.

APSİS metre	MOMENT tm.	ZEMİN TEKİL KUVVETİ ton	KESME KUVVETİ ton	OTURMA mm.
0.00000	0.00000	4.14.391	-52.00000	5.26299
0.46316	-22.16299	8.76056	-39.09552	5.56219
0.92632	-40.20871	9.20889	-29.88663	5.84739
1.38947	-54.09454	9.61293	-20.27370	6.10447
1.85263	-63.51689	9.95740	-10.31609	6.32321
2.31579	-63.30529	10.23191	-0.08439	6.49754
2.77895	-63.31061	10.43119	10.34679	6.62408
3.24210	-63.52222	10.55523	20.90202	6.70286
3.70526	-53.84953	10.60931	31.51132	6.73720
4.16842	-39.25529	10.60409	42.11540	6.73388
4.63158	-30.94084	10.55562	-32.32898	6.70310
5.09474	-35.91325	10.47308	-21.85588	6.65069
5.55789	-56.03334	10.33998	-11.51590	6.56616
6.02105	-61.35971	10.14515	-1.37075	6.44245
6.48421	-62.00952	9.88275	8.51200	6.27581
6.94737	-58.06801	9.55206	18.06406	6.06581
7.41053	-49.67899	9.15740	27.22145	5.81520
7.87368	-37.06616	8.70803	35.92947	5.52984
8.33684	-20.41594	8.21784	44.14731	5.21855
8.80000	-0.00000	3.85258	-0.00012	4.89299

Açıklama:

Tablo 5.3 deki kesme kuvveti değerlerinin 8.8 Apsisindeki değeri, bir önceki kesme kuvveti ile, sonraki zemin kuvvetinin toplamı olan 47.99 ton dur.



Şekil 5.10. Sonlu farklar yöntemi ile çözüme ait akış diyagramı.

B Ö L Ü M - 6

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Şekil 5.1 de verilen tek doğrultuda şerit temel probleminin, anlatılan dört yöntem ile çözümünden elde edilen sonuçların başlıcaları Tablo 6.1 de verilmiştir.

Tablo 6.1. Çözüm sonuçlarından elde edilen max. tesir kuvvetleri.

YÖNTEMLER	MAKSİMUM MOMENT		MAKSİMUM KESME KUV. ton
	Açıklıkta tm	Mesnette tm	
RİJİT KABUL	61.34	15.88	52
ESNEK KABUL	57.83	13.83	52
YATAK KATSAYISI	58.12	9.51	51.98
SONLU FARKLAR	68.31	25.43	52

Yatak katsayısı yönteminin daha gerçekçi olduğu düşünülürse, Tablo 6.1 deki sonuçların tartışması aşağıdaki gibi verilebilir.

1) Rijit kabul sonuçları ile yatak katsayısı yönteminin sonuçları karşılaştırıldığında, rijit kabul ile çözüm, hem açıklıkta hem mesnette ekonomik olmayan projelendirmelere neden olmaktadır.

2) Esnek kabul sonuçları ile yatak katsayısı yönteminin sonuçları karşılaştırıldığında, esnek kabul ile çözüm kesit kuvvetlerinin yeniden dağılımının (adaptasyonunun) mümkün olmaması halinde açıklıkta emniyetsiz, mesnette ekonomik olmayan projelendirmelere neden olmaktadır.

3) Sonlu farklar yöntemi, çok sık aralıklarla hesap yapıldığında yatak katsayısı yöntemi ile elde edilen sonuçlara daha çok yaklaşan değerler veren bir yöntemdir. Bu nedenle yatak katsayısı yöntemi ile karşılaştırabilmek için aynı sayıdaki kesitlerde hesap yapıldığı halde, sonuçta farklı değerler elde edilmiştir. Bu sonuçları ile açıklıkta ve mesnette ekonomik olmayan projelendirmelere neden olur. Ancak hesaplatılacak kesit sayısı 100, 200, 1000 gibi değerlere ulaştığı zaman, sürekli bir besabın mümkün olacağına ve sonuçların yatak katsayısı yöntemi sonuçları ile daha uyumlu olacağına inanılmaktadır.

Ancak; zemin, gerçek özellikleri hiçbir zaman tam olarak bilinemeyen, bu nedenle kesin çözümü mümkün olmayan bir nesne olduğundan, zemin özellikleri dikkate alınarak yapılan çözümler dahil, herbirinin sonuçlarının farklı olması da doğaldır.

K A Y N A K L A R

- 1- BOWLES, J.E. (1970) Foundation Analysis and Design, Mc Graw Hill Book Company, New York.
- 2- DURMUŞ, A. ve AYTEKİN, M. (1986) "Betonarme Sürekli Temellerin Elâstik Zemine Oturan Sonlu Bir Kiriş Olarak Bilgisayarla Projelendirilmesi", Akdeniz Üniversitesi İsparta Mühendislik Fakültesi, IV. Mühendislik Haftası Bildirisi, s. , İsparta.
- 3- İNAN, M. (1967) Cisimlerin Mukavemeti, Arı Kitabevi Matbaası, İstanbul.
- 4- KANY, M. (1967) Yüzeysel Temellerin Hesap Metodları, Çeviren: Dr. Ing. Bingöl Alpman, Teknik Üniversite Matbaası, Gümüşsuyu, İstanbul.
- 5- KESKİNEL, F. ve KUMBASAR, N. (1976) Sürekli Temeller ve Dönel Kabuklar, Matbaa Teknisyenleri Koll. Şti. İstanbul.
- 6- KÖSEÖĞLU, S. (1971) Temeller Statik ve Betonarme Hesapları, Özarkadaş Matbaası, İstanbul.
- 7- MAGNEL, G., Stabilite des Constructions. Vol. III, Editions Fechey, Gand, 1948.
- 8- MEYERHOF, G.G. (1965) "Shallow Foundations, Journal of SMFE Division, ASCE, Vol. 91, SM2, s.21-31.
- 9- MOORHOUSE, D.C. (1972) Shallow Foundations, State of Art Paper, Proc. Special Conf. on Performance of Earth and Earth-Supported Structures, Purdue, Vol.2, s. 71-109.

- 10- OSTERBERG, J.O. (1973) " Settlements of Structures Due to External Causes", Seminar on Settlement of Structures, ASCE, s.1-17
- 11- SANGLERAT, G. (1972) The Penetrometer and Soil Exploration, Elsevier Publication Co., Amsterdam.
- 12- SIMONS, N.E. and MENZIES, B.K. (1975) A Short Course in Foundation Engineering, IPC Science and Tech Press.
- 13- SKEMPTON, A.W. and Mac DONALD, D.H. (1956) "Allowable Settlement of Buildings, Proc. Institute of Civil Engineers, part. 3, Vol. 5, s. 727-768.
- 14- TERZAGHI, K. (1943) Theoretical Soil Mechanics, Wiley, New York.
- 15- TERZAGHI, K. and PECK, R.B. (1948-1967) Soil Mechanics in Foundation Engineering Practice, Wiley, New York.
- 16- UZUNER, B.A. (1985) "Temeller III, Yayınlanmamış Ders Notları", K.Ü. İnşaat Müh. Bölümü, Trabzon.
- 17- UZUNER, B.A. (1985) "Yapılarda Oturma", Akdeniz Üniversitesi İsparta Müh. Fakültesi, III. Mühendislik Haftası Bildirileri, s. 11-23.
- 18- UZUNER, B.A. (1986) "Plâka Yükleme Deneyi Üzerine" özel teknik rapor, K.Ü. İnş. Müh. Bölümü, Trabzon.
- 19- UZUNER, B.A. (1984) "Yapılarda Zemin İncelemelerinin (Etüdünün) Önemi, Türkiye'de İnşaat Mühendisliği Alanındaki Gelişmeler Kongresi-84, İ.T.Ü., s. 71-74.
- 20- UZUNER, B.A. (1980) "Daneli Zeminlere Oturan Sığ Temellerin Oturmaları", K.T.Ü. İnşaat Müh. Bölümü, Trabzon.

- 21- WINKLER, (1867) Die Lehre von der Elastizitat und Festigkeit, Prag., P. 182.
- 22- Afet Bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik, İmar İskan Bakanlığı.

EK-I: YATAK KATSAYISI PROGRAMININ KULLANIMI

Hazırlanan programda projelendirilen şerit temele ait girdiler aşağıdaki sırada verilir.

1. Satır: Temelin uzunluğu (m), genişliği (m), zeminin yatak katsayısı (t/m^3) ve temel kirişinin eğilme rijitliği (tm^2),

2. Satır: Çözülmesi istenen kesit sayısı, bu kesitlere ait apsis değerleri (m),

3. Satır: Temel üzerindeki tekil yük sayısı, bu yüklerin şiddeti (t) ile etkime noktalarının apsisleri (m),

4. Satır: Temel üzerindeki tekil moment sayısı, bu momentlerin şiddeti (tm) ile etkime noktalarının apsisleri (m),

olarak veri kütüğü oluşturulur. Bütün veriler aralarına birer tane virgül konularak birbirlerinden ayrılır.

Projelendirilen temel üzerinde tekil yük veya momentten birisi yoksa veri satırında bu değere karşılık gelen yere sıfır yazılır. Apsis değerleri her kesit için temelin sol ucu orijin alınarak hesap edilmek suretiyle verilir. Veri kütüğü oluşturulduktan sonra çalıştırılan programda şu sonuçlar elde edilir:

Girdi verisi olarak verilen bilgilerden sonra, çözümlenen kesitlerin; apsisi (m), zemin gerilmesi (t/m^2), momenti (tm), kesme kuvveti (t) ve çökmeler (mm) olarak beş sütunlu bir çizelge halinde elde edilmektedir. (Tablo 5.1). Ayrıca, mutlak değerce maksimum momentin değeri ile bu kesitteki kesme kuvveti, mutlak değerce maksimum kesme kuvveti ile bu kesitteki eğilme momenti değeri de yazılmaktadır.


```
*****
* SÜREKLİ TEMELLERİN ELASTİK ZEMİNE OTURAN SONLU BİR KİRİŞ OLARAK *
* PROJELENDİRİLMESİ *
*****
```

```
L      = TEMELİN UZUNLUĞU
KO     = TEMEL ZEMİNİNİN YATAK KATSAYISI
M(I)  = MOMENT VEKTÖRÜ
P(I,J) = TEKİL YÜKLER VE APSİSLERİ MATRİSİ
T(I)  = KESME KUVVETLERİ VEKTÖRÜ
S(I)  = TEMEL ZEMİNİ REAKSİYONLARI VEKTÖRÜ
Y(I)  = TEMEL ZEMİNİ ÇÖKMELEİ VEKTÖRÜ
BO    = TEMEL TABAN GENİŞLİĞİ
```

```
REAL L,KO,K1,LL,LM,LB,LX,LA,M(50),MM(50,2),MX,K,N1,N2,M1,N3,N4,MK
REAL KS,MS
DIMENSION P(50,2),X(50),T(50),S(50),Y(50)
DATA (M(I),T(I),S(I),Y(I),I=1,50)/200*0.0/
```

ZEMİN VE TEMEL KİRİŞİ ÖZELLİKLERİNİN OKUNUP YAZILMASI

```
READ*,L,BO,KO,EI
WRITE(6,5)L,BO,KO,EI
5  FORMAT(/10X,'TEMEL UZUNLUĞU =',F6.2,' METRE',/10X,'TEMEL GENİŞLİĞİ
*=',F6.2,' METRE',/10X,'YATAK KATSAYISI =',F8.2,' T/M-3',/10X,
*TEMEL RİJİTLİĞİ =',F10.2,' TM-2')
K=KO*BO
LM=(K/4/EI)**.25
LL=L*.4
DO=SINH(LL)*SINH(LL)**SIN(LL)*SIN(LL)

KS = KESİT ETKİLERİ HESABI İSTENEN KESİT SAYISI
YS = TEMELE ETKİYEN TEKİL YÜK SAYISI
```

```
READ*,KS,(X(I),I=1,KS)
READ*,YS,(P(I,1),P(I,2),I=1,YS)
WRITE(6,3)YS,KS
3  FORMAT(10X,'TEMELE ETKİYEN TEKİL YÜK SAYISI =',F5.0
*/10X,'KESİT ETKİLERİ HESABI İSTENEN KESİT SAYISI =',F5.0)
IF(YS.EQ.0) GO TO 15
PRINT*,
PRINT*,      TEKİL YÜK (TON)      ETKİME YERİ (METRE)*
DO 12 I=1,YS
12 WRITE(6,*) (F15.2,12X,F15.2) P(I,1),P(I,2)
DO 7 I=1,KS
DO 7 J=1,YS
P1=P(J,1)
X1=X(I)
A=P(J,2)
B=L-A
IF(X1.GT.A) THEN
A=B
B=P(J,2)
X1=L-X1
END IF
LA=LM*A
LB=L*.4*B
LX=L*.4*X1
D1=COSH(LX)*COS(LX)
D2=SIN(LA)*COSH(LB)
D3=COSH(LX)*SIN(LX)
D4=SINH(LX)*COS(LX)
D5=SINH(LL)*COS(LA)*COSH(LB)**SIN(LL)*COSH(LA)*COS(LB)
D7=COS(LA)*SINH(LB)
D8=SINH(LA)*COS(LB)
D9=COSH(LA)*SIN(LB)
N1=D8-.39
DD=SINH(LX)*SIN(LX)
YX=P1*LM/K/DO*(2*D1+D5+(D3+D4)*(SINH(LL)*(D2-D7)+SIN(LL)*N1))
QX=.5*P1/DO*(2*DD+D5+(D3-D4)*(SINH(LL)*(D2-D7)+SIN(LL)*N1))
QX=P1/DO*(D3+D4)*D5+DD*(SINH(LL)*(D2-D7)+SIN(LL)*N1)
IF(X1.GT.P(J,2)) QX=-QX
M(I)=M(I)+MX
T(I)=T(I)+QX
Y(I)=Y(I)+YX
7  CONTINUE
PRINT*,
PRINT*,      TEKİL YÜKLERDEN OLUŞAN ETKİLER*
WRITE(6,111)
DO 1 I=1,KS
S(I)=KO*Y(I)
Y(I)=Y(I)*1000
1  WRITE(6,10) X(I),S(I),M(I),T(I),Y(I)
Y(I)=Y(I)/1000
```

***** TEKİL YÜKLER İÇİN İŞLEM TAMAM *****

```

15 READ*,MS,(MM(I,1),MM(I,2),I=1,MS)
IF(MS.EQ.0.AND.YS.EQ.0.) GO TO 999
IF(MS.EQ.0) GO TO 700
PRINT*,
PRINT*,*   TEKIL MOMENT (TM)           ETKIME YERI (METRE)*
DO 13 I=1,MS
13 WRITE(6,*(F15.2,I2X,F15.2)*MM(I,1),MM(I,2)
DO 20 I=1,KS
DO 20 J=1,MS
  Y1=MM(J,1)
  X1=X(I)
  A=MM(J,2)
  B=L-A
  IF(X1.GT.A) THEN
    A=B
    B=MM(J,2)
    X1=L-X1
  END IF
  LA=L*A
  LB=L*B
  LX=L*X1
  C0=COS(LA)*SINH(LB)
  C2=COSH(LX)*CJS(LX)
  C3=SINH(LL)*CJS(LA)*COSH(LB)
  C4=SIN(LL)*COS(LA)*CJS(LB)
  C5=CJS(LX)*SIN(LX)
  C6=SINH(LX)*CJS(LX)
  C7=SIN(LA)*COSH(LB)
  C8=SINH(LA)*CJS(LB)
  C9=CJS(LA)*SIN(LB)
  C10=SINH(LX)*SIN(LX)
  N2=C5+C6
  N3=C7+C0
  N4=C8+C9
  YX=-2*L*M*MM(J,1)/K/DO*(C2*(SINH(LL)*N3+SIN(LL)*N4)-N2*(C4+C3))
  MX=-M/DO*(C10*(SINH(LL)*N3+SIN(LL)*N4)-(C5+C6)*(C4+C3))
  QX=-L*M*MM(J,2)/DO*(N2*(SINH(LL)*N3+SIN(LL)*N4)-2*C10*(C4+C3))
  IF(X1.GT.MM(J,2)) MX=-MX
  M(I)=M(I)+MX
  T(I)=T(I)+QX
  Y(I)=Y(I)+YX
20 CONTINUE

HESAPLANAN SONUCLARIN YAZDIRILMASI

PRINT*,
PRINT*,
PRINT*,*TEKIL YUKLERDEN(VARSA) * TEKIL MOMENTEN OLUSAN ETKILER*
222 WRITE(5,111)
111 FORMAT(//7X,*APSI S          ZEM.GER*,7X,*MOMENT  KESME KUV.  COKME*
*,7X,*METRE          T/42          TM          TON          MM*,/)
DO 8 I=1,KS
  S(I)=KJ*Y(I)
  8 WRITE(5,10) X(I),S(I),M(I),T(I),Y(I)
  10 FORMAT(4F12.3,F10.3)
700 EBM=M(I)
  EBT=T(I)
DO 55 I=1,KS
  IF(ABS(M(I)).GT.EBM) THEN
    EBM=ABS(M(I))
    TK=T(I)
  END IF
  IF(ABS(T(I)).GT.EBT) THEN
    EBT=ABS(T(I))
    MK=M(I)
  END IF
55 CONTINUE
WRITE(5,56)EBM,TK,EBT,MK
56 FORMAT(//6X,*TEMEL MAX.MOMENTI=*,F6.2,* TM*,7X,*KARSI GELEN KES.KU
*VVETI=*,F5.2,* TON*,/4X,* MAX. KES. KUVVETI=*,F6.2,* TON
*KARSI GELEN MOMENT=*,F5.2,* TM*)
GO TO 1000
999 PRINT*,*KIRIS UZERINDE HIC YUK BULUNMUYOR*
STOP
1000 PRINT*,
PRINT*,*   MAX. DEGERLER MUTLAK DEGERCE MAX. OLAN DEGERLERDIR*
END

```

C
C
C

EK-III: SONLU FARKLAR PROGRAMININ KULLANIMI

Hazırlanan programda projelendirilen şerit temele ait girdiler aşağıdaki sırada verilir:

1. Satır: Çözümlemesi istenen kesit sayısı, temel üzerindeki tekil yük sayısı, şerit temelin uzunluğu (m), elâstisite modülü (t/m^2), atalet momenti (m^4), zeminin yatak katsayısı (t/m^3), temelin genişliği (m),

2. Satır: Temel üzerindeki yüklerin şiddeti (t) ile etkiye noktalarının apsisleri (m).

olarak veri kütüğü oluşturulur.

Apsis değerleri, temelin sol ucu orijin alınarak verilir.

Girdi verisi olarak verilen bilgilerden sonra, sonuç çıktısında, katsayılar matrisi ve yük vektörü, bu matrisin çözümü ile elde edilen oturmalar (mm), oturmalara bağlı olarak elde edilen moment (tm), zemin tepkisi (t) ve kesme kuvveti (t), apsis (m) değerleri elde edilmektedir.

