

σ_{min} = Sünme ve rötre tamamlandıktan sonra kalıcı en küçük basınç gerilmesi

σ_p = Faydalı yükten mütevelliş eğilme gerilmesi

β_b = Betonun eğilme - çekme - mukavemeti

4. 52. Kırılma emniyeti :

Yeni 162 no. lu Norm aşağıdaki emniyet kat sayısının sağlanması aramaktadır :

$$S_{br} = \frac{M_{br}}{M_g + M_p} \geq 1,8$$

4.53. Beraber çalışma :

Enjeksiyon ile tam aderansın, beraber çalışmanın sağlandığı kabul edilir ve bu, enjeksiyon harcı germe elemanlarını doygun ve tam kavrarsa, harcin mukavemeti de yeterli ise gerçekleşmiş olur. Yeterli müsterek çalışma sağlanamazsa germe elemanlarının mukavemeti tam kullanılamaz. Kırılma emniyeti önemli nisbettte (tahminen % 20) düşer. Maksada uygun şekilli yüzeyi olan çelik teller kaynaşmayı kolaylaştırır.

5. STATİK HESABIN ESASLARI :

5. 1. Hesabin yolu :

Ön - gerilmeli bir konstrüksiyonun hesabı aşağıdaki hususlarla belirlenir.

1. Gerilme tahkiki elastisite teorisine göre yapılır. Bu tahkik $t=0$ anı ve $t=\infty$ için, başka bir deyimle rötre ve sünme neticesi ön - germe kuvvetindeki kayıplar gözetilmeden ve gözetilerek yapılır. İki durumda da emniyet gerilmelerinin aşılmadığının gösterilmesi lâzımdır.

Gerilme tahkiki yapım sırasında oraya çıkabilecek durumları da içine almalıdır. Yapının meydana gelişinde genel olarak aşağıdaki durumlar incelenir :

a) İskelenin alınmasından hemen önceki durumda öngerilme. Elastik iskelelerde ve bilhassa hiperstatik sistemlerde, ön - gerilmenin uygulanmasında zati yük kısmen veya tamamen etkisini göstermeyebilir. Bunun neticesi olarak önbasınçlı çekme bölgesindeki basınç gerilmeleri ile basınç bölgesindeki çekme gerilmeleri emniyet gerilmelerinin üstüne çıkabilir nitekim bu durum bazı münferit kazaların sebebinin teşkil etmiştir.

b) Ön - germe işi tamamlanmış, iskele alınmış, rötre, sünme ve rölausasyon henüz çok az etkili durumda, bunlar değerleri sıfır alınabilecek $t = \infty$ durum. Zati yükün bir kısmı da eksik olabilir. (a) daki gibi bu hal faydalı - hareketli yük olmadığı durumda en büyük gerilmeleri verir.

c) Bu durumda ön - gerilme işi tamamlanmış olduğu gibi, rötre, sünme ve rölausasyon da tamamlanmıştır, yani bütün ön - germe kuvveti kayipları göz önünde tutulacak demektir ($t = \infty$). Aynı zamanda mümkün olabilecek en büyük sürtünme kayipları hesaba katılacaktır. Bu hal, faydalı - hareketli yükün tam etkisi altında basınç bölgesinde en büyük basınç gerilmelerini, önbasınçlı çekme bölgesinde de en küçük basınç gerimesini yahut çekme gerilmesini verir.

2. Duruma göre icabında plastisite teorisine de dayanarak, kırılma emniyeti tahliki yapılır.

3. Kablo metodunda sürtünme kayipları hesaplanır ve,
4. Hiperstatik sistemlerde, ön - germe neticesi ortaya çıkan ilâve moment ve parazit zorlama kuvvetleri nazarı itibara alınır (6 ile karşılaşır).

5. 2. İzostatik sistemlerde ön - germe kuvvetinin hesabı :

5. 21. V_∞ nin hesabı :

Seçilen kesit boyutlarına göre zati ve hareketli yük için moment, kesme kuvveti tesirleri bulunur. Ön - germe kuvveti, çekme - kenarındaki gerilmenin sıfır yapılması veya müsaade edilen çekme gerilmesine indirilmesi isteğini yerine getirecek şekilde hesaplanır. Çeşitli işaretli momentlerin etkisi altındaki kesitlerde ön - gerilme hem alt ve hem de üst kenardaki çekme gerilmelerini karşılayabilmelidir.

Alt kenardaki çekme gerilmesi yok edilmek istenirse :

$$V_{\infty} = \frac{Mg + p}{e + k_0}$$

Üst kenardaki çekme gerilmesi yok edilmek istenirse :

$$V_{\infty} = \frac{Mg + p}{e + k_u}$$

Çekirdek noktaları uzaklıkları :

$$k_0 = \frac{W_u}{F}, k_u = \frac{W_o}{F}$$

bilinen usullerle yalnız beton kesiti için hesaplanır, yani klasik donatı alanı nazarı itibara alınmadır ve kesitteki kablonun gelececeği delik alanları düşülmenden. Bu suretle hesaplanan ön - germe kuvveti $t = \infty$ anında bulunması gerekli değeri verir. Başlangıç ön - germe kuvveti için, rötre sünme kayıplarına göre bu değerin artırılması icabeder. Kayıplar nihaî ön - germanin değeri ve zamanına bağlıdır.

5. 22. Ön - germe kuvveti kayıplarının hesabı :

Aşağıdaki yaklaşık formül (7) kayıpların yeterli doğrulukla hesabını sağlar (klasik donatı fazla değil).

$$\Delta V = - V_{\infty} \frac{\varepsilon_s \cdot E_e + n \cdot \varphi (\sigma_{bg} + \sigma_{bv \infty})}{\sigma_{ev \infty}}$$

$$-\sigma_{e, s+k} = \varepsilon_s \cdot E_e + n \cdot \varphi (\sigma_{bg} + \sigma_{bv \infty})$$

$$\sigma_{ev \infty} = \sigma_{evo} - \sigma_{e, s+k}$$

veyahut; aynı şekilde :

$$\Delta V = -V_0 \frac{\varepsilon_s \cdot E_e + n \cdot \varphi (\sigma_{bg} + \sigma_{bvo})}{n \cdot \sigma_{bvo} \left(1 + \frac{\varphi}{2}\right) - \sigma_{evo}}$$

Burada :

ε_s betonun rötre miktarı (negatif alınır örneğin — 0,3 %)

E_e germe donatısı elastisite modülü

$$n = \frac{E_e}{E_b}$$

φ = sünme sayısı (örneğin = 2,0) çekme +, basınç —

σ_{bg} = sürekli etkiyen yük altında germe donatısı seviyesindeki beton gerilmesi

$\sigma_{e, v_0}, \sigma_{ev \infty}$ = germe elemanındaki $t = 0$, veya $t = \infty$ anındaki gerilme

$\sigma_{bv_0}, \sigma_{bv \infty}$ = betondaki, germe elemanı seviyesinde mevcut $t = 0$ veya $t = \infty$ anındaki gerilme

Örneğin :

$\varepsilon_s = 0,3\%$, $n = 5$, $\varphi = 2$, $\sigma_{bg} + \sigma_{bv \infty} = -100 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_{ev \infty} = +8800 \text{ kg/cm}^2$ için

$\Delta V = -0,18 V \infty$ olur.

5. 3. İzostatik sistemlerde gerilme tahkiki :

Gerilme tahkiki çeşitli kademelere ayrıılır :

- Zati yük + ön - gerilme, $t = 0$ anında. Kaynaşma daha sağlanmamış durumdadır. Zati yük faydalı yüke göre ağır basıyor ve zati yük kısım, kısım, uygulanacaksa, örneğin çoğulukla endüstri yapılarında olduğu gibi, ön - gerilme de kademeli uygulanmalıdır, aksi takdirde önbasinçlı çekme bölgesinde aşırı basınç, basınç bölgesinde de istenmiyen büyük çekme gerilmeleri doğar.

Geçerli olan formüller :

$$\sigma_o = - \frac{M_g}{W_o} + \frac{V}{W_o} (e - k_u)$$

$$\sigma_u = + \frac{M_g}{W_u} - \frac{V}{W_u} (e + k_o)$$

Burada çekme (+), basınç (-), + M altta çekme tevlit eden moment olarak alınmış olup V, e, k_u, k_o işaretetsizdir.

Yukarıdaki formül germe donatısı ekseni tarafsız eksen altında ise doğrudur. Germe donatısı tarafsız eksen üzerinde ise :

$$\sigma_o = - \frac{M_g}{W_o} - \frac{V}{W_o} (e + k_u)$$

$$\sigma_u = + \frac{M_g}{W_u} + \frac{V}{W_u} (e - k_o)$$

formülü geçerlidir.

2. Zati yük + ön-gerilme + faydalı yük toplam tesiri, başlangıç ($t = o$), ve nihaî $t = \infty$ anı için incelenir. Faydalı yük enjeksiyon işlemi tamamlandıktan sonra uygulanmalıdır. Bu demekti ki, faydalı yük karma kesiti etkiler yani beton kesiti + kablo ve klasik donatı alanı $x n$ ($= 5$) şeklinde alınacak alan bahis konusudur. Bu durumda mukavemet momenti % 15 - 20 kadar büyük tür. Faydalı yük, hareketli yük gerilme terimi,

$$\sigma = \pm \frac{M_p}{W}$$

formülü ile hesaplanır.

5. 4. Emniyet katsayıları hesabı ve gerilme yayılışı :

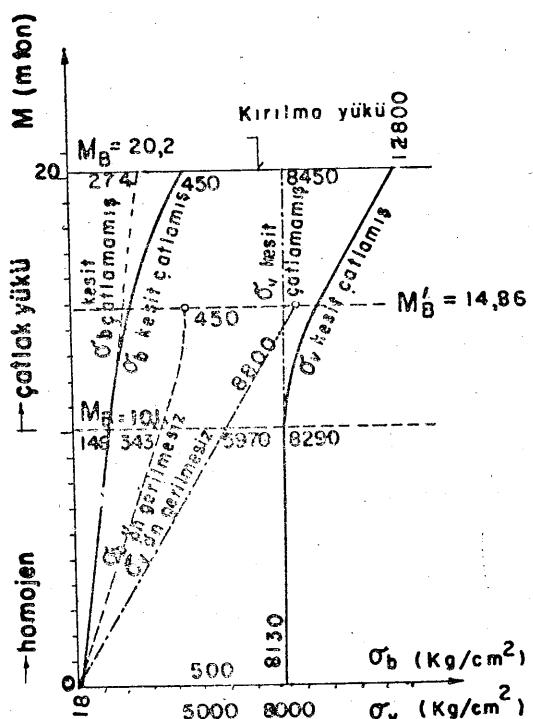
5. 41. Çatlama emniyeti :

Homojen kesit için, çekme lifindeki toplam gerilmeyi, eğilme-çekme mukavemetine eşit veya bunun α katı kadar küçük değerine

esit yapan bir yük veya M_r momenti hesaplamak suretile çatlama emniyeti tahkik edilir. 4.51 ile karşılaşırız.

5. 42. Gerilme yayılışı :

Şekil 15 de öngerilmeli ve öngerilmesiz betonda kırılma yüküne kadar gerilmenin seyri gösterilmiştir. Öngerilmesiz betonda, beton ve çelik gerilmeleri eğilme momenti ile orantılı olarak ar-



Sekil. 15

Ön-gerilmiş ve ön-gerilmemiş betonda gerilmemiş
seyri
(Sekil. 19 ile karşılaştırınız)

M_B' = Ön - gerilmemiş kırışte kırılma momenti

tar. Öngerilmeli ve çatlamamış kesitte, basınç bölgesindeki beton gerilmeleri ile germe donatısındaki gerilmeler de eğilme momentile

orantılı artarlar. Öngerilmeli betonda, ön - germe neticesi, yüklenmemiş durumda da çelikte gerilme vardır. Germe donatısının kesiteki yeri ve germe kuvveti miktarı basınç bölgesindeki beton gerilmesinin değerini belirler. Germe elemanı ancak çekirdek noktasında ise bu gerilmenin değeri sıfırdır.

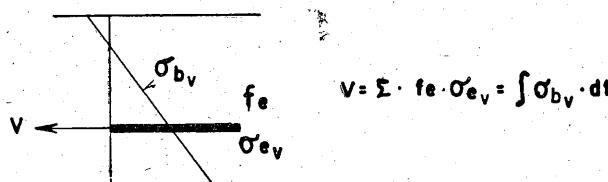
Çatlama yükünün aşılması ile betondaki ve çelikteki gerilmele rin artışı hızlanmaktadır. Çatlakların başlangıçta $1/10$ mm mertebede derinlik göstermesi ve dolayısıyla atalet momentinin yavaş azalması sebebile gerilme diyagramında sıçrama görünmemektedir. Kırılma durumuna yaklaşıkça, öngerilmeli ve öngerilmesiz betonda gerilme artış seyri birbirine benzemektedir. Kırılma durumundan hemen önce çelik gerilmesi, ön - gerilmeli de biraz fazla olmak üzere ikisinde de hemen hemen aynıdır. Buna mukabil beton gerilmesi ön - gerilmelide daha düşüktür, bu demektir ki, ön - germe basınç bölgesinin yükünü azaltmaktadır.

Momentin fonksiyonu olarak gerilme diyagramını çizmek istersek, zati yük + ön - germe, ön - germe + zati yük + faydalı yük, hareketli yük, 5.41 'e göre çatlama yükü ve nihayet 5.44 'e göre kırılma yükü için gerilmeleri hesaplamamız icabeder. Çatlama yükü ile kırılma yükü arasındaki gerilmenin seyrini, yeter yaklaşık ilgili beton ve çelik gerilmelerini birer doğru ile birleştirmek suretile gösterebiliriz.

5. 43. Çatlama yükü sınırı aşıldıktan sonra gerilmelerin hesabı:

Çatlak meydana getiren M_{Riss} momentinden büyük bir M momenti tesirile doğan gerilmeleri hesaplayacağız. Çelik çubuklar yardımıyle uygulanan ön - germe kuvvetinin bileşkesi V olsun.

a)

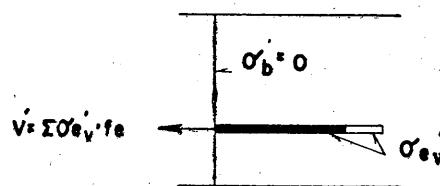


Sekil. 16a

Şimdi biz bir V' kuvveti uygulayarak ($V' > V$) beton kesitini gerilmesiz duruma getirdiğimizi düşünelim. Betondaki elastik (ve plas-

tik) kısalma sebebile çelikteki uzama kaybını da karşılamak için V' nin V den büyük olması lâzımdır.

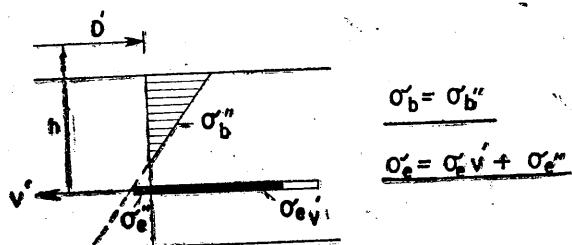
b)



Şekil. 16b

Kırışı etkileyen M momentini $h = \frac{M}{V'}$ olacak şekilde kuvvet

çiftine ayıralım. $D' = -V'$ (bu çözüm G. Colonetti'ye aittir).



$V' \Sigma \sigma_e v \cdot f_e$ yi dengeler

Şekil. 16c

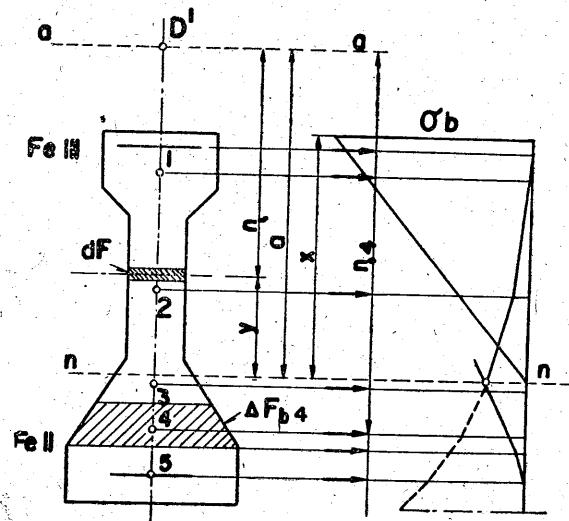
Şekil 16 son zamanlarda σ_e' , germe yatağındaki gerilme için kullanılmaktadır ($\sigma^{(0)}$) (6).

$D' \cdot h$ dan gelen σ_b'' ve σ_e'' gerilmelerini betonarmedecki kuralarla, meselâ mürekkep eğilmeye (normal kuvvet ve eğilme) ait tabloları kullanarak hesaplayabiliriz.

Ön - germe ve M momentinin verdiği toplam gerilme böylece :

$$\sigma_b = \sigma'_b$$

$$\sigma_e = \sigma_{ev} + \sigma'_e$$



Çekmeli çelik $\eta \cdot \Delta F'$ **Basınçlı çelik + beton** $\eta \cdot \Delta F''$

II I III 1 2 3 4 5

Grafik çözüm
 $\int y \eta dF' = 0$

Sekil. 17

Çatlıamış durumda gerilmelerin hesabı

$$\sigma_b = \sigma_b''$$

$$\sigma_e = \sigma_{ev}' + \sigma_e'' \quad \text{olur.}$$

Karışık durumlarda, örneğin enkesitinin şekli karışık ve öngerme donatısı çekme bölgesinde yaygın ise, tarafsız eksen ve gerilmeler grafik olarak, örneğin Spangenberg metodu ile (Şek. 17) bulunabilir.

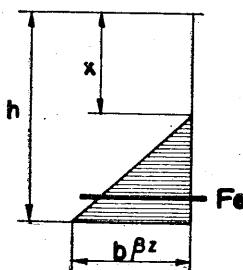
5. 44. Kırılma çeşitleri :

Projelendirmede birinci derecede dikkat edilecek husus, yapıının, bir arıza göstermeden, inşasında öngörülen hizmeti ömrü boyunca yapabilecek şekilde, etkisi altında kalması bahis konusu olabilecek bütün tesirleri doğru olarak nazarı itibara almaktır.

Kırılma durumu hakikat ile ilişiği az hipotetik bir durumdur. Kırılma emniyeti tahliki, servis durumu ötesinde, hesaplardaki takribiyeti, uygulamadaki küçük hataları yahut malzemedeği belirli yetersizlikleri karşılamaya yarayacak bir emniyet payının olduğunu göstermeye yarar. Aksi halde yapıda arıza görülebilir.

Öngerilmeli betonda aşağıdaki kırılma çeşitleri bahis konusudur :

a) Çatlama yüküne ulaşılmasile taşıma gücünün tükenmesi Eğilmeye zorlanan betonda ortaya çıkan Z_b çekme kuvveti, germe çeliğindeki ΔZ_e (kopma yükü - öngerme kuvveti farkı) artma imkânından büyük olur.



S e k i l . 18

Derhal görülebilirki, donatısı az, yüksek mukavemetli beton plâklar ve öngerme donatısı çok fazla gerilmiş dikdörtgen kesit-

lerde bu çeşit kırılma olabilir: Basitleştirerek $X = h/2$ (çok gari müsait) alınarak yapılacak hesapla :

$$Z_b = \frac{h}{4} \cdot b \cdot z\beta_b = \frac{F}{4} \cdot z\beta_b$$

$$\Delta Z_e = F_e \cdot (\beta_z - \sigma_v)$$

buradan kritik donatı oranı

$$\mu_{kr} = \frac{z\beta_b}{4} \cdot \frac{1}{(\beta_z - \sigma_v)}$$

$$\beta \sim \frac{1}{z \cdot b \cdot 10^w \cdot d} \quad \text{alınarak } \beta_z = 160 \text{ kg/mm}^2 \text{ için } \mu_{kr} \text{ değerleri :}$$

TABLO : 7

$\frac{\beta}{w \cdot d}$	$\sigma_v = 0,65 \beta_z$	$\sigma_v = 0,55 \beta_z$
300	$\mu = 0,135 \%$	$\mu = 0,105 \%$
450	$\mu = 0,20 \%$	$\mu = 0,157 \%$
600	$\mu = 0,266 \%$	$\mu = 0,208 \%$

Az öngerilmiş plâklar hakikaten bu kategori içine girebilir. Mevcut klâsik donatı, nazarî itibara alınması gereken ek ΔZ_e değerini verir.

b) Beton basınç bölgesi yetersiz kalır, çeliğin çekme mukavemeti tam kullanılmadan bile, yani kırılma yapıda büyük çatlak ve önemli deformasyon görülmeden ani meydana gelir. Bu çeşit kırılma, donatı oranı % 0,5 (çelik çubuklar) den fazla olan ve basınç bölgesinin zayıf teşkil edilmesi halinde görülür.

c) Belirli olarak çatlamanın artması halinde çelik şiddetle uzar ve kesitin artan dönmesile beton kırılma kısalmasına ulaşılır. Basınç bölgesi kuvvetli olan, normal donatılmış ($\mu \sim 0,2 - 0,5 \%$) bütün öngerlmeli kirişlerde büyük deformasyonları izleyen bu şekildeki kırılmalarla karşılaşılır.

d) Çatlak c) deki gibi ortaya çıkıp kırılmanın germe çeliği çekme mukavemetinin aşılması meydana gelmesi. Bu çeşit kırılma

ma a) daki gibi donatı oranı az, öngerilmesi çok olan kırışte görülür. Aradaki fark, çatlama yükünün ulaşılmasile ani kırılmanın olmamasında ve ayrıca kuvvetli basınç bölgesinin bulunmasındadır.

Buradan anlaşılan, donatı oranı az veya çok olan taşıyıcı elemanlarda kırılmanın, önceden büyük deformasyonlar görülmeden vuku bulmuşudur. Hangi mertebede deformasyonların beklenebileceği kırılma durumu için yapılacak kesit dönme hesabile tayin edilebilir.

Rüsch, Leonhardt, Kordina ve diğerlerine göre, bir öngerilme-li yapının aşırı deformasyonla kullanılamaz hale gelmesi için ileri sürülen kriter, önbasınçlı bölgede, yük tamamen kaldırıldıktan sonra, çelikteki uzamanın % 5 olmasıdır, bu da bir metre boyda 1 mm genişliğinde 5 çatlak olması demektir. Böyle bir «kullanılamazlık durumu» bilhassa hiperstatik sistemlerde kolay ulaşılacak durum değildir, zira munzam çelik uzaması ekseriya ancak % 2 ve daha küçük değere ulaşabilir. Bu durumlarda lüzumlu kırılma emniyeti herhalde sağlanmış olacağından, öngerilmeli bir yapıdan kırılmadan önce büyük deformasyon gösternesini istemek aşırılık olur, gereksizdir. Bununla beraber, öngerilmeli taşıyıcı sistemlerde çatlak teşekkülü ile karşılaşılırsa sebebi ve neticesinin araştırılması gereklidir.

Sınırlı öngerilmeli betonda benzer düşüncelerin ne kadarının geçerli olacağı her hale göre araştırılmalıdır.

5. 45. Kırılma momentinin hesabı

Grafik metod, kırılma momentinin bulunması (13) için en basit ve açık yoldur. Aşağıdaki münasebetlerden hareket edilir.

$$(1) \quad \int \sigma \cdot df = 0 \text{ dolayısıle } D = Z$$

$$(2) \quad M B_{\text{ruch}} = \int \sigma \cdot y \cdot df$$

Kesitlerin düzlem kalması kabulü kırılma durumu için de geçerlidir. Bu duruma göre, maksada uygunluğu bakımından ya beton basınç kısalmasının veya kritik çelik uzamasının ulaşılması kabulünden hareket etmek suretile, tarafsız eksen hakkında serbestçe bir kabul yapılabilir. Her durum için, tarafsız eksenin çeşitli yerleri için basınç bölgesi ve donatı için ayrı; ayrı $\int \tau \cdot df$ değerleri, $D = Z$ şartı tahakkuk edinceye kadar hesaplanır.

Kritik çelik uzaması ulaşılmadan basınç bölgesi taşıma gücü tükenirse :

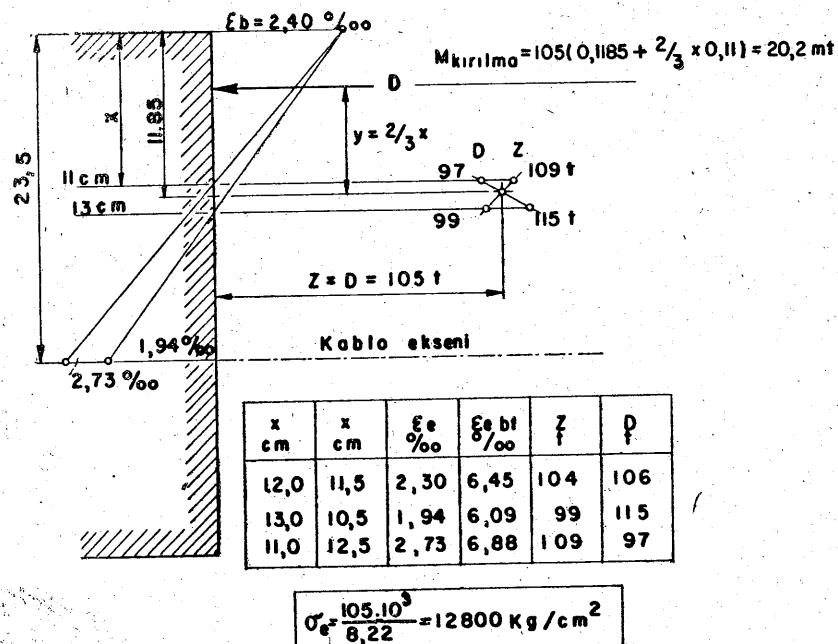
$$M_{Br} = \int \sigma_c \cdot y \cdot df = D(h - X + y)$$

olur ve aynı şekilde beton basınç bloğesi taşıma gücüne ulaşılmanın donatıda yetersizlik olursa :

$$M_{Br} = Fe \cdot \beta_z (h - X + y).$$

$$M_{Kırılma} = Fe \cdot \beta_z (h - x + y)$$

$$\begin{aligned} \text{Beton } w\beta d &= 550 \text{ Kg/cm}^2 & h &= 23,5 & \mu &= \frac{8,22}{23,5 \cdot 32} = 1,1 \% \\ &\approx 2,40 \% & b &= 32 \text{ cm} & \\ \text{Çelik şebek E} &\approx 2040000 \text{ Kg/cm}^2 & n &= 5 & \\ \sigma_v &= 8460 \text{ Kg/cm}^2 & \varepsilon_y &= 4,15 \% & \\ F_v &= 8,22 \text{ cm}^2 & z' &= 69,5 \text{ t} & \end{aligned}$$



Şekil. 19

Kırılma momentinin hesabı

Doneler : kesitlerin düzlem kalması
çeligin deformasyon eğrisi
betonun basınç büzülme eğrisi

Betonun çekme mukavemeti nazarı itibara alınmamıştır. Bu nazarı itibara almış şekli için M. R. Ros'un «Vorgespannter Beton», Bericht Nr. 155 der EPA, sahife 28 bak.

Celiğin kırılma uzaması yerine, kritik deformasyonu doğuran uzama esas alınabilir, örneğin % 5. Bu halde β_z yerine, gerilme deformasyon eğrisinden $\epsilon = \% 5 + \text{germe yatağındaki uzama}$

$\frac{\sigma_{ev}}{\epsilon_e}$ ye tekabül eden gerime alınır (5. 43 ile karşılaşırınız).

Örnek : Kiriş (deney değerlendirmesi) $H = 37,5 \text{ cm}$, $B = 32 \text{ cm}$, $h = 23,5 \text{ cm}$, $Fe = 42 \varnothing 5 = 8,22 \text{ cm}^2$, $\mu = \frac{8,22}{32 \cdot 23,5} = 1,1 \%$

bu durumda donatı çok fazladır yani kırılma b) tipinde olacaktır. Buradaki örnek şekil 19 daki kırıştır.

Basınç bölgesi kenarında ölçülen kırılma kısılmasını % 2,4'i taşıyalım ve buradan kablo ekseninde % 1,94 ve % 2,73 (ilâve) uzamalara tekabül eden işinlar çizelim. Bu uzamalar öngefähr uzamasi olan % 4,5'e ilâve edilerek ve celiğin gerilme - deformasyon eğrisinden toplam % 1,94 + 4,15 veya 2,73 + 4,15 uzamalara ait gerilmeler alınıp bunlarla kuvvetler ($Z = 99 \text{ t}$ veya 109 t) tesaplanır. İşinler X tarafsız eksenini 13 veya 11 cm de belirmiş olurlar.

Şimdi biz diğer taraftan basit olarak :

$$D = \frac{\beta_w \cdot U}{2} = 115 \text{ t} \text{ veya } 97 \text{ t} \text{ hesaplarız.}$$

D ve Z değerlerini grafik olarak ilgili tarafsız eksenlere göre taşıyarak birbirlerini birleştirelim, keşfetme noktaları $D = Z = 105 \text{ t}$ verir, ve buna ait tarafsız eksen $X = 11.85 \text{ cm}$ olur.

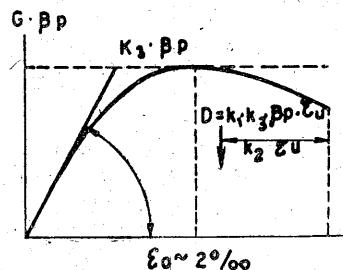
Kırılma momenti basitleştirici $y = 2/3 X$ kabulüne göre 20,2 mit olarak hesaplanır.

Bizim kirişin donatısı çoktur : $\mu = \% 1,1$; kablo ekseninde kırılmanın yeterli ön belirtisi olan % 5 lik ilâve uzamaya ulaşamaz, fakat buna rağmen, kablo eksenin kirişin alt kenarına göre oldukça yukarıda olduğundan, altta yeter sayıda, iyi görülebilecek çatlaklar teşekkür eder (EMPA da yapılan deneyler de bunu doğrula-

mişdir, 2568 no. lu tebliğde görüleceği üzere ölçülen çatlak genişliği 1,1 mm dir).

5. 46. Plastisite teorisinin uygulanması:

(Eğilme - basınç bölgesinin taşıma gücünün hesaplanması)



Eğilme zorlamasında deformasyon - gerilme arasındaki genel ilişki

Şekil. 20

Biz basitleştirici üçken gerilme dağılışına göre hesaplarımıizi yaptık ve en büyük değer olarak, kabul ettiğimiz 550 kg/cm^2 lik küb mukavemetini aldık. Son 20 sene içinde yayınlanan kırılma teorilerinde gerilme diyagramı parabolik veya dikdörtgen olarak alınmakta ve en büyük değer için prizma mukavemeti seçilmektedir. Amerika'da yapılan son deneylere göre (14) eğilmede gerilme - deformasyon eğrisi Şek. 20 de verilen eğriye uymaktadır.

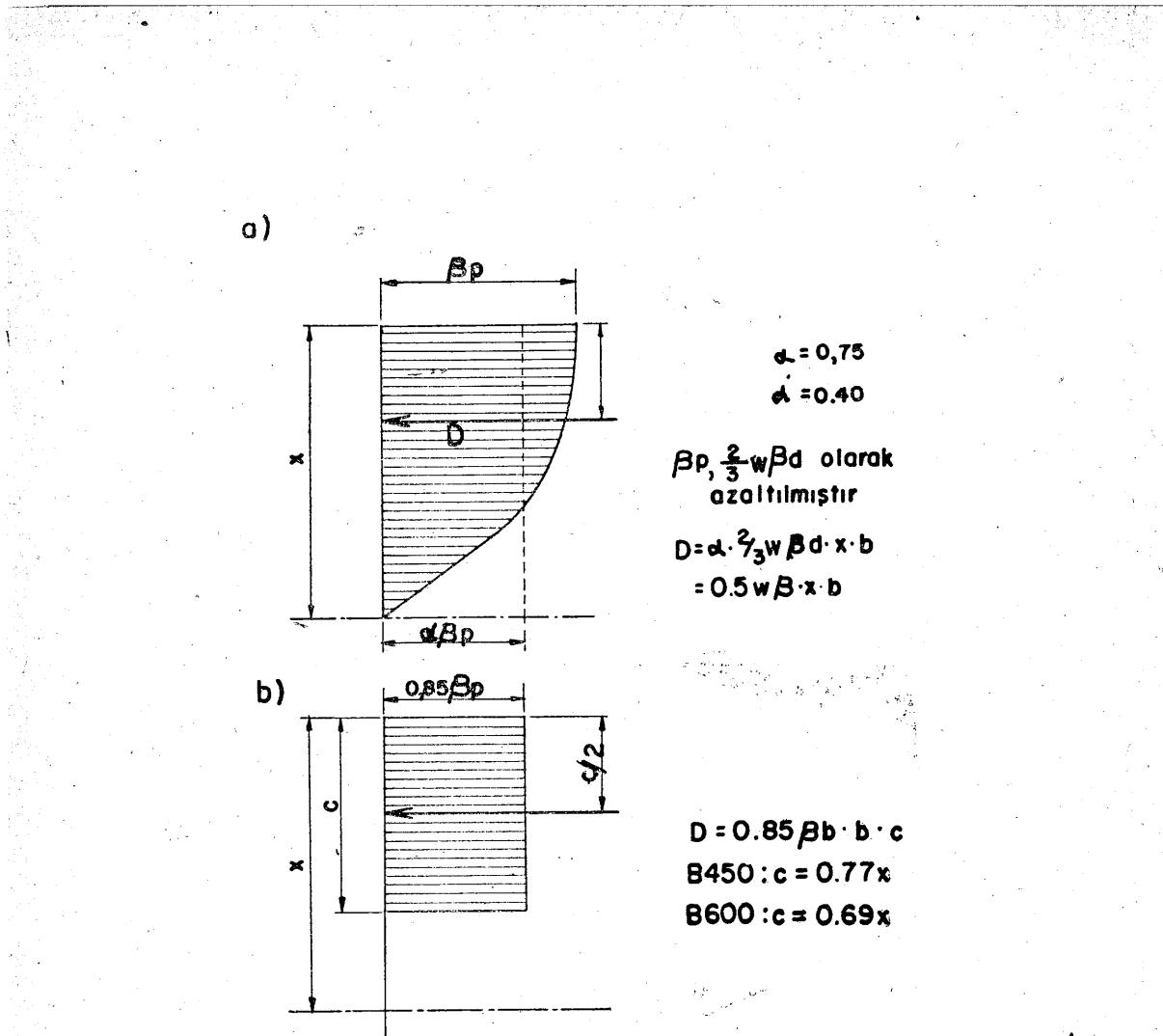
Mمungkin olan en büyük gerilme (\sim prizma mukavemeti), $\epsilon_0 \sim 2\%$ deformasyonu karşılığı alınmıştır, deformasyonun daha fazla artışı ile gerilme düşmektedir. Beton ne kadar iyi olursa ϵ_u , ϵ_e ye yaklaşır. k_1 , k_2 ve k_3 beton kalitesine, enkesit formuna ve yükleme hızına bağlıdır.

Şekil 21 deki «daha doğru» kabullere göre ve a) veya b) ye uygun yapılacak beton basınç bölgesi taşıma gücü hesabı ile önceki basitleştirilmiş metoda göre çıkan neticeler karşılaştırılınca mühim fark çıkmadığı görülür:

$$\text{Şekil 19} \quad D = 102 \text{ t} \quad M_{Br} = 19,6 \text{ mt} \quad (\text{deney } 19,98 \text{ mt})$$

$$\text{Şekil 21 a} \quad D = 102 \text{ t} \quad M = 18,8 \text{ mt}$$

$$\text{Şekil 21 b} \quad D = 102 \text{ t} \quad M = 19,2 \text{ mt}$$



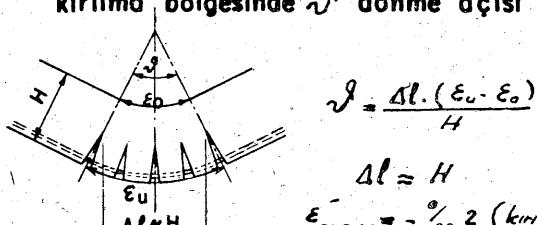
S e k i l . 21

Küb mukavemeti için burada 500 kg/cm^2 (silindir 400 kg/cm^2) alınmıştır. Zira, şekil 19 deneye nazaran büyük kırılma momenti vermiştir.

Bu sebeple basitleştirici metodun kullanılması rahatlıkla tavsiye edilebilir. Burada yalnız küb mukavemetini bilmek yeter; çirkilikçi daha ziyade labratuvarden deneylerine dayanan, pratikteki duruma tamamen intibakı sağlanamayacak α , α' , c vs. katsayılarıyla yapılacak operasyonlardan kurtulmuş oluruz. Beton mukavemetindeki % 10 luk eksilme kırılma momentini % 3 azaltır.

İlkel gerilmeli kırışın şekil değiştirme kabiliyeti

kırılma bölgesinde ϑ dönme açısı



$$\vartheta = \frac{\Delta l \cdot (\varepsilon_u - \varepsilon_o)}{H}$$

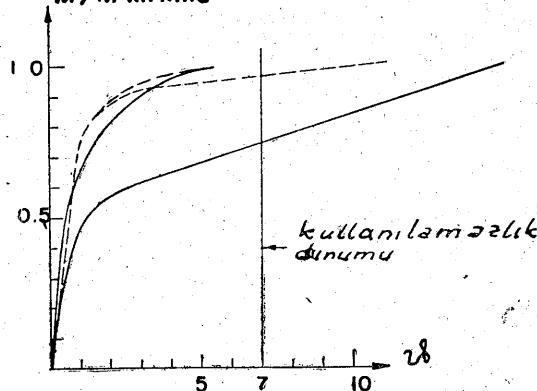
$$\Delta l \approx H$$

$$\varepsilon_{o\max} = -\% 2 \text{ (kırılma büzülmesi)}$$

$$\varepsilon_{u\max} = +\% 5 \text{ (kullanılamazlık sınırı)}$$

$$\vartheta_{\max} \approx 7 \cdot 10^{-3}$$

M/M kırılma



**Öngerilmeli kırışte ölçüler
(EMPA tebliğlerinden)**

- Statik kırılma deneyi
- - - Dinamik kırılma deneyi

Şekil. 22

(bölüm 6.3 bakınız)

5.47. Emniyet tahkikinde beton mukavemetinin düşürülmesi :

Belirli bazı yabancı şartnameler hesaplarda beton basıncı mukavemetinin % 70 - 85 ini nazarı itibara alırlar. Bu husus dayanğını, prizma mukavemetinin % 90'ı kadar olan, çok tekerrür

eden yük altındaki mukavemet kavramından almaktadır; ayrıca beton mukavemetinde olabilecek sapmalar dolayısıyle % 85'e indirim tavsiye edildiğine göre :

$$\beta = 0,85 \times 0,90 \frac{p\beta_d}{w_d} = 0,76 \frac{p\beta_d}{w_d} \text{ yahut } 0,60 \frac{\beta}{w_d}$$

Rüsch ile CEB bu değerle hesabı sağlık verirler, fakat «doluluk kat sayısı»nı $\alpha = 0,81$ olarak büyük seçmekte dirler (Rüsch şek. 20 nin ε_0 ile ε_u arasındaki alanı diktörtgen alır).

$$D = 0,60 \cdot \frac{\beta}{w_d} \cdot 0,81 \cdot X \cdot b = 0,486 \frac{\beta}{w_d} \cdot X \cdot b$$

Basit metoddaki 0,5' göre fark (tekerrür yükü dolayısıyle azaltma münakaşa götürür olmasına rağmen) ihmali edilebilecek kadar küçüktür.

Yeni 162 numaralı normun hesapta alınacak beton basınç mukavemeti hakkında azaltma getirip, getirmeyeceği daha belli değildir. Fakat bunun aleyhine ileri sürülebilecek hususlar vardır :

Bir defa bugün için istenen beton mukavemetine, şantiyede gerçekleştirilen minimum, altına düşülemeyecek değer olarak bakmak gereklidir. Herhangi bir şekilde yine de altına inilmiş ise bunu karşılamak için şartnamede mevcut 1,8 katlık kırılma emniyeti yeterlidir.

Ayrıca mukavemeler zamanla, 28 günlükten 90 günlüğe kadar $\sim \% 15$, 28 günlükten 365 günlüğe kadar $\sim \% 30$ artmaktadır. Bu husus bile yalnız başına mukavemetteki düşüklükleri rahatlıkla karşılayabilir. Son olarak da kırılma kısalması $\% 2$ alınarak emniyetli tarafta kalınmıştır; zira burada enine donatı veya etriyenin, kırılma kısalması ve mukavemeti artırıcı etkisi ihmali edilmiştir. Beton mukavemetinin sürekli çok tekerrür eden yük altında azalması düşünülecekse o zaman kırılma kısalması en aşağı iki kata çıkarılmalıdır.

Beton mukavemeti azalması ile kırılma momenti azalması lineer orantılı değildir. Beton mukavemetindeki düşüklüğün kırılma mementine etkisi çok küçüktür (5.46 daki örneğe bakınız).

6. KÖPRÜLERDE ÖNGERİLMELİ BETON :

6. 1. Genel olarak :

Son 10 sene içinde İsviçrede öngerilmeli olarak yapılan köprülerin sayısı 100'ü bulmuştur. Küçük ve orta boy açıklıklar, yanı