

4. HESAP ESASLARI, EMNİYET GERİLMELERİ, EMNİYET KATSAYISI

4. 1. Tam öngerilme :

Ön - gerilmeli betonun belli başlı avantajlarından birisi çatlaksız oluşudur. Bu durum, kullanılan betonun da iyi nitelikte oluşu ile öngerilmeli yapı elemanına uzun ömür sağlamaktadır.

Uygulanan öngerilme, yüklerden doğan çekme gerilmelerini karşılayamazsa kalıcı çekme gerilmeleri görülür. Hiperstatik sistemlerde öngerme kuvvetinden doğan ilave moment, kesme kuvveti ve normal kuvvetlerin tesirinin nazarı itibara alınacağı, zati ve faydalı yükten gelen çekme gerilmelerle toplanacağı aşikârdır.

İyi konstrüktör, g, p ve ilâve kuvvetlerin doğurduğu çekme gerilmelerini, maksadına uygun seçeceği öngerilme kuvveti ve konstrüktif tedbirlerle karşılamayı bilir.

Etap, etap betonlama, rötre ve ısı bilhassa kesit üzerinde dağılışı üniform olmadığı zaman oldukça büyük çekme gerilmeleri doğmaktadır.

İskelenin oturması, iskelenin indirilmesi ve temellerdeki farklı çökmeler hesapla önceden kavranamayacak ek gerilmeler doğurur.

Betonun çekme mukavemeti bu kabil zorlamalar için rezerve olarak kalmalıdır.

Çekme gerilmesinin tamamen önlenmesi kırılma emniyeti bakımından gerekli görülmez ve ekonomik olarak olumlu bulunmazsa, üniform rötre ve ısı tesirini de içine alan çeşitli yüklemelerin en gayri - müsait kombinasyonu neticesi çıkan gerilmeye, betonun çekme mukavemetinin 1/4 ünü aşmamak şartıyla müsaade edilebilir. Bu tolerans yapı sırasında geçici olarak doğabilecek çekme gerilmeleri için de geçerlidir. Tam öngerimenin faydaları bu yüzden kısıtlanmış olmaz.

Diğer çeşitli ısı tesirlerini tamamen öngerme kuvvetile karşılamak kanaatimizce normal durumlarda lüzumsuz germe kablosu israfı olur.

4. 2. Germe yatağı metodu :

4. 21. Çelik tel :

4. 21.1. Germe yatağında emniyet gerilmesi.

$$\sigma_b \leq 0,75 \beta_z$$

4. 21. 2. Germe düzeni gevşetildikten ve sünme, rötne tamamlandıktan sonra gerilme :

$$\sigma_c \leq 0,55 \beta_z$$

4. 21. 3. Çelik teldeki rölaksasyon neticesi gerilme kaybı :

Çelik tel çekme mukavemetinin $0,75 \beta_z$ ile gerildiği zaman doğru başka bir ölçü olmadığına göre % 15 gerilme kaybı hesaplanmalıdır. Çoğunlukla kullanılan çelik cinsi 160 kg/mm^2 lik olduğuna göre bu kayıp 18 kg/mm^2 dir.

4. 21.4. Aderans :

Yeterli aderansı sağlamak için daha ziyade üzerinde maksada uygun çıkıntıları olan teller kullanılmalıdır. Ankrāj boyu betonun kalitesi ve üzerindeki çıkıntıların şekline göre 60 ilâ 100 çap kadardır. Unutmamak lâzımdır ki germe kuvvetinin takriben % 75 i ankrāj boyunun yarısında nakledilmektedir. Üzerinde çıkıntı olan tellerde müsaade edilen en büyük çap 5 mm dir.

7 Ø 3 mm. lik tel demeti de yeterli aderans sağlar (tel demeti = çelik sicim).

4.22. Beton :

Germe tertibatının gevşetilmesinde beton mukavemetinin en aşağı 300 kg/cm^2 olması gerekir.

4. 22. 1 Önbasınçlı çekme bölgesindeki en büyük kenar emniyet gerilmesi :

Germe tertibatının gevşetilmesi anında emniyet gerilmesi $\sigma_b = 0,44 \frac{\beta}{w d} = 0,55 \frac{\beta}{p d}$ dir.. Servis durumunda bu gerilme

kendiliğinden azalır. Kenar gerilme sınırının kullanılması beton fabrikasyonunun sürekli kontrolünü gerektirir.

4. 22.2. Basınç bölgesindeki emniyet gerilmesi :

$$\sigma_b \leq 0,4 \frac{\beta}{w d} = 0,5 \frac{\beta}{p d}$$

4. 22. 3. Çekme gerilmeleri :

Çekme bölgesinde eğilme çekme gerilmelerinden mümkün oldukça kaçınılmalıdır ve hiç bir zaman eğilme çekme mukavemetinin 1/4 ünden fazla olamaz. İlerdeki basınç bölgesinde de eğilme çekme mukavemetinin 1/4 ünden fazla çekme gerilmesine müsaade edilmez. Şayet sorumlu mühendis daha büyük çekme gerilmelerine müsaade etmek isterse bütün çekme gerilmesini klasik donatı ile karşılamalıdır ve bu durumda da eğilme çekme mukavemetini aşamaz.

4. 22. 4. Eğik asal çekme gerilmeleri :

162 no. lu norma göre müsaade edilen,

$$\sigma_z \leq 0,4 \sqrt{p\beta_d} \leq 8 \text{ kg/cm}^2 \text{ dir.}$$

Asal çekme gerilmeleri bu değeri aşarsa tümünün klasik donatı ile karşılanması icabeder yahut konmuş olan donatının kayma, kırılma emniyetini sağladığı gösterilmelidir. Fakat hiç bir zaman homojen beton kesitine göre hesaplanan asal çekme gerilmesi beton çekme mukavemetinin 3/4 ünü aşamaz.

$$\text{Norm 162} \quad \sigma_z \leq 1,5 \sqrt{p\beta_d}$$

4. 22. 5 Rötne :

Şekil 11'e bakın. Germe tertibatının çözülmesine kadar kirişi rutubetli tutmak daima mümkün olmadığından kirişte ekseriya rötne gerilmeleri doğar, bu gerilmeler kötü bakım, uzun sertleşme süresi neticesi çözme işleminden önce kirişte çatlak olur. En küçük kenarı 20 cm den küçük olan elemanlarda normal durum için rötne ölçüsü olarak ‰ 0,4, daha ziyade kuruma imkânı olanlarda ‰ 0,5 alınması doğru görülmektedir. 3. 23 bölümüne bakınız.

Özel sertleştirme metodlarının (örneğin buharla sertleştirme) uygulanmasında deneylerle isabetliliği araştırılmak şartıyla rötne ölçüsü küçük tutulabilir.

4. 22. 6. Sünme

Şekil 11 deki değerler geçerlidir. Tüm deformasyon :

$$\epsilon_k = \frac{\sigma}{E} (1 + \varphi)$$

olur, φ literatürde sünme sayısı olarak adlanır. φ 'nin değeri 1,5 ilâ 3,5 arasında değişir, genel olarak 2,5 ile hesap yapılır.

4. 3. Kablo metodu :

4. 31. Çelik tel :

4. 31.1. Emniyet gerilmeleri :

Başlangıç için emniyet öngerme değeri $\sigma_e \leq 0,70 \beta_z$ dir. Rötne ve sünme tamamlanmasından sonra emniyet gerilmesi olarak $\sigma_e \cong 0,55 \beta_z$ alınır. Sürtünme kuvvetlerinin yenilmesi, başka bir deyimle netice sürtünme kaybını azaltmak için geçici olarak verilen germe sınırı $0,75 \beta_z$ 'e kadar aşılabilirse de hemen tekrar $0,70 \beta_z$ 'e düşürülmesi gereklidir.

4. 31. 2. Çelik tellerin rölaksasyonu :

İlk ön - germe işleminden günlerce sonra ek germe uygulanan durumlarda rölaksasyon kaybı 1/3 kadar azaltılabilir. Normal durumlarda % 12 gerilme kaybı bahis konusu olup genellikle 160 kg/mm² lik çelik kullanıldığına göre bu rölaksasyon kaybı 13 kg/mm² kadar olur.

4. 32. Beton :

4. 32. 1. Önbasınçlı çekme bölgesindeki kenar emniyet gerilmesi :

Germe işleminin hemen bitiminde :

$$\sigma_b \leq 0,44 \frac{\beta}{w_d} = 0,55 \frac{\beta}{p_d}$$

Beton imali süresince aşırı bir denetleme bahis konusu değilse,

küb mukavemetinin 1/3 ünün aşılmaması tavsiye edilir. Germeden önce deney küpleri ve yapı elemanı üzerinde «beton kontrol çekiçleri» ile araştırma yapılarak hesaplarda öngörülen yeterli mukavemete ulaşıldığından emin olmadan öngermeye başlanılmamalıdır.

4. 32. 2. Basınç bölgesinde emniyet gerilmesi :

$$\sigma_b \leq 0,40 \frac{\beta}{w d} = 0,50 \frac{\beta}{p d}$$

4. 32. 3. Çekme emniyet gerilmesi :

4. 22. 3. geçerlidir. Demiryolu köprülerinde hesaba esas alınan tam yükleme sık tekrür ediyorsa 10 kg/cm² lik bir basınç gerilmesinin rezerve olarak tutulması tavsiye edilir.

4.32. 4. Eğik asal çekme gerilmeleri :

$$\sigma_z \leq \frac{1}{5} z \beta_b \text{ fakat } 8 \text{ kg/cm}^2 \text{ den fazla olamaz. Bu değer aşı}$$

lırsa 4. 22. 4. geçerlidir.

4. 32. 5. Rötne :

Ön - germe işlemi beton 28 günlük olunca uygulanıyorsa geri kalan rötne miktarı ‰ 0,4 veyahut rutubet derecesine göre ‰ 0,3 kadardır. Şayet en küçük boyutu en aşağı 20 cm ise bunların da ‰ 75'i alınır yani ‰ 0,3 veyahut ‰ 0,225 olur. Betonlamadan sonra geçen ilk bir, iki gün içinde taşıyıcı elemanın boyutları büyükse betonda genleşme müşahede edilmekte olup (8) bunun miktarı tahminen ‰ 0,15 kadardır.

4. 32. 6 Sünme :

Şekil 11 deki değerler geçerli olup, bu suretle 28 gün sonra öngerilmiş ve rölatif rutubet ‰ 70 ise $\phi = 2,0$ olur.

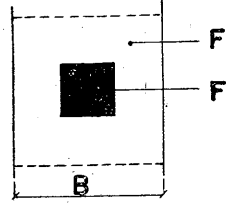
4. 32. 7. Ankraj noktaları altındaki mevzii basınçlar :

Uygulanan sisteme göre, sözü edilen noktalarda oldukça büyük yük basınçlar doğmaktadır. Yeni 162 normuna göre müsaade edilen basınç,

$$\sigma = 0,5 \beta_p \sqrt{\frac{F}{F'}}$$

Şekil - 13

Bu şekilde verilen değerler ancak bir yol göstermeye yarayabilir. Gerilme dağılışı üniform değilse nisbeten daha küçük bir gerilme arıza ortaya çıkarabilir. Diğer taraftan fretli ankrajlar küb mukavemetinin birkaç katı mevzii basınçları emniyetle $\beta = \beta_0 + 4 p$ münasebetine göre alabilirler, burada β_0 tek eksenli basınç küb mukavemetini, p fret donatıdan gelen yanal basıncı gösterir. Ankraj yeri konstrüksiyonunda yeterli emniyetin sağlanması çeşitli sistemlerin kendilerine bırakılmalıdır.



F' = Ankraj parçasının oturduğu alan

F = Kendisine isabet eden en büyük beton alanı

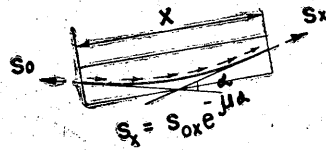
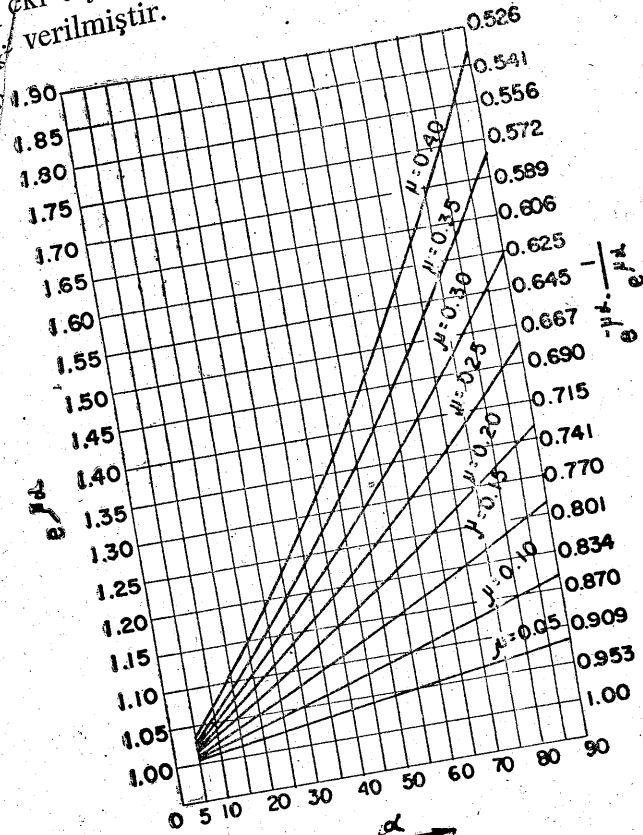
B = Kiriş genişliği

Şekil 13

4.33. Sürtünme kayıpları :

Kablo eksenini bükülünce ki genellikle eğridir, sürtünme kaybı ortaya çıkar. Teorik doğruya gözüken kablolarda bile, hakikatte doğruya az da olsa sapmalar olacağından, sürtünme kaybı bahis konusudur. Doğru olarak sürtünme kaybının nazarı itibara alınması bilhassa hiperstatik sistemlerde büyük önem taşır, bu bakımdan sürtünme kaybının kontrolü mühendisin ciddi ilgisine terk edilen bir husustur. Tablo bilinen bazı sistemlere ait sürtünme kayıplarını göstermektedir. Mühendisin yine de zaman, zaman, kullanılan malzeme ile ilişkin olan sürtünme değeri üzerinde araştırma yapması gereklidir. Bunlardan başka çeşitli sistemlerin kendi özel-

likleri vardır. Eğer, ankraj başında tellerin sapsmaları ek sürtünme kaybı için ki bunun kablo eksen eğriliği ile bağıntısı yoktur. Şekil 14'teki diyagram sürtünme kayıplarının hesabında kullanılmaktadır.



Şekil. 14

Sürtünme kaybı hesabı için diyagram

Tablo : 6

Çeşitli sistemler için sürtünme kaybı

$$\text{Genel olarak : } S(x) = S_0 \cdot e^{-\mu (\alpha_0 + \Delta \alpha \cdot x)} - k_0$$

burada $S(x)$ = x noktasında germe kuvveti, tek taraflı germede minimum $x = L$ de, iki taraflı germede $x = L/2$ de.

S_0 = Germe aracı üzerindeki germe kuvveti (germe aracı üzerinde sürtünme kaybı bahis konusu ise o çıktıktan sonra)

μ = Sürtünme katsayısı.

α_0 = Sapma açıları toplamı (düşey, yatay).

$\Delta \alpha$ = Teorik hattan mevzii sapmalar için ilâve.

x = Germe aracına olan mesafe.

k_0 = Uçlardaki ankraj noktasında teller bükülüyorsa oradaki kayıp,

μ Sürtünme katsayısı oldukça geniş sınırlar arasında değişmektedir :

Çelik teller beton üzerinde $\mu \sim 0,55$

Hadde mamulü çelik çubuklar beton üzerinde $\mu \sim 0,55$

Çelik teller hafif teneke boru içinde $\mu = 0,25 - 0,35$

Hadde mamulü çelik çubuk teneke boru içinde $\mu = 0,25 - 0,35$

Çelik tel sağlam teneke boru içinde $\mu = 0,20$

Çelik teller özel sabunlanmış olarak sağlam teneke boru içinde

$$\mu = 0,15 - 0,20$$

Boşluk, betonda çelik borunun alınması ile sağlanıyorsa;

çelik telden kabololar için $\Delta \alpha = 0^0$

çelik çubuklar $\emptyset > 12$ mm. için $\Delta \alpha = 0^0$

$\emptyset < 12$ mm. için $\Delta \alpha = 1/4^0$ veyahut $0,0045$

Düktüb kullanılıyorsa :

çelik tel kablolar $\Delta\alpha = 1^0$ veyahut 0,018

ince tel kablolar için hafif teneke borularda,

$$\Delta\alpha = 1,0^0 \text{ veya } 0,018$$

kalın tel kablolar için sağlam teneke borularda,

$$\Delta\alpha = 1/3^0 \text{ veya } 0,006$$

Kablo yerlerini belirlemek için konan tertibat ve pas'sürtünme kayıplarının tahmininde çok dikkat edilmesi (özel durumlarda ekstrem küçük kayıpların tesirini dahi araştırınız); ve alınan değerlerin isabetliliğinin germe sırasında ölçülerek tahkiki tavsiye edilir (dinamometre;).

Firmaları, verdikleri değer ve neticesinden (fazla çelik sarfı) dolayı sorumlu tutmak düşünülmelidir.

4. 4. Sınırlı ön - germe :

Bugün yaptığımız tam ön - gerilmeli taşıyıcı sistemlerde (örneğin köprüler) uygulanan «karma usul»'e göre genel olarak ana kirişler (T, I, kutu, dolu plâk, boşluklu plâk) tam öngerilir. Sekunder kirişler, enlemeler, döşeme plâkları daha ziyade betonarme olarak yapılır. Bu kısımların tam ön - gerilmeli yapılması ekonomik düşünce ile hatıra gelmez. Fakat kısmen ön - gerilmesi arzulanabilir. Bu şekildeki kısmi ön - germe, kendi yükü altında veyahut kendi yükü ile faydalı yükün bir kısmı altında - kısa süreli fevkalâde durumlar hariç - çekme gerilmesi çıkmasını önler, yani yapımız çatlaksız durumdadır.

Yukarıda bahsi edilen plâklar dışında bazı yapı elemanlarında, örneğin mutlak değerleri birbirine yakın değişken işaretli moment alanlar, direkler gibi, durum bizi sınırlı öngermeye zorlayabilir.

Hava şartlarına karşı korunmuş yapı elemanlarında çekme gerilmeleri kabullenilebilir.

Betonarmede kabullenilen çatlamlar (normal çatlak genişliği 2/10 - 3/10 mm.) çeşitli düşüncelerle ön - gerilmeli betonda istenmez ve ön - gerilmeli kesiti çok zayıflatmamak için sınırlı ön - germede çekme gerilmelerini eğilme - çekme mukavemeti sınırında tutmak gerekir. Buna rağmen yine çatlak olabileceği düşünülmelidir. Zira şantiyede her noktada düşünülen eğilme çekme mukave-

metinin tamamen sağlanacağı şüphelidir. Beton iş derzlerindeki gerekli itinanın gösterilmemesi betonun bakımındaki yetersizlik, aynı hususta arada bir ihmal, ısı tesirlerine karşı korumama (direkt tesir eden güneş ışınları), sorumlu mühendis tarafından ciddiyetle takibi gereken rötrenin çatlaklarını önleyici kısmî öngermenin vaktinde yapılmamış olması gibi, hususların hepsinin nazarı itibara alınması lâzımdır. Fakat bütün bu şartlar altında meydana gelen çatlak genişliği milimetrenin yüzde bir kaç kadardır, yani genellikle gözle görülemez.

G, p ve ön - gerilme altında eğilme çekme gerilmesi eğilme - çekme mukavemetinin yarısını, üniform ısı tesiri ile rötrenin eklenmesinde eğilme - çekme mukavemetini asla aşmamalıdır.

Yeni 162 numaralı norm sınırlı ön - gerilme uygulandığı zaman ilâve tahkikler istemektedir : Çatlamış duruma göre hesaplanan beton çekme gerilmelerinin alındığının, normal momente karşı emniyet tahkiikiyle birlikte kayma kırılma emniyetinin mevcudiyeti gösterilmelidir.

Bu suretle ne zaman tam, ne zaman sınırlı ön - gerilme uygulayacağı proje mühendisinin takdirine kalmış oluyor.

Esas taşıyıcı, yorulma bahis konusu olan elemanlarda tam ön - gerilme uygulanmalıdır.

4. 5. Emniyet katsayısı :

4. 51. Çatlama emniyeti :

Çatlama emniyeti çekme gerilmelerinin tamamen bertaraf edilmesi veyahut $1/4 \beta_b$ sınırında tutulması ile sağlanır. Yeni 162 no. lu Norm başka çatlama emniyeti istememektedir. Boru ve hazne inşaatında çatlama emniyetinin ağırlığı fazladır. Bu husus faydalı yük artırılarak sağlanır :

$$S_r = \frac{M_{pr}}{M_p} = \frac{\sigma_{min} + \alpha \beta_b}{\sigma_p}$$

Burada α = küçültme katsayısı, çoklukla 0,5 alınır (labratuvarda tayin edilen eğilme - çekme - mukavemeti, şantiyede çeşitli sebeplerle ekseriya tam olarak sağlanamaz).