

de işletme yükleri altında belirli bir değere kadar çekme gerilmesi doğuyorsa sınırlı öngerilme bahis konusudur.

Öngerilmeli betonu belirleyen hususlardan birisi de betonun yüksek kaliteli, küb mukavemetinin en aşağı 300 kg/cm² olması, kullanılan çeliğin de yüksek mukavemetli oluşudur.

Ayırdetmeye yarayan bir özellik de betonlamanın çeliğin gerilmesi işleminden evvel veya sonra yapılmış olmasıdır.

Germe Yatağı Metodu :

Bu metotta germe çelikleri, kalıp görevini görecektir yatağın iki nihayetine ankre edilerek gerilir ve sonra betonlanır. Beton yeter mukavemeti aldıktan sonra çelikler ankrajından çözülür. Çelik eski halini almak için büzülme istiyecektir fakat kendisini kavrayan beton bunu engellemeye çalışacaktır. Bu suretle çelikteki gerilmenin çoğu kendinde kalmakla beraber beton öngerilmiş olur. Buradaki belirli bir özellik öngerilmenin adanrslla aktarılmış olmasıdır. Bu metod bilhassa çok miktarda küçük eleman fabrikasyonu için uygundur.

Kablo Metodu :

Kalıp içine, beton dökülmeden önce, teneke kılıf içindeki öngerme donatısı, kablo yerleştirilir ve beton dökülür, beton yeter mukavemeti alınca kılıf içinde serbest hareket edebilir durumdaki kablolar genel olarak parti, parti, bazı hallerde hepsi birlikte gerilmek suretiyle öngerilmeli beton sağlanır.

Dış Kuvvetlerle Öngerme :

Reaksiyon kuvveti, çevresindeki kaya, beton, toprak kitlesi vs. tarafından karşılanacak şekilde konacak veren, manevellâ, kama ve benzeri ile basınç uygulanmak suretiyle de betona öngerilme verilebilir.

3. KULLANILAN MALZEMENİN TEKNOLOJİK ESASLARI :

Aşağıda açıklanan hususlar öngerilmeli beton hakkındaki bilginizin dayanağını teşkil ettiği gibi gerilme hesabı, çatlama emniyeti, kırılma emniyeti tayininin esas kaynağıdır. Verilen bilgi İsviç-

re Federal Araştırma Labratuvarının bulduğu neticeleri yansıtmaktadır ki, kantondan kantona değişen çimento ve agrega çeşitliğinden ötürü bilhassa beton için önemlidir. Mukavemet değerlerinde bilindiği üzere statik - mukavemetle, yorulma - mukavemeti ayırılmelidir..

3. 1. Öngerme Çeliği :

Çelik endüstrisinde çaba, fiyat/mukavemet oranı en uygun olan mümkün mertebe yüksek mukavemetli çelik imali yönündedir. Aşağıda belirtildiği üzere bu maksatla çeşitli yollar seçilmektedir.

3.11. Çelik Teller :

3. 11. 1. Soğuk Çekilmiş Patentli Çelik Teller :

Bu teller mukavemetlerini müteaddit defa soğuk olarak düzeden çekilmek suretile kazanırlar, bu arada tellere haddelenebilmeleri için gerekli olan strüktürün verilmesi patentleme dediğimiz termik işlemle sağlanır. Bu işlem, çelik 900° C'a kadar ısıtılıp takriben 500° C daki kurşun veya tuz banyosunda soğutularak yapılır. Bu çeliklerde genellikle alaşım katkısı ya hiç yoktur yahut çok azdır. İçerisindeki karbon miktarı % 0,6 ilâ 0,8 oranındadır. 5 ilâ 8 mm. liklerin çekme mukavemeti yaklaşık olarak 160 kg/mm² dir. Soğuk çekilmiş çelik teller frajil olmayıp korozyon ve çentik tesirlerine karşı nisbeten hasas değildiler. Takriben % 5 olan kırılma uzaması diğer çeliklere nazaran az görünüyorsa da kırılma durumunun ortaya çıkmasına kadar oldukça büyük deformasyonlara imkân vermektedir. Bükme deneylerinin gösterdiği gibi, kırılma uzaması frajillik ölçüsü olarak kullanılamaz.

Eskiden İsviçre'de bu tip çelik teller 7 mm ye kadar bulunabilir iken bugün 8 mm de imal edilmektedir. Diğer memlekelerde hatta 12 mm lik bile bulunabilmektedir.

Tablo 1 kullanılabilir çelik tellerin mukavemet özelliklerini göstermektedir. Şekil 1'de ise gerilme - deformasyon diyagramı verilmiştir. Çelik tel, 20 dakika 250 - 300° C de yahut 1 - 3 dakika takriben 500° C da ısıtılarak «sunî olarak eskitilecek» menevişlenecek olursa, orantı sınırı çok fazla, akma sınırı oldukça, elastisite modülü hissedilir derecede yükselir.

Tablo : 1

**PATENTLİ, SOĞUK ÇEKİLMİŞ Ø 5-7 mm LİK ÇELİK TELİN
MUKAVEMET ÖZELİKLERİ**

Çekme mukavemeti β_z	160 — 175 kg/mm ²
Akma sınırı σ_s	120 — 160 »
Oran σ_s/β_z	0,75 — 0,90
E — modülü	19.900 — 20.500 kg/mm ²
Kopma uzaması λ_{10}	% 4 — 9
Üniform uzama λ_{g1}	% 1,5 — 4 (kopmadan sonra)
Striksiyon büzülmesi φ	% 35 — 50

Bükme Deneyi,

180° Bükme Sayısı

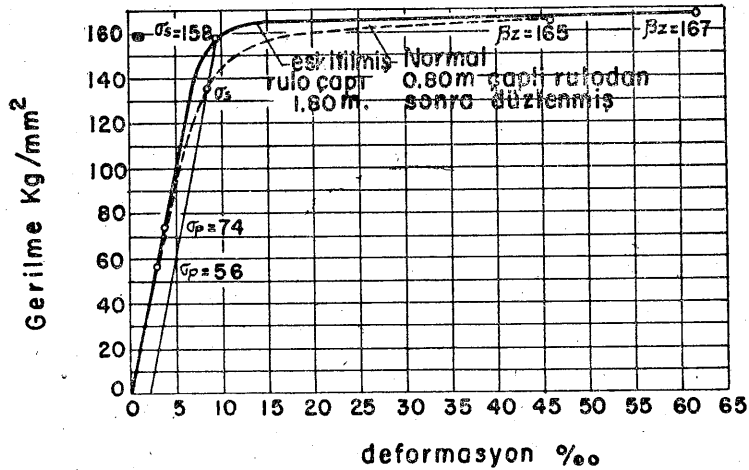
Etrafında bükülecek pim 10 Ø çapında ise

Düz yüzeyli çelik tel için $n = 10 — 30$ (10 yeter)

Yüzeyi çıkıntılı çelik teller için $n = 6 — 20$ (6 yeter)

Yüzeyi oyuklu çelik teller için $n = 3 — 10$ (4 yeter)

Pim çapı 5 Ø ise yukarıdaki değerlerin 1/3 ü



Şekil. I

Hadde mamûlü patentlenmiş çelik telin
gerilme deformasyon diyagramı

Çelik telin ilk önce küçük çaplı rulo halinde sarılmış ve sonradan düzlenmiş olması orantı ve akma sınırı, elâstisite modülü ve relaksasyon değeri sarma sırasında meydana gelen oldukça büyük gerilmeler dolayısıyla etkilendir.

Küçük çaplı (2 - 4 mm) telleri çekme mukavemetleri daha yüksek olarak temin etmek mümkündür. Mukavemet, çap düşüldükçe 210 kg/mm² ye kadar yükselmektedir. Buna mukabil 8 mm. den büyük çaplarda çekme mukavemeti 120 - 140 kg/mm² ye kadar düşüğü görülür.

Yeni SIA — normları önemli diğer nitelikleri aleyhine tek taraflı olarak çekme mukavemetinin artırılışını önlemek için, çapın fonksiyonu olarak hesaplarda nazarı itibara alınabilecek maksimum mukavemetleri vermiştir :

Tablo : 2

**ÇELİK TELLERİN HESAPLARDA NAZARI İTİBARA
ALINABİLECEK MUKAVEMETLERİ :**

Ø 4 mm için	max. $\beta_z = 180$ kg/mm ²
Ø 5 mm »	» $\beta_z = 170$ »
Ø 6 mm »	» $\beta_z = 165$ »
Ø 7 mm »	» $\beta_z = 160$ »
Ø 8 mm »	» $\beta_z = 155$ »
Ø 9 mm ve daha fazlası için	$\beta_z = 150$ kg/mm ²

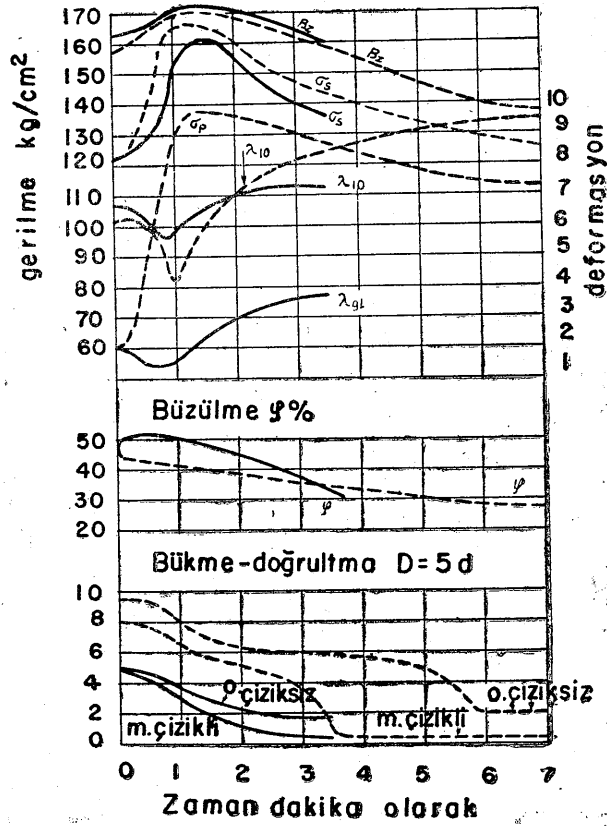
Bu şekilde haddinden fazla yüksek mukavemetli çeliklerin kullanılması önlenilmek istenmektedir. Tecrübelerden öğrenildiği üzere bu tip çelikler frajil olmakta, yüzeysel tesirlere karşı hassas, korozyona yatkındırlar. Bu tip çeliklerin relaksasyon kayıpları aşağıda relaksasyon başlığı altında incelenmiştir.

500° C da 1 - 2 dakika süreli «eskitme» nin neticesi Şekil - 2 de görüldüğü üzere mukavemetler artarken kopma uzaması düşmektedir. Kopma uzaması, eskitilmemiş durumdaki değere ancak 2 dakikalık ısıtmadan sonra tekrar ulaşabiliyor. Fakat bundan sonra çelik telin striksiyon büzülmesi ve bükme sayısı ile ifade edilen frajillliği artmaktadır. Üç dakikayı aşan ısıtma, kopma ve üniform uzamanın sürekli artmasına mukabil üzeri çizikli çelik telde bük-

me sayısının süratli azalmasından anlaşılacağı üzere çeliği çentik tesirlerine karşı belirli şekilde hassas yapmaktadır.

Ø6mm lik Ön-germe telinin 500° C da
suni olarak eskitilmesi neticeleri

— = isviçre çeliği tel ----=yabancı çelik tel



Şekil.2

Eskitme,,nin mukavemet özelliklerine
etkisi

Rölaksasyon (Şekil - 3 ilâ 5) :

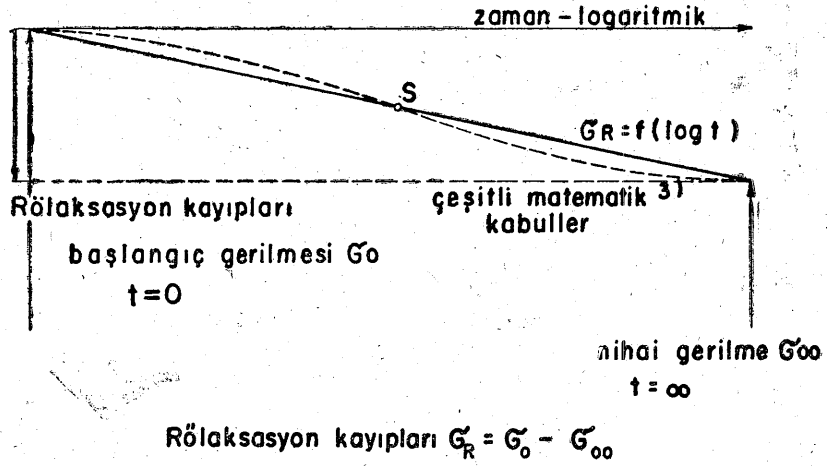
Gerilmiş çelik telde deformasyon sabit tutulduğunda zamanla görülen gerilme düşüşüne rölaksasyon denir. Bugün için

bu olayın bilimsel bir temele dayanan teorisi mevcut değildir. Olayı, kristal strüktürdeki değişikliklerle izaha çalışma düşünceleri mevcuttur. Buna göre kesintili olarak ayrışmalara bağlı kamalanmalar olmaktadır. Bütün denemelerde nisbeten kısa süreli gözlemlerle 10, hatta 100 senede olacak röleksasyon hakkında karar vermek emniyetten çok uzaktır.

Çoğunluğun kanaatı (2) bugün için röleksasyonun, (zaman logaritmik ölçekle alınır) zamanın lineer bir fonksiyonu olduğu merkezindedir. Çeşitli yayınlara göre doğru röleksasyon kanunu Şekil-3 de görüldüğü gibi doğrudan biraz saparak bir S dönüm noktası göstermektedir. Böyle bir dönüm noktasının varlığı sınırlı sayıda durumlarda ve yüksek gerilmelerde yahut yüksek ısıda gösterilebilmiştir. Normal ısıda ($+ 18^{\circ}C$) ve kopma mukavemetinin % 60-70 ine aşmayan normal gerilmeler altında bir dönüm noktası, bilinen deney düzenleri ile tahmin edilebilecek zaman süresi içinde, görülmemektedir.

Röleksasyon ilk saatlerde lineer fonksiyona pek iyice uymamaktadır, fakat 10^1 yahut 10^2 saat sonra bu kabul, bugün için bilinen en uzun gözlem (14 1/2 sene) neticesine intibak etmektedir.

Röleksasyonun zamana tabi değişmesine ait kabuller



Şekil.3

Başlangıçta, «eskitilmiş» çelik tel belirli olarak daha iyi görünüyor zira 1000 saat sonra ki gerilme kaybı «eskitilmiş» te 5,2 kg/mm² iken normalinde 5,4, fakat 10000 saat sonra durum tam tersine olarak eskitilmiş te 9,0 kg/mm² normalinde 7,6 kg/mm² gibi oldukça büyük rölaksasyon kaybı gösteriyor. Bu bakımdan DIN 4227 ye göre rölaksasyon sınırının 1000 saat sonra tayini, öngerme telinin rölaksasyon davranışının isabetli bir kriteriyumu olamaz. Daha yüksek mukavemetli çelikler, nisbeten daha düşük mukavemetlilere nazaran, çekme mukavemetlerinin aynı yüzdesile gerildikleri zaman daha büyük rölaksasyon kaybı göstermektedirler, bu sebeble rölaksasyon bakımından, yüksek mukavemetli çeliklerde, mukavemetlerinde faydalanılabilecek bir sınır konulması gerekir.

$\sigma = 5 \text{ mm}^2 - G_s / \beta z = 139/174 \text{ Kg/mm}^2$ Normal
 $G \text{ Kg/mm}^2$ 162/176 Kg/mm^2 eskitilmiş



$$A: G_R | \text{Mil.} \text{soot} = 2 G_R | 1000 \text{ soot}$$

$$B: G_R \text{ Mil. seat} = G_R 10000 \text{ seat} + 2 (G_R 10000 \text{ seat} - G_R 1000 \text{ seat})$$

8

Tablo : 3

Çekme mukavemeti farklı iki çelik telde aynı öngerilme
 $\sigma_0 = 120 \text{ kg/mm}^2$ altındaki rölaksasyon (R) kaybı (1)

	β_z	σ_s	σ_0	Saat sonra		R kg/mm^2 olarak	
				10^1	10^2	10^3	10^4
	182	148	120	1,3	2,4	3,8	6,2
	162	126	120	2,2	3,7	5,5	7,9
fark	20	22	—	0,9	1,3	1,7	1,7

20 kg/mm^2 lik daha yüksek mukavemet veyahut akma sınırındaki 22 kg/mm^2 lik fark 10.000 saat sonra, yani deneye son verildiğinde rölaksasyon kaybında yalnız 1,7 kg/mm^2 lik lehte bir fark kalmaktadır.

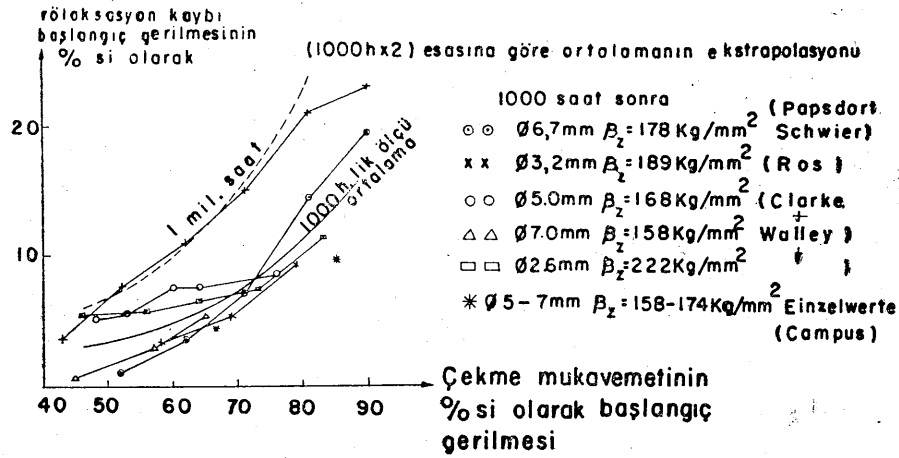
Sürekli olarak 40° C den fazla ısı tesirinde olan çelik tellerin beklenen aşırı rölaksasyon kayıplarını belirliyecek özel deneylerin yapılmasını tavsiye ederiz.

Şekil - 5 de Belçika, Almanya, İngiltere ve İsviçre'de yapılan rölaksasyon kaybına ait deneylerin neticeleri verilmiştir. Deneyler 1000 saat süreli olup 1 milyon saat için Papsdorf + Schwier bir S dönüm noktasını kabul ederek, yazar ise rölaksasyon - zaman arasındaki ilişkiyi lineer ve 1000 saatlik kaybın 1 milyon saatte iki kata yükseleceği kabulü ile ekstrapolasyon yapmışlardır. Kurblar kaba bir yaklaşıklık göstermektedirler. Daha doğru neticeler elde edilmeye kadar emin olmak istenirse Şekil - 5'e göre başlangıç gerilmesi 0, 7 β_z seçilince % 14, 0,75 β_z seçilirse % 17 mertebesinde rölaksasyon kaybı hesap edilmeli fakat bu arada çelik telin cinsine göre $\pm$ % 50 fark edebileceği unutulmamalıdır.

Rötre ve Sünme neticesindeki (S + K) betonun ksalmasından dolayı da buna benzer ön - gerilme kaybı olur ve bu durumda çelik teller de ksalacağından, rölaksasyon deneylerinde ele alınan sabit boy esası hakikate uymamaktadır. Maracaibo köprüsünün inşası ile ilişkin olarak Schwier Sünme + Rötre ksalması neticesi rölaksasyon kaybının sabit tel boyuna nazaran yaklaşık olarak % 20 kadar daha az olacağını isbatlamıştır.

Yukarıda sözü edilen lineer rölaksasyon kanunu, pratik olarak, (8000 saat süre) Sünme + Rötire kısalması nazarı itibara alınması halinde de geçerli görülmektedir.

Çevredekı ısı ($18^{\circ}-22^{\circ}\text{C}$) arasında iken rölaksasyon kaybı



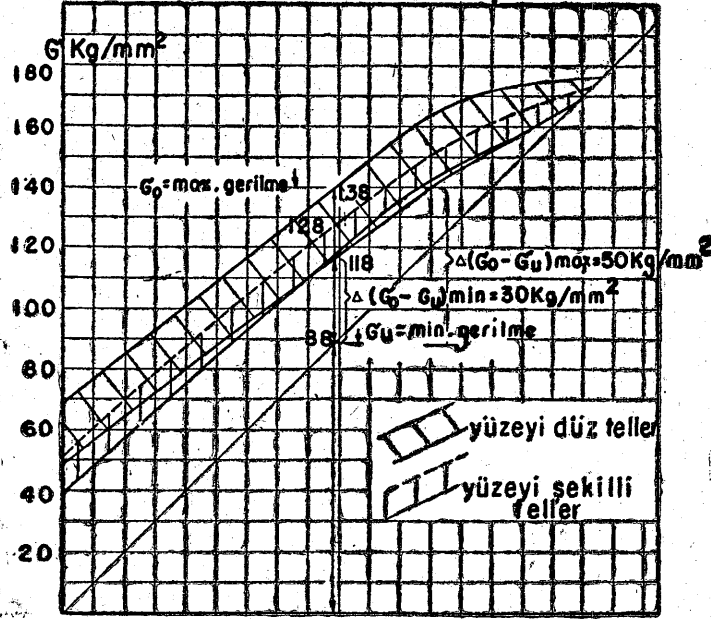
Şekil . 5

Yorulma Mukavemeti

(Şekil - 6) :

Tecrübelerimize göre özel öngerme çelikleri arasında yorulma mukavemeti en fazla olan çelikler, «Patent» li hadde mamulü çelik tellerdir. Şekil - 6 da, pratikteki durumlara uyan 80 ilâ 90 kg/mm² lik alt gerilme sınırında kopmayı doğuran amplitudun 30 - 50 kg/mm² olduğu görülür. Yorulma mukavemeti tel fabrikasyonundaki işlemlerle ilgilidir. Tel üzerindeki çıkıntılar azaltıcı rol oynamakta olup, uygun çıkıntının yorulma mukavemetinde 10 kg/mm² den fazla düşüş göstermemesi lâzımdır.

Çelik tellerin yorulma mukavemetleri St 37, St 52 tor çeliği ve benzeri iyi yapı çeliklerinininkine nazaran oldukça yüksektir. Bu sebeble öngermede çelik tellerin kullanılması yorulma bakımından durumu fenalaştırmaz, fakat yapıda elde edilen yorulma mukavemeti konstrüktif detaylarla ilgilidir. Mevzii büküm noktaları, mevzii basılan yerler, sürtünen noktalar özel dikkat ister.



Potentli hadde momülü çelik tellerin yorulma mukavemetleri

Ø5 ve 6 mm 1×10^6 ve 2×10^6 -yül değişimi

Ø5mm EMPA 3854 1-2 6813

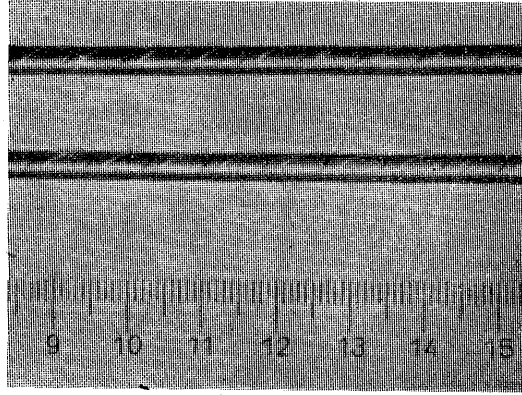
Ø6mm EMPA 34650 1-3 15009, 35964

Şekil.6

Yüzeyi Şekillendirme (Şekil-7)

Yapı elemanlarının germe tezgâhı metadu ile imal edilmesinde yeterli aderansın sağlanması için çelik yüzeyine maksadına uygun şekil vermek kaçınılmaz bir zarurettir.

Kablo metodunda çelik yüzeyinin şekilli olmasına zaruret yoktur, yalnız enjeksiyon malzemesinin çeliği kavramasına yardım eder, korozyona karşı koymada yararlıdır, harçla çeliğin, dolayısıyla çelikle betonun beraber çalışması daha iyi olur.



Yüzeyi uygun şekilli çelik teller (Şekil - 7)

3. 11. 2. İslah Edilmiş Çelik Teller :

Burada mukavemet artışı, patentleme ve soğuk çekme ile değil, birbiri arkası sıra uygulanan bir seri termik işlemlerle sağlanır. Buna göre bu çeşit tellerde, patentli soğuk çekilmiş çelik tellerdeki kristal strüktürdeki karakteristik boyuna diziliş görülme-yip, boyuna ve enine aynı görünüşte iç strüktür meydana gelir. Bu çeliklerin termik işlem neticesi diğerlerine nazaran koyu, siyaha yakın dış görünüşleri vardır. Bunların gerilme - deformasyon eğri-leri çok diktir. Akma sınırına kadar diyagram hemen hemen bir doğruya uyar, akma sınırı iyice belirli olup soğuk çekilmiş tellere nazaran daha büyük kopma uzaması gösterir.

Bu çeşit çelik tellerin kullanılmasındaki istek fiyatının ucuz olmasındandır. İslah edilmiş çelikler şantiye için o kadar sakın-casız değildir. Zira dış yüzey zedelénmelerine karşı hassas ve korro-ziyona yatkındırlar. Bugüne kadar hiç bir İsviçreli firma bu çeşit çelik imaline yanaşmamıştır.

3. 11. 3. Fil Machiné (İslah edilip soğuk çekilmiş teller)

Son zamanlarda Fransa'da, ıslah edilmiş çelik teller ara-sında mütalâa edilebilecek bir çeşit çelik kullanılmaktadır. Bunun

farkı termik işlemten sonra 12- kg/mm² ye kadar soğuk çekilmesidir. Bunların mukavemeti takriben 145 kg/mm² olup, imâlat şekli Fransızlara göre rizikosuz bu değerin aşılmasına imkân vermektedir. Bunları kullanmadaki fayda fiyatının nisbeten ucuz olması ise de, mukavemetin düşüklüğü fiyat farkının büyük kısmını yok eder. Yukarıda adı edilen iki cins çeliğe ait mukavemet değerleri tablo - 4 de verilmiştir.

Tablo : 4

İslah edilmiş ve İslah edilip soğuk çekilmiş çeliklere ait mukavemet değerleri :

	İslah edilmiş		İslah edilip Soğuk çekilmiş Ø 7 mm.
	Ø 5 mm.	Ø 7 mm.	
Akma sınırı kg/mm ²	148	115	130
Çekme mukavemeti kg/mm ²	166	142	150
Kopma uzaması λ_{10}	% 8	% 9,5	% 8
Striksiyon büzülmesi ϕ	% 15 - 33	% 43	% 37
10 Ø yarıçaplı pim etrafında bükme deneyi :			
180° bükme sayısı			
çentiksiz	5 — 7	6	8
çentikli	1/2 — 2	1/2 — 2	1 — 2

3.12. Tabii Sert Çelikler :

Bu cins çelikler haddelenmiş olarak 60 kg/mm² lik akma sınırı gösterirler ve bünyelerinde % 0,5 karbon, % 0,8 mangan ve % 1,5-2 silisyum bulunur. Zorlama, elastisite sınırı altında kaldığı sürece bunların röleksasyon davranışları olumludur.

Bu çeliklerde başlıca sakınca nisbeten az öngerilme imkânı sağlamalarıdır. Bunlar akma sınırının % 85 ine yani 5000 kg/cm² gerilip 3500 kg/cm² düşölünce, patentli soğuk çekilmiş çeliklere nazaran 1/3 oranında gerilme kalır. Ayrıca bu çelikler 18 ilâ 36 mm. çapında çubuklar halinde bulunduklarına göre, herhangi bir sebeble eğilmeleri halinde sünme kaybı hayli fazla olacağından,

eğrilik yarı çapı çubuğun çapının 700 katında bile olsa akma sınırına ulaşamaz.

Bu çubuklara dış basılabilmesi, Dywidag ve Karig metotlarından bilindiği gibi, öngerilmeli betona yeni imkânlar açmıştır. Bunlar bilhassa sınırlı ön - germe için elverişli olup istenildiği zaman İsviçre sanayii bu çelikleri imal etmektedir.

3.13. Soğuk çekilmiş ve burulmuş çelikler :

Çelikler yüksek alaşımlı yapıp az soğuk işleme tabi tutulmak veya düşük alaşımlı yapıp çok soğuk işleme tabi tutulmak suretile akma sınırı 95 kg/mm² ye, çekme mukavemetleri 100 kg/mm² ye yükseltilebilir. Bu tip çeliklere örnek Lee - McCall sisteminde kullanılanlar gösterilebilir. İsviçre piyasasında da bu tip çelik vardır (örneğin, akma sınırı daha düşük olan Tor 60).

3. 2. Beton :

3. 21. Mukavemetler (Şekil - 8) :

Prizma mukavemeti ile elâstisite modülü arasında şöyle bir münasebet vardır :

$$E_b \text{ kg/cm}^2 = 600.000 \frac{p\beta_d}{p\beta_d + 180}$$

burada $p\beta_d$ prizma mukavemetini gösterip küb mukavemetinin ($w\beta_d$) % 80 ni olarak alınabilir.

Bu münasebet prizma basınç mukavemetinin 1/3 üne kadar olan gerilmeler için geçerlidir.

Şantiyede elde edilebilecek yüksek mukavemetli beton :

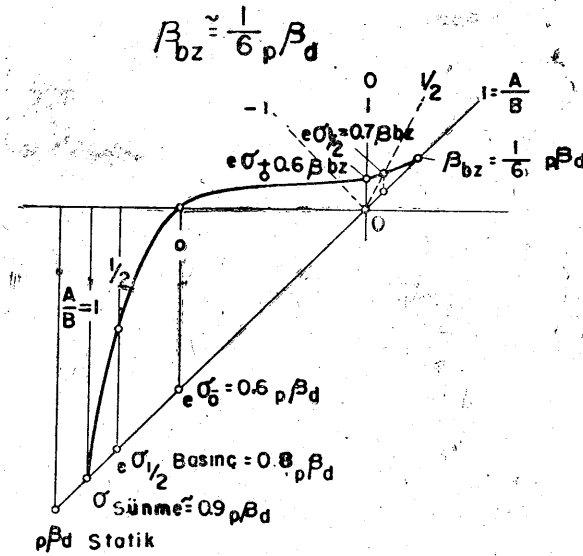
	P 300	P 375	P 450
28 günlük küb mukavemeti	300	375	450 kg/cm ²

her değer için ortalama tolerans % 20.

Fabrikada 450 - 600 kg/cm² mukavemetli özel beton imal edilebilir.

Yorulma mukavemetleri : Eşik - mukavemeti prizma mukavemetinin 0,6 sı, değişken - mukavemeti prizma mukavemetinin 0,8 ilâ 0,85'i kadardır. Eğilme - çekme mukavemeti prizma mukavemetinin 1/6 ilâ 1/8, çekme mukavemeti ise prizma mukavemetinin 1/10 katıdır. Yorulma mukavemetleri (eşik - mukavemeti) statik mukavemetin takriben 2/3 katı olduğundan, eğilme - çekme yorulma mukavemeti prizma mukavemetinin 1/10, çekme yorulma mukavemeti prizma mukavemetinin 1/15 katı olur.

Normal beton yorulma mukavemeti



Sekil.8

Betonun yorulma mukavemeti

Yeni 162 sayılı Norm, betonun eğilme mukavemetini,

$$\beta_{zb} = 2 \sqrt{\frac{\beta}{p d}} \text{ yahut } 1,8 \sqrt{\frac{\beta}{w d}}$$

formülleri ile daha emniyetli tarafta kalarak vermektedir.

3. 22. Deformasyonlar.

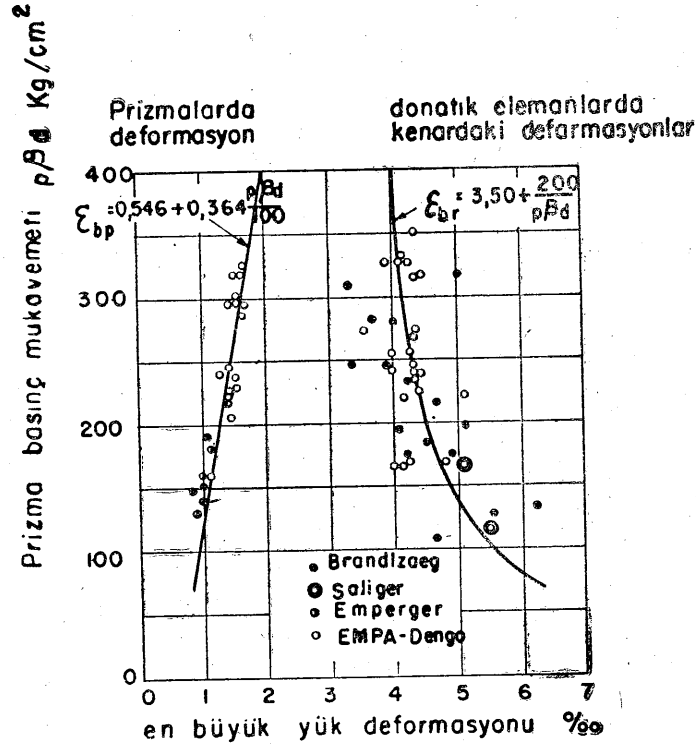
Elastik Alanda :

Elastik alandaki deformasyonlar yukarıdaki formülle verilen E elastisite modülüne göre hesaplanır.

Kırılma Durumu :

Ruesch yaptığı deneylere oturarak eğilme - basınç bölgesinin taşıma gücünü daha doğru hesaplayabilmek üzere bir iddia ortaya atmış fakat Kirtschig ise onun iddiasının isabetsizliğini yine deneylerle ispatlamıştır.

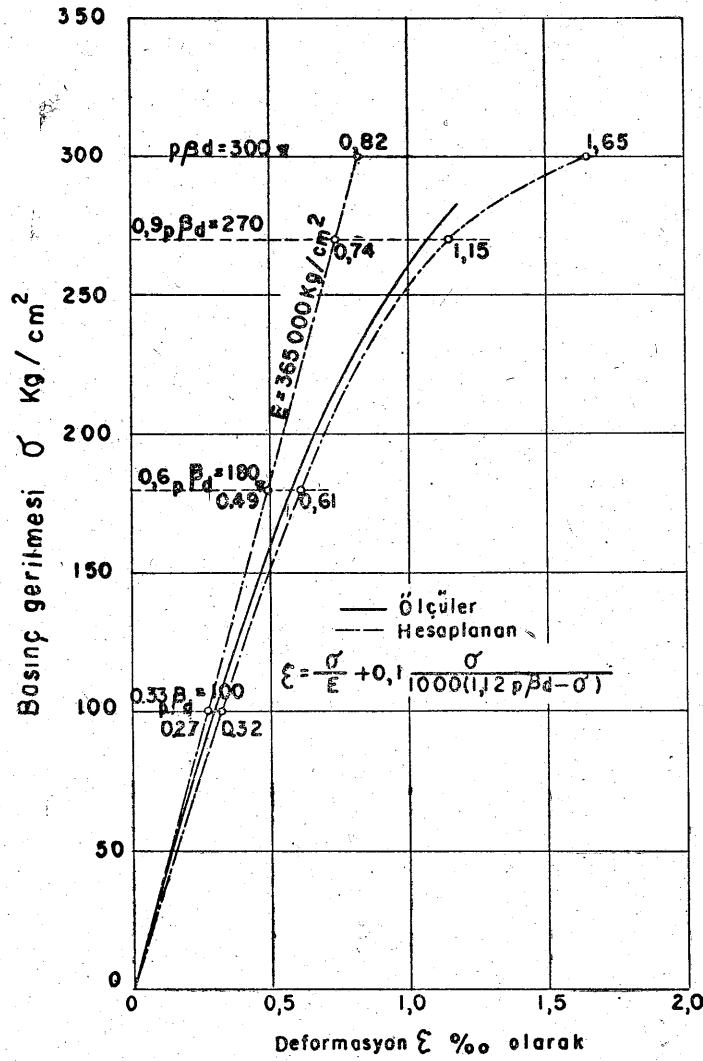
Proje yapan mühendis her yeni buluşa hemen sarılıp eski oturmuş denenmiş metodu, düşünceyi terk etmemelidir.



Sekil. 9

Beton kırılma deformasyonu

İleride, çok basit kabullerle kırılma emniyetinin hesaplanabileceğini göreceğiz. Onun için anlaşılması kolay olan gerilme - deformasyon ilişkisini terk etmeye ihtiyaç yoktur, şimdilik yeni teorilerin geçerliklerinin araştırılmasını specialistlere bırakabiliriz.



Betonda basınç büzülmesi diyagramı

Şekil 10

Kırılma deformasyonunu etkileyen ve şimdiye kadar araştırılmamış şu faktörlerin olduğu kabul edilebilir :

Deformasyon ölçmelerinde ele alınan boy.

Gerilme Gradienti (Gerilme yayılış eğrisi ile kesit düzlemi arasındaki eğim). Normal kuvvetle yüklenmiş kolonda ölçülen deformasyon bu açının küçüklüğü nisbetinde doğruya yakındır.

Şekil 9 ve 10 da görüldüğü üzere mihveri kuvvet altında kırılma deformasyonu % 2 kadardır, halbuki aynı beton donatılı ise ve eksantrik yüklenirse kırılma deformasyonu % 4 olabilir. Kırılma deformasyonu etriye donatısının miktarı ile orantılıdır.

Tablo : 5

Öngerilmeli kirişte kırılma deformasyonları, çatlak genişliği, çatlak aralığı

Deney	Yükleme	Statik Prizma mukave- meti (kg/cm ²)	Kırılma- nın nere- den baş- ladığı	Kırılma defor- masyo- nu (%)	Kırılma dan hemen önce çat- lak genişli- ği (mm)	Çatlak aralığı (cm)	Donatı yüzdesi Fe $\mu = \frac{A_s}{bh} \%$
EMPA	statik		Beton	0,24	1,1	20-25	1,1
2568	yorulma	375 — 402	Beton	0,23	0,5-1,3	ca.20	1,1
	yorulma		Beton	0,26	0,8-2,1	ca.20	1,1
EMPA	statik	474 — 506	Beton	0,22	2,5	—	0,273
35301	yorulma		Ç. tel	(0,067)	0,3-0,8	18	0,273
EMPA	yorulma	270	Ç. tel	(0,088)	0,65		0,17
31022							

Tablo 5'deki kırışlerde basınç bölgesinde enine donatı konmamış. Bu sebeple kırılma deformasyonu biraz % 2 nin üzerindedir.

Kırılma emniyetinin hesaplanmasında bunun için kırılma deformasyonun % 2 olarak alınması tavsiye edilir (yeni 162 Normu bu hususu belirlemiştir). Enine donatı (tabliye donatısı, etriyeler) dolayısıyla doğacak fazla deformasyon rezerve olarak kalır.

3.23. Rötire :

Rötire miktarı çimento cinsine, çimento ve karma suyu miktarına, havanın rutubet ve ıslısına, betonun yaşına ve boyutlarına bağlıdır. Labratuvarda rötire değerleri en küçük boyutu 20 cm olan elemanlar üzerinde ölçülür. Daha büyük boyutlu elemanlar için, aşağıda verilen değerler 0,75 katsayısı ile çarpılmalıdır.

Son zamanlarda önemli etkenleri bir «tanımlama - sayısı» ile (KW) belirlemeye çalışmaktadırlar (6).

$$KW = \frac{W}{Z} \cdot \frac{Z \cdot M\ddot{o}}{\sqrt[3]{d}} = \frac{W \cdot M\ddot{o}}{\sqrt[3]{d}}$$

Burada :

W = Su ağırlığı /m³ beton

Z = Çimento ağırlığı /m³ beton

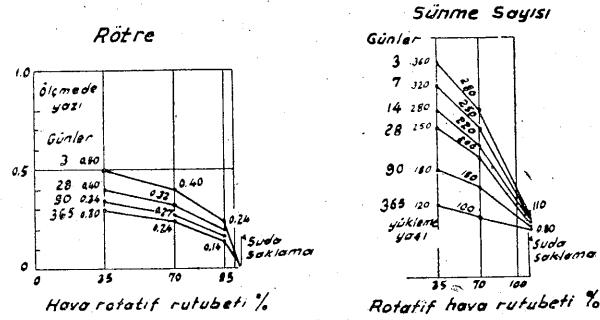
Mö = Harç miktarı = $\frac{0 - 7 \text{ mm agrega ağırlığı}}{\text{Toplam agrega ağırlığı (çimentosuz)}}$

d = Taşıyıcı elemanın ortalama kalınlığı cm

Etkilerin, isabetliliği deneylerle tamamen gösterilmemiş böyle belirli rijid formüllerle ifadesine karşılık mevcut hava rutubeti, ısı, güneş ışınlarının tesiri vs. gibi tam doğru olarak hesaba katılamayacak hususlar vardır. Şantiyede betonun hemen dökümünden sonraki bakımı da şüphelidir. Bu sebeblerle rötire miktarının önceden doğru olarak hesabı imkânı olmadığına göre emniyetli tarafta kalan kaba yaklaşık değerle yetinilmesi gerekir.

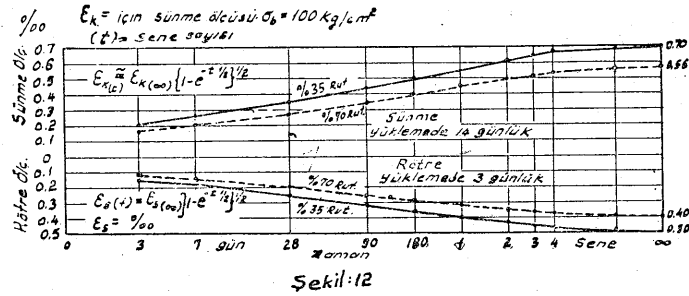
3.24. Sünme :

Sünme $\sigma \leq \frac{1}{3} p\beta_d$ sınırı altında gerilme ile orantılıdır. Sünme, betonun mukavemeti ne kadar yüksek ise, yaşı ne kadar büyükse, hava rutubeti ne kadar çok ise, ısı ne kadar az ise o kadar az olur.



Şekil 11

Betonun rötire ve sünmesi



Şekil 12

Sünme ve rötrenin zamana bağlı değişimi

Şekil 11 sözü edilen en mühim etkenlerin fonksiyonu olarak rötire ve sünme değerlerini göstermektedir. Verilen değerler yeter yaklaşıklıkla yüksek mukavemetli ve özel betonlar için de geçerlidir. Genel olarak zamana bağlı rötire ve sünmenin nihai değeri bizi ilgilendirir. İki olayın zamana göre değişimi aşağıdaki formülle ifade edilebilir (Şekil - 12) :

$$\epsilon_{(t)} = \epsilon \left(\begin{matrix} -\phi(t) \\ 1 - e \\ (\infty) \end{matrix} \right)$$

yahut iki olay, zaman logaritmik ölçü ile gösterilmek şartile bir doğru ile ifade edilebilir.

Yapılar üzerindeki ölçüler (8), (9), (10), sünme ve rötire deformasyonlarının kabul edilen süreden daha fazla devam ettiğini, değerinin daha büyük olduğunu göstermiştir. Yukarıdaki diyagramlar oldukça doğru değerler verir.