

## İlkel Gerilmeli Beton Borular [Sentab Borusu]

Erdoğan BAHÇECİ\*

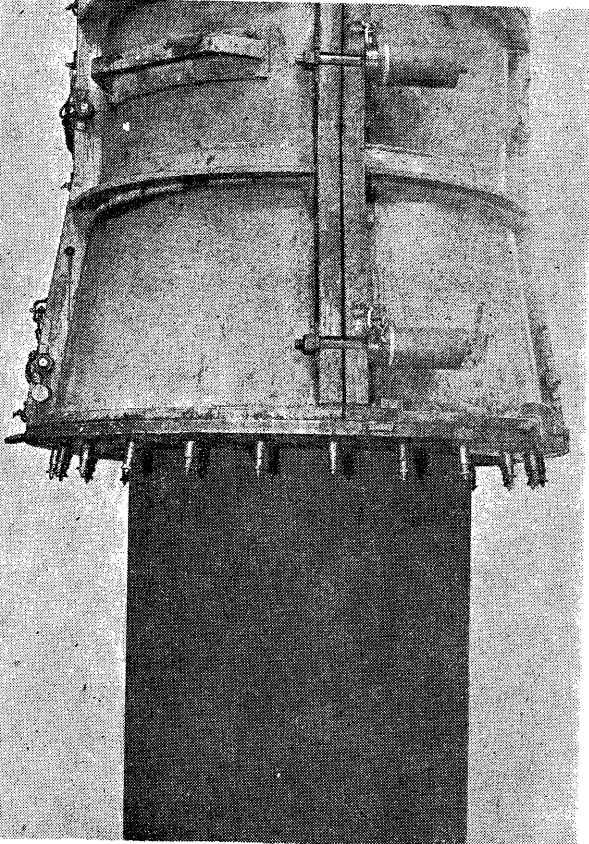
Büyük basınçlı borular için ideal malzeme ilkel gerilmeli betondur. İlkel gerilmeli borular, yüksek gerilmeli çeliğin ekonomisi ile betonun dayanıklılığını bünyelerinde toplarlar.

Sentab borusu, pratik ekonomik yekpare imalat tarzını ve ilk gerilmeli beton boruyu homojen olarak temsil etmektedir.

Sentab borusu, kendisine ait patentli imalat sistemi ile sentab şirketi tarafından geliştirilmiştir.

Sentab borusu çeşitli maksatlarla basınçlı isalelerde bilhassa endüstri ve topluma su ikmalinde ve sulamada kullanılmaktadır.

Sentab borusu, lâstik ek contası ile mükemmel bir musluktur. Bu boru, hem dairesel ve hem de boyuna istikamette ilkel gerilmelidir. Dairesel teçhizat düz yüksek gerilmeli çelik telden ve boyuna istikametteki teçhizat ise yüksek gerilmeli çentikli çelik çubuklardan ibarettir.



İlkel gerilmeli teçhizatın monte edildiği dış kalıp, özel kauçukla kaplı iç kalıbın etrafına geçirilirken görülmektedir.

Bugünkü imalat programı, 500 - 2500 mm. ye kadar çap sırasını kapsamaktadır. Standart borunun uzunluğu 5 m dir.

**Sentab borusunun göze çarpan ehemmiyetli özellikleri şunlardır :**

- a) Yekpare boru et kalınlığı
- b) Boru betonun her yerinde üniform ilkel gerilme
- c) Kesin ve kontrol edilmiş ilkel gerilme
- d) Homojen ilkel gerilmeli betonun içine gömülmüş teçhizat
- e) Müstesna mukavemetli ve dansiteli beton
- f) Yüksek daimi hidrolik özellikler.

### İmal edilme ameliyesi :

Sentab borusu, biri iç ve biri dış iki parçadan ibaret düşey olarak yerleşmiş çelik kalıplarda kesif yüksek frekans altında dökülmektedir. Dış kalıp, tulani kısımlardan teşkil edilmiştir. Bu parçaları yaylı civatalar birleştirmekte ve yaylar kalıbın genişlemesini temin etmektedir. Çelik iç kalıp genişliyebilir lâstik zarla kaplanmıştır.

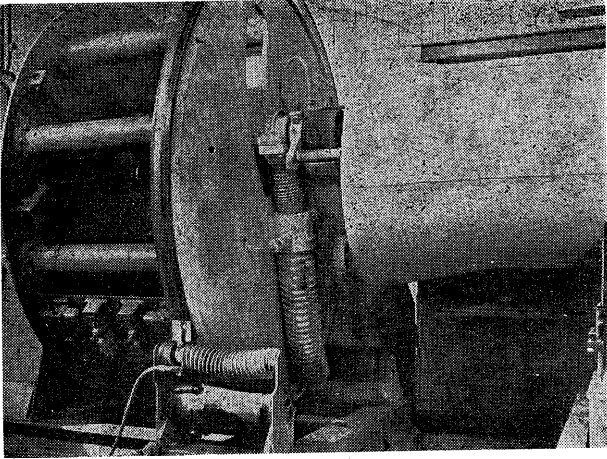
Özel bir sarma makinasında hazırlanan dairesel teçhizat kafesi dış kalıbın içine yerleştirilmektedir. Tulani çubuklar, bu kafesin içine konmakta ve mekanik olarak ilkel gerilme verilmektedir. Teçhizatlı dış kalıp iç kalıbın etrafına geçirilmekte ve iç ve dış kalıp arasındaki bütün boşluk, teçhizat gömülü olmak şartıyla beton ile doldurulmaktadır. Yüksek basınçlı su iç kalıba tatbik edilmekte ve lâstik zar genişleyerek betonu sıkıştırmaktadır. Sıkışan beton dairesel teçhizata karşı ağır ağır ilerlemekte ve böylece dairesel teçhizatı germektedir. Bu ameliye esnasında dış kalıp genişleyerek bir miktar açılmaktadır. Yine bu esnada yaylı civata grubu vasıtasıyla dış kalıp betona iyi tayin edilmiş mukabil basıncı tatbik etmektedir.

Hidrolik ilkel gerilme basıncı ve netice olarak dairesel teçhizattaki gerilme; beton istenilen mukavemete erişinceye kadar muhafaza edilmektedir.

Beton mukavemetindeki artma, aynı zamanda tatbik edilmekte olan sıcak buhar kürü ile hızlandırılmaktadır.

Tayin edilen beton mukavemetine erişildiği zaman su basıncı indirilmekte ve dairesel sıkışma altında gerilmiş teçhizatın ilkel gerilme kuvveti betona transfer edilmektedir.

\* İnş. Yük. Müh.



**Boru soketi, özel mekanik zımparalarla tam ebadına göre düzeltilmektedir.**

Artık boru nihaî işlemler için hazır demektir.

Kalıp sökme, soketin zımpara taşlarıyla tam ebadına göre ayarlanması ve iç su basıncı ile test emeliyeleri yapılmaktadır.

Bu boruların imâl metodu aşağıdaki özelliklere sahiptir:

a) Bütün boru betonu, devamlı bir işlemde ilkel gerilmeli ve kürlü olarak dökülmektedir.

b) Dairesel teçhizat, kalıp içine gerilme verilmeden yerleştirilmektedir.

c) Hidrolik olarak ilkel gerilme beton yerleşmeden önce verilmektedir.

d) Yüksek frekanslı vibrasyon ve sonraki hidrolik sıkıştırma, müstesna bir beton kalitesi vermektedir.

e) İlkel gerilme kuvvetinin verilisindeki doğruluk hür ameliyesi esnasında hassas aletler tarafından kontrol edilmektedir.

Sentab borularından kullanılan teçhizatın çapları :

Min. Ø 2 mm.

Max. Ø 8 mm.

Teçhizat çeliğine verilen gerilme :

Kalın teçhizat için : 160 Kg/mm<sup>2</sup>.

İnce teçhizat için : 180 Kg/mm<sup>2</sup>.

İlkel gerilmeli boru betonunda basınç tecrübesi:

28 günlük mukavemet : 1000 Kg/Cm<sup>2</sup>.

Su basıncı tatbik etmeksizin elde edilen normal betonda basınç tecrübesi :

28 günlük mukavemet : 650 - 750 Kg/cm<sup>2</sup>.

Betonda kullanılan malzeme : Deniz kumu ve kırma taş (Kuvarsit), Normal Portland çimento.

Buhar küründe basınç : 1/2 Kg/Cm<sup>2</sup>.

Boruda dahili basınç tecrübesi : 15 ± 5 Kg/cm<sup>2</sup>.

### **SENTAB BORULARININ PROJELENDİRİLMESİ VE HESABI İÇİN ANA PRENSİPLER**

Sentab borusu dizaynlanırken aşağıdaki faktörlerle birlikte münferit projenin özel talepleri de nazarı dikkate alınmaktadır:

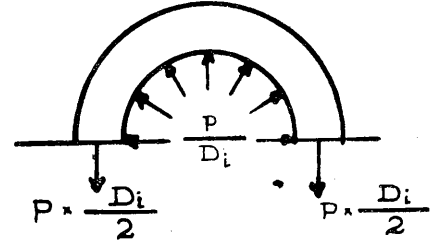
- a) İşletme basıncı
- b) Trafik ve toprak örtüsü sebepleriyle dış yükler
- c) Boru ve suyun ağırlığı
- d) Yataklama şartları

Sentab boru hatlarında normal olarak pürüzlülük kat sayısını  $k = 0.10$  nun altında olduğu gösterilmiştir. Williams - Hazen formülünde  $C > 140$  alınmaktadır.

### **İç basınç sebebiyle boru et kalınlığındaki gerilme:**

İç basınç sebebiyle betondaki gerilme kuvvetinin tayini için aşağıdaki formül kullanılır:

$$\sigma_c^p = \frac{P \times \frac{D_i}{2}}{e(1 + n \mu)}$$



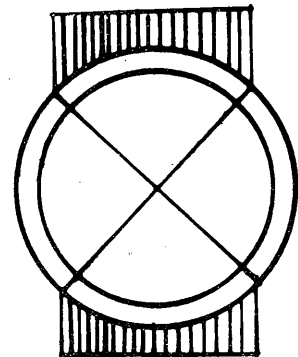
### **Dış yüksek sebebiyle boru et kalınlığındaki gerilme :**

Dış yük sebebiyle boru betonundaki gerilmeleri tayin etmek için (ki bu yük İsveçte vaki normal döşeme tipi içindir) bu yükün, boru çeyrek dairesinin üstünde düşey olarak tesir ettiği ve temeldeki reaksiyonunda alttaki çeyrek dairenin tümü üzerine yayıldığı kabul edilir.

Bu farazi dağılma, boru et kalınlığında en büyük eğilme momentine sebep olacak şekilde seçilmiştir.

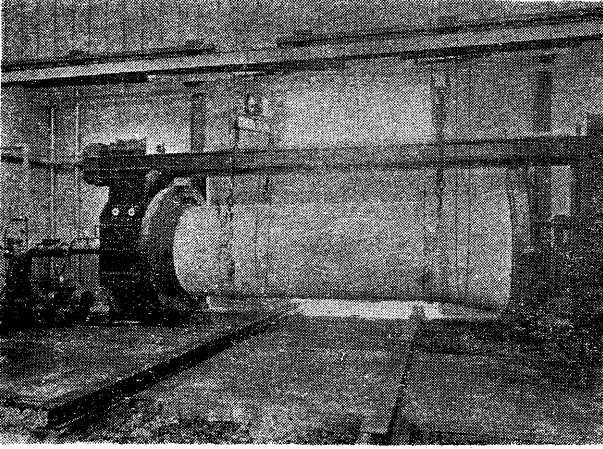
Bu kabul ile, max. moment borunun invertinde (alt kısmında) vaki olacak ve aşağıdaki eşitliğe göre hesap edilecektir.

$$M = 0,0844 \times Q \times D_m$$



Bu durumda boru at kalınlığındaki max. gerilme:

$$\sigma_c^Q = + K \frac{M}{W} \text{ dir.}$$



İmalâtı tamamlanan her boru hidrostatik basınç testinden geçirilmektedir.

(K = 0.5 dir ve bu değer farklı çaplı ve ilkel gerilmeli sentab borularında testlerle tayin edilmiştir.)

**Teçhizatın (armatürün) ilkel gerilmesi sebebiyle betondaki gerilme :**

Boru iç basınç ve dış yüke maruz kaldığı zaman son durumda borunun betonunda hiç gerilme olmaması için, iç basınç ve dış yük sebebiyle meydana gelen maksimum gerilme kuvvetine uygun gelecek bir kuvvetin büyüklüğünün de tazyik edici bir kuvvet betonun içine sokulmalıdır.

Teçhizattaki ilkel gerilme sebebiyle bir ortalama tazyik edici kuvvet aşağıdaki şekilde hesap edilerek boru betonunda temin edilmiştir.

$$\sigma_c = - \frac{A_s \times \sigma_s^i (1 - \alpha)}{e (1 + n \mu)}$$

Bu formüldeki ilkel gerilmedeki kayıplar hesaba dahil edilmiştir.

**Teçhizatın tayini:**

Vaki dış yük ve iç basınç sebebiyle meydana gelen enbüyük gerilme kuvvetinin bulunduğu kesitte, boru betonu son durumda gerilmeye malik olacaktır. Bu demektir ki dış yük, iç basınç ve bu kesitte ilkel gerilme sebebiyle betondaki gerilmelerin toplamı sıfır olacaktır.

$$\sigma_c^Q + \sigma_c^P + \sigma_c^A = 0$$

Yukarıdaki eşitlikten  $(A_s \times \sigma_s^i)$  hasılası, betondaki gerilmeler için eşitlikler ikamesinden sonra elde edilebilir.

Kaide olarak, aşağıdaki kıymetlerin asgarisi ile teçhizata ilkel gerilme verilir :

$$\sigma_s^i = \begin{cases} 0,7 \times \sigma_s^u \\ 0,8 \times \sigma_s^{0,7} \end{cases}$$

teçhizat çapı seçilerek (belirtilmiş  $\sigma_s^i$  ile) b uarmatür için ara mesafeler tayin edilebilir.

**Betonda tazyik gerilmelerinin eşdeğer iç basınca tahvili:**

Teçhizatın ilkel gerilmesi boru betonuna tazyik edici bir kuvvet verir. Öyle bir iç basınç hesap edilebilir ki bu iç basınç aynı nümerik kıymetlerin boru betonunda bir gerilme kuvveti versin. Ce böylece tazyik edici kuvvet muvazenesi teessüs etsin.

$$\sigma_c = + \frac{P \times \frac{D_i}{2}}{e (1 + n \mu)} \sigma_c = - \frac{A_s + \sigma_s^i (1 - \alpha)}{e (1 + n \mu)}$$

$$P = \frac{A_s \times \sigma_s^i}{\frac{D_i}{2}} (1 - \alpha)$$

Yukarıdaki eşitlikte  $\alpha = 0$  ithaliyle, teçhizat-taki başlangıç ön gerilmesine uygun olarak ( 0 ) gerilme basıncına erişilir. Bu basınç P (effektif ilkel gerilme verme basıncı) olarak isimlendirilir.  $\alpha$  'ya diğer değerler verilerek, o zaman noktasına uygun (O) gerilme basıncını elde etmek mümkündür. Bu şartlarda  $\alpha$  tatbikidir.

**Fabrikada tecrübe basıncının tayini:**

$\alpha$  , ya % 10 dan % 15 e kadar değerler vererek, (0) gerilme basıncı bir boru için 2 ilâ 6 günde elde edilir. Bu umumiyetle fabrikada test zamanında borunun yaşıdır. Borunun (0) gerilmeye tecrübesi yapılmıştır bir tecrübe basıncı fabrikada şöyle tayin edilir.

$$P_T = (1 - \alpha_T) \times P_E$$

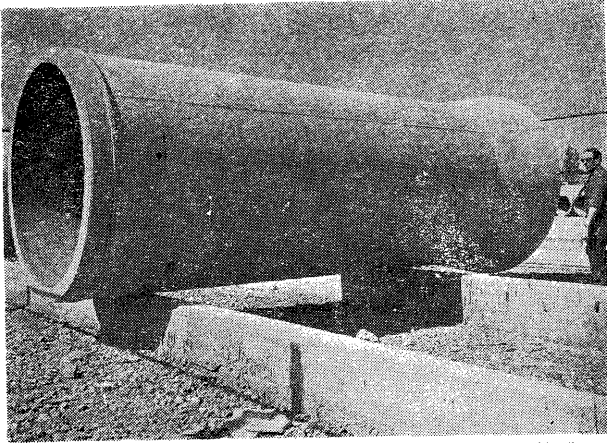
**Son safhada (0) gerilme basıncının tayini:**

İlkel gerilmedeki borunun bütün kayıplarına uygun olacak son safhaya kadar bir (C) seçilip son safha için sıfır gerilme basıncı elde edilir. Bu basınç Po diye adlandırılır.

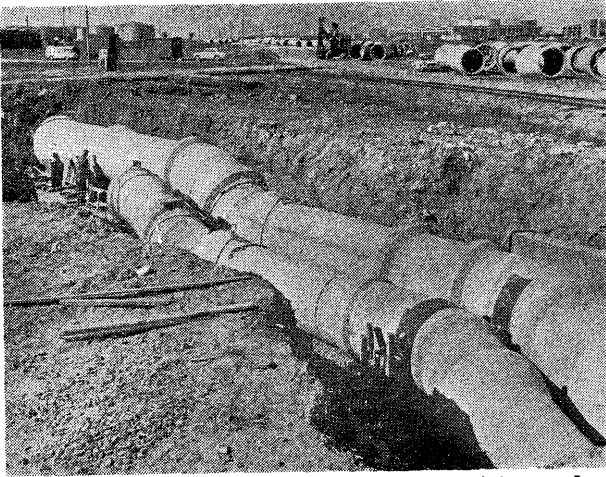
$$P_o = (1 - \alpha_o) \times P_E$$

**Ön gerilme verme basıncının tayini:**

Sentab borularının imalât sisteminde, teçhizata  $\sigma_s^i$  ye uygun olarak (uyarak) bir ilkel gerilme vermek için iç kalıba iç su basıncı tatbik edilir. Bu iç su basıncı teçhizatta bir gerilme kuvveti tevhit eder.



İmalâtı tamamen ikmâl edilmiş bir sentab ilkel gerilmeli boru görülmektedir.



İlkel gerilmeli sentab borularının döşenişi ve aksesuarlar görülmektedir.

Ön gerilme verme için istenilen efektif iç basınç böylece önceden hesabedilmiş PE basıncına uygun olacaktır.

$$P_E \times \frac{D_i}{2} = \sigma_s^i \times A_s$$

Dış kalıbın genişlemesinde bir kısım kuvvet kalıp tarafından ifna edilir. İç kalıba tatbik edilen su Manometrik ön gerilme verme su basıncı böylece:

$$P_M = P_E + \Delta P$$

**Dış yükün eşdeğer iç basınca tahvili:**  
basıncı,  $\Delta P$  değeri ile efektif basıncı geçecektir.

Dış yük tesir hesaplarının metodunu kolaylaştırmak ve sistemleştirmek için dış yük, farazi bir iç basınca tahvil edilir. Bu iç basınca dış yükün max. momentinin boru betonunda tevhit edeceği aynı gerilme kuvvetini verecektir.

Bu farazi basınca  $P_Q$  diyelim.

$$\sigma_c^Q = + K \times \frac{M}{W} \quad \sigma_c^Q = + \frac{P_a \times \frac{D_i}{2}}{e(1+n \mu)}$$

$$P_Q = K \times \frac{M}{W} \times \frac{e(1+n \mu)}{\frac{D_i}{2}}$$

### Hülâsa :

Dış yük tayin edildikten sonra eşdeğer iç basınç hesabedilebilir.

$$Q \text{ ton/m} \rightarrow P_Q \text{ Kg/Cm2.}$$

İç basınç ve dış yükün tesirinin aynı zamanda var olması halinde ve betonda hiç gerilme olmadığında, son safhada sıfır gerilme basıncı ( $P_o$ ), dış yük ( $P_Q$ ) nün tesiri ile iç su basıncının toplamına eşit olacaktır.

Son safhada (0) gerilme basıncı tayin edildikten sonra, efektif ön gerilme verme basıncı ( $P$ ) hesaplanır:

$$P_E = \frac{P_o}{(1 - \alpha_o)}$$

Manometrik ön gerilme verme basıncı, kalıpta ifna edilen kuvvete uygun  $\Delta P$  basıncı kadar efektif ön gerilme verme basıncını ( $P_E$ ) yi artırarak elde edilir.

$$P_M = P_E + \Delta P$$

İmalâttan sonra borular, fabrikada (0) gerilmede betona iç su basıncı tatbik ederek tecrübeye tabi tutulurlar.

Test basıncı, kayıplar faktörü ile  $P_E$  çarpılarak elde edilir.

$$P_T = (1 - \alpha_T) P_E$$

$$\alpha_T = \% 15$$

$$P_T = 0.85 P_E$$

### Semboller Tablosu

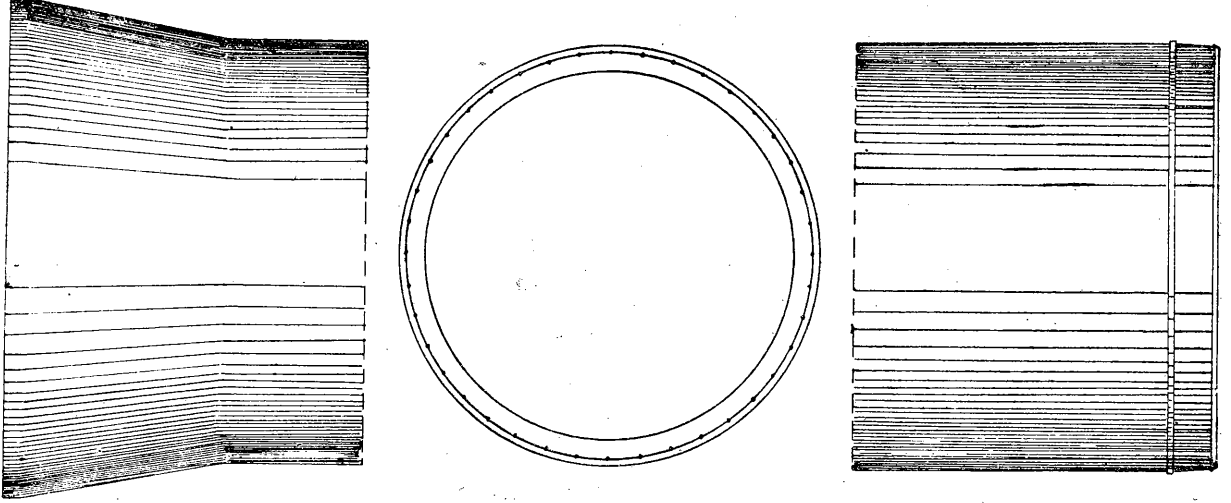
|            |   |                                                            |
|------------|---|------------------------------------------------------------|
| $A_s$      | = | Demir alanı                                                |
| $D_i$      | = | Borunun iç çapı                                            |
| $D_m$      | = | Borunun ortalama çapı                                      |
| $e$        | = | Borunun et kalınlığı                                       |
| $K$        | = | Dış yüklerden ileri gelen gerilme hesaplanması için faktör |
| $M$        | = | Eğilme momenti                                             |
| $n$        | = | Çelik ve beton için Young modülleri arasındaki oran        |
| $P$        | = | İç basınç                                                  |
| $P_o$      | = | Son durumda gerilmesiz betona uygun iç basınç              |
| $P_T$      | = | Testte (muayenede) iç basınç                               |
| $P_Q$      | = | Dış yüklere eş değer iç basınç                             |
| $P_E$      | = | Effektif ilkel gerilme basıncı                             |
| $P_M$      | = | Manometrik ilkel gerilme basıncı                           |
| $Q$        | = | Dış yükler ve zati ağırlıkların toplamı                    |
| $\infty$   | = | Kayıplar faktörü                                           |
| $\infty_o$ | = | Son durumda kayıplar faktörü                               |
| $\infty_T$ | = | Test (muayene) zamanında kayıplar faktörü                  |

$$\mu = \frac{A_s}{e}$$

$\mu$  = Teçhizat alanının beton alanına oranı

$\sigma_c$  = Betondaki gerilme  
 $A_s$  = Teçhizattaki ilkel gerilme sebebiyle betondaki gerilme.

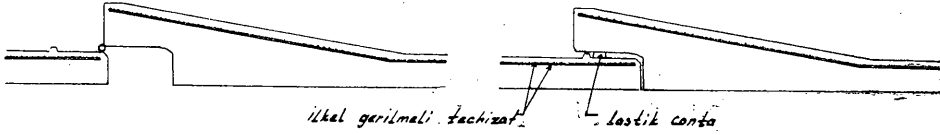
$\sigma_c^p$  = İç basınç sebebiyle betondaki gerilme  
 $\sigma_c^a$  = Dış yük sebebiyle betondaki gerilme  
 $\sigma_s^u$  = Çelikteki min. nihaî gerilme  
 $\sigma_s^{0,2}$  = Müşahade ve hesap neiceleri arasındaki uzama farkı olan % 0.2 ye uygun çelikteki gerilme.  
 $\sigma_s^1$  = Çelikteki başlangıç gerilmesi



eklemelerden önceki durum

Eklemeler detayı

Tamamlanmış ek



### SENTAB İLKEL GERİLİMLİ BETON BORU

İlkel gerilme verme ameliyesinden önce

İlkel gerilme verme ameliyesinden sonra

