

Diğer bir enteresan örnek de, prefabrike 18 × 9 m. lik şed plâklarıyla yapılan şed holüdür (şek. 37).

Şekil 38 de münferit elemanlarla, aralarındaki bağ sonradan germe ile sağlanarak, 24 m açıklıklı şed holünün yapılışını göstermektedir. Nihayet şek. 39 da, prefabrike elemanlarla yapılan spor salonunu göstermektedir.

Şek. 41 de yine standart kirişlerin endüstri yapılarındaki uygulamasını görüyoruz, burada 17,70 ve 14,70 m açıklıklı BBR profilkirişleri kullanılmıştır.

## **8. ÖN GERME SİSTEMLERİNİN VE ÇELİKLERİNİN DEĞERLENDİRME VE ŞANTIYEDEKİ KONTROL ESASLARI :**

Bir ön germe sisteminin seçimi itimat meselesidir. Genel olarak pratik tecrübe, muhtelif operasyonlarda, örneğin germe, enjeksiyon v.s. gibi, gösterilecek itina muvaffakiyet için mühimdir. Aşağıda sıralanan esaslar ön gerilmeli beton uygulamasında elde edilmiş tecrübelerin yerini tutamaz. Bunlar sistemlerin ve germe çeliklerinin değerlendirilmesinde dikkat edilen noktaları belirtir.

### **8. 1. Ankraj teşkili**

Ankrajda tam emniyet sağlanmalıdır, yani ankrajın mukavemeti pratik olarak germe kablosu veya çubuğunun mukavemetine eşit olmalıdır. Fabrikasyon sırasında veya şantiyede kaçınılamıyacak çubuk çapındaki tolerans, sathi pas, kir v.s. gibi ufak tefek hatalar ankrajın emniyetine tesir etmemelidir. Bütün kamalı ankrajlarda görüldüğü üzere çubukların kayma imkânı varsa, gerekli markajla kayma miktarı tesbit edilebimelidir. Bu esnada bir demetin bazı elemanlarının kayabilmesi bahis konusu olabileceğine göre gözlemin demeti teşkil eden bütün çubuklara teşmil edilmesi gerekir.

Çelik kopmasının olup, olmadığının ön germe işleminin tamamlanmasından sonræ kontrolü mümkün olmalıdır. Bazı durumlarda ön germe işleminin tamamlanmasından sonra, kısmen bir kaç saat sonra germe çeliklerinin koptuğu müşahede edilmiştir. Bu bakımdan nihai ön germeden bir kaç saat veya bir kaç gün sonra kontrol germesi tavsiyeye şayandır. Bu ikinci öngerme, önce uygulanan kuvvetin değerini kontrole imkân verdiği gibi kısmen ç-

likteki sünmeyi, betonun sünme ve rötresinden doğan gerilme kaybını azaltır.

Ankrajın bu kontrol germesine imkân verdiği gibi, ön germe kuvvetinin kademeli, geniş zaman aralıklarıyla uygulanmasına da müsaade edecek şekilde teşkili lâzımdır. Betonlama işinin tamamlanmasından 3-5 gün sonra ön germenin bir kısmının - 1/4 ilâ 1/3'ü - ısı ve rötbe çatlaklarını önlemek üzere uygulanması tavsiye edilir.

Bir ankrajın değerlendirilmesi yalnız geniş şantiye tecrübesiyle yapılmayıp EMPA veya benzeri tarafsız bir deneme laboratuvarında aşağıdaki tahkiklerin neticeleri olarak ortaya çıkmalıdır :

1. Ankrajın statik mukavemeti, kablunun muhtemel kayma miktarı ve bunun kırılma yükü altındaki değeri.
2. Kablo ankrajının dinamik mukavemeti (yorulma mukavemeti: alt gerilme sınırı nihai ön germeye tekabül edecek şekilde kırılmaya kadar  $1 \times 10^6$  değişimi taşınabilecek üst limitin tayini).
3. Kaynaşmanın sağlandığının gösterilmesi : enjeksiyon harcının mukavemet ve karışımı, boşluk doğmasının önlenme çareleri, bunların deney düzeni ile tahkiki.

Köprü yapıları, yorulma zorlamaları altındadır. Ankrajlar ekseriya moment değişiminin olmadığı veya çok az olduğu yerlerde yapılır. Fakat bu husus çerçeve şeklindeki konstrüksiyonlarda her zaman sağlanamaz. Enjeksiyondaki hatalar dolayısıyla olacak kaynaşma eksikliği gerilme değişikliklerinin ankraja intikalini düşünmeye sevkeder. Son olarak, bir ankrajın zayıf noktaları statik yüklemeye daha çok dinamik yüklemeye ortaya çıkar.

Buna rağmen bir ankrajın yorulma emniyetinin hakikatte ortaya çıkabilecek şartlar altında tahkiki yapılmalıdır, yani kiriş deneyleriyle büyük kesme kuvveti, kısa ankraj boyu ile. Çıplak ankrajlarda yorulma denemesi ek gözleme yarar. Çıplak ankrajda yorulma kırılmasını doğuran gerilme amplitüdü, alt gerilme sınırı  $88 \text{ kg/mm}^2$  olduğuna göre,  $1 \times 10^6$  yük değişimi için  $10 - 15 \text{ kg/mm}^2$  olmalıdır.

## 8. 2. Kablonun yapısı

Kablolar eğilmeden ötürü munzam zorlanmayacak, mevzii basınçlar mümkün mertebe küçük kalacak şekilde tertiplenmelidir. Enjeksiyonun kusursuz uygulanmasına imkân vermelidir. Sürtünme kayıpları küçük olmalı ve kablo veya ankraj o şekilde yapılmalı ki bu sürtünme kaybı ölçülebilsin. Sürtünme kaybının olduğundan az tahmini çatlamaya ve dolayısıyla şikâyetlere yol açabilir. Kablodaki çubuklar arasına konacak aralayıcıların faydalı olduğu kolayca pozitif cevaplandırılmaz. İlk bakışta çubukların yerlerinin belirli olması enjeksiyon harcıyla çevrelerinin kaplanmasının daha kolay sağlanacağı kanaatini uyandırabilir. Fakat konuya biraz yakından bakılınca çubukların ayrık duruşlarının bazı zararlar doğuracağı görülür :

- a) mevzii sapmalarda ek eğilme zorlaması
- b) mevzii baskı

a) ile b) kırılma mukavemet bilgisine göre kırılma gerilmesini, ayrıca yorulma mukavemetini oldukça düşürür ve çubukların sünme miktarlarını, önceden kabul edilenden fazla olarak, artırır.

c) germe çeliği ile teneke muhafaza borusu arasındaki boşluk daraldığından, ki bu daralma, umumiyetle kullanılan aralayıcılarda, ani olur, enjeksiyonunun tam yapılmasını şüpheye düşürür, zira böyle dar boğazlar normal harçta köprülenme neticesi tıkanıklığa sebep olur. Ekseriya harcın suyu artırılarak bu tıkanma önlenmeye çalışılırsa da, fazla su muhafaza borusu içinde ayrışmaya ve boşluk teşekkülüne sebep olur. Bu da kaynaşmayı, korroziyona karşı korunmayı yetersiz kılar.

Kablolarda enjeksiyon ve havalandırma deliklerinin yerlerinin tam doğru seçilip tertiplenmesi çok mühimdir. Enjeksiyon kablo yörüngesinin en alçak noktasından başlamak ve havalandırma en yüksek noktasında tertiplenmelidir.

Enjeksiyon deliklerinin aralığı 20 m ve hiç bir zaman 30 m den fazla olmamalıdır. Tecrübeler kablolarda ne kadar olsa kısmen harçta bir katı kısım ayrışmasını ve bunun uzun enjeksiyon boylarında müessir olmaya başladığını göstermiştir. Enjeksiyon deliğinin çapı, ufak kablolarda 12 mm den, orta ve büyük kablolarda 18 mm den küçük olmamalıdır.

Teneke muhafaza borusu şantiyedeki operasyonlara dayanacak ve bilhassa vibratör temasında kolay zedelenip çimento şerbetinin içeri sızmasına imkân vermeyecek kadar mukavim olmalıdır. Aynı şekilde, icabında borular eklenebilmeli ve eklenen parçaların birbirlerine göre kayması önlenmelidir.

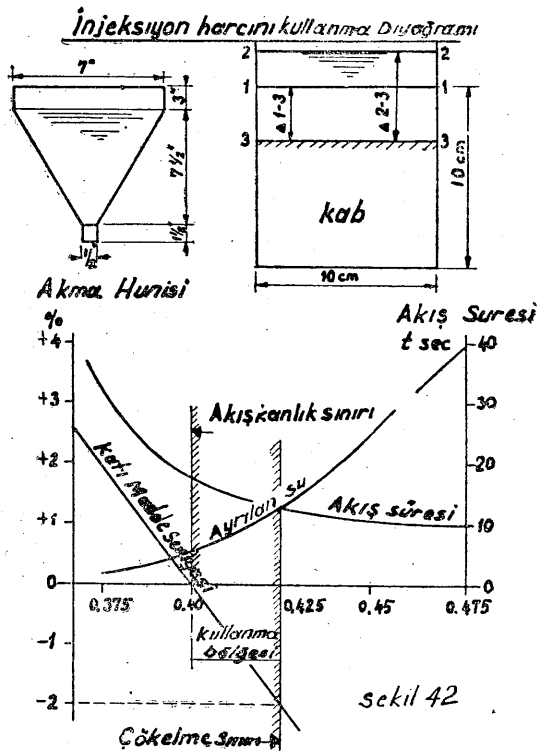
### 8. 3. Enjeksiyon

Germe kablosu kanallarının doygun olarak, boşluk meydana getirmeden, doldurulması sağlanmalıdır. Bu husus uygun karıştırıcı içinde hazırlanacak katkılı özel harcı ve sürekli çalışan tulumbayı gerektirir. Çökme miktarı ve su ayrışması, zamanın fonksiyonu olarak çapı 10 cm, yüksekliği 10 cm olan bir silindir kapla, akıcılığı da özel bir humi ile tayin edilir ve resmi bir labratuvar tarafından diyagramları çizilir (şek. 42). FIP - RILEM'in tavsiyelerine göre çökme miktarı % 2 yi, su ayrışması % 4'ü geçmemelidir. Katkı maddesi dolayısıyla harcın serbest kabarması (ekspansiyonu) % 10 dan fazla olmamalıdır. Soğuk havalarda ısı 5° C den yüksekse enjeksiyon yapılabilir, ayrıca enjeksiyondan sonra geçecek 48 saat içinde ısının 5° C den aşağı düşmemesi lâzımdır. Harcın mukavemeti, boşluk teşekkülüne nazaran daha az önemli ise de, ekspansiyonu engellenmiş harcın 28 günlük mukavemeti en az 250 kg/cm<sup>2</sup> olmalıdır. Ekspansiyon engellenmeden harcın mukavemeti ölçülecek olursa düşük çıkar, % 2 ekspansiyon (bünyedeki ek boşluklar) mukavemette % 10 - 15 düşüğe tekabül eder. Korrozyona karşı tam korunma bakımından istenen hafif ekspansiyon genellikle çok küçük, fakat yaygın gaz boşluğu yapabilen katkılarla sağlanabilir.

### 8. 4. Germe çeliği

Genellikle patentli, soğuk çekilmiş çelik çubukların kullanılmasına müsaade edilir. Diğer çelik çeşitlerinin, örneğin ıslah edilmiş, tretmanlı tel veya çubuklar, alaşımlıların kullanılması, bir germe çeliğinde mukavemet bakımından aranan niteliklerin mevcudiyeti yeterli olarak tevsik edilebiliyorsa düşünülebilir. Bilhassa ufak, tefek kaçınılmaz sathi zedelenme ve paslanma dolayısıyla çeliğin korrozyona yatkın, çentik tesirine karşı hassas olmamasına önem verilir. Düşük ısı, germe çeliğinin frajil olmayan karakterini fazla değiştirmemelidir. Çeliklerin değerlendirilebilmesi için

aşağıdaki hususların cevaplandırılması ve deneylerin yapılması gereklidir :



- |                                |                |  |
|--------------------------------|----------------|--|
| 1-1 Doldurma Seviyesi          | } t ~ 6-8 saat | } Sıcaklık<br>Çimento<br>katkı maddesi<br>karıştırma tarzı<br>nın fonksiyonu |
| 2-2 Su Seviyesi                |                |  |
| 3-3 katı madde Seviyesi        |                |  |
| Δ 2-3 Ayrılan su               |                |  |
| Δ 1-3 Çökme -(kabarma) miktarı |                |  |

1. İmâl edilmiş tarz ve şekli hakkında tam bilgi.
2. Orantı ve akma sınırını belirleyen gerilme - deformasyon diyagramı.
3. Kırılma mukavemeti  $\beta_z$ , kırılma uzaması  $\lambda_{10}$ .

4. Rölaksasyon durumu :  $0,7 \beta_z$  başlangıç gerilmesiyle, uzama sabit tutularak 1000 saat, daha iyisi 10 000 saat deneye tabi tutulan çelikteki gerilme kaybı.
5. Bükme, katlanma deneyi :  $18^{\circ} \text{C}$  ısıda  $r = 5 \varnothing$  olan pim etrafında bükme, doğrultma sayısı.
6. Çentikli çubukta bir önceki şartlarla bükme doğrultma deneyi.
7. E - modülü.

**Özel durumlarda :**

8. Torsiyon deneyi (boyuna çatlama endişesi varsa).
9. Gerilme - korrozyonuna yatkınlığa karşı : korrozyon deneyi.

10  $\varnothing$  uzunluğundaki çubukta ölçülen mevzii deformasyon yeteneği hakkında bilgi veren kırılma uzaması yanında, 100 yahut 200  $\varnothing$  uzunluğuyla ölçülen kırılma durumundaki uzamanın, yahut kırılmadan sonra kırılma yeri dışındaki kalıcı uzamanın bilinmesi faydalıdır.

Bir germe çeliği hakkında, yalnız gerilme - deformasyon diyagramı, kırılma uzaması, yahut kısa süreli rölaksasyon davranışına dayanarak karar verilmemelidir. Tehlikeli bir gelişme gözükmemektedir, çelik fabrikaları orantı ve, akma sınırı, çekme mukavemeti ve kırılma uzamasının artırılması yönünde baskı altındadırlar. Uygulamada kalite katsayısı (kırılma uzaması  $\times$  çekme mukavemeti) yüksek çeliklerle, az tretmanlı çeliklere nazaran daha fena netice alınmıştır. Akma sınırı, kırılma uzaması yükseltilerek elde edildiği düşünülen kazanç gevrek olmaya başlamasıyla yok olmaktadır. Büyük kırılma uzamalarına rağmen bu çelikler sathi zedeledir. Büyük kırılma uzamalarına rağmen bu çelikler sathi zedelenme ve korrozyona karşı çok hassastırlar. Bu mahzur labratuvar deneylerinde ekseriya gözükmez fakat şantiyede büyük güçlük ve sakıncalara sebep olur. Bu bakımdan tretmanla iyileştirilmiş çelikler kullanılırken dikkatli olunmalıdır. Suni eskitme yapılıp, yapılmıyacağı veya hangi oranda yapılacağı çelik halat fabrikasının kendisine bırakılmalıdır, hiç bir zaman bu tretmana ait talepte bulunulmamalıdır. Esasen kullanıcı, tüketicinin, telin kangaldan çözül-

dükten sonra bir doğru haline gelmesi isteği dolaylı olarak imalâtçıyı eskitme (menevişleme) tretmanına zorlamaktadır.

#### **8. 5. Şantiyede kontrol**

En önemli hususlar :

##### **8. 51. Malzeme kontrolü.**

*Germe çeliği.* Bunlar norma, ihale ve kabul andlaşma ve şartnamelerine uygun olmalıdır. Tablo 1 ile karşılaştırınız. Detaylı çekme, katlama, bükme deneyi, özel durumlarda da yorulma mukavemeti tespit deneyi yapılarak kontrol edilmelidir.

*Beton.* Zamanında, kullanılacak malzeme ile ön deneme yapılmalı, sonradan deney kübü ve prizması alınarak beton - deney çekici ile birlikte kontrol yapılmalıdır.

Enjeksiyon harcı. 8.3 ve 8.56'ya bakınız.

##### **8. 52. Kalıba yerleştirilmiş ön germe donatısı.**

Kablunun yerinden şaşması, bilhassa plâklarda gerilme durumunda önemli değişikliğe sebep olur. Betonlamaya, sıkıştırmaya dayanıklı «kablo taşıyıcılara» sarf edilecek para fuzuli zannedilmelidir, onlar kendilerini öderler. Köşe, sert dönüş ve büküm noktalarından kaçınılmalıdır. Kabloların ve bunların dışındaki etriyelerin yeter bir beton örtü tabakasıyla kaplanmasına dikkat edilmelidir (yangına karşı korunma daha fazla istemezse köprülerde etriye dışında 2,5 cm, yüksek yapılarda 2 cm minimum örtü kalınlığıdır). Enjeksiyon delikleri için 8,2 ye bakınız.

##### **8. 53. Ek klâsik donatı**

Mevzii münferit ankraj kuvvetleri iki yönde etriyeyi veyahut fretajı gerektirir. Bunların hesap esasları için seçilen ön görme sisteminin sahibi firmanın tavsiyelerine uyulmalıdır. Betonlamadaki güçlük düşünülürse, donatının çoğu da azı kadar zararlı olabilir.

##### **8. 54. Betonlama.**

Betonlamada bilhassa ankraj bölgesine yeteri kadar önem verilmelidir. Germe işleminden önce betonun gerekli mukavemeti

kazanıp, kazanmadığı deney numuneleri kırılarak ve kontrol çekicileriyle araştırılmalıdır. İskelenin muhtemel deformasyonları, uygun betonlama derzleri tertipliyerek zararsız hale getirilmelidir.

#### **8. 55. Ön germe**

Betonlamanın bitiminden 3-5 gün sonra rötre karşılayıcı ön germe yapılmalıdır. Tam ön germe ile iskele alınması hem zaman olmalı, aksi takdirde zati yükün etkisiz kalmasından ön başıncılı çekme bölgesinde betonda ezilme olabilir (ön germeden ötürü basınç gerilmesi  $400 \text{ kg/cm}^2$  ve daha fazla çıkabilir). Aynı sebeple basınç bölgesinde çatlak meydana gelebilir. Duruma göre, uygulanan hakiki ön görme kuvveti ölçülerek sürtünme kaybı kontrol edilmelidir (strain gauges, Dynamometer).

#### **8. 56. Enjeksiyon**

Uygulayıcı firma daha önce şek. 42 de verilen diyagramı, harcın karışımını, enjeksiyon yapılacak çalışma alanını verir. Şantiye şefinin müsaadesi olmadan harcın karışımı değiştirilmemelidir. Zaman, zaman harcın akıcılığı, ayrışımı kontrol edilmeli ve enjeksiyona başlamadan kablo kanalları ilk önce su ve sonra da basınçlı hava ile temizlenmelidir. Enjeksiyona, serbest uçtan yeter miktarda enjeksiyon harcının çıktığı görüldükten sonra son verilir. Çıkan harcın yapısı çalışma alanı içinde olmalıdır. Herhangi bir sebeple sonradan ek enjeksiyon bahis konusu olursa, uygulanacak yolun, detayları ve olumluluğu daha önceden deneylerle ispatlanmış olmalıdır.

### **9. MEVCUT ÖN GERME SİSTEMLERİNE GENEL BİR BAKIŞ:**

**9. 1. Betonlamadan önce çeliklerin gerilmesiyle ön germe, (germe yatağı metodu).**

**9. 11. Ön germe kuvvetlerinin yalnız aderansla aktarılması.**

Bu beton almanca konuşulan çevrelerde «çelik telli beton» diye geçer. Üstü düz ve çapı 0,8 - 2 mm, mukavemeti  $200 \text{ kg/mm}^2$  ve daha fazla olan teller oldukça uzun boyda döşenip gerilirler, bundan sonra betonlanarak sertleşmeye terk edilir. Sertleşmeden sonra tellerin germe uçları gevşetilir. Bu şekilde meydana gelen kiriş veya plaklar şu özellikleri gösterirler :