

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Önceden Öng. Pre. Köp. Kir. Pro.
ve Uyg. Aşa. karış. Zorlu

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ökan Özkara

1988

L7-
R 150
179

1/25
35.000

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTİSÜ

ÖNCEDEN ÖNGERMELİ PREKAST KÖPRÜ
KİRİŞLERİNİN PROJE VE UYGULAMA
AŞAMASINDA KARŞILAŞILAN ZORLUKLAR

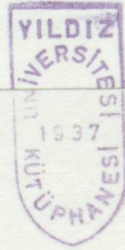
Yüksek Lisans Tezi

Okan ÖZKARA

İstanbul 1989

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANE DOKÜMANTASYON
DAİRE BAŞKANLIĞI

Kot : R 150
179
Alındığı Yer : FEN BİL. ENS.
Tarih : 21. 10. 1991
Fatura : - - - - -
Fiyatı : 35.000. TL.
Ayniyat No : 1 / 15
Kayıt No : 47772
UDC : 624. 378. 242
Ek :





| | | |
|-------|---|----|
| 1. | ÖNGERİLMELİNİN TANIMI ve KULLANIM ALANLARI | 1 |
| 2. | ÖNCEDEN YILDIZ ÜNİVERSİTESİ ve KULLANILAN KİRİŞLERİN KESİTİ | 4 |
| | FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ | |
| 3. | KIRIŞ | 8 |
| 3.1 | Özellikler | 8 |
| 3.1.1 | Yapısal Özellikler | 8 |
| 3.1.2 | Ek Özellikler | 9 |
| 3.1.3 | Kirışın Yapısal Özellikleri | 9 |
| 3.1.4 | Gerilme Dağılımı Dayanımını Etkileyen Faktörler | 12 |
| 3.1.5 | Yapısal Özellikleri | 12 |
| 3.2 | ÖNCEDEN ÖNGERMELİ PREKAST KÖPRÜ | 15 |
| 3.2.1 | Önce Gerilmeli Önce Çelikler | 15 |
| 3.2.2 | KİRİŞLERİNİN PROJE VE UYGULAMA | 17 |
| 3.2.3 | AŞAMASINDA KARŞILAŞILAN ZORLUKLAR | 18 |
| 4. | PREKAST ÖNCEDEN ÖNGERMELİ BİR KİRİŞİN DREJİNİ | 20 |
| 4.1 | Bir Gerilmeli Yatayda Bir Önce Gerilmeli | 20 |
| 4.1.1 | Yapısal Özellikleri | 22 |
| 4.1.2 | Gerilme Dağılımı Üzerine Yapılan Çalışmalar | 23 |
| 4.1.3 | Önce Gerilmeli Kirişlerin Yapısal Özellikleri | 31 |
| 4.1.4 | Gerilme Dağılımı Üzerine Yapılan Çalışmalar | 34 |
| 4.1.5 | Yapısal Özellikleri | 39 |
| 4.2 | Yapısal Özellikleri | 40 |
| 4.3 | Yapısal Özellikleri | 41 |
| 4.3.1 | Yapısal Özellikleri | 42 |
| 4.4 | Yapısal Özellikleri | 47 |
| 4.4.1 | Yapısal Özellikleri | 47 |
| 4.4.2 | Yapısal Özellikleri | 49 |

Yüksek Lisans Tezi

Okan ÖZKARA

İstanbul 1989



İÇİNDEKİLER

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | ÖNGERİLMENİN TANIMI ve KULLANIM ALANLARI | 1 |
| 2. | ÖNCEDEN ÖNGERİLMELİ KÖPRÜLER ve KULLANILAN KİRİŞ .. KESİTLERİ | 4 |
| 3. | MALZEME | 8 |
| 3.1 | Beton | 8 |
| 3.1.1 | Çimento | 8 |
| 3.1.2 | Su | 9 |
| 3.1.3 | Agrega | 9 |
| 3.1.4 | Beton Basınç Dayanımını Etkileyen Faktörler | 12 |
| 3.1.5 | Su/Çimento Oranı | 13 |
| 3.2 | Öngerme Çelikleri | 15 |
| 3.2.1 | Düşük Gavşemeli Öngerme Çelikleri | 16 |
| 3.2.2 | Öngerme Toronlarının Özellikleri | 17 |
| 3.2.3 | Öngerme Çeliğinin Kesilmesi | 18 |
| 4. | PREKAST ÖNCEDEN ÖNGERMELİ BİR KİRİŞİN ÜRETİMİ | 20 |
| 4.1 | Bir Gerilim Yatağının Dizaynı | 20 |
| 4.1.1 | mesnet Türleri | 22 |
| 4.1.2 | Germe İşleminde Önce Yapılması Gereken İşlemler .. | 25 |
| 4.1.3 | Öngerilmeli Çelik Kiriş Kalıbında Olması Gereken Özellikler | 33 |
| 4.1.4 | Germe İşlemi | 34 |
| 4.1.5 | Öngerme İşlemi sonrasında Yapılması Gereken Ölçümler | 35 |
| 4.2 | Taze Betonun Taşınması, Yerleştirilmesi ve Sıkıştırılması | 40 |
| 4.3 | Deney Koşulları ve Numune Boyutları | 43 |
| 4.3.1 | Basınç Dayanım Formülleri | 45 |
| 4.4 | Isıl İşlem Uygulaması | 47 |
| 4.4.1 | Buhar Kürü Çevrimi | 47 |
| 4.4.2 | Buhar Kürünün Betonun Bünyesine Etkileri | 49 |

| | | |
|---------|---|----|
| 4.4.21 | Fiziksel Etkiler | 49 |
| 4.4.211 | Kalıcı Hacim Artışı | 49 |
| 4.4.212 | Isıl Gerilmeler | 50 |
| 4.4.213 | Su Kaybı | 51 |
| 4.4.22 | Kimyasal Etkiler | 52 |
| 4.4.3 | Buhar Kürü Uygulamasını Etkileyen Faktörler..... | 53 |
| 4.4.4 | Buhar Kürünün Beton Özelliklerine Etkisi | 54 |
| 4.4.5 | Olgunluk Derecesi | 55 |
| 4.4.6 | Buhar Kürü Uygulama Kuralları | 56 |
| 4.4.61 | Çevrim Seçimi | 57 |
| 4.4.611 | İşlem Sıcaklığı ve Süresi | 57 |
| 4.4.612 | Ön Bekleme Süresi | 58 |
| 4.4.613 | Isıtma Hızı | 58 |
| 4.4.614 | Soğutma Hızı | 59 |
| 4.4.62 | Buhar Kürü Sonrası Dönem | 60 |
| 4.4.63 | Teknolojik Koşullar | 60 |
| 4.4.64 | Kalite Kontrol ve Denetlemeler | 60 |
| 4.4.7 | Beton Malzemeleri ve Bileşimi | 62 |
| 4.4.71 | Çimento | 62 |
| 4.4.72 | Agrega | 63 |
| 4.4.73 | Karma Suyu | 63 |
| 4.4.74 | Kimyasal Katkı Maddeleri | 63 |
| 4.4.75 | Mineral Katkılar | 63 |
| 4.4.76 | Betonun Bileşimi | 63 |
| 4.4.8 | Buhar Kürü Donanımı | 65 |
| 4.4.8.1 | Buhar Üreticisi | 65 |
| 4.4.8.2 | Buhar Taşıma donanımı ve Diğer Yardımcı Donanımı .. | 66 |
| 4.5 | Transfer (Boşaltma) | 68 |
| 4.6 | Betonun Basınç Mukavemeti Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi | 70 |
| 5. | BUHAR KÜRÜ YOLUYLA NORMAL PORTLAND ÇİMENTOSUNUN MUKAVEMET DEĞİŞİMLERİNİN İNCELENMESİ | 72 |
| 5.1 | Araştırmanın Yapılışı | 74 |
| 5.1.1 | Kür Sıcaklığı ile Mukavemet Artışı | 74 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 5.1.2 | Kür Sıcaklığının Nihai Mukavemete Etkisi | 7 |
| 5.1.3 | Kür Sıcaklığının Çeşitli Çimento Tiplerine Etkisi | 7 |
| 5.1.4 | Küre Tabii Tutulmadan Önce Bekleme Süresinin Mukavemete Etkisi | 7 |
| 5.1.5 | Nem Yüzdesinin Mukavemete Etkisi | 7 |
| 5.2 | Araştırmanın Sonucu | 7 |
| 6. | BETON KATKI MADDELERİ | 8 |
| 6.1 | Beton Üretiminde Süper Akışkanlaştırıcı Kullanımı .. | 8 |
| 6.1.1 | Avantajları | 8 |
| 6.1.2 | Dezavantajları | 8 |
| 6.1.3 | Çimento Dozajı | 8 |
| 6.1.4 | Çeşitli Çimentoların Kullanılması | 8 |
| 6.1.5 | İşlenebilirlik | 8 |
| 6.1.6 | Düşük ve Orta Çökmeli Betonlar | 8 |
| 6.2 | Deneysel Uygulama 1 | 8 |
| 6.3 | Deneysel Uygulama 2 | 8 |
| 6.3.1 | Uygulama Neticeleri | 9 |
| 7. | ISIL İŞLEMİN ve KATKI MADDELERİNİN BASINÇ MUKAVEMETİ ve RÖTREYE ETKİSİ | 92 |
| 7.1 | Sertleşmiş Beton Deney Sonuçları | 93 |
| 7.2 | Basınç Mukavemeti ile İlgili Yapılan Çalışma | 94 |
| 7.3 | Rötre Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve İrdelenmesi .. | 95 |
| 8. | BUHAR KÜRÜNÜN SÜNMEYE ETKİSİ | 109 |
| 9. | NAKLİYE (TRANSPORT) ve MONTAJ | 115 |
| 9.1 | Montaj ve Tipik Bağlantı Detayları | 118 |
| 9.1.1 | Kolon - Temel | 118 |
| 9.1.2 | Kiriş - Kolon | 120 |
| 10. | ÖNGERİLME İŞLEMLERİNDE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ KILAVUZU .. | 124 |
| 10.1 | Genel | 124 |
| 10.1.1 | Çekme İşleminde Evvel Alınacak Önlemler | 124 |
| 10.1.12 | Malzeme İle İlgili Önlemler | 125 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 10.1.2 | Çekme İşlemi Sırasında Alınacak Önlemler | 126 |
| 10.1.21 | Krikolu Çekme | 126 |
| 10.1.22 | Başlıklı Çekme | 127 |
| 10.1.3 | Çekme İşlemi Sonrası Alınacak Önlemler | 127 |
| 10.1.31 | Krikolu Çekme | 127 |
| 10.1.32 | Başlıklı Çekme | 128 |

Bu çalışma sırasında yardım ve ilgisizini esirgeyen
sayın Hocam Prof. Dr. Hüseyin ÇELİK'in teşekkürü bir borç biliriz.

Bu çalışmada aşağıdaki şekilde yapılmıştır. Önceki çalışmaların sonuçları değerlendirilmiştir ve bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca, elde edilen sonuçların pratik uygulamaları da değerlendirilmiştir.

1. Çalışmanın Amacı: Bu çalışmanın amacı, ...
2. Çalışmanın Önemi: Bu çalışmanın önemi, ...
3. Çalışmanın Kapsamı: Bu çalışmanın kapsamı, ...
4. Çalışmanın Yöntemi: Bu çalışmanın yöntemi, ...
5. Çalışmanın Bulguları: Bu çalışmanın bulguları, ...
6. Çalışmanın Sonuçları: Bu çalışmanın sonuçları, ...

Bu çalışma süresince yardım ve ilgilerini esirgemeyen Sayın Hocam Prof.Dr.Hüseyin CELASUN'a teşekkürü bir borç bilirim.

İzmir

The study consisted of ...
The first part of the study was ...
The second part of the study was ...
The third part of the study was ...
The fourth part of the study was ...

The results of the study are ...
The first result of the study is ...
The second result of the study is ...
The third result of the study is ...
The fourth result of the study is ...

The conclusions of the study are ...
The first conclusion of the study is ...
The second conclusion of the study is ...
The third conclusion of the study is ...
The fourth conclusion of the study is ...

The study was supported by ...
The study was conducted in ...
The study was completed in ...

ÖZET

Bu çalışmada önceden gerilme metoduyla prekast köprü kirişlerinin üretimi ve üretim esnasında geçirdiği aşamalarla ısıtma işleminin sünme ve rötreye etkisi ile katkı kullanımının beton üzerine etkisi incelenmiştir.

I. Bölümde Öngerilmelinin kullanım alanları ile avantaj ve dezavantajları, II. Bölümde Öngerilmeli köprü kirişlerinde kullanılan kiriş kesitleri ve bunların hangi açıklıklarda kullanılmasının avantajlı olacağı anlatılmıştır. III. Bölümde öngerilmeli betonda malzeme, IV. Bölümde de Önceden gerilmeli kirişin fabrikada üretimi ve üretim aşamaları ele alınmıştır. V. Bölümde Isıtma işleminin yurdumuzda üretilen normal portland çimentosuna etkileri VI. Bölümde ise beton katkı maddelerinin kullanımı anlatılmıştır. VII. Bölümde ısıtma işleminin rötreye VIII. Bölümde de sünmeye etkisi incelenmiştir. Nakliye ve montaj özellikleri, IX. Bölümde yer alırken, X. Bölümde ise iş ve işçi güvenlik önlemlerine değinilmiştir.

SUMMARY

This study comprises an explanation of the production of precast bridge beams by means of pretension method and the phases during their production and also the effect of steam curing on creep and shrinkage and the effect of the usage of additives on concrete.

Section I covers the utilization fields of pretension and its advantages and this advantages and section II covers the beam sections used in precast bridges beams with an explanation on the advantages derived from their use in specific spacings. Section III. comprises in materials in prestress concrete. Section IV. Covers the production of precast bridge beams by the pretension method in the factory and the phases of production, Section V. Contains an explanation of the effects of the steam curing on normal portland cement produced in Turkey. Section VI defines the use of concrete additives. The effect of steam curing on shrinkage and creep is explained in

section VII and section VIII respectively. Transportation and mounting particulars are contained in section IX whereas section X covers labour safety measures.

GIRIS

The GIRIS (General Industrial Regulation) is a comprehensive set of rules governing the operation of industries in India. It covers various aspects of industrial safety, health, and environmental protection. The regulation is designed to ensure the well-being of workers and the public, while also promoting the growth and development of the industrial sector.

The GIRIS is applicable to all industries, regardless of their size or location. It sets out the minimum standards for safety, health, and environmental protection that all industries must adhere to. The regulation is a key component of the Government's efforts to improve the working conditions of industrial workers and to protect the environment.

INTRODUCTION

The GIRIS is a comprehensive set of rules governing the operation of industries in India. It covers various aspects of industrial safety, health, and environmental protection. The regulation is designed to ensure the well-being of workers and the public, while also promoting the growth and development of the industrial sector.

This regulation covers a wide range of industries, including manufacturing, mining, and construction. It sets out the minimum standards for safety, health, and environmental protection that all industries must adhere to. The regulation is a key component of the Government's efforts to improve the working conditions of industrial workers and to protect the environment.

GİRİŞ

Son yıllarda ağır sanayi tesislerinden geniş açıklıklı köprülere kadar yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanan öngerilmeli beton, fabrikasyona uygunluğu sayesinde inşaat endüstrisine yüksek üretim hızı, ekonomiklik ve mimari esneklik kazandırmıştır.

Bu çalışmada prekast köprü kirişlerinin önceden germe metodu ile fabrikada üretimi ve üretim aşamaları ile birlikte son zamanlarda yaygın bir şekilde beton üretimine giren katkı maddelerinden süper akışkanlaştırıcı kullanımı ele alınmış, prefabrik teknolojisinin temel işlemi olan ısıtma işleminin sönme ve rötreye etkisi incelenmiştir.

INTRODUCTION

Prestress concrete which has been widely used, since the recent half of our century, in many installations ranging from heavy industrial installations to large span bridges, has presented to the industry of construction an element of speed and economical conveniency and architectural flexibility, in views of its suitability for fabrication.

This presentation covers a study of manufacturing and production phases of precast bridge beams by the method of pretension, together with the use of superfluidifying additives which have lately gone into widespread production in addition, the study includes the steam curing method used for pretension bridges beams in the phase of production and the effect of this method on creep and shrinkage.

Öngerilmeli yapı elemanlarında kullanılan yüksek mukavemetli beton ile yüksek mukavemetli çelik aktif bir tarzda bir araya gelerek betonarmadan daha iyi bir davranış gösterirler.

Öldükçe yüksek oranda gerilen çeliğin etkisiyle yapı elemanında enerji depolanır. Bu enerji yapı elemanının alt kısmında sıkışma meydana getirir ve hafif bir ters çarpma olur. Öngerilme etkisiyle betonun zayıf olan çekme kapasitesinden doğan zarar ortadan kalkar ve yüksek mukavemetli iki malzemenin ideal birleşimi sağlanır.

Bu uygun birleşim yapı elemanlarının bütün kesitlerinden istifade sağlar ve daha küçük kesitli ve cazip yapı elemanları ortaya çıkar. İç gerilmelere hakim olunabildiğinden eğilme ve çatlama gibi zararlı etkiler kontrol altına alınır.

Öngerilmeli beton, öngerilme tekniğine göre iki ana tipe ayrılır. ÖNCEDEN ÖNGERİLMELİ VE SONRADAN ÖNGERİLMELİ BETON.

1. ÖNGERİLMENİN TANIMI VE KULLANIM ALANLARI

Bir yapı elemanına çeşitli işletme yükleri altında davranışını ve mukavemetini geliştirmek üzere bilinçli olarak kalıcı gerilmeler verilmesine öngerilim denir. Bu yapı malzemesi ve metodu; ekonomi, hız, uzun ömürlülük, yangına dayanıklılık, enerji tasarrufu ve mimari esneklik sağlar. Öngerilmeli betonun kullanım alanları ağır sanayi tesislerinden, geniş açıklı köprülere kadar çok çeşitli olmakla beraber, büyük veya küçük her tip binanın yapısal ve mimari ihtiyaçlarını da karşılayabilmektedir.

Öngerilmeli betonun prensiplerini anlayabilmek için onu oluşturan beton ve çeliğin özelliklerinin bir yapı elemanında işletme yüklerine dayanmak için nasıl birlikte hareket ettiklerinin bilinmesi gerekmektedir.

Öngerilmeli betonun prensiplerini anlayabilmek için onu oluşturan beton ve çeliğin özelliklerinin bir yapı elemanında işletme yüklerine dayanmak için nasıl birlikte hareket ettiklerinin bilinmesi gerekmektedir.

Öngerilmeli yapı elemanlarında kullanılan yüksek mukavemetli beton ile yüksek mukavemetli çelik aktif bir tarzda bir araya gelerek betonarmeden daha iyi bir davranış gösterirler.

Oldukça yüksek oranda gerilen çeliğin etkisiyle yapı elemanında enerji depolanır. Bu enerji yapı elemanının alt kısmında sıkışma meydana getirir ve hafif bir ters sehim oluşur. Öngerilme etkisiyle betonun zayıf olan çekme kapasitesinden doğan mahsur ortadan kalkar ve yüksek mukavemetli iki malzemenin ideal bir birleşimi sağlanır.

Bu uygun birleşim yapı elemanlarının bütün kesitinden istifade sağlar ve daha küçük kesitli ve cazip yapı elemanları ortaya çıkar. İç gerilmelere hakim olunabildiğinden eğilme ve çatlama ların daha iyi kontrolünü mümkün kılar.

Öngerilmeli beton, öngerilme tekniğine göre iki ana tipe ayrılır. ÖNCE DEN ÖNGERMELİ VE SONRADAN ÖNGERMELİ BETON.

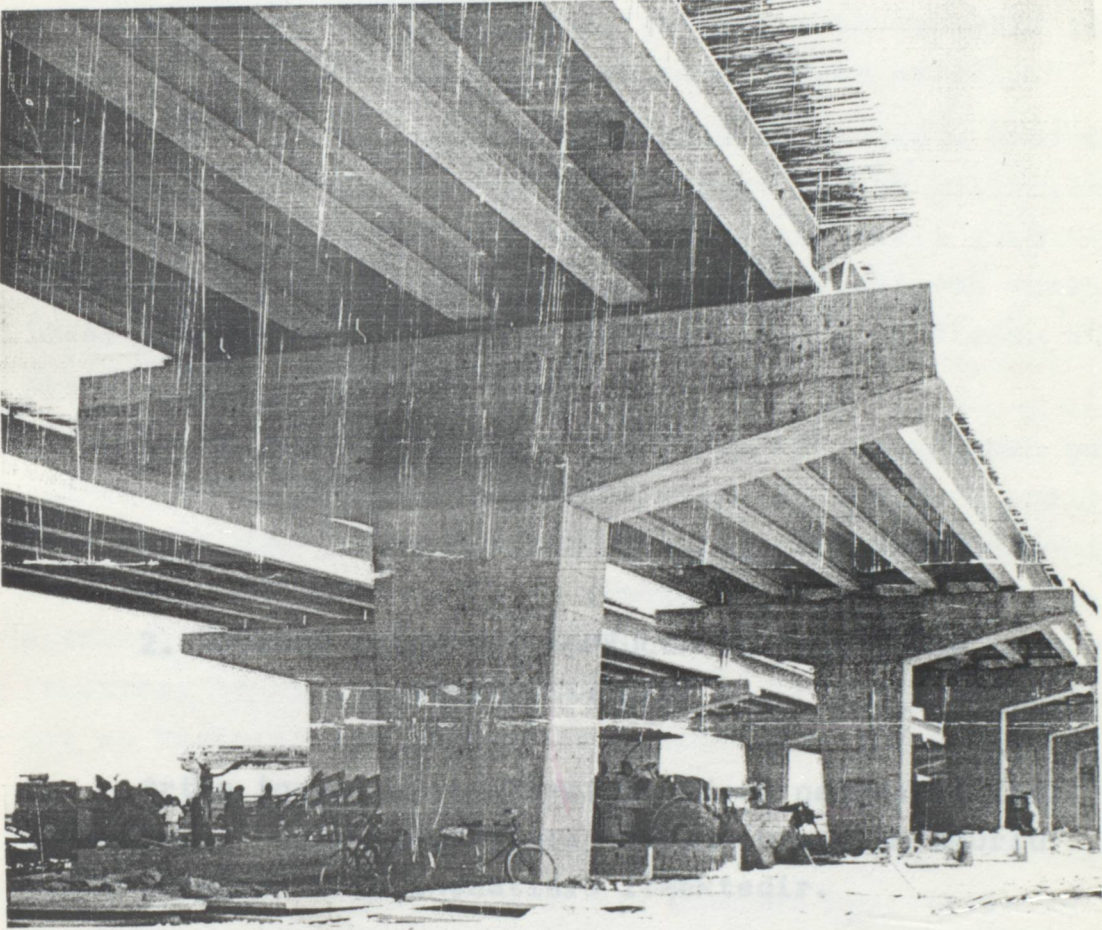
ÖNCE DEN öngermeli betonda demetler gerdirildikten sonra beton dökülür. Beton gerekli mukavemete erişince gerilimi sağlayan kriko kuvveti ortadan kaldırılır. Beton demetle arasında doğan aderans dolayısı ile demeti tutar. Böylece betona öngerilim verilmiş olunur.

Önceden öngerilimli beton, genellikle prefabrik olarak fabrikalarda üretilir. Bunun en önemli sebebi önceden gerilimin fabrikasyona uygun olması ve fabrikasyonun sağladığı avantajlardır.

Öngerilmeli betonun bir atölyede imali, kalitenin imalat sırasında kontrolünü ve yapısal bütünlüğün önceden otomatik olarak test edilmesini sağlar. Kalıcı kalıplar kullanan standart üretim metodları yüksek kaliteli ürün eldesini sağlar.

Fabrika metodları, işçilik maliyetini düşürür ve inşaat yerindeki işçi ihtiyacını en aza indirir. Yapı elemanlarının üretimiyle, inşaat mahallinin hazırlanması aynı zamanda yapılır ve böylece inşaat süresi minimuma iner.

Köprü inşaaası ; öngerilme endüstrisini başlatmıştır. Üngerilmeli beton, günümüzde kısa ve orta açıklıklı köprüler için üstünlüğünü kabul ettirmiş bir yapı malzemesidir.



Şekil 1.1 Önceden Gerilmeli Kirişle imal edilen bir Köprü İnşaatını göstermektedir.

Trafik yoğunluğu açısından büyük hacimli olan yollarda köprülerin üst yapı elemanlarının çoğunda prekast beton kullanılması yerinde bir karar olmuştur. Bir çok yerde şantiyedeki işçilik yükünden, taşıtlara denetli yerleştirilmede, beton dökümünde ve tesviyede yerinde dökme beton çok pahalıya gelmektedir. Büyük trafik hacimli

yollardaki köprülerin çoğunda prekast yapıya uyacak basit konfigürasyonlar görüyoruz. Prekast köprü yerinde dökme betondan çok çabuk inşa edildiği gibi montaj esnasında hava boyunca da devam edebilir.

Yerinde dökme betonunda hergaye rağmen avantajları da vardır. Daha geniş kavriyalı, çıkıntılı ve karmaşık yapılar yerinde dökme betonla daha rahat inşa edilir.

Orta ve kısa mesafeli açıklıklarda ve düşük hacimli yollardaki köprülerde öngerilmeli beton en çok kullanılan malzemedir. Köprü açıklığı konstrüksiyonun nasıl yürütüldüğüne bağlıdır. Açıklık mesafesine mevcut ekipman kapasitesi, elemanların taşınacağı yolların sınıfı ve eleman ölçüleri etki eden faktörlerdir.

Öngerilmeli kesitler AASHTO ve PCI tarafından geliştirilmiş ve standartlaştırılmıştır. Bu standart kesitler öngerilmeli beton konstrüksiyonların çoğunda kullanılabilmektedir. Amerika'da bu standart kesitlerin kullanımı **2. ÖNCEDEN ÖNGERMELİ KÖPRÜLER VE KULLANILAN ÖNGERME** fabrikası kabul etmiş **KİRİŞ KESİTLERİ** kesitlerini geliştirmiş ve başarılı bir şekilde kullanıma geçmiştir.

Artan inşaat maliyetleri ve köprü gereksinimleri, mühendisleri bakım masrafları olmayan hem uzun ömürlü hemde ekonomik olan inşaatlara itmektedir.

Bugünün fiyatlarını göz önüne aldığımızda varolan eskimiş yapıların yenilenmesi için Prekast öngerilmeli betonun en çekici ve ekonomik çözüm olduğu ortaya çıkmaktadır.

Trafik yoğunluğu açısından düşük hacimli olan yollarda köprülerin üst yapı elemanlarının çoğunda prekast konstrüksiyon yerinde dökme betonun yerini almıştır. Bir çok yerde şantiyedeki işçilik yüzünden, kalıplara donatı yerleştirmede, beton dökümünde ve tesviyede yerinde dökme beton çok pahalıya gelmektedir. Düşük trafik hacimli

T girişler şeklinde 50'li yollarda çoğunda kullanılan temel

yollardaki köprülerin çoğunda prekast yapıya uyacak basit konfigürasyonlar görüyoruz. Prekast köprü yerinde dökme betondan çok çabuk inşa edildiği gibi montaj soğuk hava boyunca da devam edebilir.

Yerinde dökme betonunda herşeye rağmen avantajları da vardır. Daha geniş kıvrımlı, çıkıntılı ve karmaşık yapılar yerinde dökme betonla daha rahat inşa edilir.

Orta ve kısa mesafeli açıklıklarda ve düşük hacimli yollardaki köprülerde öngerilmeli beton en çok kullanılan malzemedir. Köprü açıklığı konstrüksiyonun nasıl yürütüldüğüne bağlıdır. Açıklık mesafesine mevcut ekipman kapasitesi, elemanların taşınacağı yolların cinsi ve eleman ağırlıkları etki eden faktörlerdir.

Öngerilmeli kesitler AASHTO ve PCI tarafından geliştirilmiş ve standartlaştırılmıştır. Bu standart kesitler öngerilmeli beton konstrüksiyonların çoğunda kullanılabilir. Amerika'da bu standart kesitlerin kullanımı kısmen gerçekleştirilmiş olmakla birlikte bir çok öngerme fabrikası kendi standartize olmamış kesitlerini geliştirmiş ve başarılı bir şekilde kullanıma geçmiştir.

Bunların amaçları daha ekonomik elemanlar ve minimum şantiye ve iş gücü gerektiren total bir köprü sistemi geliştirmektir. Fakat bu standart olmayan kesitlerin patenti alınmadığından herhangi bir prekast beton fabrikası bu kalıpları elde edebilir ve iş rekabetine girebilir. Bir çok işte para tasarrufu sağlayan standart olmayan kesitlerin büyük bir miktarı kirişlerin üzerine döşemelerin yekpare prekast dökülmesiyle elde edilmiştir.

Standart AASHTO - PCI prekast kesitlerinde, kiriş kesitleri kutu veya tablalı kesitlerin kullanılmasıyla elde edilmiştir. Standart olmayan kesitlerde ise tablalı kiriş kesitlerinin bir çok tipleri mevcuttur.

Prekast tek parça tablalı kirişlerin, öngerilmeli T kirişler şeklinde 50'li yılların başında kullanıma başla-

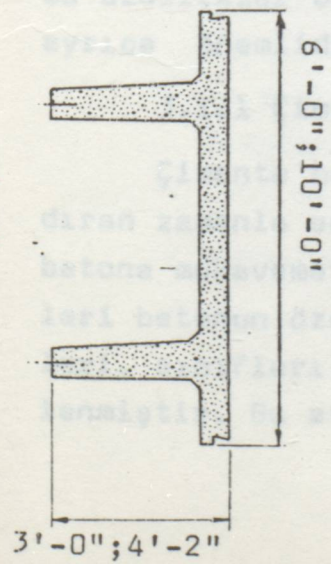
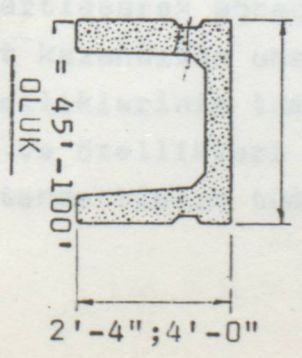
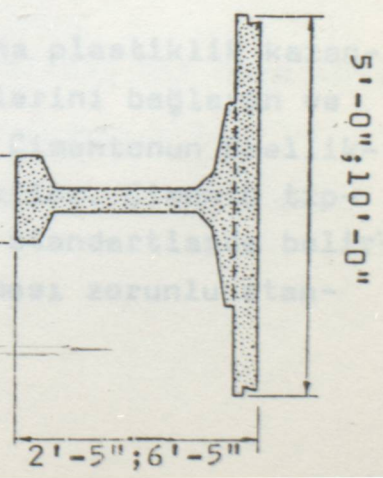
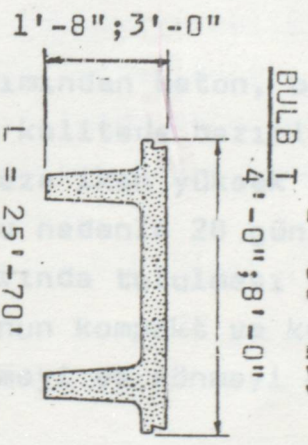
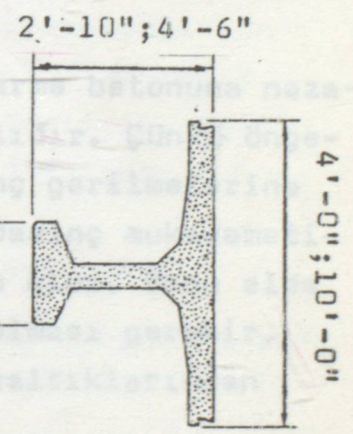
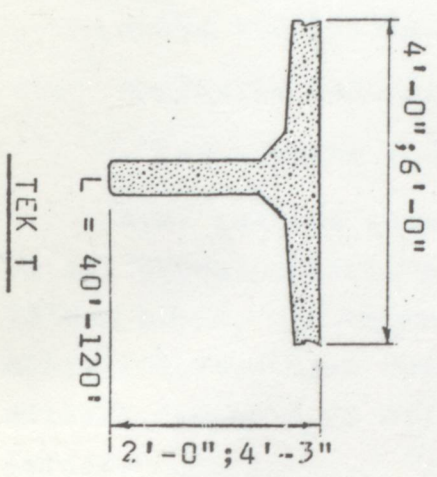
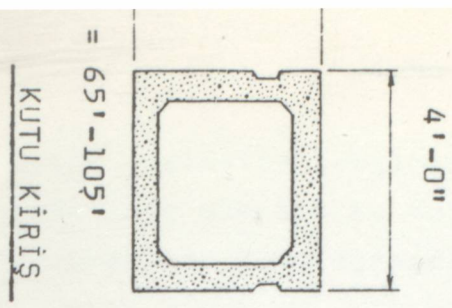
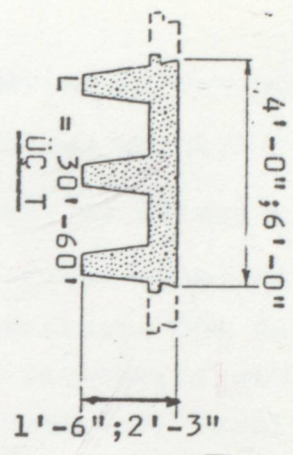
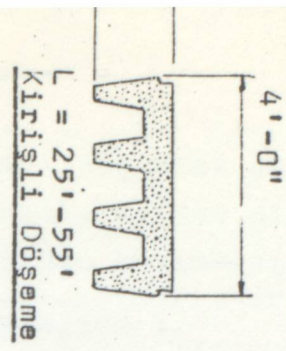
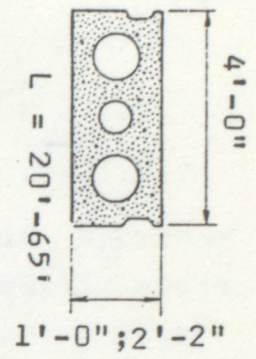
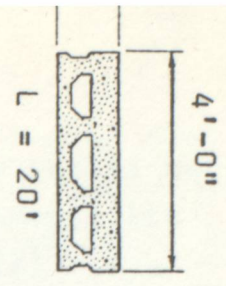
mıştır. Bu yapıların bir kısmı 30 yıllık olmalarına rağmen hala hizmettedir.

Literatür 1 de AASTHO - PCI tarafından geliştirilen önerilmeli köprü kesitleri aşağıda gösterilmiştir.(Şekil2.1)

Kullanılan kesitler içinde BULB T'ler en verimli olanıdır. Fakat başka bir açıdan bakarsak çift ve daha çok gövdeli T'ler ve oluklar kaldırma yerleştirme safhalarında daha stabil olma avantajına sahiptirler. Oluk gibi dikey veya yarı dikey çıkıntılı kenarlara sahip olanların ek bir avantajı da komşu elemanlara dış bacaklardan civata ile tutturulabilmesidir. Bu da ara levha (Lama) gereksinimini ortadan kaldırır. Çok gövdeli T kesitler özellikle 9-18 m. arasındaki açıklıklarda yaygındır. Bir çok T kesitin aksine bunlar sabit şekillerdir ve ara levhaya gereksinim duymazlar. Çok gövdeli T kesitler kullanılışlı olup, üretim sahalarında daha ağır döşeme kesitlerinden daha ekonomik olduğunu ortaya koymuştur.

Kutu kiriş kesit, bir çok sahadaki yaygın kullanımına rağmen, çeşitli T kesit ve oluklara nazaran daha az verimlidir.

Şekilde gösterilenlere ek olarak öteki şekiller özel projeler için yeri geldikçe kullanılır. Çeşitli şekillerin kesit özellikleriyle ilgili bilgi, konstrüksiyon detayları ve sipesifikasyonları için " PCI Manual, Prekast Prestressed Concrete Short Span Bridges " e başvurulabilir.



lyice yerleştirilebilmesini sağlamak için de yeterli derecede ince olmalıdır. Kuvert, siloks gibi pimento ile uyumsuz az olan agregalardan kaçınılmalıdır. (2)

Ayrıca yine kaba agregada :

- 2 mm'lik elekten geçen ince tanelerin yüzdesi % 2,5'den küçük,
- Kua eşdeğerlik sayısı 70'den büyük,
- Plastik indeks 4'den küçük,
- Los Angeles indeksi de 35'den büyük olmalıdır.

Aynı şekilde ince agrega (kum) de temiz, ayrışmaz ve iyi gradüasyonlu olmalıdır. Kum eşdeğerlik sayısı 75'den büyük, feldspat ve tebeşir gibi yumuşak kaya menşellilerden uzak bulunmalıdır. Tavsiye edilen kumlar silisli (genel % 75 silis) veya sert kalite menşelli olmalıdır.

Bu nedenle başlangıçta agrega kaynağının, çeşidinin ve miktarının özelliklerinin dikkate alınması gerekir. Beton üretimi açısından çeşidin yeri ve miktarı önemli 3.1.1 BETON

Öngerilme bakımından beton, betonarme betonuna nazaran çok daha yüksek kalitede hazırlanmalıdır. Çünkü öngerilme betonu daha taze iken yüksek basınç gerilmelerine maruz kalacaktır. Bu nedenle 28 günlük basınç mukavemetinin 400 kg/cm² civarında tutulması uygun olur. Bunu elde edebilmek için betonun kompakt ve kuru olması gerekir. Bu özellikler büzülmeyi ve sönmeyi de azaltıklarından ayrıca önemlidir.

3.1.1 Çimento (haftada bir veya iki, kamyondan)

Çimento hamuru başlangıçta betona plastiklik kazandıran zamanla sertleşerek agregata tanelerini bağlayan ve betona mukavemet kazandıran unsurdur. Çimentonun özellikleri betonun özelliklerinin tümünü etkiler. Çimento tipleri, sınıfları ve özellikleri ilgili standartlarda belirlenmiştir. Bu standartların tümü uyulması zorunlu stan-



iyice yerleştirilebilmesini sağlamak için de yeteri derecede ince olmalıdır. Kuarzit, sileks gibi çimento ile uyuşması az olan agregalardan kaçınmalıdır.(2)

Ayrıca yine kaba agregada ;

- 2 mm'lik elekten geçen ince tanelerin yüzdesi % 2,5 dan küçük,
- Kum eşdeğerlik sayısı 70'den büyük,
- Plastik indeksi 4'den küçük,
- Los Angeles indeksi de 35'den büyük olmalıdır.

Aynı şekilde ince agrega (kum) da temiz, ayrışmaz ve iyi gronölömetrili olmalıdır. Kum eşdeğerlilik sayısı 75'den büyük, **feldispat** ve tebeşir gibi yumuşak kaya menşellilerden uzak bulunmalıdır. Tavsiye edilen kumlar silisli (en az % 75 silis) veya sert **kalker** menşeli olmalıdır.

Bu nedenle başlangıçta agrega kaynağının, ocağının seçiminde aranan özelliklerin tümünün dikkate alınması gerekir. Beton üretimi açısından ocağın yeri ve seçimi önemlidir. Muhtemel kaynaklar belirlendikten sonra bunlarla deneme betonları üretilmeli, teknik ve ekonomik açılardan karşılaştırılarak değerlendirilmelidir. Agregaya kaynakları belirlendikten sonra kabul kontrolleri aşağıdaki biçimde düzenlenebilir :

- Siparişe uygunluk belgesi (her teslimatta)
- Gözle muayene, kirlenme, farklı agregayla karışma gronölometri homojenliği açılarından (her teslimatta)
- Su muhtevası (haftada bir veya iki, kamyondan dökülürken)
- İnce madde (kil, silt) oranı (haftada bir veya iki)
- Gronölometri ve incelik modülü (haftada bir)

Agrega büyüklüğü işlenebilme açısından da önemlidir.



dartlar olup, Üretilen çimentolar Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği'nin periyodik denetimi altındadır. Dolayısıyla özel sorun çıkmadıkça çimentoda kabul kontrolleri;

- Siparişe uygunluk belgesi (her teslimatta)
- Fiziksel muayene ve kimyasal analiz raporu (Periyodik olarak, örneğin haftalık)

ile sınırlı tutulabilir. Kullanılan çimento, kalsiyum klorürden tamamen arı olmalıdır. Normal portland çimentosu ve gerekli tedbirler alınmak şartıyla ilk mukavemeti yüksek portland çimentosu kullanılabilir.

3.1.2 Su

Betonun karma suyu temiz olmalı, aşırı miktarda süspansiyon halinde madde (litrede en çok 2 gr.) veya erimiş tuz (litrede en çok 15 gr) içermemeli, PH olarakta nötr veya bazik olmalıdır. ($pH > 7$)

Şehir şebekesi suyu rahat kullanılabilir. Kuyu suyu kullanımında başlangıçta kimyasal analiz yaptırmakta fayda vardır. Yağlı, Mazotlu, Endüstriyel atıklı sular kullanılmamalıdır. Donatının korozyonu açısından deniz suyu da kullanılmamalıdır.

3.1.3 Agregası

Agregası betonun iskeletini oluşturan ve onun mukavemetini, dayanıklılığını (aşınmaya, donmaya, kimyasal etkilere), zaman içerisinde stabilitesini (alkali agregası reaksiyonu), görünüşünü, ağırlığını, işlenebilirlik özelliğini etkileyen temel unsurlardan biridir.

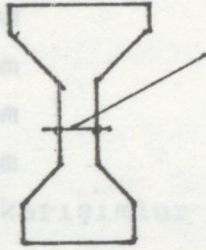
Beton agregasında aranan başlıca özellikler uygun granulometri, uygun tane şekli, yeterli dayanım, donma dayanıklılık, zararlı madde içermemesidir. Ancak üretilen betonun kullanılacağı yere, kullanma ve çevre koşullarına bağlı olarak bu özelliklerden bazıları daha çok bazıları daha az önem taşıyabilir.

Kaba agregası, sert, muntazam taneli, betonun kalıba

Genellikle öngerilmeli prekast elemanlarda kullanılan beton standartları BS40; BS50 ve BS60 dır. Bu beton standartları mutlaka beton imalathanelerinde yapılmalıdır.

Prekast elemanlarda kullanılan beton yapım malzemelerinden kum ve çakıl üç gruptan oluşmalıdır. 0-3 ; 3-7 ; ve 7 den büyük.

Malzemenin büyüklük oranını seçerken dikkat edilecek bazı noktalar vardır. Bunlardan en önemlisi betonun akma mesafesinin dikkate alınmasıdır. (3)



a = Akma mesafesi

Akma mesafesi betonun geçebileceği en dar aralıktır.

Çakıl oranı büyük olan betonun mukavemeti de büyük olduğundan her konstrüksiyonda kullanılma olanağında olmamaktadır. Mesela akma mesafesi 80 mm olan elemanlarda 15 mm den büyük çakıl kullanılmamalıdır. 30 mm'lik çakıl kullanımı için 90 mm akma mesafesi gereklidir.

Ayrıca 7 mm den büyük malzemelerin beton hacmine Oranı $\frac{1}{3}$ 'den fazla olmamalıdır.

Gerilimli elemanlarda gerilim telleri arasındaki mesafe en az 20-25 mm olmalıdır. Bu tel aralığında 15 mm den büyük çakıl grubu kullanılmamalıdır.

Beton imalathanelerinde kullanılan kum - çakıl agregası şöyledir ;

- 0-3 mm
- 3-7 mm
- 7-15 mm
- 15-30 mm

Beton imalinde çok karışım şekli kullanılmaktan kaçınılmalı ve her imalathane için ideal şekil bulunmalıdır.

Gerilimli konstrüksiyonlar için (akma aralığı 90 mm den küçük olan)

0 - 3 mm

3 - 7 mm

7 -15 mm

lik gruplardan oluşan karışım şekli kullanılmalıdır.

Akma aralığı 90 mm büyük olan konstrüksiyonlar için

0 - 3 mm

3 - 7 mm

7 -15 mm

15-30 mm

gruptan olan karışımlar kullanılmalıdır.

3.1.4 Betonun Basınç Dayanımını Etkileyen

Faktörler :

Çimento, cinsi ve miktarı iye basınç dayanımını etkiler. Betonun daha yüksek dayanımlı olmasında çimentonun yüksek dayanımlı olmasının etkisi normal olarak büyüktür. PÇ 500 ile üretilen bir beton elbette PÇ 325 ile üretilenden daha yüksek mukavemetli olacaktır.

Çimento kalitesi dışında, miktarında önemi büyüktür. Çimento dozajının yüksek olması mukavemeti artırır. Ancak dayanıma etki eden fatörün salt dozaj olmayıp, Çimento/su oranı olduğu hiç bir zaman unutulmamalıdır.

Çimento dozajı için önerilen bir minumum değer vardır. Bu $C_{min} = \frac{550}{\sqrt{D}}$ dir. D agrega yığınının max tane çapıdır.(mm)

Agrega max tane çapı, agregaların % 95'inin en küçük elek göz boyutu ile tanımlanır. Yapılan deneysel çalışmalar bir agrega yığınındaki boşluk miktarının (I), en büyük tane boyutuna bağlı olduğunu göstermiştir.(4)

Bu bağıntı $I = \frac{K}{\sqrt{D}}$ şeklindedir.

K, tane şeklinin (köşeli, yuvarlak, prüzlü, prüzsüz) fonksiyonu olan katsayıdır. C min ve I için verilen formüller birlikte değerlendirildiğinde şu sonuçlar ortaya çıkar ;

- Maksimum tane çapı büyüdükçe agrega yığınının boşluğu azalır.
- Betona katılacak çimento agrega boşluğunun bir fonksiyonudur. Bu azaldıkça gerekli olan minimum çimento dozajıda azalacaktır.
- Maksimum tane çapı büyüdükçe gerekli minimum dozaj azalacaktır.

3.1.5 Su/Çimento Oranı :

Karma suyunun çok fazla veya çok eksik olması bu kuvveti büyük ölçüde düşürür. Betonu işleyebilmek, yerleştirebilmek açısından agreganın yüzeyinde fazladan bir su tabakası oluşturmak zorundayız. Halbuki suyun asıl görevi çimentonun hidrotasyonunu sağlamaktır. Hidrotasyon için gerekli olan su, çimento ağırlığının % 14'ü kadardır. Hidrate çimento taneleri arasında kalacak adsorplanmış jel suyunda buna katarsak gerekli su ancak % 25 değerine varır. İşlenebilme gereği yüzünden betona katılan su nedeniyle bu oran (yani su/çimento oranı) nadiren % 40'ın altına düşer. Fakat, $E/C \leq 0,45$ değeri herhalikarda sağlanmalıdır.

Pratik gerekler sonucu katılan su, zaten teorik açıdan gerekli olan değer çok üstündedir. Hidratasyon ve jel yapı için lüzumlu olan suyun üzerinde kullanılan bu su ilerde buharlaşacak, beton içinde çoğunluğu kılcal olan boşlukların oluşmasına neden olacaktır.

İyi bir işlenebilme sağlamak için Su/çimento oranını fazla artırmamak gerekir. İyi bir işlenebilme için daha çok su gerekiyorsa bu mukakkak suretle agregadan kaynaklanıyor demektir. Agreganın özellikle kumun değiştirilmesi yoluna gidilmelidir.

Kompasitesi yüksek, dolu bir betonun basınç dayanımı doğal olarak yüksektir. Beton kompasitesi denilince taze beton kompasitesi dikkate alınmalıdır.

Taze beton kompasitesi 1 m³ betondaki katı ögelerin (agrega ve çimento) kapladığı mutlak hacimlerin toplamıdır. 1 m³ betonda çimento, kum, iri agrega, su ve hava boşluğunun kapladığı mutlak hacimler sırasıyla c, u, v, e ve h ise;

$$c + u + v + e + h = 1 \text{ m}^3 \text{ yazabiliriz.}$$

Kompasite K ise ;

$K = c + u + v = 1 - (e + h)$ değeri olmaktadır. Birimi m³/m³ olarak verilir.

İyi bir betonda $K \geq 0.80$ olmalıdır. Kompasitesi yüksek dolu bir betonun basınç dayanımında yüksektir.

Basınç dayanımı kompasite ilişkisinde taze betonun kompasitesinin dikkate alınması, dayanımı da karma suyunun ve hava boşluğunun etkisini birlikte ele almak zorunluluğundan doğmaktadır.

3.2. ÖNGERME ÇELİKLERİ

Günümüzde betonun öngerilmesi için, çeşitli tiplerde, ebatta ve mukavemetlerde özel olarak imal edilmiş teller, demetler (toronlar) ve çubuklar kullanılmaktadır.

Genellikle ;
TELLER : 4 ile 10 mm çaplarda, çentikli ve çentiksiz olarak akma mukavemeti 120 - 150 kg/mm², kopma mukavemeti 130 - 170 kg/mm² mertebesinde.

DEMETLER: 2, 3 ve 7 telli olup, genellikle 6 - 18 mm çaplarında, çentikli veya çentiksiz olarak ve nükleer santraller gibi özel kullanım amaçları için sıkıştırılmış tipte, akma mukavemeti 160 - 170 kg/mm², kopma mukavemeti 170 - 190 kg/mm² mertebesinde

ÇUBUKLAR: 20 ile 50 mm çaplarda, çentikli veya çentiksiz olarak, akma mukavemeti 80 - 110 kg/mm², kopma mukavemeti 105 - 125 kg/mm² mertebesinde imal edilmektedir.

Uzun yıllara dayanan tecrübeler neticesinde, öngerilme çeliklerinden ;

7 TELLİ DEMETLER (ideal ve en ekonomik ebat, 15 mm çaplı olanıdır.)

- Daha yüksek akma ve kopma mukavemetine sahip olması,
- Daha ufak bir kesitte daha büyük öngermeye imkân tanınması,
- Daha az ankraj ve uygulama işçiliğine ihtiyaç göstermesi,

gibi çeşitli üstünlükleri dolayısıyla ile, en ekonomik ve en çok tercih edilen çelik türüdür.

Günümüzde, yüksek mukavemetli öngerilmeli beton telleri ve demetleri, yüksek karbon ve manganez içeren, güncel teknolojiye göre üretilen özel çelik filmaşinlerden

elde edilmektedir. Nihai özellikleri, kimyasal birleşimine uygulanan soğuk çekme redüksiyonuna ve ısı işleme göre değişmektedir.

Öngerilmeli beton yapılara, başlangıçta tatbik olunan öngerme ; betonun sünme ve büzülmesinden ve öngerme çeliklerinin gevşemesinden dolayı zamanla azalır. Bu sebepten, çeliğin sabit boy altında gevşemesi veya gerilim kaybı olarak tanımlanan özelliği, öngerilmeli beton yapıların dizaynında dikkate alınan önemli parametlerden biri olmaktadır.

3.2.1. Düşük Gevşemeli Öngerme Çelikleri :

Düşük gevşemeli (low relaxation veya stabilized) öngerilmeli beton çelikleri, 1960'lı yılların sonlarından bu yana geliştirilmiş olan, özel gerilim giderme metodlarının uygulanması ile üretilmektedir. Düşük gevşemeli öngerilme çelikleri normal gevşemeli lere nazaran, ilk gerilmelerini daha az kaybetmelerinin yanı sıra,

- daha yüksek akma ve kopma mukavemeti,
- Yorulma ve korozyona karşı üstün dayanıklılık,
- Son derece tutarlı yük - uzama ilişkisi,
- Daha iyi doğrulma özelliği

gibi üstünlüklere sahip olup, genellikle % 15'e kadar çelik tasarrufuna da imkan sağlamaktadır.

Tel ve demet şeklindeki ara mamülün, 350 - 400 C° civarında ısı işleme tabi tutulması neticesinde, gerilimi giderilmekte ve diğer özellikleri de iyileştirilmektedir. Konvansiyonel olarak, bir uçtan sürekli bir şekilde boşaltılan tel veya demet; doğrultulup kurşun banyosundan veya bir fırından geçirilerek ısıtıldıktan sonra, su ile soğutulup, kurutulmasını müteakip uygun çaplı kangallar halinde sarılır.

Düşük gevşemeli öngerme çelikleri, pekiştirici ısı işlem neticesinde kopma mukavemetinin % 80'ine kadar ula-

şan bir değerde gerdirilmiş iken, kalıcı sünme sağlayıcı şekilde ısıl işleme tabi tutulmaktadır. Böylece mamülün elastik limitinin, akma ve kopma mukavemetinin kopmada uzama değerinin artırılması sağlandığı gibi gevşeme özelliğide iyileştirilerek düşük gevşemeli kalitede üretime imkan sağlanır. (5)

3.2.2.Öngerme Toronlarının Özellikleri

| Tel Çapı mm | Tel Sayısı | Karakteristik Çekme Dayanımı | | Karakteristik Akma Sınırı ⁽²⁾ | | |
|--|------------|------------------------------|-------------------|--|-------------------|-------------------------------|
| | | kgf/mm ² | N/mm ² | kgf/mm ² | N/mm ² | |
| 2-3 | 2 | 168.4 | 1 651 | 143.2 | 1 404 | |
| 2-3 | 3 | 168.4 | 1 651 | 143.2 | 1 404 | |
| 2-4 | 7 | 168.4 | 1 651 | 143.2 | 1 404 | |
| 1000 saat Sonunda Maks. Gevşeme ⁽¹⁾ % | | İlk Gerilme: % 70 | | 7 | | |
| | | İlk Gerilme: % 80 | | 12 | | |
| Kopmada Birim Uzama (250 mm - 300 mm ölçme boyu üzerinden) % | | | | 3.5 | | |
| Elastisite Modülü | | | | kgf/mm ² | | (1.8 ± 0.09) 10 ⁴ |
| | | | | N/mm ² | | (1.77 ± 0.09) 10 ⁵ |

(1) Çizelgede verilen değerler normal gevşemeli telerden yapılmış demetler içindir. Gevşemesi az telerden yapılmış demetlerde diğer mekanik özellikler aynı kalmak üzere, 1000 saat sonunda % 70 ilk gerilme altında % 2.5, % 80 ilk gerilme altında % 3.5'tan fazla gevşeme elde edilmemelidir.

(2) Gevşemesi az demetlerde (toronlarda) karakteristik akma sınırı 151.6 kgf/mm² (1486 N/mm²)den az olmamalıdır.

Öngerme toronları, en küçük iç çapı 100 cm olan bobinlere sarılı olarak veya iç çaplı kangallar şeklinde ambalajlanmış olmalıdır. Bir bobin veya kangaldaki toron, uzunluğu boyunca herhangi bir şekilde eklenmiş bulunmamalıdır. Ancak 7 telli toronlarda, toronu oluşturan tellerden biri alın kaynağı ile eklenmiş bulunabilir. Bu durumda toronun 45 m'lik boyu için de başka ek bulunmamalıdır.

Toronlarda gözle görülebilir çap değişiklikleri ve sarma bozuklukları olmamalıdır. Toron, bağlanmadan kesildiğinde kesilen uçta tellerden biri veya bir kaç sarılı bulunduğu konumdan ayrılıp açılmamalıdır. Açılma durumunda elle eski yerine getirildiğinde bu konumda kalıyorsa açılma kusurlu sayılmaz.

Toronları oluşturan teller metal kaplanmış, toronların

yüzeyleri yağlanmış veya boyanmış olmamalıdır. Derine iş-
lememiş ve gözle görülebilir çukurlaşmalar yapmamış olmak
koşulu ile yüzeyde ince bir pas tabakası bulunabilir.

Öngerme Toronlarının Yapılış Özellikleri

Öngerme toronlarının mekanik özellikleri çizelgede
belirtilenlere uygun olmalıdır.

Öngerme toronlarında, tellerin sarım adımları (büküm-
leri) toronların anma çaplarının 12 katından az 16 katın-
dan fazla olmamalıdır. (toron anma çapı, toronları oluşturu-
ran tellerin oluşturduğu kesit şeklinin çevresine çizile-
bilecek en küçük çaplı dairenin çapı olarak alınmalıdır.)

Öngerme çeliklerinin kalite kontrol deneylerinin
nasıl yapıldığı " TS 3721 , 1983 " te detaylı bir şekilde
anlatılmıştır.

Öngerme telleri, toronları ve çubuklarının çekme da-
yanımı, akma sınırı kopmada birim uzama ve elastisite mo-
dülü ile sabit sıcaklıkta gevşeme (rölaksasyon) deneyleri
TS 138 uyarınca yapılacak çekme deneyleri sonucunda belir-
lenir.

3.2.3 Öngerilme Çeliğinin Kesilmesi

- a) Uzunluk Fazlası : Uzunluk fazlası diye verilen
kamalanmasında, toronun veren üzerinde tesbit e-
dilmesi için, kovanın dış yüzünden itibaren bıra-
kılması gereken ek tel veya toron uzunluğuna de-
nir. Uygulama projelerinde verilmesi gereken
" kesme uzunluğunu " elde etmek için bu uzunluk
fazlası öngerilme halatının her iki ucunda da
alınmalıdır.
- b) Kesme Araçları : Telleri kesmek için ya porta-
tif bir taşlama makinası veya özellikle ϕ 8 tel-
lerini ve toronlarını kesmek için sabit bir kesi-
ci kullanılır. 5 ve 7'lik telleri kesmek için

özel ağızlı bir makasta kullanılabilir.

Kablo imaline mahsus çeliklerin kesimi için ham-
laç (oksijen takımı) kullanılması gerilmemiş tel-
ler için tavsiye edilmez, zira alev metal çapağı
bırakır. Tellerde bu çapaklar, çekme aletine yer-
leştirilmeye mani olurlar

4. PREKAST ÖNCEDEN ÖNGERME Lİ BİR KİRİŞİN ÜRETİMİ

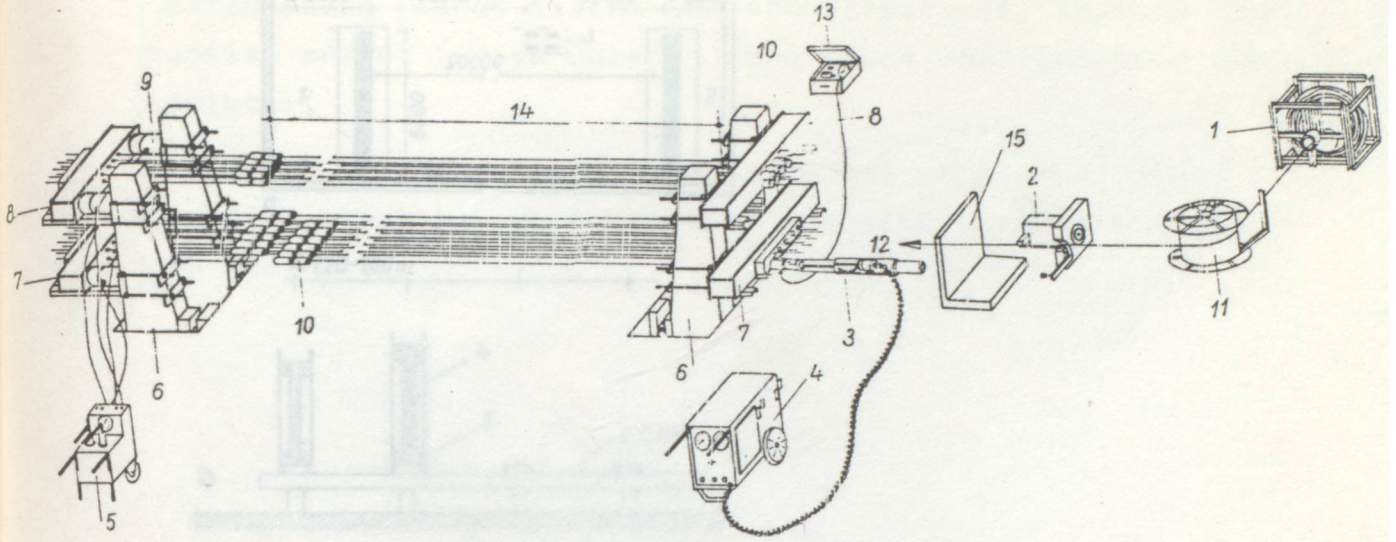
4.1. Bir Çerçibenin Yatayının Dizaynı

Önceden öngermeli bir kirişin üretimi için uygun şe-
kilde düzenlenmiş bir seriye yatayın ihtiyacı vardır. Çe-
rçibenin yatay bir düzlemde altından yer alan bir set yapı-
dan ibarettir. (Şekil 4.1) bir çerçibenin yatayının çerçibenin
göstermektedir.

4. PREKAST ÖNCE DEN ÖNGERMELİ BİR KİRİŞİN ÜRETİMİ

4.1. Bir Gerilimin Yatağının Dizaynı

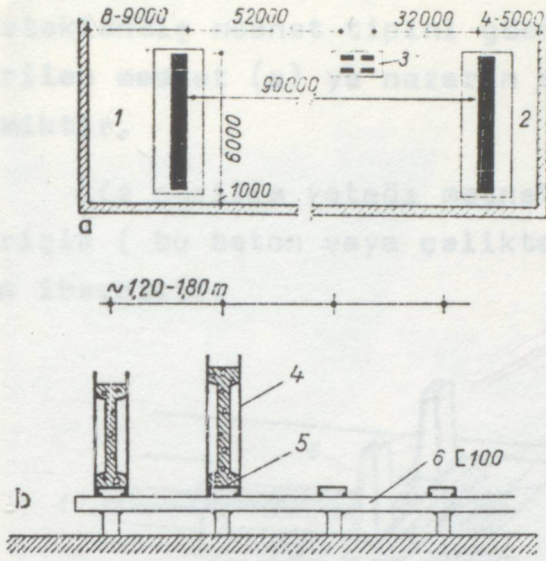
Önceden öngermeli bir kirişin üretimi için uygun şekilde düzenlenmiş bir gerilim yatağına ihtiyaç vardır. Gerilim yatağı bir döşemenin altında yer alan bir üst yapıdan ibarettir. (Şekil 4.1) bir gerilim yatağının şemasını göstermektedir.



ŞEKİL 4.1 Bir Gerilim Yatağının Şeması.

1. Tel sarım makarası
2. Kesme Makası
3. Otomatik hidrolik germe krikosu
4. Hidrolik pompa ve ölçme aleti
5. Hidrolik boşaltma aleti
6. Dikey mesnet
7. Yatay travers alt gerilim telleri için
8. Üst gerilim telleri için yatay travers
9. Hidrolik boşaltma presi
10. Gerilim çeneleri
11. Yön değiştirme makarası
12. Tel sürme istikameti (elle veya elektrikli motorla)
13. Basınç ölçme aleti
14. Yapılacak eleman için tellerin uzunluğu
15. Emniyet levhası (koruma elemanları)

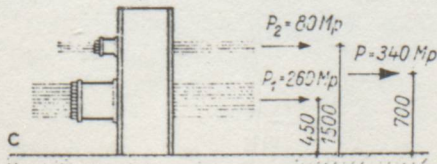
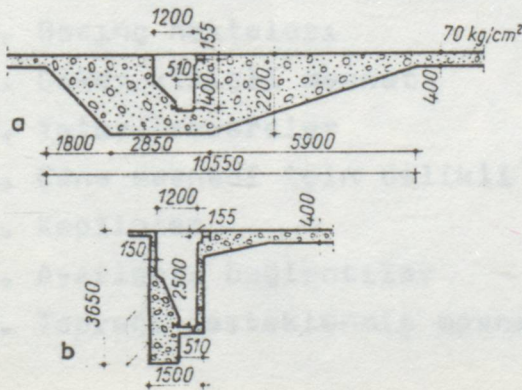
Alt yapı, iki kuvvetli mesnet ve bunları birleştiren bir kirişle bir çalışma çukurundan ibarettir. Mesnetleri birbirine bağlayan kirişin yatay kuvvetleri önleyebilmesi için asgari 40 cm.'lik bir kesite ihtiyaç vardır. Şekil 4.2 de belirtildiği gibi gerilim yatağının tanziminde gerilim tarafında daha fazla mesafe olması lazımdır. Gerilim karşı tarafındaki mesafe daha az olabilir.



(Şekil 4.2) Bir Üretim İmalathanesinde Gerilim Yatağının Dizaynı ve Ölçüleri

1. Gerilim tarafı (Gerilim yapılan taraftaki mesnet)
2. Transfer tarafı (Gerilim yapılan tarafın karşısındaki mesnet)
3. Ara Mesnet
4. Çelik Kalıp
5. Kalıp alt döşemesi (Çelik profilden)
6. Kalıp ızgarası

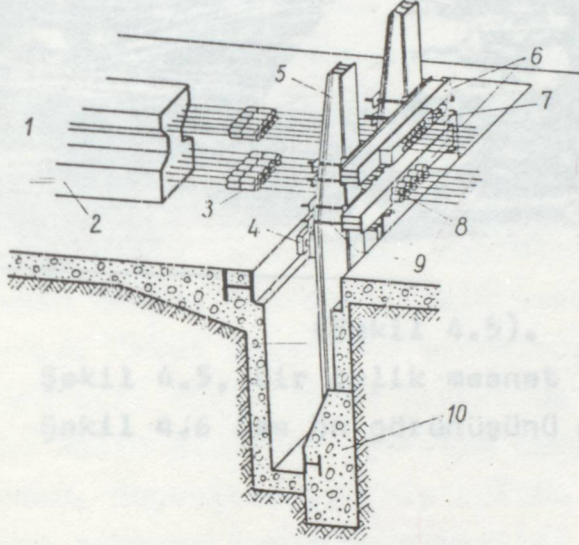
4.1.1. Mesnet Türleri



(Şekil 4.3).

Şekil 4.3 de (a) büyük tonajlı mesnet, (b) toprağa desteklenmiş mesnet tipini göstermektedir. (b) tipinde gösterilen mesnet (a) ya nazaran daha ucuza malolduğundan ekonomiktir.

Bir gerilim yatağı mesnetinin üst yapısı iki dikey kirişle (bu beton veya çelikten olabilir.) yatay travers-ten ibarettir.

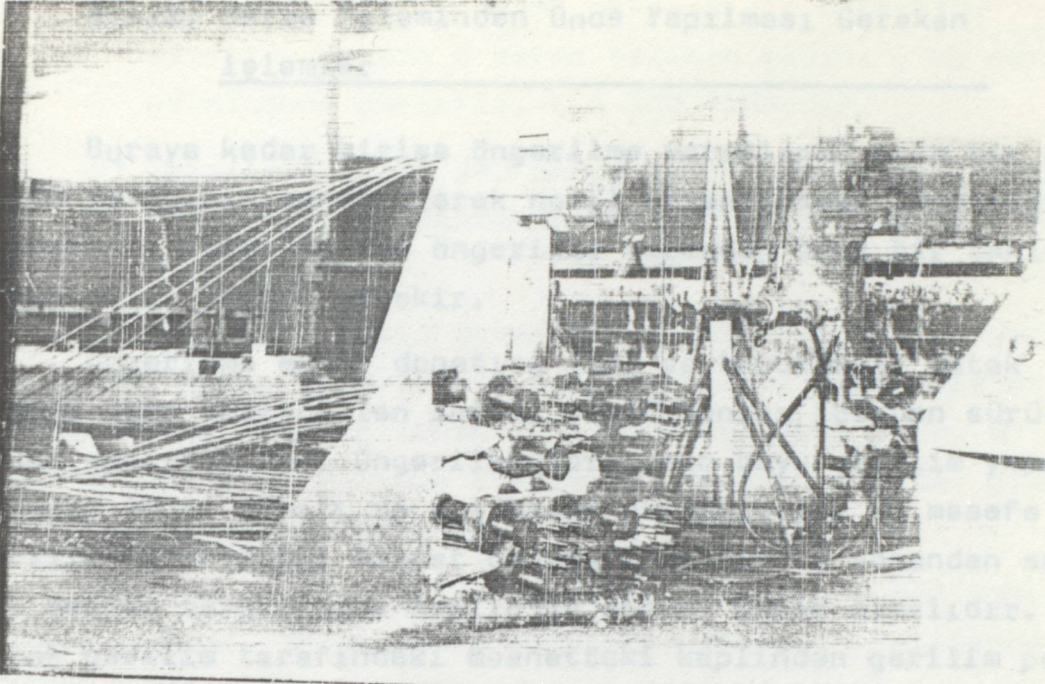


(Şekil 4.4).

Şekil 4.4, toprağa desteklenmiş çelik kirişli gerilim yatağının üst yapısını göstermektedir.

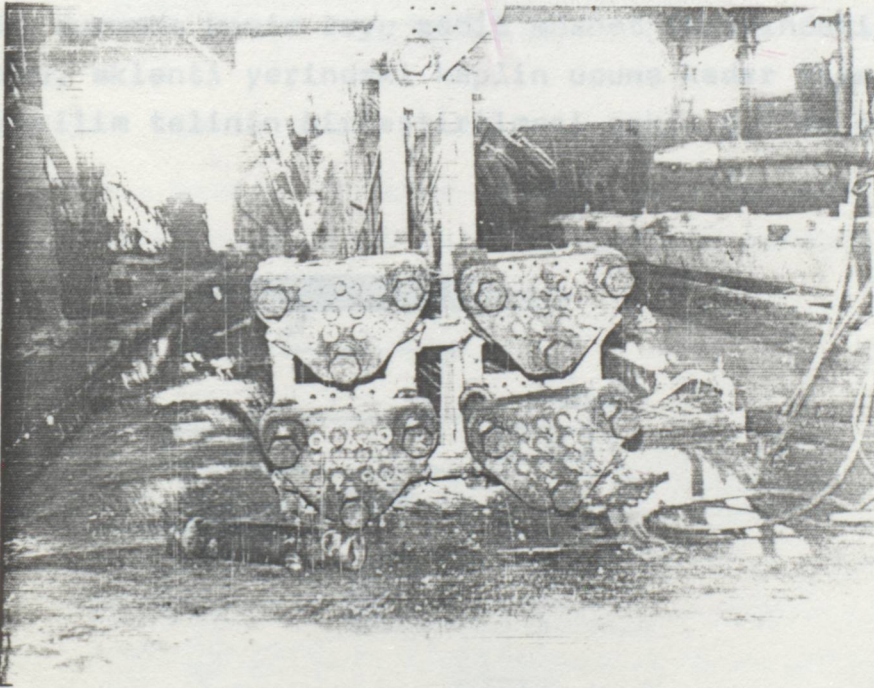
1. Gerilim yatağı
2. Gerilimli prekast kiriş
3. Gerilim teli ara çeneleri
4. Basınç noktaları
5. Dikey kirişli mesnet
6. Yatay Traversler
7. Çene mesnedi için delikli saç
8. Kaplinler
9. Ayarlanır bağlantılar
10. Toprağa desteklenmiş mesnet ayağı

(Şekil 4.6).



(Şekil 4.5).

Şekil 4.5, bir çelik mesnet tipinin yan görünüşü
Şekil 4.6 ise ön görünüşünü göstermektedir.



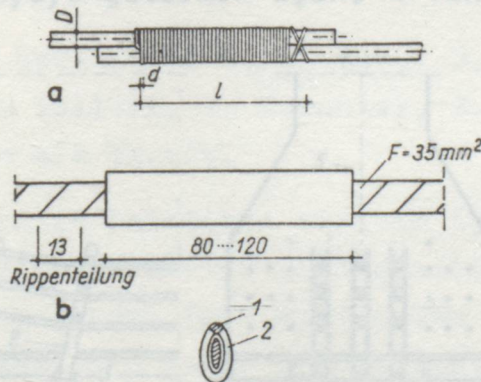
(Şekil 4.6).

4.1.2. Germe İşleminin Önce Yapılması Gereken İşlemler

Buraya kadar kirişe öngerilme verebilmek için bir gerilim yatağının genel olarak nasıl düzenlenmesi gerektiği anlatıldı. Ancak kirişe öngerilme vermeden önce bir takım hazırlıklar yapmak gerekir.

Öngerilme aktif donatısı (tel ve toronlar), yatak boyuna göre kesildikten sonra, pasif donatı içinden sürülerek geçirilirler. Öngerilme toronunun boyu gerilim yapabilecek kadar olmalı ve iyi hesap edilmelidir. Bu mesafe gerilim tarafındaki mesnet ucundaki kaplin'in sonundan sabit mesnet tarafındaki kaplin'in sonuna kadar olmalıdır. Ancak gerilim tarafındaki mesnetteki kaplinden gerilim pompasının halatı kavraması için gerekli boy göz önünde tutulmalıdır. Fakat öngerilme toronlarının firesini azaltmak için öngerilmeli kiriş döküm sayısı da göz önünde bulundurularak toron kesim uzunluğu, gerilim tarafındaki mesnetteki kaplin ucundan, öngerilmeli kiriş kalıbı ile sabit mesnet arasındaki bir noktaya kadar da olabilir.

Bu durumda kesim boyu sabit mesnet tarafındaki kaplin ucundan, eklenti yerindeki kaplin ucuna kadar kısalmış olur. İki gerilim telinin birleştirilmesi şekil 4.7'de gösterilmiştir.



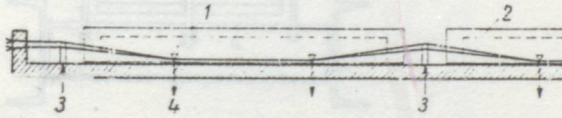
(Şekil 4.7).

(Şekil 4.8).

- a) İki gerilim teli sarma makinasıyla birbirine sarılır. Burada d sarma telinin çapını L 'de sarma uzunluğunu gösterir. $L = 70d$ kadardır.
- b) Gerilim telleri sac manşetlerle birleştirilerek sac uçları kaynaklanır. Sac kalınlığı en az 3 mm. olmalıdır.

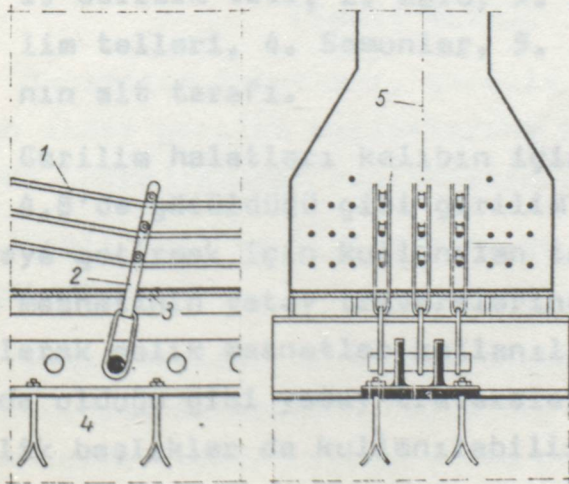
Aktif donatı pasif donatının içinden sürülerek geçirildikten sonra, öngerilmeli kiriş donatısı vinçlerle öngerilme yatağındaki kalıbın içerisine yerleştirilir. Bu aşamada donatının kalıbın içerisine yerleştirilirken bozulmamasına dikkat edilmelidir.

Genelde gerilim telleri gerilim yatağında düz doğru olarak gerilir. Ancak geniş açıklıklı prekast kirişlerde etkili gerilime uymak için gerilim telleri açıklığın yaklaşık $1/5$ 'inden, çekme gerilimi alan üst tarafa yansıtılır. Bu yansıtma muhtelif konstrüksiyonlarla yapılabilir. Şekil 4.8 , 4.9 , 4.10 Yansıtma şekillerini gösteriyor.



(Şekil 4.8).

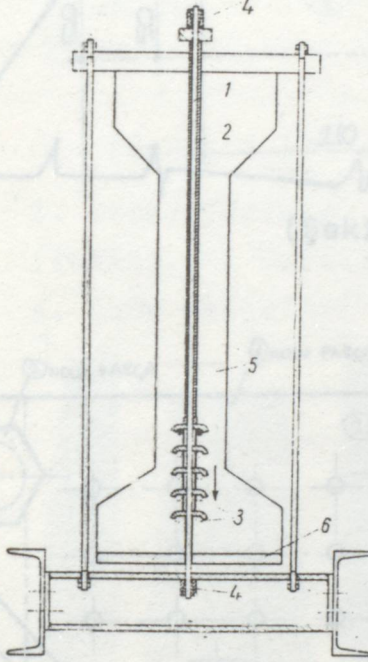
1 ve 2 ; kiriş. 3 Takoz (levha) gerilim tellerini istenilen seviyeye getirmek için. 4 Yansıtma ankrajı.



(Şekil 4.9).

Şekil 4.9 bir ankrajın gerilim yatağına bağlantısını gösteriyor.

1. Gerilim telleri,
2. Yansıtma ankraji,
3. Kalıp altı,
4. Döşeme,
5. Kiris aksı.

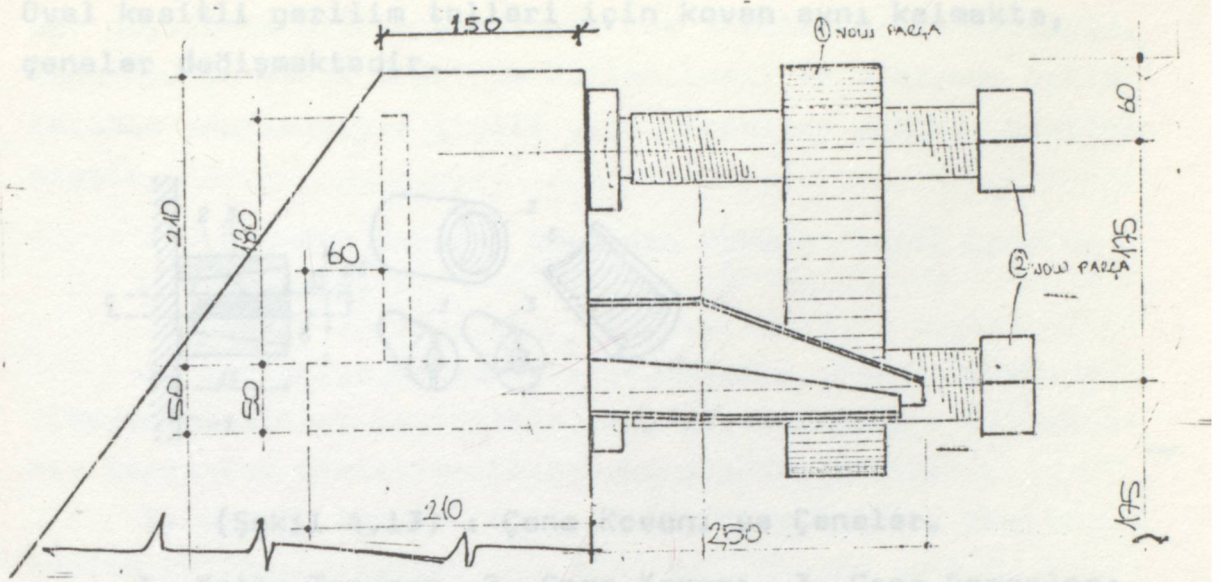


(Şekil 4.10).

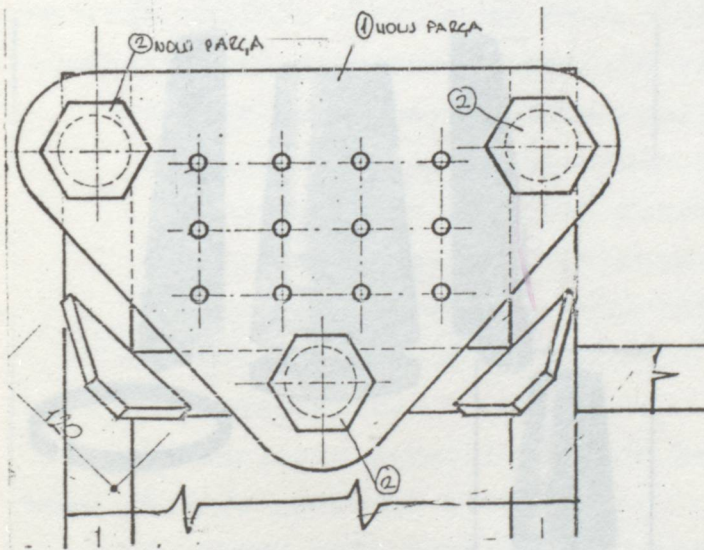
Şekil 4.10 yansıtma ankrajının kalıba bağlantısını gösteriyor. Burada ;

1. Gerilim teli, 2. Boru, 3. Aşağı bastırılmış gerilim telleri, 4. Somunlar, 5. Kiriş, 6. Kiriş kalıbının alt tarafı.

Gerilim halatları kalıbın içine yerleştirildikten ve şekil 4.8'de görüldüğü gibi gerilim halatlarını istenilen seviyeye getirmek için kullanılan takozdan geçirilerek gerilim mesnetinin yatay traverslerinden bağlanır. Eğer mesnet olarak çelik mesnetler kullanılıyorsa şekil 4.11 ve 4.12'de olduğu gibi yatay traversler yerine üçgen şeklindeki çelik başlıklar da kullanılabilir.



(Şekil 4.11).



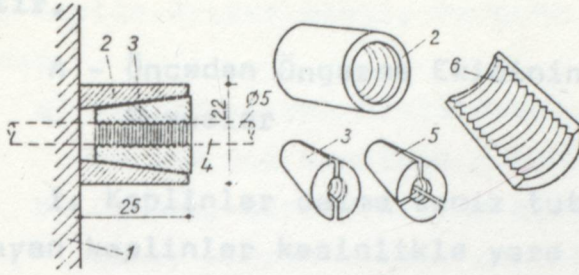
(Şekil 4.12).

Öngerilim halatları, gerilim başlıklarından geçirildikten sonra gerilim başlıklarına bu halatları gerilim esnasında ankrajlayacak kaplinlerin içinden uzatılır.

Şekil 4.13 ve 4.14 kaplin ve çeneler hakkında bilgi vermektedir.

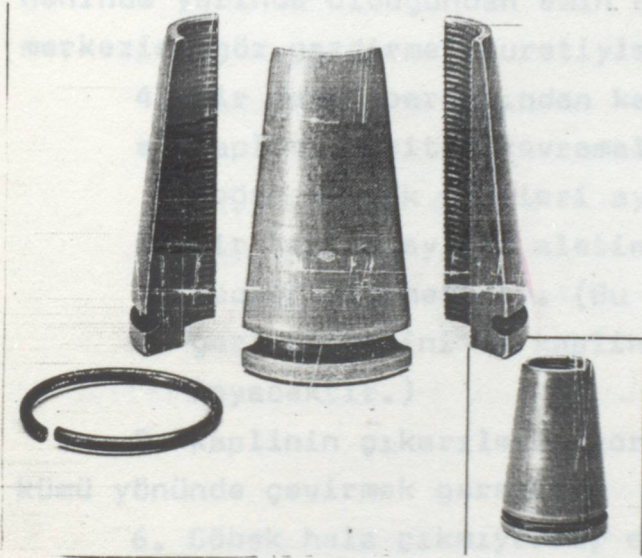
Çene parçaları iki veya üç bölümden oluşurlar. Çene parçalarının birbirinden kaymaması için dış tarafından bir lastik telle birleştirilir ve bu parça kovana yerleştirilir.

Oval kesitli gerilim telleri için kovan aynı kalmakta, çeneler değişmektedir.



(Şekil 4.13) : Çene Kovanı ve Çeneler.

1. Yatay Travers, 2. Çene Kovanı, 3. Çene Parçaları (ikili), 4. Gerilim Teli, 5. Çene Parçaları (Üçlü), 6. Çene Parçaları (Oval kesitli teller için).



(Şekil 4.14).

Öngerilim halatlarını kaplinlerin içinden geçirmeden önce kaplinlerin bakımının yapıp yapılmadığını kontrol etmek gerekir. Gerilimin sağlıklı ve emniyetli yapılabilmesi için bu iş önemlidir. Kaplin kullanım ve bakım talimatları aşağıda açıklanmıştır. (6).

Demet kaplinleri, binlerce kg'lık kuvvete dayanabilecek şekilde dizayn edilmiş, hassas parçalardır. Bunların performanslarının korunabilmesi için, kontrol ve bakımları-

nın periyodik olarak yapılması çok önemlidir. Bu maksatla, kaplinlerin yatak üzerinde kullanılması ve atölyede bakımlarının yapılmasıyla ilgili genel kurallar aşağıda özetlenmiştir.

A - Önceden Öngörme Ekibinin Dikkat Etmesi Gereken Hususlar

1. Kaplinler daima temiz tutulmalı, demet üzerinde olmayan kaplinler kesinlikle yere atılmamalıdır. Kullanılmış kaplinler temizleme tezgahına gönderilmelidir.
2. Demeti korumak için, daima demetle aynı ebatta kaplin kullanılmalıdır.
3. Her bir kaplini demet üzerine yerleştirmeden önce gözle kontrol etmek gerekir. (Bu, kaplinin temiz ve üç çeneninde yerinde olduğundan emin olmak amacıyla, kaplinin merkezine göz gezdirmek suretiyle yapılabilir.)
4. Bir demet parçasından kaplini çıkarmak için;
 - a) Kaplini basitçe kavramalı ve göbeğini ileriye doğru iterek çeneleri ayırmalı veya
 - b) bir kaplin ayırma aletinin dar ucu ile, kaplinin göbeği itilmelidir. (Bu işlem, çenelerin kapline geri girmesini ve kaplinin demetten çıkmasını sağlayacaktır.)
5. Kaplinin çıkarılması zor ise, göbeğini demetin bükümü yönünde çevirmek gerekir.
6. Göbek hala çıkmıyorsa, demeti kaplinin her iki tarafından yaklaşık 60 Cm.'lik mesafede jet taşı kullanarak kesmeli ve kaplini demetle birlikte temizleme odasına almak gerekir. Burada, kaplin kolayca ayrılabilir. Kaplin göbeğine çekiç, taş veya benzeri bir şeyle kesinlikle vurulmamalıdır.
7. Kaplin demetten kolaylıkla ayrılırsa, çeneler yeniden göbek içine konulmalıdır.
8. Bütün kaplinler kullanılmadan önce temizlenmeli, kontrol edilmeli ve yağlanmalıdır.

B - Kaplin Bakım ve Kontrol Personelinin Dikkat
Etmesi Gereken Hususlar

1. Demet üzerinde atölyeye getirilen kaplini ayırmak için, kaplin ayırma aleti, mengene ve çene çekici kullanılmalıdır.

- a) Kaplin ayırma aleti demet üzerine yerleştirilmeli ve dar ucu kaplinin göbek ucuna doğru sürülmelidir.
- b) Demeti, kaplin ayırma aleti ile birlikte mengeneyle dikey olarak takmak gerekir. Demetin çeneler arasında hareketine müsaade etmek için, mengenenin çeneleri yeteri kadar gevşek bırakılmalıdır.
- c) Kaplinin açık ucuna vurmak için çene çekici kullanılmalı, gerektiğinde, bu çekice başka bir çekiçle vurulmalıdır. Kaplinin kendisine normal çekiçle vurulmamalıdır.
- d) Açık uca çene çekici ile vurulması, kaplini zorlayarak; ayırma aletinin, çeneleri göbeğe geri itmesini ve kaplinin gevşemesini sağlar. Kaplin, bundan sonra ya ayırma aletini göbeğe bastırmak ve kaplini demet üzerinden kaydırmak veya kaplini sokmek suretiyle uzaklaştırılabilir.

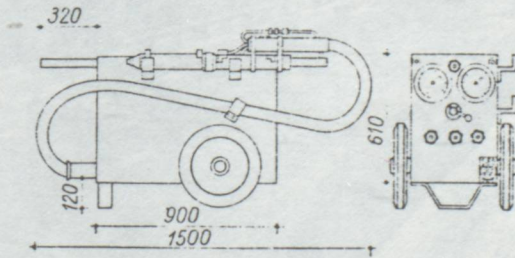
2. Kaplinleri kontrol etmek ve Yağlamak için Aşağıda belirtilen hususlara uyulmalıdır.

- a) Tüm kaplinler ebadına göre ayrılmalı, bir ebattaki kaplinler tamamen kontrol edilmeden diğer ebattakiler tezgaha konulmamalıdır.
- b) Çeneleri ve çene tutucu lastik halkayı çıkarmak suretiyle, tüm kaplinler sökülmelidir.
- c) Kaplinleri temizlemek için fırçaları kullanmadan önce, emniyet gözlükleri takılmalıdır. (Bu arada fırçalara takılmayacak türden eldiven veya lastik eldiven kullanılmalıdır.)
- d) Kaplinin gövdesi, ince uçlu tel fırçayla temizlenebilir.
- e) Çene tutucu lastik halkayı çıkarmadan önce çeneler; motorize, ince uçlu naylon fırçayla temizle-

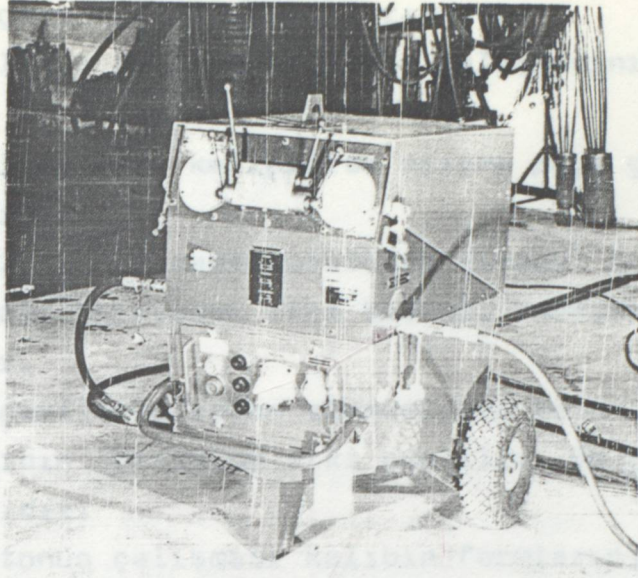
nebilir. (Tel fırçalar, çenelere zarar verebileceğinden, kesinlikle kullanılmamalıdır.)

- f) Temizleme işleminden sonra lastik halka çıkarılmalı ve çenelerde çizilme, aşınma ve çentik olup olmadığına bakılmalıdır. Lastik halkalarda yarıma veya bir tahribat olup olmadığına bakılmalıdır. Göbeklerde aşırı pas, korozyon veya oyuk olup, olmadığı kontrol edilmelidir. Hasar görmüş tüm kısımlar tekrar kullanılmamak üzere atılmalıdır.
- g) Göbekler temizlenmeli, yağlanmalı ve yaklaşık beş dakika kurumaya bırakılmalıdır. Çene düzneğinin dış kısmı da yağlanmalıdır.
- h) Kaplin parçaları tekrar yerine takılmalı, bunlar temiz, havanın tesirinden koruyacak şekilde dizayn edilmiş raflarda saklanmalıdır.
- i) Aynı işlemleri bir sonraki ebattaki kaplinlerde uygulamak gerekir.

Şekil 4.15'de otomatik germe krikosu ile hidrolik pompa şematik olarak gösterilmektedir. Bunlara ait standart boyutlar ve germe işleminin nasıl yapıldığı şekil b'de gösterilmiştir. Germe işlemi hidrolik kriko ve pompa ile yapılabildiği gibi Rusya'da gerilim telleri 400 °C'ye kadar elektro manyetik bir sistemle iki dakika gibi bir süreyle ısıtılarakta yapılabilmekte ve olumlu sonuçlar alınmaktadır.



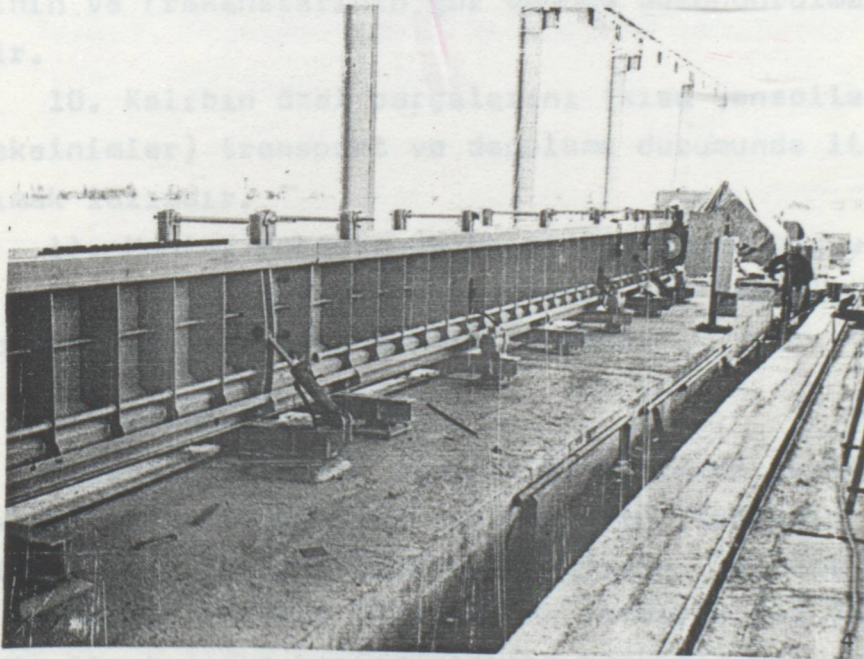
(Şekil 4.15).



(Şekil 4.16).

4.1.3. Öngerilmeli Çelik Kiriş Kalıbında Olması Gereken Özellikler

Öngerilmeli bir çelik kalıbı dizayn ederken ve kullanırken dikkat edilmesi gereken bir takım hususlar olmalıdır.



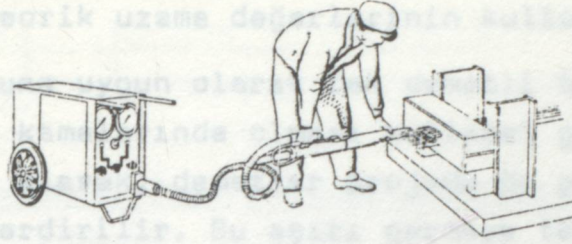
(Şekil 4.17).

1. Ölçüye dikkat etmek lazımdır.
2. Kalıpla betonun birlikte çalışmasını düşünmek lazımdır.
3. Kullanılmış kalıplarda aşınma payı göz önünde bulundurulmalıdır.
4. Kalıbın şişmesi durumunda şişmeyi önlemek için kalıba şişmeyi önleyecek ters kuvveti verecek bağlantılar konulmalıdır.
5. Öngerilmeli beton elemanlarda beton ve gerilim kuvveti kalıbın tanzimine etki edebilir. Bu göz önünde bulundurulmalıdır.
6. Betonun çalışması kalıbın formlarının değişmesine neden olabilir. Dikkat edilmelidir.
7. Hava ve kür sıcaklığı form değişikliğine neden olabilir.
8. Kalıbın son şeklini almasında ölçme ve montajın etkisi vardır.
9. Kalıba konulacak vibra yataklarının mesafelerini, bunların kalıba bağlantılarını yaparken vibratörlerin güçlerinin ve frekanslarının göz önünde bulundurulması gereklidir.
10. Kalıbın özel parçalarını (kısa konsollar, mimari gereksinimler) transport ve depolama durumunda itina ile taşımak lazımdır.
11. Montaj aşamasında kalıp ölçüsünde bir uygunsuzluk varsa kalıbı oluşturan parçaları tek tek ölçüp, hatanın nerden kaynaklandığını bulmak gerekir.

4.1.4. Germe İşlemi

Önceden gerilimli prekast elemanlarda germe işlemi genellikle öngerilme aktif donatısının (tellerin veya toronların) tek tek çekilmesi ile yapılır. Tellere ilk önce bir başlangıç kuvveti uygulanarak birbirlerine veya pasif donatı ile karışıp karışmadığının kontrolü yapılmalı eğer karışıklık varsa gerilim kuvvetinin kesite simetrik yayılımı ve bir azalma olmaması için bu durum giderilmelidir. Daha sonra toronlar veya teller projede verilen gerilim de-

ğerine ulaşıncaya kadar çekilmelidir.



(Şekil 4.13).

Kabul edilebilir öngerilmeli beton elemanların üretilmesi için öngerme elemanlarının gerilmesi dar limitler dahilinde yerine getirilmelidir. Bir öngerilmeli beton elemanının nihai kapasitesi öngerme elemanının gerilmesindeki küçük değişimlerden genellikle etkilenmez, fakat germe işleminin uygun olarak yapılmaması ve değişkenlik göstermesi, diferansiyel ters sehime, doğru olmayan beton gerilmelerine, elemanların yanlış eksenlenmesine ve çatlama yükünün düşmesine sebep olabilir. Bu durumda üretilen elemanlar, uygun nitelikte olmayabilir.

4.1.5. Öngerme İşlemi Sonrasında Yapılması Gereken Ölçümler

Öngerme elemanlarının getirilmesinde kullanılan ölçme sistemi, uygun kuvvetin uygulanıp uygulanmadığını gösterir. Uzamanın kontrolü ise, kullanılan öngerme elemanının doğru ebatta ve işlem kayıtlarının tolerans limitleri dahilinde olup olmadığının görülmesini ve ölçme sisteminin kontrolünü sağlar. Uzama değeri, kullanılan toronun fiziksel özelliklerinin ve karakteristiklerinin teyit edilmesine de yardımcı olur.

Demetin uzaması; uygulanan kuvvet, kamalar arasında kalan germe uzunluğu, elastisite modülü ve demet kesit alanı göz önüne alınarak hesaplanır. Uzama değeri düzeltmeleri, teorik uzamanın hesaplanmasında dikkate alınır. Bu teorik değer, daha sonra, demetlerde ölçülen uzama değerleri ile karşılaştırma yapmak amacıyla kullanılır. Teorik uzama

olarak belirlenen değere % \pm 5 tolerans verilir. Germinin değerlendirilmesinde, gerçek değerleri karşılaştırmak için uygun teorik uzama değerlerinin kullanılması önemlidir.(6)

Buna uygun olarak tek demetli öngermede, mesnetlerde ve geri kamalarında olması muhtemel gerilme kayıplarını dikkate alarak, demetler projede ön görülen gerilmenin üstünde gerdirilir. Bu aşırı germeye tekabül eden uzama brüt teorik uzamadır. Kama ve mesnetlerdeki oturmadan sonra ölçülen uzama ise net uzamadır. Bu nedenle, oturmalardan sonra bulunan net boyuna uzamayı, brüt teorik uzama ile mukayese etmek uygun olmaz.

Teorik gösterge basıncının, hakiki gösterge basıncı ile % \pm 5 toleransla mukayesesi gerekir. Teorik gösterge basıncı uygun şekilde düzeltilir ve bu düzeltmeler yapıldıktan sonra bulunan teorik değer, ölçülen (hakiki) basınçla mukayesesi yapılacak olan basınçtır.

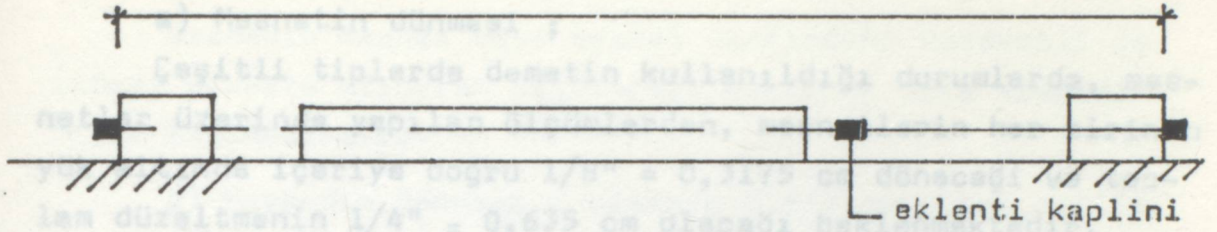
Teorik ölçme ile gerçek ölçme ve teorik uzama ile gerçek uzama arasındaki karşılaştırmaya ilaveten, iki gerçek değer birbirleri ile % 5 tolerans dahilinde uyumlu olup olmadığının anlaşılması içinde karşılaştırma yapılır. Örnek olarak, gerçek uzamanın teorik değerle % 5 tolerans dahilinde uyumlu hale getirilebilmesi, germe işleminde yüksek bir gösterge basıncını gerektirir. Bu itibarla, ölçüm ve uzamanın % 5 tolerans dahilinde uyumlu olduğundan emin olmak için bir kontrol yapılmalıdır. Eğer gösterge basıncı teorik değerinin % 3 üzerinde, uzama teorik değerinin % 3 altında ise, % 5'lik toleranstan sapma olur. Dolayısıyla bu iki değer karşılaştırılması, % 6'lık bir değişimin varlığını göstermekte olup, diğer germe işlemlerine geçmeden önce, hata kaynağının bulunması ve düzeltmelerin yapılması için harekete geçmek anlamına gelir.

6. Demet kovanı yükünün % 70 ine gerilmektedir.

18729,55 . 0,70 = 13110,69 kgf

ÖRNEK

$$L = 4000'' = 101.60 \text{ m.}$$



Hesaplar İçin Gerekli Bilgiler

1. Demet tipi : 1/2" \varnothing 270 K

2. Demetin fiziksel karakteristikleri : İmalatçıdan temin edilen test sertifikası kontrol edilir. Kangal paketi

A 0123

$$A = 0,9858 \text{ cm}^2$$

$$E = 1993288,5 \text{ kgf/cm}^2$$

Kullanımdaki Anma Değerleri

$$A_{\text{anma}} = 0,9877 \text{ cm}^2$$

$$E_{\text{anma}} = 2010866 \text{ kgf/cm}^2$$

Gerçek değerler ile anma değerleri karşılaştırılır.

$$\frac{A}{A_{\text{anma}}} \times 100 = \frac{0,9858}{0,9877} \cdot 100 = 99,8 \%$$

$$\frac{E}{E_{\text{anma}}} \cdot 100 = \frac{1993288,5}{2010866} \cdot 100 = 99,1 \%$$

$$\frac{E}{E_{\text{anma}}} \cdot 100 = \frac{1993288,5}{2010866} \cdot 100 = 99,1 \%$$

$$\frac{E}{E_{\text{anma}}} \cdot 100 = \frac{1993288,5}{2010866} \cdot 100 = 99,1 \%$$

A değeri anma değerinin % 0,2 ; E değeri anma değerinin % 2,5 toleransları dahilinde olduğundan anma değerleri kullanılabilir.

3. Daha önceki tecrübeler, bu yataktaki demete 1360,5 kgf'lik ilk gerilme verilmesinin yeterli olduğunu göstermiştir.

4. Demet kopma yükünün % 70 ine gerilmektedir.

$$18729,55 \cdot 0,70 = 13110,68 \text{ kgf}$$

Germede Yapılacak Düzeltmeler :

a) Mesnetin dönmesi ;

Çeşitli tiplerde demetin kullanıldığı durumlarda, mesnetler üzerinde yapılan ölçümlerden, mesnetlerin her birinin yük altında içeriye doğru $1/8" = 0,3175$ cm döneceği ve toplam düzeltmenin $1/4" = 0,635$ cm olacağı beklenmektedir.

b) Sabit Mesnet Tarafındaki Kayma ;

Daha önceki ölçümlerden, ilk yükün uygulanmasından sonraki kaymanın $1/8" = 0,3175$ cm olacağı beklenmektedir.

c) Demet Eklenti Yerindeki Kayma ;

Daha önceki ölçümlerden, eklenti kaplininin her bir tarafındaki kaymanın $1/8" = 0,3175$ cm veya toplam kaymanın $1/4" = 0,635$ cm olması beklenmektedir.

d) Harekitli Uç Mesnedin Oturması ;

Daha önceki tecrübelerden, $3/8" = 0,9525$ cm olacağı beklenmektedir. Böylece $3/8"$ 'lik aşırı çekme (overpull) gerekmektedir.

e) Sıcaklık ;

Demetler -1°C 'de gerilecektir. Hali hazırda yapılan üretim tecrübelerinden beton sıcaklığının 18°C olması beklenmektedir. Fark $+19^{\circ}\text{C}$ olmaktadır.

Germe Hesapları ve Düzeltmeleri :

$$\text{Esas Uzama} = \frac{\text{İlk Gerilmenin haricinde Gerekli Kuvvet} \times \text{Demetin Ankrajlar Arasındaki uzunluğu}}{\text{Anma Kesit Alanı} \times \text{Elastisite Modülü}}$$

Teorik Uzama = Uygun düzeltmelerle kombine edilmiş esas uzama.

$$\text{Esas Uzama} = \frac{(13110,68 - 1360,5) \cdot 10160}{0,9877 \cdot 2010866} = 60,10 \text{ Cm.}$$

Germeye Yapılacak Düzeltmelerin Hesaplanması :

Uzamanın mesnet veya mesnet üzerindeki hareketli uç kaması dikkate alınarak ölçüleceği kabulüne göre aşağıdakiler istenecektir.

- Mesnedin Dönmesi ; uzamaya 0,635 cm ilave edilir. kuvvet ayarlaması yoktur.
- Sabit Mesnet tarafındaki kayma ; uzamaya 0,3175 Cm. ilave edilir. Kuvvet ayarlaması yoktur.
- Demet eklenti yerindeki kayma ; 0,635 Cm ilave edilir. Kuvvet ayarlaması yoktur.
- Hareketli uç mesnedinin oturması ; 0,9525 cm kadar aşırı çekme. Buna uygun olarak kuvvet ayarlanır.

$$\begin{array}{r} (13110,68 - 1360,5) \quad \quad \quad 60,10 \text{ Cm} \\ X \quad \quad \quad \quad \quad \quad 0,9525 \text{ Cm} \\ \hline X = \frac{11750,18 \cdot 0,9525}{60,10} = 186,2 \text{ kgf.} \end{array}$$

Gerekli Toplam Yük = 13110,68 + 186,2 = 13296,9 kgf.

- Sıcaklık Ayarlaması : (14 °C veya daha büyük sıcaklık değişimleri için gereklidir.) 11°C başına 0,02 ayarlama yapılır. Beton döküldüğü zaman demet ısınacağı için, aşırı gerilme gerekecektir.

$$\begin{array}{r} 11^{\circ}\text{C} \quad \quad \quad 0,02 \text{ Ayarlama} \\ 19^{\circ}\text{C} \quad \quad \quad X \quad \quad \quad X = \frac{19 \cdot 0,02}{11} = 0,035 \end{array}$$

$$\text{Brüt Teorik Ayarlama} = \frac{13296,9 \cdot 10160}{0,9877 \cdot 2010866} \cdot 0,035 = 2,38 \text{ cm}$$

$$\text{Kuvvet} = 13296,9 \cdot 1,035 = 13762,3 \text{ kgf}$$

$$\text{Net Teorik Ayarlama} = \frac{13110,68 \cdot 10160}{0,9877 \cdot 2010866} \cdot 0,035 = 2,35\text{Cm}$$

$$\text{Kuvvet} = 13110,68 \cdot 1,035 = 13569,5 \text{ kgf.}$$

| | Brüt Teorik Uzama | Net Teorik Uzama |
|--------------------------------|----------------------|---------------------|
| Esas Uzama | 60,10 | 60,10 |
| Mesnedin Dönmesi | 0,635 | 0,635 |
| Sabit Mesnet tarafındaki kayma | 0,3175 | 0,3175 |
| Demet Eklenti yerindeki kayma | 0,635 | 0,635 |
| Hareketli uç mesnedin oturması | 0,9525 | - |
| Sıcaklık Ayarlaması | 2,38 | 2,35 |
| | 65.02 cm. | 64.0375 Cm. |
| | Tölerans | Tölerans |
| % -5 = | 61.77 cm. | 60,84 Cm. |
| % +5 = | 69,27 Cm. | 67,24 Cm. |

Verenin (ram) hareketini kontrol için, brüt teorik uzama kullanılır ve 13762,3 kgf'lik kuvvetle mukayese edilir. Başlangıçtan itibaren demet üzerindeki kontrol işaretinin hareketi ile (şayet işaretlendi ise) oturmalarından sonraki durumun mukayesesinde Net Teorik Uzama kullanılmalıdır.

4.2. Taze Betonun Taşınması, Yerleştirilmesi ve Sıkıştırılması ;

Germe işlemi ve bu işlemin kontrolünden sonra öngerilmeli kirişin çelik kalıbı kapatılır ve kalıbın gerekli montajı yapılarak beton dökümüne hazır hale getirilir. Kalıp montajından sonra proje ölçülerine göre kalıbın uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Kalıba önceden kontrol edilen vibrelerde montajıyla öngerilmeli çelik kiriş kalıbı beton dökümüne hazır hale gelir.

Başlık 3.1'de belirtilen standartlara uygun olarak üretilen beton'un su/çimento oranında düşük olduğu düşünülerek en kısa zamanda ve mümkün olduğu kadar kısa mesafeden döküme hazırlanan kalıba taşınmalıdır. Taşıma yönteminde kalıbın beton imalathanesine mesafesi ve üretim yapılan fabrikanın dizayn şekli önemlidir.

Betoniyerden beton kovalarına alınan beton genellikle raylı bir sistem üzerinde vinçlerin beton kovasını alabileceği yere kadar taşınarak bu noktadan itibaren vinçlerle kalıba kadar taşınır ve ince bir tabaka halinde kalıba boşaltılır.

Beton basınç dayanımını daha sonra deneylerle saptamak için beton dökümü esnasında küp veya silindir geometrik şekilli kaplara yeterli sayıda beton numunesi alınmalıdır. Bu işlem 4.3'de daha detaylı olarak incelenecektir.

Taze betonun sürtünmesini yenerek betonun daha kolay yerleşmesini sağlamak ve betonun iyi sıkıştırılması ile mukavemetini arttırmak mümkündür. Betonun sürtünmesi iki şekilde olmaktadır. İç ve Dış sürtünme. (4)

Dış sürtünme betonun kalıpla veya donatıyla arasında oluşan sürtünmedir. Bu dış sürtünmeye özel bir ad verilir. Çeper etkisi.

Betondaki iç sürtünme agrega taneleri ile çimento hamuru arasındaki yapışmadan ve agrega tanelerinin kenetlenmesinden kaynaklanır. Üretim sırasında bu sürtünme azaltılırsa betonun kalıba daha kolay ve iyi yerleşmesi sağlanmış olur. Beton yerleştirilmesinde kullanılan vibrasyon tekniği bu olanağı doğurur. Beton kütesine uygulanan vibrasyon, kütle içinde yayılan basınç ve kayma dalgaları oluşturur. Bu dalgaların etkisiyle taneler titreşime geçerler. İri taneler ve kütleleri ağır olanlar düşük frekanslarla, ince ve hafif olanlar ise yüksek frekanslarla harekete başlarlar. Tanelerin titreşimi sonucu doğan kayma gerilmeleri yapışma ve kenetlen-

meden doğan sürtünmeyi yener ve betonun viskozitesi azalır, beton akışkan bir sıvıya dönüşür. İri taneler boşluklara doğru hareket ederler, dibe çökerler. Yerleşme tamamlanınca vibrasyon etkinliğini kaybeder. Bu yerleşme sırasında ara yere sıkışmış hava habreleri dışa kaçma olanağı bulurlar.

Daha kuru betonları yerleştirmeye olanak veren vibrasyon farklı araçlarla sağlanır. Prefabrikasyonda vibrasyon masaları, binalarda ve yerinde dökülen betonlarda dalıcı vibratörler, çelik kalıplı yapılarda kalıp vibratörleri, titreşimli mastarlar kullanılır.

Vibrasyon masalarında vibrasyon en çok 5000 devir/dakika iken dalıcı vibratörlerde 20000 devir/dk.'ya çıkabilir. Frekans yükseldikçe daha kuru betonlar yerleştirilebilir. Ama frekans yükseldikçe vibratörün gücünde düşer.

Öngerilmeli kirişler genellikle çelik kalıplarda döküldüğünden bu tip kalıplarda kalıp vibratörleri yaygın olarak kullanılır. Bunlar 6000~9000 Devir/Dk. frekanslıdır. Bunun altındakiler kullanılmaz.

Yüksek frekanslı kalıp vibratörlerinin gücü 500~1000 kp olmalıdır. Çelik kalıptaki beton ahşap kalıplardan daha fazla sıkıştırılmalıdır. Çünkü çelik kalıptaki titreşim kaybı ahşap kalıptan çok daha fazladır.

Kalıba yerleştirilen vibratörlerin ara mesafeleri en fazla 1,5 metre olabilir. Ayrıca beton cinsine göre vibratör titreşimlerini bilmekte önemlidir.

Betonun vibratörlerle sıkıştırılmasında dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli hususta sıkıştırılacak beton tabakası derinliğinin fazla olmamasıdır. Özellikle öngerilmeli kiriş kesitlerinde gerek kesit özellikleri gerekse kullanılan betonun kuru olması nedeniyle beton ince bir tabaka halinde kalıba yayılmalı, önce şişlenmek sureti ile kalıbın dibine indirilmeli ve sonra vibrasyonla yerleştirilmelidir.

Beton yerleştirme işleminden sonra vibratörler kalıptan çıkartılarak yeniden kullanılmak üzere atölyeye taşınmalı ve bakımları yapılmalıdır.

Kalıbın üzeri ısı işlem uygulamasına geçmeden önce örtülerle kapatılmalıdır. Bu işlem sistemdeki enerji kaybı elden geldiğince az olacak şekilde yapılmalıdır. Artık öngörülmesi kırıış ısı işlem hazırdır.

4.3. DENEY KOŞULLARI - NUMUNE BOYUTLARI

Basınç dayanımı silindir veya küp geometrik şekle hazır numunelerle saptanır. Basınç kuvvetinin uygulandığı yöndeki numune boyutuna, yükseklik (h) diyelim. Numunenin prizmatik formda ve tabanının kare şeklinde olduğunu varsayarak (a) karenin kenar uzunluğudur.

Bağıl dayanım incelenen numune dayanımının 20 cm. kenarlı küp dayanımına oranı (boyut etkisi için) veya a cm. kenarlı küp dayanımına oranı şekil etkisi için tanımlanmıştır.

Numunenin boyut ve şekil etkilerini aşağıdaki tabloda yaklaşık olarak görüyoruz.

| | | | | |
|--------------|------------------------------|---------|------|--------|
| Boyut Etkisi | Küp kenarı a(cm) | 10-15 | 20 | 30 |
| | Bağıl dayanım % | 105-120 | 100 | 90 |
| Şekil Etkisi | Şekil | Plak | Küp | Prizma |
| | Narinlik $\frac{h}{a}$ oranı | 0,50 | 1,00 | 2,0 |
| | Bağıl Dayanım % | 140-200 | 100 | 75-95 |

Standart numuneler olan 30 x 15 cm.lik silindirlerle 20 cm kenarlı küp arasındaki dayanımların ilişkisini bilmek pratik önem taşır. Çünkü ülkemizde her iki tür numune kalıbı da yaygındır. Ve yeni TS 500 standardı da bu hususta katı olamamıştır. TS 500 silindirleriesas kabul etmekle birlikte küpleri de geçerli saymıştır. Örneğin BS 12 sınıfı betonda

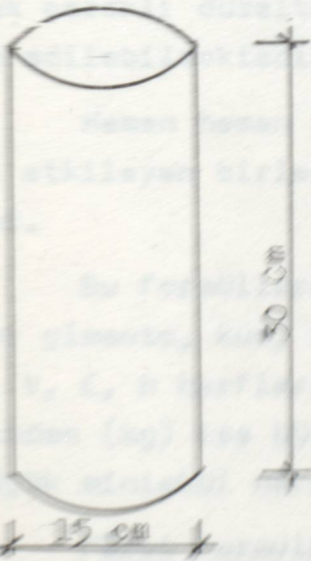
silindir dayanımı 12, küp dayanımı 15 N/mm^2 olarak belirtilmiştir. Yani silindir dayanımı / küp dayanımı oranı $12/15 = 0,80$ varsayılmıştır. Ancak daha kaliteli BS 50 sınıfında bu oran $50/55 = 0,91$ olmaktadır.

Boyut ve şekil etkisinin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi basınç dayanımı kesin anlamı olan bir malzeme özelliği değildir. Bu özellik üzerinde yükleme hızının numune ile pres tablası arasındaki sürtünme ve bozuklukların etkisi olduğu düşünülürse basınç dayanımının sabit bir malzeme özelliği olarak tanımlanamayacağı açıkça görülür. (4).

Standartlarda bu yüzden numune şeklini, boyutunu, yükleme hızını ($2 \text{ kgf/cm}^2 \cdot \text{san}$), numune başlıklarının düzeltilme şeklini titiz kurallara bağlamıştır.

Betonun silindirik basınç mukavemetinin tayininde Avrupa Beton Komitesi normlarına göre boyutları gösterilmiş bulunan deney numuneleri (epürvetler) kullanılır.

Deney tekniği bir tarafa, deney sonuçlarının değerlendirilmesinde dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır. (2).



m_i : (i) denemesinde ölçülen kırılma gerilmesini

n : ölçme sayısını gösterir.

Deney sonuçlarının aritmetik ortalaması

$$M_a = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n} \text{ dir, Ortalama}$$

kuadratik fark

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (m_i - m_a)^2}{n}}$$

silindire göre, nominal mukavemet değeri $M_0 = M_a = 0,8 f$ olur, $n = 30$ uygun deney sayısı olarak alınabilir, Bu değerlendirme şekli genel olup, diğer deneyler içinde kullanılabilir.

Şantiye mühendislerinin dikkat edeceği önemli bir hu-

susta numune kalıplarının niteliği ve bakımudur. Kalıp muhakkak metal olmalı, yerleştirme sırasında şekli bozulmayacak kadar rijit olmalı (kalın dökme demir, çelik) ve kaliteli işçiler tarafından sökülüp, temizlenip, saklanmalıdır. Bir gün kalıpta kalan ve rutubet kaybı önlenen numuneler ikinci gün 20 °C sıcaklıktaki kirece doygun suya konulmalıdır. Deneylerden önce numunelerin basınç pres tablasına geçecek yüzeyleri kuvvetli dozajda çimento harcı ile düzeltilmelidir.

4.3.1 BASINÇ DAYANIM FORMÜLLERİ

Betonun bileşimi belli iken elde edilecek basınç dayanımının hesaplanması doğal olarak çok yararlıdır. Fakat bu alanda yapılan çalışmalar matematiksel kesinlik taşıyan bağlantıların elde edilemeyeceğini de kanıtlamış durumdadır. Deneylerle bulunan bağlantılar dayanımın bulunmasında değil fakat tahmin edilmesinde yararlı olmaktadır. Özellikle beton deneme amacı ile bir kere üretilmiş ve dayanımı saptanmışsa, bu formüllerdeki katsayılar daha kesin bir biçimde belirlenmekte ve ikinci üretimde formüllerden yararlanılarak gerekli düzeltmeler yapılmakta ve istenilen dayanım elde edilebilmektedir.

Hemen hemen tüm formüller çimento/su oranının dayanımı etkileyen birleşim parametresi olduğunu kabul etmektedirler.

Bu formüllerden 1 M³ yerleşmiş betona giren bileşenler çimento, kum, iri agrega, su, hava boşluğu sırasıyla C, U, V, E, h harfleriyle gösterilecektir. Değerler ağırlık cinsinden (kg) ise büyük majuskül harflerle, mutlak hacim ise küçük miniskül harflerle kullanılacaktır.

— Fâret Formülü ;

Fâret, dayanımı etkileyen faktörün çimento hamuru içindeki çimento miktarı olduğunu ifade etmiştir. Bağıntı 2. derecedir. Çimento hamuru mutlak hacmi c+e+h, çimento miktarı (mutlak hacim olarak) c'dir. Fâret'nin bahsettiği çimento

konsantrasyonu ise $\frac{c}{c+e+h}$ oranıdır.

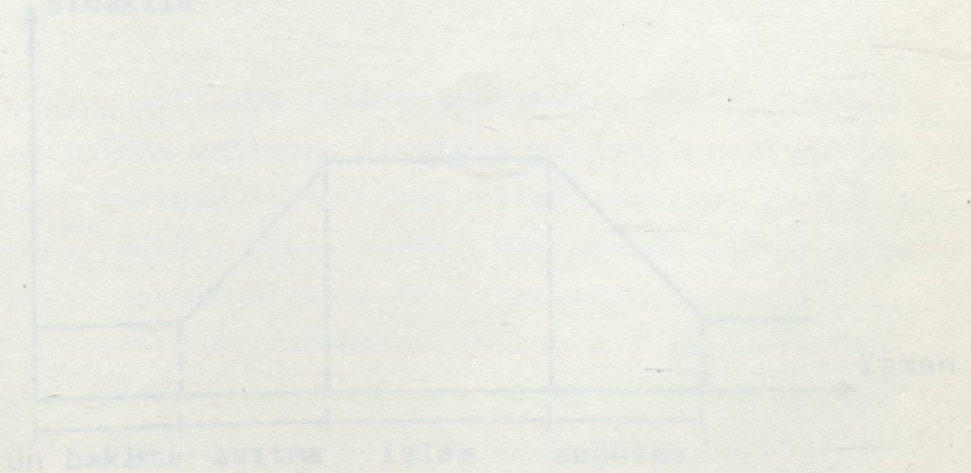
Fêret formülü $f_c = K_F \left(\frac{c}{c+e+h} \right)^2$ dir.

Burada K_F bir katsayıdır. Beton yaşına, çimento türüne, çimento miktarına göre 80 ile 300 N/mm^2 arasında değişir. 7 gün için 150, 28 gün için N/mm^2 ortalama değerlerini alır. Aynı formül, $c+e+h$ yerine $1-(u+v)$ değeri konularakta yazılır.

$$f_c = K_F \left(\frac{c}{1-(u+v)} \right)^2$$

Formül kapasitenin beton dayanımına etkisini de vurgulamaktadır. (4).

Sıcaklık



Şekil 4.19 İslah İşlemi

4.4 ISIL İŞLEM UYGULAMASI

Betona buhar kürü ve benzeri ısıtma işlemlerinin uygulanmasının temel amacı sertleşme ve dayanım kazanma hızını arttırarak kısa sürede yüksek erken dayanım elde etmektir. Buhar kürü ile sağlanan sıcaklık artışı çimentonun hidrasyon reaksiyonlarını hızlandırır ve istenen dayanım düzeyine daha kısa sürede ulaşılmasını sağlar. Buna karşılık ileri yaşlardaki dayanımda, standart küre oranla, bir düşme gözlemlenebilir. (7)

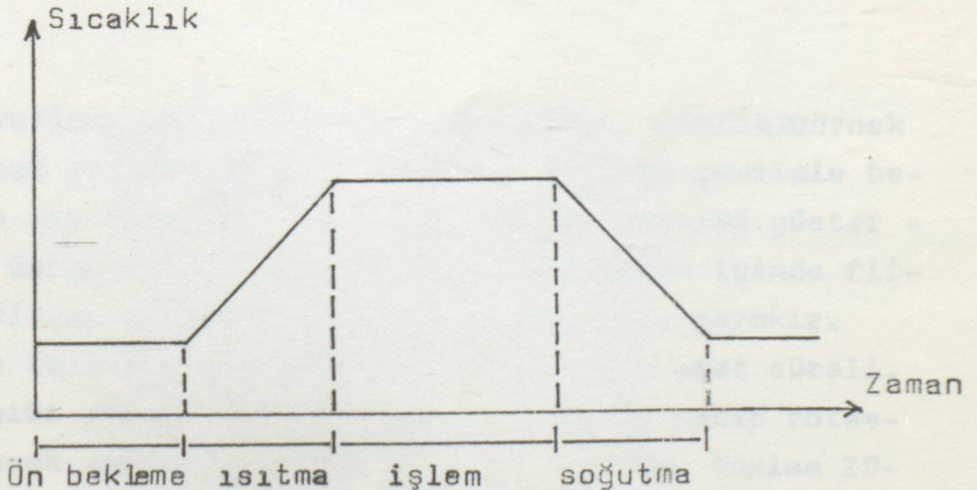
Buhar kürü uygulaması sonucu şantiye veya fabrikada kısa sürede kalıp alma veya kalıp rotasyon süresini azaltma ; ön gerilmeyi daha çabuk uygulama ; sabit makina - teçhizatın ölü zamanlarını azaltma ; elemanların depolarda bekleme süresini kısaltma ve böylece daha küçük depolama alanları kullanma ; soğuk havalarda beton dökme ve iklim koşullarının düzensizliğinden kurtulma gibi yararlar sağlanabilir. Buhar kürü, basitliği ve taze betondan buharlaşma yoluyla su kaybını en aza indirmesi nedeniyle, en yaygın ısıtma işlem yöntemidir.

4.1.1 Buhar Kürü Çevrimi

Buhar kürü çevrimi başlıca dört dönemden oluşur.

(Şekil 4.19) :

- Ön bekleme dönemi : süresi ve sıcaklığı ile belirlenir.



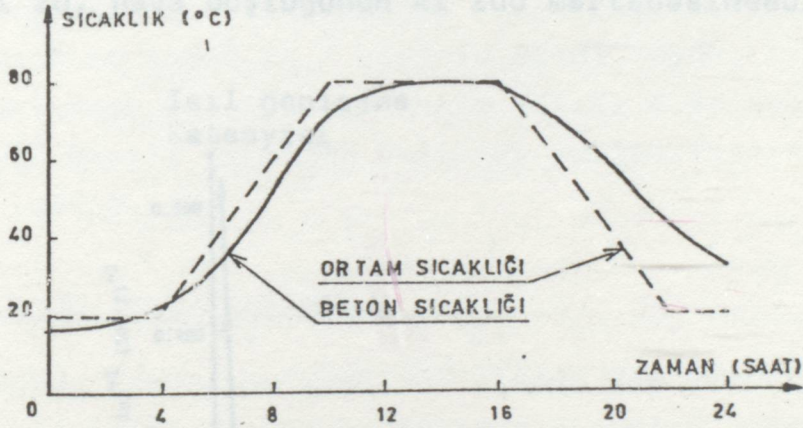
Şekil 4.19 Isıtma İşlem Çevrimi

- ısıtma dönemi : hızıyla belirlenir.
- işlem dönemi : süresi ve sıcaklığıyla belirlenir.
- Soğuma dönemi : hızıyla belirlenir.

Buhar kürü uygulanan elemanlar için kür sonrası döneminin de sıcaklığı ve nemi ile önemi vardır.

Buhar kürü, yapı elemanının yer aldığı ortam (oda, tünel, örtü altı, vb..) buharla ısıtılarak uygulanmaktadır. Eleman dış yüzlerinden itibaren ısınmakta ve soğumaktadır.

Elemanın içinde çeşitli noktalardaki sıcaklıklar birbirinden farklı olduğu gibi, bu sıcaklıklar ortamın sıcaklığından da farklıdır. Bu nedenle beton işinde fiilen gerçekleşen çevrimlerle ortamda sağlanan çevrim aynı değildir.



Ortamdaki ve Betondaki Isıl İşlem Çevrimi
Şekil 4.20

Eleman boyutları arttıkça fark artmaktadır. Şekil 4.20 örnek olarak ortam içinde sağlanan idealize edilmiş çevrimle beton içinde bir noktada fiilen gerçekleşen çevrimi göstermektedir. Buhar kürü çevrimi dendiğinde eleman içinde fiilen gerçekleşen ortalama çevrimin anlaşılması gerekir. Uygulamada karşılaşılan çevrimler toplam 6-7 saat süreli, 80-90 °C gibi yüksek sıcaklıklarda, günde üç kalıp rotasyonuna olanak veren hızlı (sert) çevrimlerden, toplam 20-22 saat süreli, ön bekleme süresi yeterli, ısıtma ve soğut-

ma hızları ve işlem sıcaklığı düşük (40-65°C) yavaş (yumuşak) çevrimlere kadar değişebilmektedir.

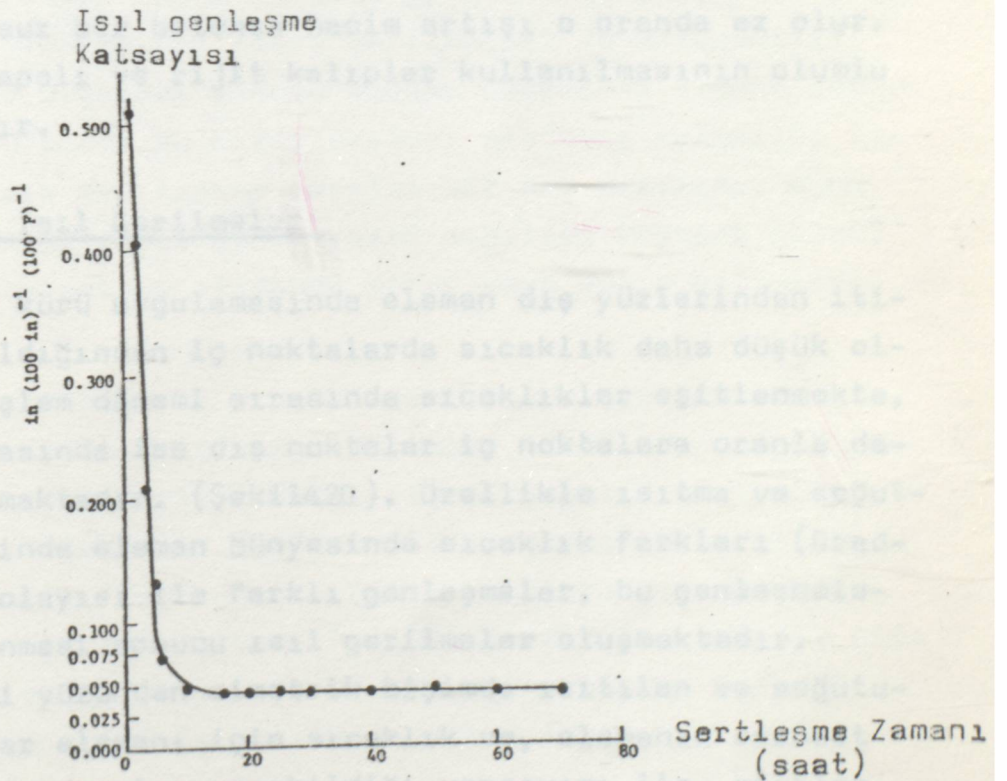
4.4.2 Buhar Kürünün Betonun Bünyesine Etkileri

Bu etkiler fiziksel ve kimyasal olmak üzere iki başlık altında özetlenebilir.

4.4.2.1 Fiziksel Etkiler

4.4.2.1.1 Kalıcı Hacim Artışı

Buhar kürü sırasında sıcaklık artışına bağlı olarak beton genişir. Taze beton içinde katı taneciklerin (agrega ve çimento) ısıl genişleme kat sayısı 1 kabul edilirse suyunki 20, hava boşluğunun ki 200 mertebesinde dir.



Taze Betonun Isıl Genleşme Katsayısı

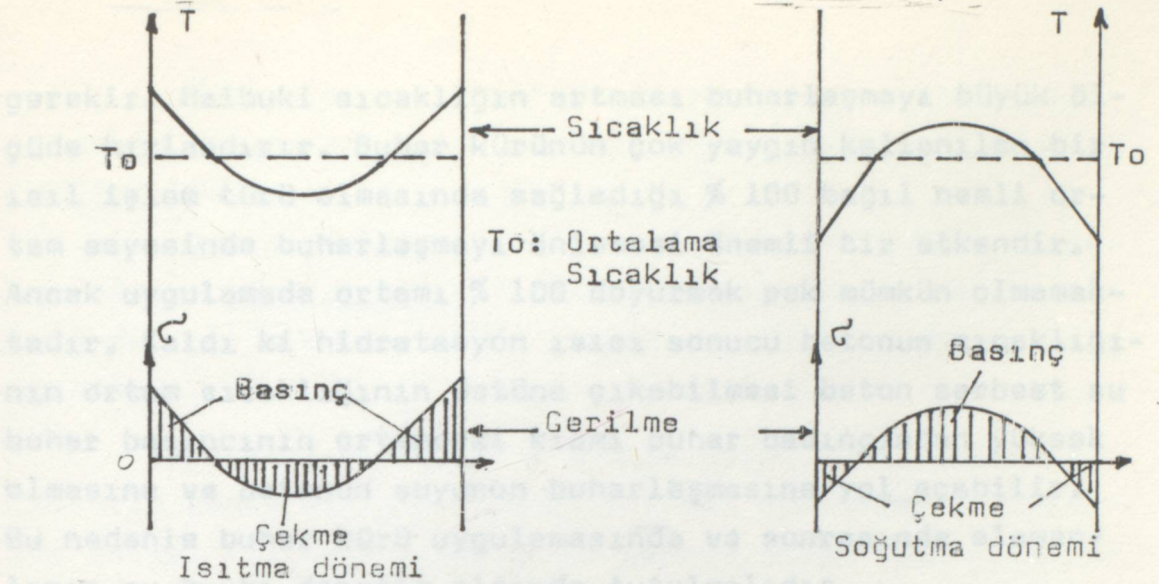
(Şekil 4.21)

Sonuçta taze betonun ısı genleşme kat sayısı şekil 4.21 deki gibi değişir. Isıtma döneminde taze betonun kolezyonu düşük olduğundan su ve hava fazlarının yüksek genleşmeleri önlenemez ve elemanda büyük bir hacim artışı oluşur. İşlem dönemi sonunda beton sertleşmiş, genleşme kat sayısı azalmıştır, soğutma sırasında sınırlı bir büzülme yapar. Çevrim başında taze, sonunda ise sertleşmiş bulunan beton, meydana gelen kalıcı hacim artışı sonucu gözenekli, tabakalanmış ve ileri yaşlarda düşük kaliteli bir malzeme olarak ortaya çıkabilir.

Hacim değişmelerinin tersinirliğini sağlayarak kalıcı hacim artışını önlemek, ısıtmaya başlamadan önce betona yeterli kolezyonu kazandırmakla mümkün olabilir. Ön bekleme süresi ve sıcaklığının arttırılması, ısıtma hızının ve işlem sıcaklığının düşürülmesi kalıcı hacim artışını azaltır. Beton ne kadar su / çimento oranı düşük, iyi sıkılanmış, boşluksuz bir betonsa hacim artışı o oranda az olur. Bütünüyle kapalı ve rijit kalıplar kullanılmasının olumlu etkisi vardır.

4.4.22 Isıl Gerilmeler

Buhar kürü uygulamasında eleman dış yüzlerinden itibaren ısıtıldığından iç noktalarda sıcaklık daha düşük olmaktadır. İşlem dönemi sırasında sıcaklıklar eşitlenmekte, soğutma sırasında ise dış noktalar iç noktalara oranla daha soğuk olmaktadır. (Şekil420). Özellikle ısıtma ve soğutma dönemlerinde eleman bünyesinde sıcaklık farkları (Gradyanları), dolayısı ile farklı genleşmeler, bu genleşmelerin engellenmesi sonucu ısıl gerilmeler oluşmaktadır. Şekil422 iki yüzünden simetrik biçimde ısıtılan ve soğutulan bir duvar elemanı için sıcaklık ve, elemanın serbest genleşme veya daralma yapabildiği varsayımı ile, gerilme dağılımını şematik olarak göstermektedir.



Duvar Elemanında Sıcaklık ve Isıl Gerilme Dağılımı Şekil 4.22

Isıtma veya soğutma hızı arttıkça, işlem sıcaklığı yükseldikçe, elemanın kalınlığı arttıkça, betonun ısı iletkenlik katsayısı azaldıkça ve ısı genleşme katsayısı arttıkça sıcaklık farkı ve ısı gerilme artar. Soğuma döneminde ısı gerilmelere rötre gerilmeleri de eklenebilir. İhmalkar bir uygulama sonucu soğuma döneminde eleman korunmazsa dış yüzlerde su kaybı başlar, elemanın kalınlığı boyunca sıcaklık dağılımına paralel bir nem dağılımı, buna bağlı olarak da rötre gerilmeleri dağılımı meydana gelir. Bu gerilmeler sonucu elemanda mikro veya makro çatlaklar oluşabilir.

Karmaşık biçimli yapı elemanlarında bir bölümün genleşmesi veya büzülmesi komşu bölümler tarafından engellenebilir, gerilme değerleri artar. Büyük boyutlu elemanlarda ısıtma veya soğutmanın üniform olarak gerçekleştirilmemesi de ek gerilmeler doğurur. Elemanın yalnızca bir yüzünden ısıtılması veya soğutulması halinde gerilmeler arttığı gibi dağılımı da simetrik olmaz; eleman aşırı ölçüde deforme olabilir veya ağırlığı altında kırılabilir.

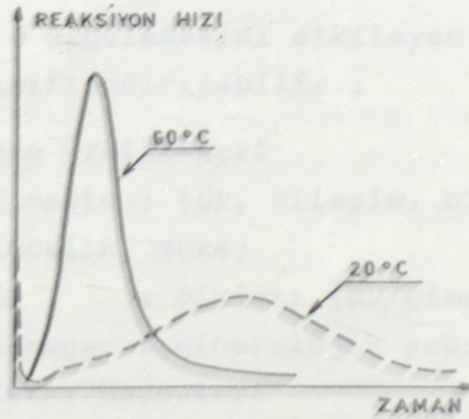
4.4.213 Su Kaybı

Su kaybı yalnız soğuma dönemi sırasında değil, tüm çevrim süresince oluşabilir. Çimentonun hidratasyon reaksiyonları için gerekli olan suyu betonun bünyesinde tutmak

gerekir. Halbuki sıcaklığın artması buharlaşmayı büyük ölçüde hızlandırır. Buhar kürünün çok yaygın kullanılan bir ısıl işlem türü olmasında sağladığı % 100 bağıl nemli ortam sayesinde buharlaşmayı önlemesi önemli bir etkidir. Ancak uygulamada ortamı % 100 doyurmak pek mümkün olmamaktadır. Kaldı ki hidratasyon ısısi sonucu betonun sıcaklığının ortam sıcaklığının üstüne çıkabilmesi beton serbest su buhar basıncının ortamdaki kısmi buhar basıncından yüksek olmasına ve betonun suyunun buharlaşmasına yol açabilir. Bu nedenle buhar kürü uygulamasında ve sonrasında elemanların su kaybı denetim altında tutulmalıdır.

4.4.22 Kimyasal Etkiler

Yüksek sıcaklık hidratasyon reaksiyonlarını hızlandırmakta, hidratasyon ürünlerinde önemli değişiklikler gözlenmemektedir. (Şekil 4,23). Ancak kristalleşmiş ürünlerin jel tipi ürünlere oranla arttığına ve kristal boyutlarının büyüdüğüne inanılmaktadır. Dolayısı ile hidratasyon ürünlerinin özgül alanlarının düştüğü, dağılımlarının heterojen olduğu, porozitenin bir ölçü arttığı düşünülmektedir. Bu yapısal değişiklikler tabiatıyla çimentonun türüne, bileşimine, inceliğine bağlıdır.



Şekil 4,23 Reaksiyon Hızının Sıcaklığa Bağlı olarak Değişimi

Yapılan fiziksel ve kimyasal analiz sonucu buhar kürünün beton bünyesi üzerindeki etkisini iki değişik açıdan ele alma gereği ortaya çıkar :

- Yüksek sıcaklıkta hidrasyon sonucu sertleşmiş çimento hamuru yapısında meydana gelen kaçınılmaz yapısal değişiklikler ;

- Aşırı genleşme, ısıl gerilmeler ve su kaybı sonucu oluşan kaçınılabılır fiziksel bozukluklar : kalıcı hacim artışı, mikro ve makro çatlaklar, tamamlanamayan hidrasyon.

Yapısal değişiklikler sonucu beton özelliklerinde zararlı yönde değişim olsa bile ihmal edilebilecek düzeyde kalır. Fiziksel bozukluklar sonucu beton özelliklerinde önemli ölçüde (% 50 ye varan) düşme görülebilir, yapı elamanı kullanılamaz hale gelebilir.

Buhar kürü çevrimi yumuşadıkça (yavaşladıkça) fiziksel bozukluk derecesi azalır. Bu amaçla üretim süresi ve maliyetten taviz vermek gerekebilir. Bazı yapı elamanlarında yapı güvenliği ve ömrü aranılan temel özelliktir. Diğer bazılarında ise aynı derecede önem taşımaz. Yapı elamanlarından beklenen niteliklere bağlı olarak parametreler üzerinde seçim ve ayarlama yapmak, ekonomik optimumu araştırmak ve sağlamak söz konusudur.

4.4.3 Buhar Kürü Uygulamasını Etkileyen Faktörler

Buhar kürü uygulamasını etkileyen faktörler aşağıdaki biçimde sınıflandırılabilir :

A - Malzeme Özellikleri

- 1 - Çimento : tür, bileşim, hidrasyon ısısı, incelik, dozaj
- 2 - Su : miktarı (su/çimento oranı)
- 3 - Agregat : mineralojik yapı, ısıl özellikler
- 4 - Katkı Maddeleri
- 5 - Betonun kompozitesi

B - Yapı Elamanının Boyut ve Biçimi

C - Buhar Kürü Çevrimi

- 1 - Karılmış betonun sıcaklığı

- 2 - Ön bekleme süresi ve sıcaklığı
- 3 - Isıtma hızı
- 4 - İşlem süresi ve sıcaklığı
- 5 - Soğuma hızı

D - Teknolojik Koşullar

- 1 - Ortam nemi
- 2 - Isı geçiş katsayıları
- 3 - Kalıp türü
- 4 - Üniförlük
- 5 - Kür sonrası sıcaklık ve nem

önceki bölümlerde anlaşılanların ışığında bu parametrelerin buhar kürü uygulamasını ne yönde etkileceğini kestirmek mümkündür. Parametrelerin çokluğu ve bağımlı olmaları nedeniyle etkinin derecesini belirlemek mümkün değildir. Her buhar kürü uygulamasının kendine özgü koşulları içinde, genel kurallar, benzeri uygulamalardan edihilen deneyim ve ön deneyler ışığında parametrelerin en uygun değerleri seçilir.

Genellikle betonun sertleşmesinde ve dayanım kazanmasında hızlı gelişme sağlayan yüksek incelik, yüksek çimento dozajı, düşük su/çimento oranı, yüksek kompasite gibi faktörler buhar kürü sırasında da aynı özelliği korurlar. Küçük boyutlu, basit biçimli elamanların buhar kürü daha kolay ve tehlikesiz olur. Eleman üzerinde ısıtma ve soğutmanın homogen olarak gerçekleştirilmesi yararlıdır. Çevrim ne kadar hızlı ve sert olursa zararlı etkileri o denli yüksek olur, ileri yaşlarda kayıp artar.

4.4.4 Buhar Kürünün Beton Özelliklerine Etkisi

Buhar kürü uygulamasının sağladığı en önemli yarar betona yüksek erken dayanım kazandırmasıdır. 24 saatlik bir çevrim sonunda betona 28 günlük standart basınç dayanımının % 60'ına varan bir bölümü kazandırabilir. Buna karşılık 28 gün ve daha ileri yaşlarda basınç dayanımında, standart küre oranla düşme görülebilir.

Çekme dayanımı, eğilme dayanımı, elastisite modülü gibi

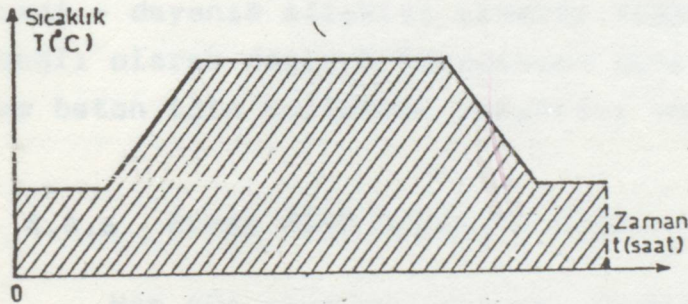
diğer mekanik özellikler buhar küründen basınç dayanımına benzer biçimde etkilenirler. Kötü bir çevrim sonucu betonda çatlaklar oluşursa eğilme / çekme dayanımları daha çok zarar görebilir.

Buhar kürü sonucu betonun sünmesinde % 30'a varan azalmalar görülebilir.

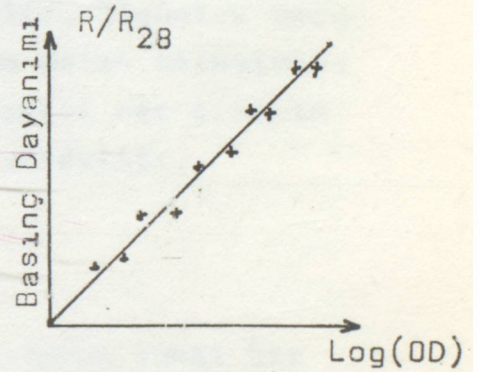
Çevrim sertleştikçe su geçirimsizliği artar, donma - çözülme dayanıklılığı azalır. Buhar kürü sonrasında elemanlara nemli kür uygulaması bu özelliklerin düzelmesine katkıda bulunur.

Olumsuz etkilerin derecesi fiziksel bozukluk düzeyine bağlıdır ve istenen sınırlara çevrilmesi mümkündür. Özellikle yumuşak çevrimlerle fiziksel bozukluk derecesi sifara indirebilir.

4.4.5 Olgunluk Derecesi



Şekil 4.23 Olgunluk Derecesi Kavramı



Şekil 4.24 Olgunluk Derecesi

Olgunluk derecesi, betonun kalıbına dökülmesinden itibaren " t " anına kadar geçen süre içinde $T = f(t)$ sıcaklık - zaman eğrisi ile $T = 0$ yatay doğrusu arasında kalan alandır :

$$OD = \int_0^t T \cdot dt$$

Başka bir ifade ile her T_i sıcaklığında geçen süre t_i ise bütün sıcaklıklar için $T_i \times t_i$ çarpımlarının toplamıdır :

$$OD = \sum T_i \times t_i$$

Genellikle olgunluk derecesi $^{\circ}\text{C} \times \text{saat}$ cinsinden ifade edilir. Referans sıcaklığı 0°C yerine 0 ile -10°C arasında başlıca bir sıcaklık olarak da kabul edilebilmektedir. Olgunluk derecesi daha karmaşık ifadelerle de tanımlanabilmektedir.

Araştırmalar, özellikle 48 saatten küçük süreler için, elde edilen basınç dayanımı ile olgunluk derecesi arasında ilişki bulunduğunu ortaya koymuştur.

Basınç dayanımı bağıl oran olarak (erken dayanım / 28 günlük standart dayanım) ifade edilir ve olgunluk derecesinin logaritması alınır ise ilişki doğrusal olmaktadır. (Şekil 4.24).

Ön deneyler sırasında dayanım - olgunluk derecesi ilişkisi çıkarılınca arzu edilen dayanıma karşılık gelen olgunluk derecesi ilişkiden çıkarılabilir ve bu olgunluk derecesini sağlayacak çevrim belirlenebilir. Olgunluk derecesi - dayanım ilişkisi çimento tipine ve beton bileşimine bağlı olarak değişebileceğinden aynı ilişkiyi her çimento ve beton için kullanmak yanıltıcı sonuç verebilir.

4.4.6 BUHAR KÜRÜ UYGULAMA KURALLARI

Her tür elemana, betona, çimentoya uygun ideal bir buhar kürü çevrimi öngörmek olanaksızdır. Yapı elemanının tipi, biçim ve boyutları, gerekli erken dayanım düzeyi, malzeme özellikleri ve teknolojik koşullar dikkate alınarak bu ilkeler çerçevesinde buhar kürü çevrimi seçilir ve çevrimin amaca uygunluğu ön deneylerle kontrol edilir, gerekirse düzeltmeler yapılır.

Ön deneyler sırasında en az, betonun standart kür altında 7 ve 28 günlük dayanımları ile buhar kürü uygulanmış betonun erken, 7 ve 28 günlük dayanımları ölçülmeli, daha ileri yaşlarda da ölçme düşünülmelidir. Yapı elemanının kürüne göre basınç dayanımı dışında başka özelliklerin de ölçülmesi gerekebilir. Deney numuneleri kırılmadan önce ultrases hızları ölçülürse, aynı yöntemle elemanın da dayanım kont-

rolu daha sağlıklı ve güvenilir biçimde yapılabilir. Buhar kürü uygulamasında aşağıdaki hususların dikkate alınması yararlı olacaktır.

4.4.61 Çevrim Seçimi

4.4.611 İşlem Sıcaklığı ve Süresi

Çevrim sonunda arzu edilen erken dayanımın elde edilmesi öncelikle işlem sıcaklığına ve süresine bağlıdır. Aynı dayanım düşük sıcaklıkta uzun bir çevrimle sağlanabileceği gibi, yüksek sıcaklıkta kısa bir çevrimle de elde edilebilir. Olgunluk derecesi kavramı işlem sıcaklığı ve süresinin seçiminde çok yararlı bir araçtır.

Her çimento için türüne, bileşimine ve inceliğine bağlı olarak bir optimum işlem sıcaklığı mevcuttur. Bu sıcaklığın aşılması halinde daha yüksek erken dayanım elde edilmediği gibi, ileri yaşlardaki dayanım kaybı da artmaktadır. Ayrıca yüksek sıcaklıkta kür ekonomik açıdan da uygun olmamaktadır. Optimum kür sıcaklığı pratik olarak 80 - 85 °C nin üstüne çıkmamaktadır. Dolayısı ile işlem sıcaklığını 80-85°C nin üstüne çıkarmakta erken dayanım açısından hiç bir yarar bulunmadığı gibi ileri yaşlardaki dayanım ve maliyet açısından zararda bulunmaktadır. Sonuç olarak üretim süresinin izin verdiği en düşük sıcaklığın benimsenmesi temel kural olmalıdır.

İşlem süresinin mutlaka buhar verme süresi olarak değerlendirilmemesi gerekir. Çimentonun hidratasyon ısısında betonun ısınmasına önemli katkısı vardır. Eğer eleman iyi yalıtılırsa kendi özgül ısı kapasitesi ve çimentonun hidratasyon ısısı nedeniyle yavaş soğur, yüksek sıcaklıkta kür görmeye devam eder; önemli olan betonun sıcaklığıdır, ortamın değil. Hidratasyon ısısı + ısı yalıtımı ile aynı olgunluk derecesine, dolayısı ile aynı erken dayanıma çok daha az enerji sarfiyatı ile ulaşılabilir.

4.4.612 Ön Bekleme Süresi

Elemanda kalıcı fiziksel bozukluklar yaratmamak amacıyla ısıtılmaya başlamadan önce betonun yeterli kohezyona sahip olması önem taşır. En az betonun priz süresine eşit bir ön bekleme süresi uygulamak genel kural olarak önerilmektedir. Priz süresi penetrometre deneyi ile ölçülebilir veya çimentonun priz başlama süresine eşit alınabilir.

Ortamın ve betonun sıcaklığı ne kadar düşükse ön bekleme süresi o kadar uzun olmalıdır. Olgunluk derecesi kavramı burada da kullanılabilir. Ön bekleme döneminde ortamın ve betonun sıcaklığı düşükse ($< 5 - 10^{\circ}\text{C}$), süreyi kısaltmak için ortama buhar verilebilir, betonun karma suyu sıcak olarak kullanılabilir, agregası ısıtılabilir veya mikserde beton içine buhar verilebilir.

Ön bekleme süresini kısaltmada priz hızlandırıcı katkılarda kullanılabilir. Aşırı genleşmeyi engelleyebilecek rijitlikteki kalıplar içinde buhar kürü görecektir elemanlar için ön bekleme süresi daha kısa alınabilir. Yapı elemanından yüksek dürabilite beklenmiyorsa ön bekleme süresi azalabilir. Isıtma hızı ve işlem sıcaklığı arttıkça bunların olumsuz etkilerini dengelemek için ön bekleme süresinin de uzaması gerekir. Isıtma hızı ve işlem sıcaklığı düşükse ön bekleme süresi kısalabilir. Bu bağımlılığı göz önünde tutarak beton sıcaklığının $30 - 40^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaşmasına kadar geçen toplam ön bekleme + ısıtma süresinin dikkate alınması gerçekçi bir yaklaşım olarak önerilmektedir. Pratikte karşılaşılan ön bekleme süreleri 1 ila 6 saat arasında değişmektedir.

4.4.613 Isıtma Hızı

Beton içinde sıcaklık farklarına bağlı ısıl gerilmeler ısıtma ve soğutma dönemlerinde kendini göstermektedir. Elemanı aşırı sıcaklık farklarından (ısı şoku) korumak için ısıtma hızını sınırlamak ve ısıtmayı tüm eleman üzerinde üniform olarak gerçekleştirmek gereklidir.

Isıtmaya başlamadan önce betonun kohezyonu ne kadar

yüksekse ısıtma o kadar hızlı olabilir. Kohezyon ne kadar düşükse ısıtma o kadar yavaş olmalıdır. Uzun ve / veya yüksek sıcaklıkta ön bekleme uygulanması, priz hızlandırıcı kullanılması, durabilitenin öncelikli olmaması ısıtmanın hızlandırılmasına imkan verirler.

Ancak Yüksek ısıtma hızı yüksek buhar kapasitesi ve sarfiyatı demektir. Gerek teknik, gerekse ekonomik açılardan ısıtma hızını amaca uygun en düşük düzeyde tutmak yararlıdır. Isıtma döneminde hidrasyon ısısının da dikkate alınması yarar sağlar : çimento tipine bağlı olarak uygun bir ön bekleme süresi ve ısıtma hızı seçilirse hidrasyon ısısının açığa çıkması buhar verilmesi ile üst üste çakıştıırılabilir. Eleman hem içten hemde dıştan ısınacağı için bünyesinde sıcaklık farkları ve ısıl gerilmeler azalır, aynı ısıtma daha düşük enerji kullanımı ile sağlanır. 10 - 40 °C/saat'lik ısıtma hızları uygulamada rastlanan değerlerdir.

4.4.614 Soğuma Hızı

Soğuma dönemi genellikle buhar kürü uygulamasında en az ihtimam gören dönem olmaktadır. Hızlı soğuma, özellikle büyük kütleli ve karmaşık biçimli elemanlarda, betonun çekme dayanımını aşan ısıl gerilmeler yaratmakta, bunlara su kaybından kaynaklanan rötne gerilmeleri de eklenebilmektedir. Eleman yüzeyinde az veya çok derin çatlaklar oluşmakta, kesken kesit değişikliklerinin yer aldığı kritik bölgelerde büyük çatlaklar gelişebilmektedir.

Bu dönemde elemanın su kaybetmesini engelleyecek önlemlerin de alınması gerekir. Soğuma döneminde oluşan çatlaklar bile olsa donatının korozyonu ve durabilite açısından önem taşıyabilirler. Soğuma dönemi sonunda hidrasyonun önemli bir bölümü tamamlandığından bu çatlakların, elemana nemli kür uygulansa bile, zamanla yeni hidrasyon ürünleri ile doldurularak kapatılması zordur.

Soğuma hızı çatlak oluşumunu önleyecek biçimde ayarlanmalıdır. Bu hızı düşürmek amacıyla soğuma kür ortamında

gerçekleştirilebilir, eleman kalıbında bırakılabilir, eleman kapalı (ve gerekirse ısıtılan) bir ortamda saklanabilir, ısı yalıtımlı bir örtü altına alınabilir.

4.4.62 Buhar Kürü Sonrası Dönem

Buhar kürü uygulanmış elemanlar için kür sonrası bakım ve saklama koşulları da önem taşır. Hidratasyon reaksiyonlarının devamı betonun suyunun korunmasına veya sağlanmasına bağlıdır. Buhar kürü sonrası nemli kür uygulanan betonlar dayanım kazanmaya devam etmekte, nemli kür görmeyenlere oranla daha yüksek dayanım vermektedir. Kür maddesi, ıslak çuval, örtü, sulama gibi yöntemler bu amaçla kullanılabilir. Sulamanın sürekli ve ince biçimde olması tercih edilmeli, henüz tam soğumamış elemanların sulanmasından, oluşacak ısıl gerilmeler nedeniyle, özenle kaçınılmalıdır.

4.4.63 Teknolojik Koşullar

Buhar kürü uygulamasında önemli hususlardan biri yapı elemanının çevresinde üniform bir sıcaklık ve nem dağılımının sağlanmasıdır. Bu açıdan buhar çıkış noktalarının ve güçlerinin ortam içinde dengeli dağılımı gereklidir.

Homogen bir sıcaklık dağılımının sağlanması ısıl gerilmeleri ve yaratacağı sorunları en aza indirecektir. Bu açıdan elemanlar arasında ve elemanlarla ortam cidarları arasında yeterli mesafeler bırakılmalıdır.

Buharın elemanın özellikle kullanım sırasında açık kalacak yüzeylerine doğrudan püskürmesi, kondansasyon sularının bu yüzeylere damlaması önlenmesi gereken hususlardır.

Buhar kürü sonrasında ortamın olanak ölçüsünde neme doyurulmasına ve elemanın aşırı su kaybetmemesine itina gösterilmeli, bu husus denetim altında tutulmalıdır.

4.4.64 Kalite Kontrol ve Denetlemeler

Buhar kürünü başlatmadan önce aşağıdaki kontrol ve denetlemelerin yapılması yararlıdır.

- Kür ortamının fiziksel kontrolü;
 - Buhar jeneratörünün, bağlantılarının, boruların buhar çıkış noktalarının kontrolü;
 - Boş kür ortamında sıcaklık ve nem dağılımı üniformluğunun kontrolü;
 - Ortamda, eleman içinde ve kalite kontrol numunelerinde yapılacak sıcaklık, nem ölçmeleri için gerekli donanımın hazırlanması;
 - Numunelerin yerleştirileceği yerin, ısı izalasyon biçiminin belirlenmesi;
- tercihen numunelerin sıcaklığının elemanın sıcaklığına paralel gelişmesini sağlayacak programlanabilir bir etüv veya tank düzeninin sağlanması

Buhar kürü sırasında ortamın sıcaklığının ve bağıl neminin değişik noktalarda sürekli olarak ölçülmesi ve kaydedilmesi gerekir. Çevrim sırasında elemanın özellikle kritik noktalarında sıcaklığın ölçülmesi ve kaydedilmesi, fiilen uygulanan çevrimin izlenebilmesi açısından yararlıdır. Böylece gerçek olgunluk derecesi belirlenip, elemanın çeşitli noktalarında ulaşılan dayanım değerleri tahmin edilebilir.

Yapı elemanı ile birlikte buhar kürüne tabi tutulan beton numuneler kütle farkından dolayı oldukça değişik bir çevrim izlemekte ve numuneler üzerinde ölçülen dayanımlar eleman betonunun dayanımını tam yansıtmamaktadır. Elemanla numune arasında çevrim farkını gidermek için numunelerin, sıcaklığı eleman betonu içinde ölçülen sıcaklık tarafından programlanmış özel bir etüv veya tank içinde, kür görmesi uygun sonuç vermektedir. Kalite kontrol ve uygunluk amacıyla numuneler üzerinde standart kür altında en az 7 ve 28, buhar kürü altında en az çevrim sonu, 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarının ölçülmesi öngörülmektedir. 90 gün ve 1 yıllık ölçümlerde yararlıdır. Çevrim sonu dayanım yetersiz olduğu durumda " +X " saat sonra denenmek üzere numuneler öngörülmelidir.

4.4.7 BETON MALZEMELERİ VE BİLEŞİMİ

Buhar kürü uygulanacak betonun bileşimi ve kullanılacak malzemeler, normal kür göreceğ beton'a oranla farklı değildir. Ancak ön deneyler sırasında, uygulanacak çevrimin beton bünyesinde ileri yaşlarda bırakabileceği olumsuz etkilerin izlenmesi yararlı olacaktır.

4.4.7.1 Çimento

Buhar kürü uygulanacak betonlarda Portland çimentoları, katkılı Portland çimentosu, traslı çimento, yüksek fırın çimentoları kullanılabilir. Portland çimentolarına buhar kürü uygulamasını etkileyen başlıca faktörler miheralolojik bileşim (C_3A , C_3S ve C_2S miktarları), SO_3 miktarı ve inceliklidir. C_3A , C_3S ve incelik arttıkça erken dayanım ve ileri yaşlarda dayanım kaybı artmakta, C_2S miktarı arttıkça erken dayanım ve ileri yaşlardaki dayanım kaybı azalmaktadır. C_3A miktarı arttıkça prizini düzenlemek için gerekli SO_3 miktarı da artmaktadır. Normal kür altında da dayanım gelişme hızı düşük olan C_2S 'i zengin, inceliği az çimentolar $80-85^{\circ}C$ gibi yüksek sıcaklıklarda uzun süreli çevrimleri sevmekte; C_3A ve C_3S 'i zengin, inceliği yüksek çimentolar aynı erken dayanıma ulaşmak için nispeten düşük sıcaklıkta ($50-70^{\circ}C$) ve daha kısa süreli çevrimlerle yetinmektedir.

Doğal veya yapay curuf, tras, uçucu kül ve benzeri mineral katkılı çimentoların buhar kürü altında daha iyi sonuç verdikleri, 28 günlük dayanımlarında düşme olmadığı gibi artış gözlenebildiği genel kanıdır. Bu tür çimentolarla üretilen betonların geçirimsizlik, dona dayanıklılık gibi özelliklerinin buhar kürü ile daha da iyileştiği ileri sürülmektedir. Mineral katkılı çimentolarda katkı oranı arttıkça yüksek erken dayanım elde etmek zorlaşmaktadır. Erken dayanımı arttırmak için yüksek sıcaklıklarda ($80 - 85^{\circ}C$) uzun süreli çevrim gerekmekte, bu çimentoların ince öğütülmesi yararlı olmaktadır.

4.4.7.2 Agrega

Agrega, cinsi ve ısıll özellikleri ile buhar kürü uygulamasını etkilemektedir.

Agrega ile çimentonun ısı iletkenlik ve ısıll genişleme katsayıları arasındaki fark arttıkça agrega - çimento hamuru bağlantı bölgesinde ısıll gerilmeler artmakta, esasen zayıf olan bu aderans bölgelerinde mikro çatlaklar oluşabilmektedir. Silisi zengin agregalarla üretilen betonlarda 80 - 85 °C gibi yüksek sıcaklıklarda buhar kürü uygun iken, kalkır agregalı betonlarda 40 - 50 °C gibi düşük sıcaklıkların üstüne çıkarılması pek yarar sağlamamaktadır.

4.4.7.3 Karma Suyu

Buhar kürü uygulanacak betonlarda kullanılacak karışım suyu için herhangi bir özel koşul söz konusu değildir.

4.4.7.4 Kimyasal Katkı Maddeleri

Çoğu hava sürükleyici ve su indirgeyici katkı maddelerinin buhar kürü uygulanmış betonlar üzerinde özel bir etkisi görülmemiştir. Geçirimsizliği arttırıcı bazı katkıların hidrasyon hızını yavaşlattığı gözlenmiştir. Priz geciktirici katkı kullanıldığı takdirde ön bekleme süresinin uzaması, priz hızlandırıcı kullanılması halinde kısaltılması gerekebilir. Genel kural olarak katkı maddesinin buhar kürü çevrimi üzerindeki etkisinin ön deneylerle belirlenmesi önerilmektedir.

4.4.7.5 Mineral Katkılar

Türkiye'de puzolanik katkı maddeleri (tras, curuf, uçucu kül, ...) genellikle çimentonun üretimi aşamasında kullanılmakta, betona sonradan karıştırılmamaktadır. Her şıkta çimento bölümünde mineral katkı için söylenenler beton içine doğrudan katılmaları halinde de geçerlidir.

4.4.7.6 Betonun Bileşimi

Betonun dayanım düzeyi (28 günlük standart dayanımı) ne kadar yüksekse buhar kürü altında elde edilen erken dayanım / 28 günlük dayanım oranı, dolayısı ile erken dayanımın

4.4.8. BUHAR KÜRÜ DÖNANIMI

kendisi daha yüksek olmaktadır. Dolayısı ile düşük su / çimento oranı, uygun granülometri, iyi yerleştirme ve sıkılma gibi dayanımı yükselten faktörler buhar kürü altında da performans iyileştirmektedir.

- Buhar taşıma oranını ve diğer yardımcı donanım.
- Buhar kürü süreci.

4.4.8.1 Buhar Üreticisi

Buhar Üreticisi olarak genellikle buhar kazanları seçilir. Branda altında yapılan ve az sayıda ekleme uygulanan buhar küründe buhar üreticisi (buhar jeneratörleri) kullılmakla birlikte, gerekli uygulamalarında buhar kazanları daha ekonomik sonuçlar verir. Kazan seçilinde kullanılacak kazanın ısı ve buhar hacmi ihtiyacı göz önünde tutularak ≈ 100 kg/su buhar kapasitesine dikkat edilmelidir.

Buhar Üreticilerinin kapasitelerinin belirlenebilmesi için ısı ihtiyacının bilinmesi şarttır.

Buharın buzdaki ısıya dönüştürülmesiyle uygulanan buhar kürü sisteminde ısı ihtiyacını hesaplamak için aşağıdaki bilgilere ihtiyaç vardır.

- Buhar kürü süreci ile çimento üzerindeki ortalama sıcaklık.
- Buhar kürü için sıcaklığı.
- Buhar kürü sürecini belirleyecek parçaların toplam kütleleri.
- Parçaları taşıyan rafın, kalıpların ve iskan diğer yardımcı parçaların toplam kütleleri.
- Buhar kürü süreci sürelerinin ısı geçirgenlik katsayısı.
- Buhar süreci için sıcaklığı ve kütleleri.
- S_1 miktarı, agrega miktarı, buhar kayıpları gibi diğer ısı ihtiyacıları.

Bu bilgiler elde edildikten sonra ısı ihtiyacı aşağıdaki bağıntılarla hesaplanabilir.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \text{ (kcal/saat)}$$

4.4.8 BUHAR KÜRÜ DONANIMI

TS 3648'de verilen buhar kürü için gerekli donanım şu ana elemanlardan oluşmaktadır.

- Buhar üreticisi
- Buhar taşıma donanımı ve diğer yardımcı donanım.
- Buhar kürü hücresi.

4.4.8.1 Buhar Üreticisi

Buhar üreticisi olarak genellikle buhar kazanları seçilir. Branda altında yapılan ve az sayıda mamüle uygulanan buhar küründe buhar üreteçleri (buhar jeneratörleri) kullanılmakla birlikte, sanayi uygulamalarında buhar kazanları daha ekonomik sonuçlar verir. Kazan seçiminde kullanılacak kazanın ısı ve buhar hacmi ihtiyacı göz önünde tutularak % 100 doygun buhar sağlayabilmesine dikkat edilmelidir.

Buhar üreticilerinin kapasitelerinin belirlenebilmesi için ısı ihtiyacının bilinmesi şarttır.

Buharın hücre içine püskürtülmesiyle uygulanan buhar kürü sisteminde ısı ihtiyacını hesaplayabilmek için aşağıdaki bilgilere ihtiyaç vardır.

- Buhar kürü hücresi dış çevresindeki ortalama sıcaklık
- Buhar kürü üst sıcaklığı,
- Buhar kürü hücresini dolduracak parçaların toplam kütlesi,
- Parçaları taşıyan rafların, kalıpların ve ısınan diğer yardımcı parçaların toplam kütlesi.
- Buhar kürü hücresi duvarlarının ısı geçirgenlik katsayısı.
- Buhar hücresi iç boyutları ve kütlesi.
- S_U ısıtma, agrega ısıtma, boru kayıpları gibi diğer ısı ihtiyaçları.

Bu bilgiler elde edildikten sonra ısı ihtiyacı aşağıdaki bağıntılarla hesaplanabilir.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \text{ (kcal/saat)}$$

Burada ;

Q = Toplam ısı ihtiyacı (kcal/saat)

Q_1 = Parçaları ısıtmak için gerekli ısı (kcal)

Q_2 = Buhar hücrecini doldurmak için gerekli ısı olarak buhar yükü (kcal)

Q_3 = Isı kayıpları

4.4.8.2 Buhar Taşıma Donanımı ve Diğer Yardımcı Donanımı

Kazandan, buhar kürü hücreesine giden buhar boruları olabildiğince kısa ve doğru eksenli olarak tutulmalı, dirsek ve çap düşürücü parçalar mümkün olduğu kadar az kullanılmalıdır.

Buhar kazanıyla, buhar kürü hücrelerinin olabildiğince yakın olması sağlanmalı, borular iyi yalıtılmış ve bina dışındaki bölümleri kanal içine alınmış olmalıdır.

Buhar dağıtım sisteminde ayar için pirinç veya bronz vanalar kullanılmalı, kapama için kullanılan sürgülü vanalar akışa karşı küçük direnç gösterdiklerinden ayar için kullanılmamalıdır.

Buhar kürü hücreesine buhar girişi, hücrenin bir ucundaki tek bir besleme ağzından veya buhar hücresi boyunca uzanan çok ağızlı (çok çıkışlı) borulardan sağlanabilir. Buhar tek bir ağızdan püskürtülüyorsa, buharın girişi dolaşım yaratacak ve buhar hücresinin her tarafına dağılabilecek yeterli hızda olmalıdır.

Çok çıkışlı borular kullanıldığında, bu borular, buhar hücresinin boyutlarına ve beton parçaların özelliğine göre buhar kürü hücresi boyunca tek bir duvara veya her iki duvara döşemeye yakın veya buhar hücresi yüksekliğinin ortasına yakın bir konuma yerleştirilmelidir.

Buhar püskürtme ağızlarında 1,1 atmosferlik bir buhar basıncı uygun püskürtme koşulları ve dağılım sağlayabilmektedir. Kazandan gelen buharın basıncı daha yüksekse buhar kürü hücreesine girişte basıncı düşürücü aygıtlar bulundurul-

malıdır.

Buhar kürü programlarının otomatik uygulandığı sistemlerde, buhar hücresinin uygun yerlerine yerleştirilmiş sıcaklık ölçen cihazlar (termometreler) ile bağlantılı programlanabilir mekanik veya elektronik düzenler, buhar kürü süreçlerinin istenilen biçimde yürütülüp sonuçlandırılmasını sağlar.

Bunların bulunmadığı elle kontrol edilen düzenlerde termometrelere ve saat'e bağlı sıcaklığın fazla yükseldiğini veya sürenin geçtiğini bildiren uyarı sinyallerinin bulunması, geri dönülmez hataların yapılmasını önlemek açısından gereklidir.

4.5 TRANSFER (BOŞALTMA)

Isıl işlemle erken dayanım kazandırılmış öngerilmeli betonun basınç mukavemeti, deney numunelerinin preste kırılmasıyla tespit edilir.

Öngerilmeli betonun basınç mukavemeti projede öngörülen transfer mukavemetine erişmişse boşaltma işlemine başlanabilir. Transfer, kirişe verilen öngerilim kuvvetinin betona aktarılması aşamasıdır. Transfer mukavemeti betona öngerilim kuvvetini aktarırken betonun bu kuvveti ezilmeden, aşırı deformasyonlara uğramadan karşılması gereken mukavemettir. Transfer mukavemet değerinin beton basınç mukavemet değerinin % 70- % 80'i civarında olmasında fayda vardır.

Beton mukavemeti transfer değerine ulaştıktan sonra boşaltma işlemine başlanır. Boşaltma hidrolik boşaltma aleti ile yapılabildiği gibi ellede yapılabilir. Bu işlem sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli husus, öngerilmeli betona her bir halattaki öngerilim kuvvetini eşit miktarlarda ve eşit zaman periyotlarında aktarılmasını sağlamaktır.

Aksi taktirde öngerilmeli kirişin kısa bir sürede olsa dengesiz yüklenmesine ve istenmeyen yanıl schime neden olu nabilir.

Boşaltma işlemine, elle yapılıyorsa her iki gerilim mesnetinden de aynı zamanda başlanmasında fayda vardır. Bu öngerilmeli kiriş kalıbının da gerilim yatağı üzerinde hareketini azaltarak çelik kalıbın zarar görmesine engel olur.

Boşaltma işlemine başlamadan önce transferin istenilen şekilde yapıldığının kontrolü için öngerilim toronları yatak üzerinde bulunan sabit bir nokta (genellikle emniyet levhası) hizasından boyanmak suretiyle işaretlenmelidir. Transfer işlemi bittikten sonra öngerilim toronlarının sabit noktadan ne kadar uzaklaştığı kontrol edilir. Bu kontrolde toronların birbirine göre hareketlerine de bakmak gereklidir. Eğer toronların birinde veya birkaçında kaçma varsa kaçma olan toronlardaki öngerilim kuvveti beton kesite tam veya yeterince aktarılmamış demektir. Bu durumda eleman verilen proje yüklerine

göre yükleme testine alınmalıdır.

Transfer sırasında ve sonunda öngerilmeli kiriş arzu edilen bir ters sehim verir. Öngerilmeli kirişin ters sehiminin gözle kontrolü da transferin sağlıklı yapılabildiği hakkında da bir fikir verebilir. Bu kontrol daha önceki tecrübeler ve göz alışkanlığına dayalıdır.

A.Ş. nçe belirtilen bir köprü kirişinin B5 50 betonundan alınan numunelerin A.C.I 214-77 ye göre karakteristik dayanımları hesaplanarak değerlendirilmeleri yapılmıştır. Kullanılan B5 50 betonunun bileşimi aşağıda verilmiştir.

| KUM (Kg) | I. KUMU (Kg) | K. ZIRPA (Kg) | ÇİMENTO (Kg) | SU (Kg) |
|----------|--------------|---------------|--------------|---------|
| 0-7 | 6-12 | 12-18 | PC 400 | |
| 260 | 170 | 130 | 122 | 59 |

$$W/C = 59/122 = 0,48$$

| Küp No | 28 günlük Maks. Dayanım (kg/cm ²) | Küp No | 28 günlük Maks. Dayanım (kg/cm ²) |
|--------|--|--------|--|
| 1 | 532 | 16 | 520 |
| 2 | 525 | 17 | 515 |
| 3 | 520 | 18 | 510 |
| 4 | 515 | 19 | 505 |
| 5 | 510 | 20 | 500 |
| 6 | 505 | 21 | 495 |
| 7 | 500 | 22 | 490 |
| 8 | 495 | 23 | 485 |
| 9 | 490 | 24 | 480 |
| 10 | 485 | 25 | 475 |
| 11 | 480 | 26 | 470 |
| 12 | 475 | 27 | 465 |
| 13 | 470 | 28 | 460 |
| 14 | 465 | 29 | 455 |
| 15 | 460 | 30 | 450 |

4.6 Betonun Basınç Mukavemeti Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi.

Betonun basınç mukavemetlerinin değerlendirilmesi, üretilen betonun kalitesi ve istenilen mukavemetlerde elde edilip edilmediğinin bilinmesi açısından önemlidir.

Bu nedenle FE-GA Üngerilmeli Beton Sanayii A.Ş. nde üretilen bir köprü kirişinin BS 50 betonundan alınan numunelerin A.C.I 214-77 ye göre standart sapmaları hesaplanarak değerlendirilmeleri yapılmıştır. Kullanılan BS 50 betonunun bileşimi aşağıda verilmiştir.

| BS 50 | | | | |
|----------|-------------|-------------|-------------|--------|
| KUM (Kg) | İ.KIRMA(Kg) | K.KIRMA(Kg) | ÇİMENTO(Kg) | SU(Kg) |
| 0-7 | 6-12 | 12-18 | PÇ 400 | |
| 260 | 190 | 130 | 149 | 59 |

$$W/C = 59/149 = 0,396$$

| Küp No | 28 günlük Mukav.Silindr(Kg/cm ²) | Küp No | 28 gnl.Muk. Silindr.(KG/cm ²) |
|--------|--|--------|---|
| 1 | 532 | 16 | 525 |
| 2 | 525 | 17 | 568 |
| 3 | 525 | 18 | 525 |
| 4 | 525 | 19 | 614 |
| 5 | 575 | 20 | 537 |
| 6 | 532 | 21 | 537 |
| 7 | 525 | 22 | 614 |
| 8 | 584 | 23 | 525 |
| 9 | 591 | 24 | 525 |
| 10 | 614 | 25 | 591 |
| 11 | 614 | 26 | 584 |
| 12 | 614 | 27 | 532 |
| 13 | 568 | 28 | 491 |
| 14 | 568 | 29 | 515 |
| 15 | 591 | 30 | 584 |

| 28 Günlük Muk. | | 28 Günlük Muk. | |
|----------------|-------------------------------|----------------|------------------------------|
| Küp No | Silnr. (Kg./Cm ²) | Küp no | Silnr. (Kg/cm ²) |
| 31 | 584 | 39 | 584 |
| 32 | 568 | 40 | 537 |
| 33 | 525 | 41 | 535 |
| 34 | 568 | 42 | 537 |
| 35 | 584 | 43 | 530 |
| 36 | 591 | 44 | 530 |
| 37 | 575 | 45 | 537 |
| 38 | 532 | 46 | 537 |
| | | | + 25604 |

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{25604}{46} = 556.60 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{(x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2)}{n} - \bar{x}^2}$$

$$S = 32.52 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 1.28$$

$$f_{cm} = 500 + 1.28 \times 32.52 = 541.62 \text{ kg/cm}^2$$

$$V = \frac{S}{\bar{x}} \times 100$$

$$V = \% 5.8$$

SONUÇ : A C I 214 - 77 'ye göre standart sapma değeri

" 25 - 35 " ile belirlenen sınırlar içinde kaldığından (= 32,52) BS50 betonu mukavemet yönünden çok iyi niteliktedir.

5. BUHAR KÜRÜ YOLUYLA NORMAL PORTLAND ÇİMENTOSUNUN MUKAVEMET DEĞİŞMELERİNİN İNCELENMESİ

Çimento, tür, bileşim, hidratasyon ısı, incelik ve dozajla buhar kürü uygulanmasını etkileyen faktörlerin başında gelir.

Literatür 8 Türk Portland ve katkılı çimentolarına muhtelif kür sıcaklığı ve süresinin etkilerini incelemiştir.

Bu çalışmada incelenen çimento tipleri, Ankara çimentosu, Afyon Tip II çimentosu, Niğde traslı çimento ve Ankara çimentosu içine % 25 nispetinde katılan Tunçbilek uçucu küllü çimentodur. Bu çimentoların kimyasal ve fiziksel özelliklerinin bilinmesi deney sonuçlarının değerlendirilmesinde yararlı olacağı için aşağıda verilmiştir.

ANKARA ÇİMENTOSU

| <u>Kimyasal Özellikleri</u> | | <u>Fiziksel Özellikleri</u> | |
|----------------------------------|--------|-----------------------------|-------------------------|
| % SiO ₂ | = 22,8 | Özgül Ağırlık: | 3.15 g/cm ³ |
| % Al ₂ O ₃ | = 6,0 | İncelik (Blaine): | 2680 cm ² /g |
| % Fe ₂ O ₃ | = 2,8 | C ₃ S | = 35 |
| % CaO | = 63,6 | C ₂ S | = 39 |
| % MgO | = 1,4 | C ₃ A | = 11 |
| % SO ₃ | = 2,3 | C ₄ AF | = 8 |
| % G.M.B | = 2,6 | | |
| % K.K | = 1,4 | | |

ANKARA ÇİMENTOSU İÇİNE % 25 NİSPETİNDE KATILAN

AFYON TİP II ÇİMENTOSU

| <u>Kimyasal Özellikleri</u> | | <u>Fiziksel Özellikleri</u> | |
|----------------------------------|--------|-----------------------------|---------------------------|
| % SiO ₂ | = 20.8 | Özgül Ağırlık | : 3.12 g/cm ³ |
| % Al ₂ O ₃ | = 6.8 | İncelik (Blaine) | : 2840 cm ² /g |
| % Fe ₂ O ₃ | = 3.3 | C ₃ S | = 34 |
| % CaO | = 61.2 | C ₃ A | = 10 |
| % MgO | = 3.3 | C ₂ S | = 34 |
| % SO ₃ | = 2.2 | C ₄ AF | = 10 |
| % K.K | = 1.3 | | |
| % G.M.B | = 1.6 | | |

NIĞDE TRASLI ÇİMENTO

| <u>Kimyasal Özellikleri</u> | | <u>Fiziksel Özellikleri</u> | |
|----------------------------------|--------|-----------------------------|---------------------------|
| % SiO ₂ | = 31.0 | Özgül Ağırlık | = 3.03 gr/cm ³ |
| % Al ₂ O ₃ | = 12.9 | İncelik (Blaine) | = 3050 cm ² /g |
| % Fe ₂ O ₃ | = 2.5 | | |
| % CaO | = 49.4 | | |
| % MgO | = 1.7 | | |
| % SO ₃ | = 2.5 | | |
| % K.K | = 1.6 | | |
| % G.M.B | = 28.6 | | |
| % Tras (Tkr.) | = 27 | | |

ANKARA ÇİMENTOSU İÇİNE % 25 NİSPETİNDE KATILAN
TUNÇBİLEK UÇUCU KÜLÜ

| <u>Kimyasal Özellikleri</u> | | <u>Fiziksel Özellikleri</u> | |
|----------------------------------|--------|-----------------------------|---------------------------|
| % SiO ₂ | = 56.3 | Özgül Ağırlık | = 2.01 gr/cm ³ |
| % Al ₂ O ₃ | = 21.9 | İncelik(Blaine) | = 3750 cm ² /g |
| % Fe ₂ O ₃ | = 10.2 | | |
| % CaO | = 2.9 | | |
| % MgO | = 4.9 | | |
| % S | = 0.2 | | |
| % K.K | = 3.6 | | |

Bu araştırmada kum TS 33 standartlarına uygun olarak kullanılmıştır. Çimento/ kum oranı 1/3, su/çimento oranı 1/2 olan harçlar hazırlanmıştır. Kullanılan malzemeler iyice karıştırıldıktan sonra 2 inç x 2 inç'lik bronz kalıplara sıkıştırılarak yerleştirilmiştir. Bu numuneler onbeş dakika sonunda istenilen nem ve sıcaklığa ayarlanabilen bir kür odasına konulmuştur.

Araştırmanın Yapılışı

Araştırma 5 kısımda yapılmıştır.

5.1 Araştırmanın yapılışı

Araştırma 5 kısımda yapılmıştır.

5.1.1 Kür Sıcaklığı İle Mukavmet Artışı

Bu kısımda Ankara normal portland ve kumla daha evvel bahsedilen karışım oranlarında harçlar hazırlanmıştır. Bu numuneler % 100 rölatif rutubette ve 20 °C, 30°C, 40°C, 50°C 60°C, 70°C, sıcaklıkta ve 2,4,6,20,24 saatlik sürelerde küre tabi tutulmuş ve bu süreler dışında numuneler pres altında kırılarak mukavemetler bulunmuştur. Elde edilen değerler

Tablo 5.1'de görülmektedir.

| KÜR SÜRESİ | MUKAVEMETLER % R ₂₈ OLARAK | | | | | |
|------------|---------------------------------------|------|------|------|------|------|
| | 20°C | 30°C | 40°C | 50°C | 60°C | 70°C |
| 2 SAAT | - | - | - | 1 | 2 | 3 |
| 4 SAAT | - | - | 3 | 8 | 16 | 18 |
| 6 SAAT | - | 3 | 9 | 14 | 23 | 26 |
| 20 SAAT | 1 | 18 | 26 | 37 | 49 | 45 |
| 24 SAAT | 2 | 21 | 31 | 40 | 51 | 48 |

Tablo 5.1

5.1.2 Kür Sıcaklığının Nihayi Mukavemet Etkisi

Yukarıdaki şekilde hazırlanmış harç numuneleri aynı kür sıcaklığı ve süreleri sonunda kür odasından alınarak 20°C , % 100 rölatif rutubette bir odada 28 güne kadar bekletilerek muhtelif kür sıcaklıklarının nihayi mukavemete etkisi incelenmiştir.

| HARCIN YAŞI (GÜN) | KÜR SÜRESİ (SAAT) | MUHTELİF SICAKLIKLARDA %R ₂₈ | | | | |
|-------------------|-------------------|---|------|------|------|------|
| | | 30°C | 40°C | 50°C | 60°C | 70°C |
| 28 | 2 | 98 | 95 | 94 | 93 | 93 |
| 28 | 3 | 95 | 93 | 92 | 91 | 85 |
| 28 | 4 | 93 | 92 | 88 | 88 | 83 |
| 28 | 6 | 89 | 87 | 85 | 79 | 79 |

Tablo 5.2

5.1.3 Kür Sıcaklığının Çeşitli Çimento Tiplerine Etkisi

Bu maksatla tip II, traslı ve uçucu küllü çimentolar alınmış 50^o, 60^o, 70^oC sıcaklık ve 2,4,6,20 ve 24 saat kür süreleri sonunda mukavemetleri incelenmiştir. (Tablo 5.3, 5.4, 5.5).

NIĞDE TRASLI ÇİMENTO $R_{28} = 209 \text{ kg/cm}^2$

| HARCIN YAŞI (SAAT) | MUHTELİF SICAKLIKLARDA | | |
|-------------------------|------------------------|-------------------|-------------------|
| | 50 ^o C | 60 ^o C | 70 ^o C |
| 2 | - | - | 2.3 |
| 4 | 33 | 3.8 | 19 |
| 6 | 10 | 11 | 28 |
| 20 | 40 | 49 | 62 |
| 24 | 51 | 59 | 65 |

Tablo 5.3

AFYON TİP II ÇİMENTOSU $R_{28} = 285 \text{ kg/cm}^2$

| HARCIN YAŞI (SAAT) | MUHTELİF SICAKLIKLARDA % R_{28} | | |
|-----------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------|
| | 50 ^o C | 60 ^o C | 70 ^o C |
| 2 | 0.7 | 1.5 | 2.3 |
| 4 | 2.3 | 5 | 9.8 |
| 6 | 5.6 | 11 | 24 |
| 20 | 48 | 54 | 63 |
| 24 | 60 | 70 | 72 |

Tablo 5.4

ANKARA ÇİMENTOSU + % 25 UÇUCU KÜL $R_{28} = 248 \text{ Kg/cm}^2$

| HARCIN YAŞI (SAAT) | MUHTELİF SICAKLIKLARDA % R_{28} | | |
|-----------------------|-----------------------------------|------|------|
| | 50°C | 60°C | 70°C |
| 2 | - | - | 1 |
| 4 | 4 | 5 | 9 |
| 6 | 7 | 10 | 13 |
| 20 | 31 | 52 | 57 |
| 24 | 37 | 60 | 62 |

Tablo 5.5

5.1.4 Küre Tabii Tutulmadan Evvel Bekleme Süresinin Mukavemete Etkisi

Deney için hazırlanmış numuneler kür odasına konulmadan 15,30,45,60 dakika bekletilmiş daha sonra kür odasına konularak 60°C ve % 100 rölatif rutubette 4 saat bekletildikten sonra, 20°C, % 100 rölatif rutubetli bir ortamda 7 gün bekletilmiş, bu süre sonunda kırıldığında en iyi mukavemet kürden evvel bir saat bekletilmiş numunelerle elde edilmiştir.

5.1.5 Nem Yüzdesinin Mukavemete Etkisi

1 Kısımda bahsedilen şekilde hazırlanmış numuneler 50°, 60°, 70°C sıcaklıkta ve % 50, % 70, % 90 rutubetli kür odasında 4 saat bekletildikten sonra pres altında kırılmış en iyi neticeler her sıcaklık için % 90 rutubetle elde edilmiştir.

5.2 Araştırmanın Sonuçları

Bu denemeler ve literatür araştırmaları neticesinde

ortaya çıkan sonuçlar şöyle değerlendirilebilir.

1) Buhar kürü beton imaline geçilmeden önce fiziksel (bilhassa incelik) ve kimyasal (C_3A , C_3S , C_2S ve C_4AF , serbest kireç) özellikleri gözönüne alınarak çimentolar arasında seçim yapılmalıdır. Eğer bu çimentolar suni ve tabii puzolanlarla birlikte kullanılacaksa, puzolanların da incelik ve puzolanik aktivitelerinin istenen seviyede olması gerekir.

2) Seçim yapılırken en düşük C_3A 'lı çimento seçilmeli, bu iş için asla alüminli çimentolar kullanılmamalıdır. Eğer çimento fazla serbest kireç ihtiva ediyorsa mutlaka bir puzolanlarla birlikte kullanılmalıdır.

3) C_3Si yüksek çimentolar, ilk günlerde iyi sertleşme gösterdiklerinden buhar kürü için tercih edilmelidir.

4) Çok yüksek nihayi mukavemet istendiği takdirde $4000 \text{ cm}^2/\text{g}$ blaine inceliğinde çimento kullanılmalıdır.

5) Su/çimento oranı mümkün olduğu kadar düşük tutulmalıdır.

6) Çimento hidratasyon reaksiyonlarının (hidroliz, çözülme) buhar kürü süresine rastlamaması için beton dökümünden sonra bir süre bekletilmeli ve daha sonra küre tabii tutulmalıdır.

Yapılan deneyler göstermiştir ki kürden evvel bekleme süresi en az 1 saat olmalıdır. Kürden evvel bekletilmemiş olan betonlar buhar kürü sırasında uygun sertleşme yapamamaktadırlar, dolayısıyla mukavemetlerde düşmeler beton içinde arzu edilmeyen gerilmeler meydana gelmektedir. Bu mahsurlar beton yüksek sıcaklıkta süratle ısıtılırsa daha da artmaktadır. Bu bakımdan buhar kürünün tedrici olarak artan sıcaklıklarda uygulanması gereklidir. Aynı zamanda kür süreleri sona eren betonlar ani soğutulmadan kaçınılmalı, tedrici olarak soğutulmalıdır.

7) Bu çalışmaların sonucunda en iyi kür sıcaklığının 50°C - 60°C sıcaklıklar olduğu görülmüştür. 50°C 'ın altında kür süresinin uzun olması icabetmekle 60°C üstünde ise nihayi mukavemetler gittikçe düşme göstermektedir. Üstelik bir li-

mitten sonra sıcaklığın sertleşmeye bir etkisi yoktur. Nitekim sıcaklık 90°C 'a çıkarıldığında sertleşmede bir değişme olmadığı görülür. Yüksek sıcaklığın nihayi mukavemete fena etkisi daha çok C_3A_1 yüksek portland çimentolarında olmaktadır. Cüruf aktif silisli yani puzolanlı çimentolar sıcaklık 95°C 'a çıkırsa dahi zararlı etkileri azaltıcı rol oynamaktadırlar.

Düşük kür sıcaklıklarında nihayi mukavemetteki kayıp hissedilir derecede az olmaktadır.

8) Çabuk priz alan yani C_3A s₁ ve C_3S_1 '₁ yüksek olan çimentolarda optimum sertleşme hızını elde etmek için kür sıcaklığı 50°C in altında olmalıdır. Buna karşılık puzolanlı çimentolarla $\text{C}_3\text{A}'_1$ düşük olan tip II çimentosunda daha yüksek ($60^{\circ}-70^{\circ}\text{C}$) kür sıcaklıkları daha iyi sonuçlar vermiştir. Dolayısıyla buhar kürü ile beton imalinde puzolan (bilhassa uçucu kül) kullanılması halinde yüksek sıcaklıktan ileri gelen mukavemet düşüklüğü önleneceği için büyük avantaj sağlanmış olur.

6. BETON KATKI MADDELERİ

Katkı maddeleri su, agrega ve çimento dışında betonlara çok düşük miktarlarda katılan organik ve inorganik maddelerdir. Bunların kullanılması beton üretimi için zorunluluk taşımaz. Fakat kullanımları ile taze ve sertleşmiş beton özelliklerini iyileştirmek mümkün olmaktadır.

Katkı maddeleri konusunda aşağıdaki genel bilgileri ve değerlendirmeleri göz ardı etmemekte yarar vardır.

1) Katkı maddeleri sihirli maddeleri değildir. Kurallarına uygun olarak üretilmeyen kötü bir betonu katkı kullanılarak iyileştirmek imkansızdır.

2) Katkı maddeleri her çimento, her agrega türü ve granülometrisi için olumlu sonuç vermeyebilir. Belki katkı miktarını arttırmak, azaltmak gerekebilir. Bu bakımdan katkının eldeki diğer malzemelerle uyumu önceden deneylerle araştırılmalıdır.

3) Pazarlayıcı tarafından önerilen yüzdeler her hale uygulanabilir değerler değildir. Katkı dozajı ön deneylerle araştırılmalıdır.

4) Katkı maddelerinin ana fonksiyonları yanında daima ikincil etkileri de vardır. Bir özellik düzeltilirken diğer özelliği bozmak da olasıdır.

5) Bazı durumlarda birden fazla katkı maddesi birlikte kullanılır. Bunların uyumları, birbirinin etkilerini bozmadıkları kanıtlanmalıdır.

Katkıları, oluşturdukları etkiler ve fonksiyonlar açısından sınıflandırmak en çok uygulanan bir yöntemdir. RİLEM (Uluslar arası Malzeme ve Yapı Laboratuvarları Birliği) tarafından önerilen sınıflandırmaya göre katkı maddeleri ;

1) Taze betonun reolojik özelliklerini değiştiren katkı maddeleri.

a) Akışkanlandırıcı plastifiyanlar

b) Su tutucu plastifiyanlar

- 2) Priz ve Sertleşmeyi Etkileyen Katkı Maddeleri
 - a) Priz hızlandırıcı katkıları
 - b) Priz geciktirici katkıları
 - 3) Beton Hava İçeriğini Değiştiren Katkıları
 - 4) Betonların fiziksel ve mekanik özelliklerini artıran katkıları
 - 5) Betonun Kimyasal Etkilere dayanıklılığını etkileyen katkıları.
 - 6) Betona ek nitelik Kazandıran katkıları.
- olmak üzere 6 sınıfta toplanabilir.

Fakat konumuz gereği; prefabrikasyonda genellikle uygulanan hızlandırılmış kür maliyetini düşürmesi, çimento dozajını en aza indirmesi, işlenebilirliği artırarak vibrasyon süresini azaltması ve her türlü çimento ile erken dayanım kazandırması gibi özelliklerinden dolayı " Taze betonun Reolojik Özelliklerini Değiştiren katkı maddeleri" nden " Akışkanlaştırıcı Plastifiyanlar " ele alınacaktır.

6.1 Beton Üretiminde Süper Akışkanlaştırıcı Kullanımı

Süper Akışkanlaştırıcılar

- Sülfonatlı naftalin formaldehid bazlı
- Sülfonatlı melamin formaldehid bazlı olmak üzere çoğunlukla iki ana yapı sergilerler.

İstenilen bazı özelliklerin sağlanması amacıyla bu bileşimlere başka kimyasal maddeler eklenebilir. Örneğin formaldehid bazlı akışkanlaştırıcılara genellikle lignosülfat eklenir.

Yukarıda sözü edilen her iki akışkanlaştırıcı da klorid ihtiva etmez.

Söz konusu süper akışkanlaştırıcılar çeşitli gereksinimlere hizmet amacıyla hava yüzdesini artıran, prizi hızlandıran veya geciktiren diğer katkı malzemeleri ile birlikte de

kullanılabilir. Örneğin süper akışkanlaştırıcının, karışıma, hava yüzdesini artıran katkı malzemesinden önce homojen bir şekilde verilmesi optimum bir hava boşluklu beton elde edilmesini sağlar. (9).

Süper akışlaştırıcı dozajı ve su azaltma miktarı, beton karışımına, çimento tipine, birlikte kullanılan diğer katkı maddelerine ve amaca göre çimento ağırlığının % 0,3 ile % 3'ü arasında değişebilmektedir. Genellikle yapımcı firmanın tavsiyesi, öndökümlü, öngerilmeli ve çimento miktarı fazla betonlar için, hazır beton, yerinde dökme karışımlardan daha etkili olmaktadır.

Aşırı dozlarda kullanıldığında erken dayanımı geciktirme, ileriki dayanımları düşürme, beton suyunun ayrışmasına ve segregasyona neden olma gibi problemler ortaya çıkabilmektedir.

Süper Akışkanlaştırıcı Kullanımının Avantajları ve Dezavantajları

6.1.1 Avantajları

- Hızlandırılmış, kür uygulamasında yakıt miktarı, kür sıcaklığı ve süresi minimuma düşürür.
- Yüksek beton dayanımları elde edilir.
- Çimento dozajında % 20 'e varan indirim sağlanır.
- Beton döküm periyodları minimuma indirilerek, kalıpların kullanım devirleri artırılır.
- Her çeşit çimento ile yüksek dayanım sağlanır.
- İşlenebilirlik artar.
- Betonun yerleşmesi için geçen süre azalır.
- Betona erken dayanım kazandırılır.
- Düşük su/çimento oranında geçirimsizlik sağlanır.
- Zor dökülen yapısal şekillerin dökümü kolaylaştırılır.
- Öngerilmeli elemanlarda erken transfer sağlanır.
- Karışım suyu azaldığından rötre azalır.
- Hava kabarcık ve gözeneklerini en aza indirir.

6.1.2 Dezavantajlar

- İlave katkı maliyeti
- Bazı durumlarda hızlı beton çökme kaybı,
- Kontrolsüz vibrasyon sonucunda segregasyon bozuklukları olarak özetlenebilir.

Söz konusu avantajlardan önemli bir kaçı aşağıda özetlenmiştir.

Hızlandırılmış Kür ve Enerji Tasarrufu :

Hızlandırılmış kür maliyeti, kür sıcaklığı ve süresi ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Optimum kür periyodu maksimum kür sıcaklığında, yine optimum ilk priz dayanımının elde edilmesiyle sağlanır. Deneylerle tespit edilecek optimum bir kür uygulaması ile süper akışkanlaştırıcı kullanılan betonlar daha çabuk ve yüksek dayanım kazanırlar.

Eğer karışımlardaki çimento sabit tutulur, karışım suyu azaltılırsa daha düşük kür sıcaklığında, örneğin 35^o-40^oC daha kısa kür sürelerinde istenilen dayanıma ulaşılır. Bu durumda kür süresinde % 40'a varan tasarruf sağlanabilmektedir.

6.1.3 Çimento Dozajı

İstenilen beton dayanımı ve işlenebilirliği daha az miktarda çimento ile elde edilebilmektedir. Çimento miktarı azaldığında, işlenebilirliğin sabit tutulabilmesi için ince agrega miktarında % 5-15 gibi bir artma ve kaba agrega miktarlarında bir azalma gerekebilecektir.

6.1.4 Çeşitli Çimentoların Kullanılması

Yüksek erken ve ileri beton dayanımının sağlanması için genellikle yüksek mukavemetli portland çimentosu kullanılmaktadır.

Süper akışkanlaştırıcı kullanılan bir karışımda dayanım normal mukavemetli portland çimentosu ilede 12-18 saat sonunda % 60 artabilmektedir. Bunun için çimento karakteristikleri aşağıda verilmiştir.

| | | | | |
|---|------|----|-----|-----|
| 2 | 0,27 | 72 | 668 | 797 |
| 3 | 0,27 | 72 | 743 | 933 |
| 4 | 0,25 | 88 | 770 | 872 |
| | | 71 | 766 | 720 |

Süper akışkanlaştırıcı dozajına göre Beton Dayanımları
(Çökme : 8 cm / 1 cm.)

Karakteristik : C₃S - Tri Kalsiyum silikat
Önerilen Miktar : % 55 in üzeri, tercihen % 60

Karakteristik : C₃A - Tri kalsiyum Alüminat
Önerilen miktar : % 8 üzerinde C₃A içeren çimentolar süper akışkanlaştırıcıyı absorbe ederek daha fazla dozda akışkanlaştırıcıyı gerektirirler. % 0-6 arasında C₃A içeren çimentolar için daha az katkı kullanılır.

Karakteristik : Çimento inceliği
Önerilen miktar : Erken dayanım artışı, çimento incelidikçe hızlanır. Çimento inceliği için 4500-5000 cm²/gr (blaine) veya yükseği tercih edilir.

| Çimento Tipi | Katkı dozajı % Çimento Ağırlığı | Çökme (cm) | 12 saatlik basınç day. Kg/cm ² | | |
|--------------|------------------------------------|------------|--|------|------|
| | | | 22°C | 44°C | 66°C |
| YPC | 0 | 5,0 | 110 | 250 | 275 |
| YPC | 1,2 | 4,5 | 170 | 370 | 390 |
| NPC | 0 | 5,0 | 35 | 122 | 160 |
| NPC | 1,2 | 7,0 | 40 | 190 | 280 |

| Katkı Dozajı | W/C (%) | NPC Çimnt. Kg/m ³ | Çökme (mm) | Silindir Dayanımı (kg/cm ²) | |
|--------------|---------|---------------------------------|------------|---|--------|
| | | | | 7 GÜN | 28 GÜN |
| 0 | 0,42 | 400 | 95 | 352 | 508 |
| Normal | 0,40 | | 80 | 462 | 627 |
| 2 misli | 0,37 | | 92 | 519 | 700 |
| 3 " | 0,34 | | 96 | 632 | 735 |
| 4 " | 0,32 | | 98 | 659 | 781 |
| 0 | 0,37 | 500 | 88 | 474 | 642 |
| Normal | 0,35 | | 75 | 562 | 747 |
| 2 misli | 0,32 | | 70 | 715 | 829 |
| 3 " | 0,30 | | 93 | 724 | 842 |
| 4 " | 0,27 | | 95 | 732 | 879 |
| 0 | 0,33 | 600 | 78 | 602 | 681 |
| Norm. | 0,32 | | 72 | 668 | 757 |
| 2 misli | 0,29 | | 72 | 743 | 953 |
| 3 " | 0,27 | | 88 | 770 | 872 |
| 4 " | 0,25 | | 71 | 786 | 920 |

Süper akışkanlaştırıcı dozajına göre Beton dayanımları
(çökme : 8 cm F 1 cm.)

6.1.5 İşlenebilirlik

Bir öndöküm beton uygulamasında beton çökme miktarının tesbiti, yerleştirme ve beton dayanımının saptanması açısından önem taşımaktadır.

6.1.6 Düşük ve Orta Çökmeli Betonlar

Süper akışkanlaştırıcı kullanılan bu tür betonların karışım hesabı ve yerleştirme teknikleri normal katkılı betonlar gibidir. 5 cm ve daha az çökmeli betonlar, kolon, kazık, öngerilmemiş beton elemanlarda, 5-10 cm. orta çökmeli betonlar öngerilmeli elemanlarda ve 10 cm. üstünde çökmeli akıcı betonlar dar kesitler ve sık donatılı elemanlarda kullanılır. Düşük ve orta çökmeli betonlarda süper akışkanlaştırıcı kullanıldığında yerleştirme çok kolaylaşmaktadır.

| Sulfonat Naftalin Formaldehid Bazlı Süper Akışkanlaştırıcı Doz = 500 Kg. Katkı Dozajı = % 1 | Sulfonat Melamin Formaldehid Bazlı Süper Akışkanlaştırıcı Doz = 500 Kg. Katkı Dozajı = % 2 |
|---|--|
| Su/çimento Çökme Miktarı (cm) | Su/çimento Çökme miktarı (cm) |
| 0,35 3 | 0,35 2 |
| 0,37 6 | 0,37 3 |
| 0,38 7 | 0,38 5 |
| 0,39 12 | 0,39 7 |
| 0,40 18 | 0,40 11 |

Betoya Süper Akışkanlaştırıcı Deneyi

| Karot alınan Yer (*) | Katkı Cinsi (kg/cm ³) | Çökme (cm) | W/O | Hava Yüzde | Silindir Daynm. kg/cm ² | |
|----------------------|-----------------------------------|------------|------|------------|------------------------------------|--------|
| | | | | | 28 Gün | 11 Yıl |
| Betonarme Duvar | 0 | 21 | 0,61 | 1,2 | 319 | 454 |
| | Spr. Akşkanlaştırıcı | 22 | 0,53 | 1,6 | 355 | 548 |
| | Normal Akışkanlaştırıcı | 18 | 0,53 | 2,5 | 314 | 524 |
| Betonarme Döşeme | 0 | 16 | 0,61 | 1,0 | 312 | 411 |
| | Süper Akışkanlaştırıcı | 18 | 0,52 | 1,2 | 332 | 428 |
| | Normal Akışkanlaştırıcı | 17 | 0,52 | 1,2 | 346 | 411 |

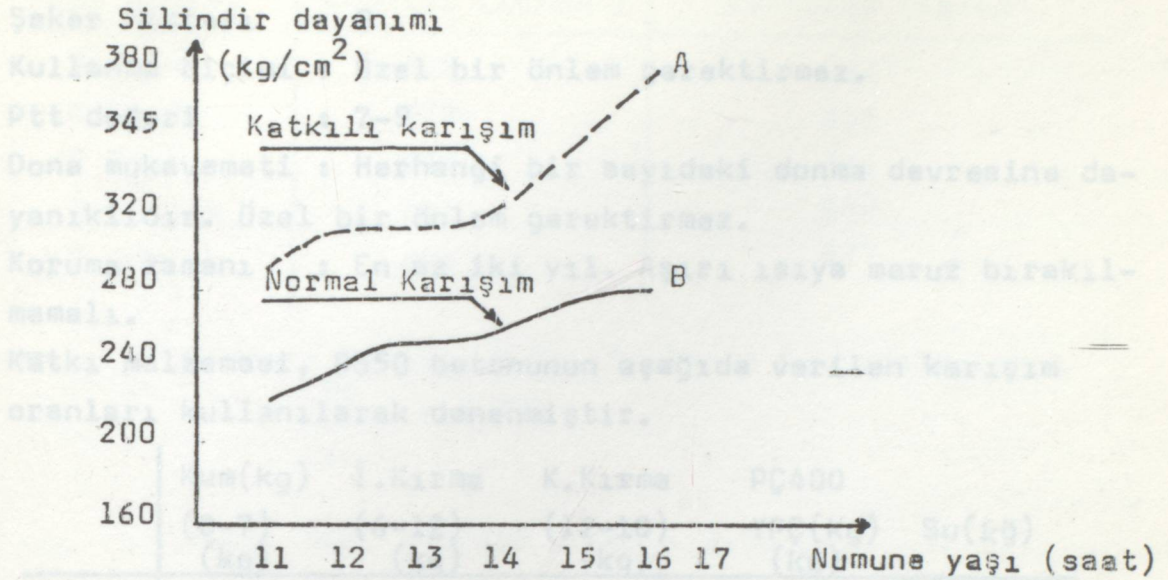
Normal Akışkanlaştırıcı lignosülfanat bazlıdır.

(*) Karotlar Wakayama'da (Japonya) bir laboratuvar binasından alınmıştır.

Süper akışkanlaştırıcı kullanılmasının getirdiği ekonomi çok miktardaki yabancı ülke ve az sayıda yerli uygulamalarla kanıtlanmış bulunmaktadır. Ancak yine de bunun sihirli bir malzeme olmadığına bilinmesi ve uygulamasının sürekli laboratuvar testleri ve kalite kontrol ile takibi gerekmektedir. Katkı malzemesinin karışıma mümkün olduğu kadar otomatik bir sistemle girmesi sağlanarak aşırı ve eksik doz uygulamasına yol açılmamalıdır.

Gerekli yerleştirme ve sonlama işlemleri ile istenilen dayanım açısından düşük ve orta çökmeli betonlarda ince agrega miktarı testlerle tesbit edilmelidir.

Kür uygulamasında da yine ideal süre-sıcaklık-verimlilik ilişkisi testlerle saptanmalıdır.



| Malzeme | A Karışımı | B Karışımı |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Çimento | 335 kg/M ³ | 365 kg/M ³ |
| Kaba Agrega | % 56 | % 60 |
| Süper akışkanlaştırıcı | 0,94 | 0,0 |
| (% çimento ağırlığı) | | |

6.2 Deneysel Uygulama 1

Süper akışkanlaştırıcı ve priz hızlandırıcı bir katkı malzemesi 60°C lik bir kür sıcaklığında ve fabrika üretim koşullarında denenerek 3 saat, 6 saat, 8 saat, 3 gün, 7 günlük mukavemet değerleri silindir dayanımına göre kg/cm² cinsinden bulunmuştur.

Katkı Malzemesi : Yerli üretim bir katkı maddesi

Teknik Tarifi :

Esas işlevi : Beton süper akışkanlaştırıcı

Yan işlevi : Beton priz hızlandırıcı

Görüntüsü : Berraktan hafif sütlüye kadar sulandırılmış.

Sölüsyonda içerdiği katı maddeler : Yaklaşık % 20

Yoğunluk : 1,1 gr/cm³
 Klor Miktarı : % 0,005 den az.
 Şeker Miktarı : 0
 Kullanma biçimi : Özel bir önlem gerektirmez.
 Ptt değeri : 7-9
 Donma mukavemeti : Herhangi bir sayıdaki donma devresine dayanıklıdır. Özel bir önlem gerektirmez.
 Koruma zamanı : En az iki yıl. Aşırı ısıya maruz bırakılmamalı.

Katkı malzemesi, BS50 betonunun aşağıda verilen karışım oranları kullanılarak denenmiştir.

| | Kum(kg) (0-7) (kg) | İ.Kırma (6-12) (kg) | K.Kırma (12-18) (kg) | PÇ400 YPÇ(kg) (kg) | Su(kg) |
|------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------------------|--------|
| BS50 | 260 | 190 | 130 | 149 | 59 |

$$1) W/C = 59/149 = 0,396$$

$$\text{Katkı miktarı} = \% 1,5 \text{ katkı mad.} \times \text{çimento mik. (kg)} \\ = 0,015 \times 149 = 2,235 \text{ kg.}$$

Slump = 0

| Kür Süresi | (kg/cm ²) | |
|------------|-----------------------|--------------------------------|
| | Katkılı | Katkısız (kg/cm ²) |
| 3 saat Kür | 320 | 292 |
| 6 saat Kür | 364 | 335 |
| 8 saat kür | 438 | 394 |
| 3 Günlük | 489 | - |
| 7 günlük | 504 | - |

2) Su miktarı 8 Kg. azaltılarak 51 Kg.'a düşürülmüştür.
(Katkılı karışımda)

$$\frac{W}{C} = \frac{51}{149} = 0,342$$

$$\text{Katkı Mad.} = 0,015 \times 149 = 2,235 \text{ Kg.}$$

$$\text{Slump} = 0$$

| Kür Süresi | Silindir Day. Katkılı (kg/cm ²) | Silindir Daynm. Katkısız (Kg/cm ²) |
|------------|--|---|
| 3 Saat | 307 | 292 |
| 6 Saat | 379 | 335 |
| 8 Saat | 409 | 394 |
| 3 Günlük | 481 | 463 |
| 7 Günlük | 496 | 477 |

3) Çimento Miktarı 9 Kg, Su ise 4 Kg, azaltılarak

$$W/C = \frac{55}{140} = 0,392$$

Katkı Mik. = 0,015 x 140 = 2100 Gr.

| Kür Süresi | Katkılı BS50 Silindir Dayanımı (kg/cm ²) |
|------------|---|
| 3 Saat | 190 |
| 6 Saat | 277 |
| 8 Saat | 309 |
| 3 Gün | 329 |
| 28 GÜN | 438 |

Denemeler sonucunda kullanılan katkı maddesinin 3,6,8 saatlik mukavemetleri % 10 civarında yükselttiği, fakat betonun işlenebilme özelliği üzerinde bir etki yapmadığı saptanmıştır.

6.3 Deneysel Uygulama 2.

Dr. Alfred Kern ve Jörg Reichert müştereken melamin sınıfının özel bir türü olan süper plastikleştirici madde üzerinde teknik bir araştırma yapmış ve bu araştırmalarını, Betonwerk - Fertigteil Technick mecmuasının Kasım 1987 tarihli sayısında : " Prefabrike beton üretiminde süper plastikleştiricilerin ekonomik ve teknik üstünlükleri " başlığı altında yayınlamışlardır.

Teknik araştırmaların önünde iki ana faktör hakimdir.

1) Üretim sürecinin kısaltılması.

2) En az masrafla en yüksek kaliteye ulaşmak.

Araştırmacılar bu iki hedefe, betona muhtelif oranlarda katkı maddeleri karıştırarak, erişilebileceğini saptamaya çalışmışlardır. Ortaya çıkan neticeler oldukça ileri düzeyde ümit vericidir.

Kullanılan polimer, süper plastikleştirici melamin bazlı bir süper akışkanlaştırıcıdır. İki araştırmacı, hedeflerinin üç ana grupta toplamışlardır.(9).

1) Taze betonun (ıslak beton) kalitesini yükseltmek (Üretim sürecinde sabit S/Ç oranı bazında taze betonun plastikliğini, kıvamını muhafaza etmek)

2) Sertleşmiş (yaşlanmış) betonun kalitesini yükseltmek (taze betonun çalışabilirliğini bozmadan karıştırma su - yunda azami indirimi sağlamak)

3) Kabul edilebilir ticari ve teknik özellikleri zedelemeyen (dozajı) optimize etmek.

Bu çalışmalarda ;

1 Doz katkı maddesi süper plastikleştirici çimento ağırlığının % 1,5 gr. olarak kabul edilmiştir. (100 Gr. çimento için 15 Gr. süper plastikleştirici)

İki araştırmacı yaptıkları labaratuvar deneyleri sonucunda S/Ç oranını değiştirmeden : 1 Doz Süper plastikleştirici beton kıvamını bir derece yükseltmiştir.

- Beton katı kıvamdan plastik kıvama,

- Beton plastik kıvamdan katı kıvama yükselmiştir.

2 Doz Süper plastikleştirici beton kıvamını 2 derece,

3 Doz süper plastikleştirici beton kıvamını 3 derece

yükselttiğini saptamışlardır.

Sabit kıvam için terside doğrulanmıştır.

Bir örnek olarak :

% 3 süper plastikleştirici (2 doz) karışımı ile değişmeyen plastik kıvamda % 20 su indirimli beton karışımı ile yapılan yükleme deneylerinde

- 1 gün sonunda betonun basınç direnci katkısız beton (adi beton) direncinin iki misline çıkmıştır.

- 3 gün sonunda betonun basınç direnci katkısız betonun (adi beton) 28.gün direncine erişmiştir.

- 28.gün direnci kullanılan çimento cinsine göre katkısız beton (adi beton) direncinin % 25 - % 85 daha üstüne çıkmıştır.

6.3.1 Uygulama Neticeleri

Prefabrike beton elemanlar üretilmesinde süper plastikleştiricilerin uygulama alanı sınırsızdır.

Öngerilmeli betonlarda en önemli faktör, betonun kısa sürede erken dirence ve aderansa erişmesi ve 28.günde 40-60 N/mm² (400-600 kg/cm²) dayanıma sahip olabilmesidir. Deneyde 40 ton ağırlığında öngerilmeli bir eleman kullanılmıştır.

S/Ç oranı % 40 olarak düşünölmüş % 1,7'lik süper plastikleştirici kullanılmıştır. Deneyde yumuşak kıvamda kolay çalışabilir bir beton hazırlanmıştır. (% 1,7'lik Süper plastikleştirici karışımı bu kıvam için hesaplanmıştır.) 350 dozlu normal portland çimentosu ile 28 günde 63 N/mm² (630 kg/cm²) erişildiği saptanmıştır. Öngerilme için gerekli olan 40 N/mm² dayanıma hiç ısıtma uygulanmadan (sıcak çevre nedeni ile) iki günde erişilmiştir.

Çok sıcak mevsimlerde hiç ısıtıcı kullanılmadan 18 saat içerisinde, süper plastikleştirici karışimli betonların dayanımlarınının 40 N/mm²'ye eriştiği gözlenmiştir. Bu uygulama ile öngerilmeli beton üreten tesislerin sağladığı ekonomik tasarrufu şöyle özetleyebiliriz.

- Enerjiden tasarruf (soğuk mevsimlerde ısıtma giderlerinde % 50 tasarruf, sıcak mevsimde ise ısı uygulamasınının tamamen terk edilmesi)

- İşçilikten tasarruf (buhar kürü yerini otomatik çalışan sıcak havalı üretim alanlarına bırakabilir.)

- Çimentodan daha iyi yararlanma (çimento kullanımı beher M³ beton için 32 Kg. azaltılabilir.)

- Beton yüzeyleri, daha akışkan beton nedeni ile daha düzgün çıkmakta, ek tamirata gerek duyulmamaktadır.

7. ISIL İŞLEMİN ve KATKI MADDELERİNİN BASINÇ MUKAVEMETİ ve RÖTREYE ETKİSİ

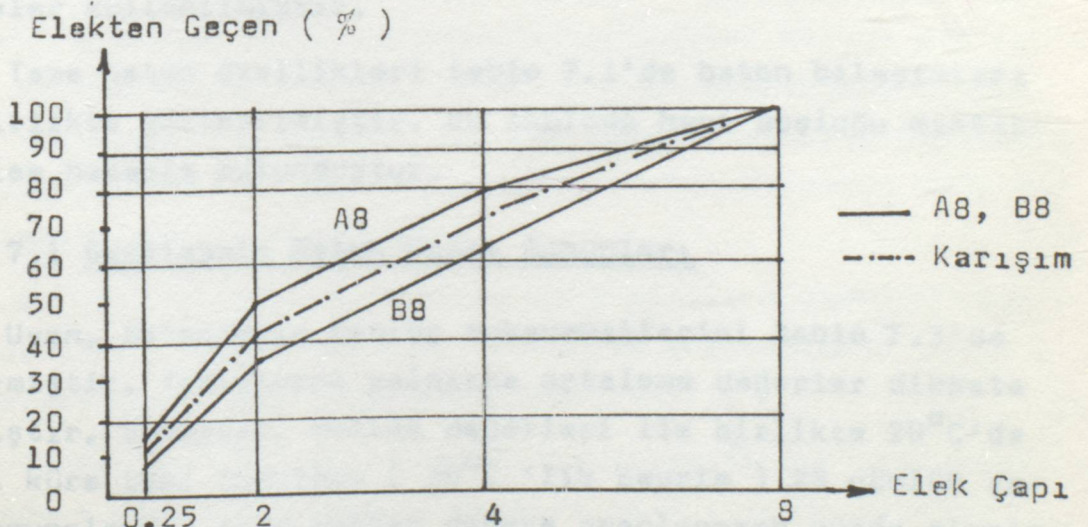
Isıl işlemin ve katkı maddelerinin basınç mukavemetini ve rötreyi ne şekilde etkilediğini belirlemek amacıyla yapılan bir deneysel araştırma ve sonuçları (11) ayrıntılı biçimde aşağıda verilecektir.

Uyan yaptığı çalışmalarda üç tür priz hızlandırıcı ile akışkanlaştırıcı bir katkı maddesini denemiştir. Priz hızlandırıcı katkı maddeleri ve özellikle kalsiyum klorür öngerilmeli betonlarda kullanılmamakla beraber burada katkı maddeleri ve ısı işlemin birlikte etkilemesi durumu da inceleneceğinden ele alınacaktır.

Priz hızlandırıcılar kalsiyum klorür ve sodyum alüminat esaslı katkı maddeleri ile saf haldeki sodyum hidroksittir. Akışkanlaştırıcı katkı maddesi ise sodyum linyo sülfonat esaslı bir ticari üründür.

Çalışmada katkılı portland çimentosu KPÇ kullanılmıştır. Toplam çevirim süresi 22 saat ve işlem sıcaklığı 20°C (normal kür), 40°C, 55°C ve 70°C olan 4 ısı işlemleri uygulanmıştır.

Üretilen beton numunelerinin karışım agregalarının granülometri eğrisi DIN 1045 Alman şartnamesine göre (A8-B8) eğrileri arasında kalacak şekilde saptanmıştır.



Şekil 7.1 Karışım Agregasının Granülometrik Eğrisi.

Katkı yüzdeleri katkısız beton mukavemetine göre en fazla artış sağlayan yüzdeler dikkate alınarak A katkısı için % 3; sodyum hidroksit için % 2; B katkısı için % 4 ve akışkanlaştırıcı C katkısı için % 0,4 oranında kullanılmıştır.

C katkısı ile üretilen betonun şahit beton ile aynı kıvamı vermesi istendiğinden su miktarında azaltma yapılarak su/çim. oranı 0,46 değerine inmiştir.

Uyan; kalıplara yerleştirdiği betonun üstünü cam plakalarla kapattıktan sonra numuneleri sıcaklığı $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ve rutubeti % 78 \pm % 3 olan klima odasına taşımıştır. Numuneler ısıtma işlemi uygulanana kadarki ön bekleme süresi boyunca burada tutulmuşlardır. Isıtma işlemi bitmesinden sonra numuneler tekrar klima odasına alınarak kalıplarından sökülmüş ve burada deney gününe kadar saklanmıştır.

Rötre numuneleri ise ısıtma işlemi bitmesinden sonra klima odasına konularak sıcaklığı $19^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, rutubeti % 59 - % 65 arasında değişen başka bir ortamda saklanmışlardır.

Uygulanan ısıtma işlemi çevrimlerinin tümünde ön bekleme süresi 4 saat, ısıtma hızı $1^{\circ}\text{C}/\text{saat}$ olup, toplam çevrim süresi 22 saattir. Isıtma işlemi çevrimlerinin ısıtma sıcaklıkları ve süreleri şekil 7.2'dedir.

Basınç mukavemetleri $7 \times 7 \times 28$ Cm'lik numunelerden yararlanılarak saptanmış rötre deneylerinde ise $4 \times 4 \times 16$ cm boyutlu numuneler kullanılmıştır.

Taze beton özellikleri tablo 7.1'de beton bileşimleri ile birlikte gösterilmiştir. Bu tabloda hava boşluğu miktarları ise hesapla bulunmuştur.

7.1 Sertleşmiş Beton Deney Sonuçları

Uyan, betonların basınç mukavemetlerini tablo 7.3'de göstermiştir. Tablolarda yalnızca ortalama değerler dikkate alınmıştır. Sonuçlar, mutlak değerleri ile birlikte 20°C 'de normal küre tabii tutulmuş (20°C 'lik çevrim) 28 günlük şahit numunelerden elde edilen değere oranlanarak yüzde cinsinden de verilmiştir. Parantez içindeki sayılar bu yüzdeleri

ifade ediyor.

Betonların kısa süreli basınç deneyleri sonunda elde edilen mekanik özellikleri tablo 7.2'dedir. Sonuçlar ortalama değerlerdir.

7.2 Basınç Mukavemeti ile İlgili Yapılan Çalışma Sonuçları

1) Isıl işlem görmüş şahit numunelerde ilk günde 20°C ye oranla sağlanan mukavemet artışı ileri yaşlarda da devam edebilmektedir. Bu durum numunelerin saklandığı ortam şartlarına da bağlıdır. Ortaya çıkan bu sonuç çoğu araştırmacıların bulgularıyla çelişkili gibi gözükmemektedir. Bazı araştırmacılara göre ısıl işlem ilk yaşlarda mukavemeti artırmasına karşılık ileri yaşlardaki mukavemeti 20°C ye oranla düşürmektedir. Mukavemetteki bu azalmanın nedeni olan yapısal bozukluklar (hidratasyon ürünlerinin heterojen dağılımı, artan kristalleşme ve porozite gibi) ve fiziksel kusurlar "E. Üztekin" in çalışmasında ayrıntılı olarak incelenmiştir. Yapılan çalışmadan ortaya çıkan sonucun literatür bulgularıyla çelişkisi, araştırmalarda numunelerin su içinde tutulmuyup, havada saklandıklarının belirtilmesiyle açıklanabilir. Yani ısıl işlem görmüş numunelerin uzun sürede de 20°C ye göre mukavemet artışı göstermelerinin nedeninin, numunelerin saklandığı ortam şartları olduğu söylenebilir. Nitekim "ACI Comitte 517, Low Pressure Steam Curing" 'de bu hususa değinilerek, pratikte ekseriye betonların rutubet kütüne pek az maruz kalmalarından dolayı, buhar kütünün avantajının, daha düşük sıcaklıklarda sürekli rutubet kütüne tutulmuş betonlara göre değerlendirilen avantajlarından önemli derecede daha büyük olabileceğini belirtmiştir.

2) Priz hızlandırıcılardan CaCl esaslı A katkısı ısıl işlemde olumlu sonuç verirken, erken ve geç yaşlarda şahit numunelere göre mukavemeti arttırmaktadır.

3) Baz karakterinde priz hızlandırıcılardan olan NaOH ile sodyum alüminat esaslı B katkısı ısıl işlemde olumsuz

sonuç göstererek mukavemetlerin düşmelerine neden olmaktadır.

4) Bu duruma karşılık söz konusu bu katkılar 20°C de kür halinde, literatürde bilinen bulguların tersine araştırmada kullanılan çimentonun KPÇ çimentosu olması nedeniyle ileri yaşlarda şahit değerlere oranla yüksek mukavemetler vermektedir.

5) Akışkanlaştırıcı olan linyo sülfonat esaslı C katkısı, çimentonun hidratasyon yeteneğini artırma ve dağıtma etkisi gösterme yoluyla etkin olarak bütün çevrimlerde mukavemetleri ilgi çekici oranlarda arttırmaktadır.

Akışkanlaştırıcı katkıları çimentonun dağılımını iyileştirerek (betonun homojenliğini iyileştirerek) ve yoğurma suyunu azalttıklarından ayrışmayı (segregasyon) sınırlandırarak ek bir yarar sağlarlar. Suyu azalttıklarından ısı işlem sırasında ısının daha üniform şekilde dağılmasını sağlarlar.

6) Ancak C katkısının etkinliği yüksek sıcaklıklarda azalmaktadır.

7.3 Rötire Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve İrdelenmesi

1) 20°C'lik normal kür halinde bütün katkıları rötreyi arttırmaktadır. Rötire değerleri 90.günde, şahit numunede % 126 iken; A,B,NaOH ve C katkılı numunelerde sırasıyla % 179,4 ; % 237,2 ; % 165 ve % 141,9 değerlerine varmaktadır.

2) Isıl işlem uygulandığında, işlem sıcaklığı arttıkça, şahit numunelerin rötresi azalmaktadır.

3) Isıl işlem katkılı numunelerde de rötreyi azaltmaktadır. A,B ve C katkılı numunelerde rötire değerleri, şahit numunelerdeki gibi düşmektedir. NaOH katkılı numunelerde ise 70°C lik ısı işlem 55°C lik ısı işlemden daha yüksek rötire değerleri vermektedir.

4) 20°C ye göre rötire azalması, 90.günde, 70°C lik ısı işlem halinde şahit, A,B,C katkılı numunelerde sırasıyla % 36,8 % 45,2 , % 33, % 46,9 oranlarına ulaşmaktadır.

5) Isıl işlemler, A ve B katkılı numunelerin rötire değerlerinin şahit numune rötirelerine yaklaşmasına yol açmaktadır. A katkısı özellikle 55°C ve 70°C lik çevrimlerde şahit numunelerinkine çok yakın rötire değerleri vermektedir.

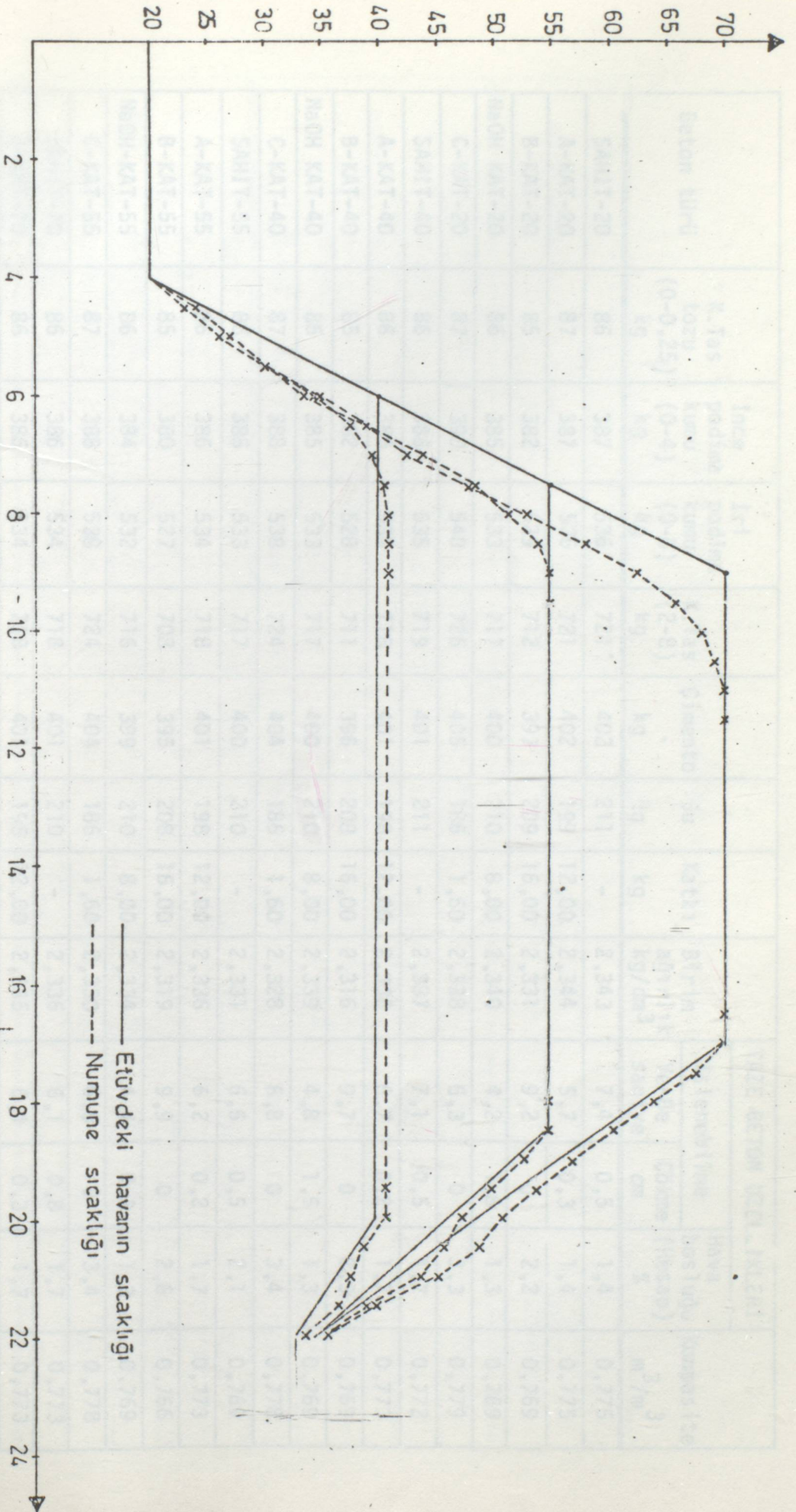
Bu sonuçlar, ısı işlemlerin söz konusu priz hızlandırıcılarla rötreyi arttırıcı yöndeki etkilerini azalttığını ortaya koymaktadır.

6) 20°C lik kür halinde, C katkılı numuneye ait rötire eğrisi, şahit numune eğrisinin üzerinde kalırken (şekil 4.27) ısı işlem hallerinde C katkılı numunelerin rötire değerleri şahit numune eğrilerinin altına düşmektedir. Bu bulgu; ısı işlemlerin akışkanlaştırıcı olan C katkısının rötreyi azaltıcı yönde etki göstermesine yol açtığını belirtmektedir.

7) Şahit, A ve C katkılı numunelerde rötire 20°C lik normal kür halinde 56.günden itibaren; ısı işlem hallerinde ise 28.günden itibaren sabitleşmeye başlamaktadır. (şekil 7.6., 7.7, 7.10)

Bu sonuçlar ısı işlemlerin söz konusu numunelerde rötrenin, nihai değerine erken yaşlarda yaklaşmasına neden olduklarını göstermektedir.

NaOH ve Sodyum alüminat esaslı B katkılı numunelerde ise ısı işlemlerin bu olumlu etkisi gözükmemektedir. (Şekil; 7.11, 7.9 ,)



Şekil: 7.2- Uygulanan ısıtma işlem çevrimleri

Tablo: 7.1 Şahit ve katkılı betonların bileşimleri (1m³ için) ve taze beton özellikleri

| Beton türü | K.Tas tozu (0-0,25) kg | İnce podima kumu (0-4) kg | İri podima kumu (0-8) kg | K.Tas (2-8) kg | Çimento kg | Su g | Katkı kg | Birim ağırlık kg/dm ³ | TAZE BETON ÖZELLİKLERİ | | | Kompasite m ³ /m ³ |
|-------------|------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------|------------|------|----------|----------------------------------|------------------------|------------------|-------|--|
| | | | | | | | | | İslenebilme | Hava boşluğu (%) | Hesap | |
| | | | | | | | | | Ve-Be saniye | Cökme cm | | |
| SAHİT-20 | 86 | 387 | 536 | 721 | 402 | 211 | - | 2,343 | 7,4 | 0,5 | 1,4 | 0,775 |
| A-KAT-20 | 87 | 387 | 536 | 721 | 402 | 199 | 12,00 | 2,344 | 5,7 | 0,3 | 1,4 | 0,775 |
| B-KAT-20 | 85 | 382 | 529 | 712 | 397 | 209 | 16,00 | 2,331 | 9,2 | 0 | 2,2 | 0,769 |
| NaOH KAT-20 | 86 | 385 | 533 | 717 | 400 | 210 | 8,00 | 2,340 | 4,2 | 1,6 | 1,3 | 0,769 |
| C-KAT-20 | 87 | 390 | 540 | 726 | 405 | 186 | 1,60 | 2,338 | 6,3 | 0 | 3,3 | 0,779 |
| SAHİT-40 | 86 | 386 | 535 | 719 | 401 | 211 | - | 2,337 | 7,1 | 0,5 | 1,7 | 0,772 |
| A-KAT-40 | 86 | 386 | 534 | 718 | 401 | 198 | 12,00 | 2,336 | 6,7 | 0,2 | 1,7 | 0,773 |
| B-KAT-40 | 85 | 382 | 528 | 711 | 396 | 208 | 16,00 | 2,316 | 9,7 | 0 | 2,3 | 0,769 |
| NaOH KAT-40 | 86 | 385 | 533 | 717 | 400 | 210 | 8,00 | 2,339 | 4,8 | 1,5 | 1,3 | 0,769 |
| C-KAT-40 | 87 | 388 | 538 | 724 | 404 | 186 | 1,60 | 2,328 | 6,8 | 0 | 3,4 | 0,778 |
| SAHİT-55 | 86 | 385 | 533 | 717 | 400 | 210 | - | 2,331 | 6,6 | 0,5 | 2,1 | 0,769 |
| A-KAT-55 | 86 | 386 | 534 | 718 | 401 | 198 | 12,00 | 2,336 | 6,2 | 0,2 | 1,7 | 0,773 |
| B-KAT-55 | 85 | 380 | 527 | 708 | 395 | 208 | 16,00 | 2,319 | 9,9 | 0 | 2,6 | 0,766 |
| NaOH-KAT-55 | 86 | 384 | 532 | 716 | 399 | 210 | 8,00 | 2,334 | 4,4 | 2,3 | 1,3 | 0,769 |
| C-KAT-55 | 87 | 388 | 538 | 724 | 404 | 186 | 1,60 | 2,330 | 6,6 | 0 | 3,4 | 0,778 |
| SAHİT-70 | 86 | 386 | 534 | 718 | 401 | 210 | - | 2,336 | 6,1 | 0,8 | 1,7 | 0,773 |
| A-KAT-70 | 86 | 386 | 534 | 718 | 401 | 198 | 12,00 | 2,335 | 6,4 | 0,3 | 1,7 | 0,773 |
| B-KAT-70 | 85 | 380 | 527 | 708 | 395 | 208 | 16,00 | 2,319 | 8,4 | 0 | 2,7 | 0,765 |
| NaOH-KAT-70 | 86 | 383 | 531 | 714 | 398 | 209 | 8,00 | 2,330 | 5,3 | 1,3 | 1,7 | 0,765 |
| C-KAT-70 | 87 | 390 | 539 | 726 | 405 | 186 | 1,60 | 2,334 | 6,8 | 0 | 3,4 | 0,778 |

Tablo: 7.2 Betonların 28 günlük mekanik özellikleri (*)

| Beton türü | Süreksizlik sınırı (N/mm ²) | Çözülme sınırı (N/mm ²) | Bastınc mukavereti (N/mm ²) | Bastınc mukavemetindeki birim kısalma ΔD | Elastiklik modülü (N/mm ²) | Süreksizlik Sınırı $\frac{\text{Bastınc muk.}}{\%}$ | |
|------------|---|-------------------------------------|---|--|--|---|------|
| 20°C | SAHİT | 16,8 (100) | 20,5 (100) | 21,0 (100) | 2638 (100) | 23042 (100) | 80,0 |
| | A-KAT | 17,0 (101,2) | 23,3 (113,7) | 25,0 (119) | 3103 (117,6) | 24310 (105,5) | 68,0 |
| | B-KAT | 15,2 (90,5) | 18,9 (92,2) | 19,6 (93,3) | 2730 (103,5) | 24610 (106,8) | 77,6 |
| | NaOH-KAT | 17,0 (101,2) | 20,7 (101,0) | 20,7 (98,6) | 2159 (81,8) | 29905 (129,8) | 82,1 |
| | C-KAT | 19,0 (113,1) | 26,6 (129,8) | 27,4 (130,5) | 2559 (97,0) | 28514 (123,7) | 69,3 |
| | SAHİT | 18,2 (108,3) | 22,2 (108,3) | 22,5 (107,1) | 2321 (89,0) | 25930 (112,5) | 80,9 |
| 40°C | A-KAT | 17,7 (105,4) | 25,1 (122,4) | 25,6 (121,9) | 2982 (113,0) | 24748 (107,4) | 69,1 |
| | B-KAT | 14,5 (86,3) | 18,9 (92,2) | 19,5 (92,9) | 2737 (103,8) | 23020 (99,9) | 74,4 |
| | NaOH-KAT | 15,2 (90,5) | 16,4 (80,0) | 16,5 (78,6) | 2259 (85,6) | 25823 (112,1) | 92,1 |
| | C-KAT | 20,5 (122,0) | 27,9 (136,1) | 28,3 (134,8) | 2217 (84,0) | 28304 (122,8) | 72,4 |
| | SAHİT | 18,2 (108,3) | 22,2 (108,3) | 22,5 (107,1) | 2321 (89,0) | 25930 (112,5) | 80,9 |

devamı arka sayfada



| 55°C | SAHIT | 17,9 (106,5) | 23,4 (114,1) | 23,9 (113,8) | 2446 (92,7) | 23196 (100,7) | 74,9 |
|----------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|------|
| | A-KAT | 19,6 (116,7) | 25,5 (124,4) | 25,8 (122,9) | 2524 (95,7) | 24198 (105,0) | 76,0 |
| B-KAT | 11,1 (66,1) | 14,4 (70,2) | 14,3 (70,5) | 3513 (133,2) | 19504 (84,6) | 75,0 | |
| NaOH-KAT | 12,2 (72,6) | 13,3 (64,9) | 13,3 (63,3) | 2271 (86,9) | 25386 (110,2) | 91,7 | |
| C-KAT | 20,0 (119,0) | 28,7 (140) | 29,4 (140) | 2610 (98,9) | 26314 (114,2) | 68,0 | |
| 70°C | SAHIT | 17,8 (106,0) | 23,2 (113,2) | 23,5 (111,9) | 2360 (89,5) | 24952 (108,3) | 75,7 |
| | A-KAT | 20,8 (123,8) | 26,1 (127,3) | 26,5 (126,2) | 2768 (104,9) | 25272 (109,7) | 78,5 |
| | B-KAT | 11,9 (70,8) | 15,5 (75,6) | 16,0 (76,2) | 3479 (131,9) | 19343 (83,9) | 74,4 |
| | NaOH-KAT | 11,1 (66,1) | 13,2 (64,4) | 13,2 (62,9) | 2627 (99,6) | 21703 (94,2) | 84,1 |
| C-KAT | 19,3 (114,9) | 27,7 (135,1) | 28,4 (135,2) | 2918 (110,6) | 24926 (108,2) | 68,0 | |

(*) Parantez içindeki değerler, 20°C lik normal küre tabii tutulmuş şahit numunelerden saptanan değere göre yüzdelerdir.

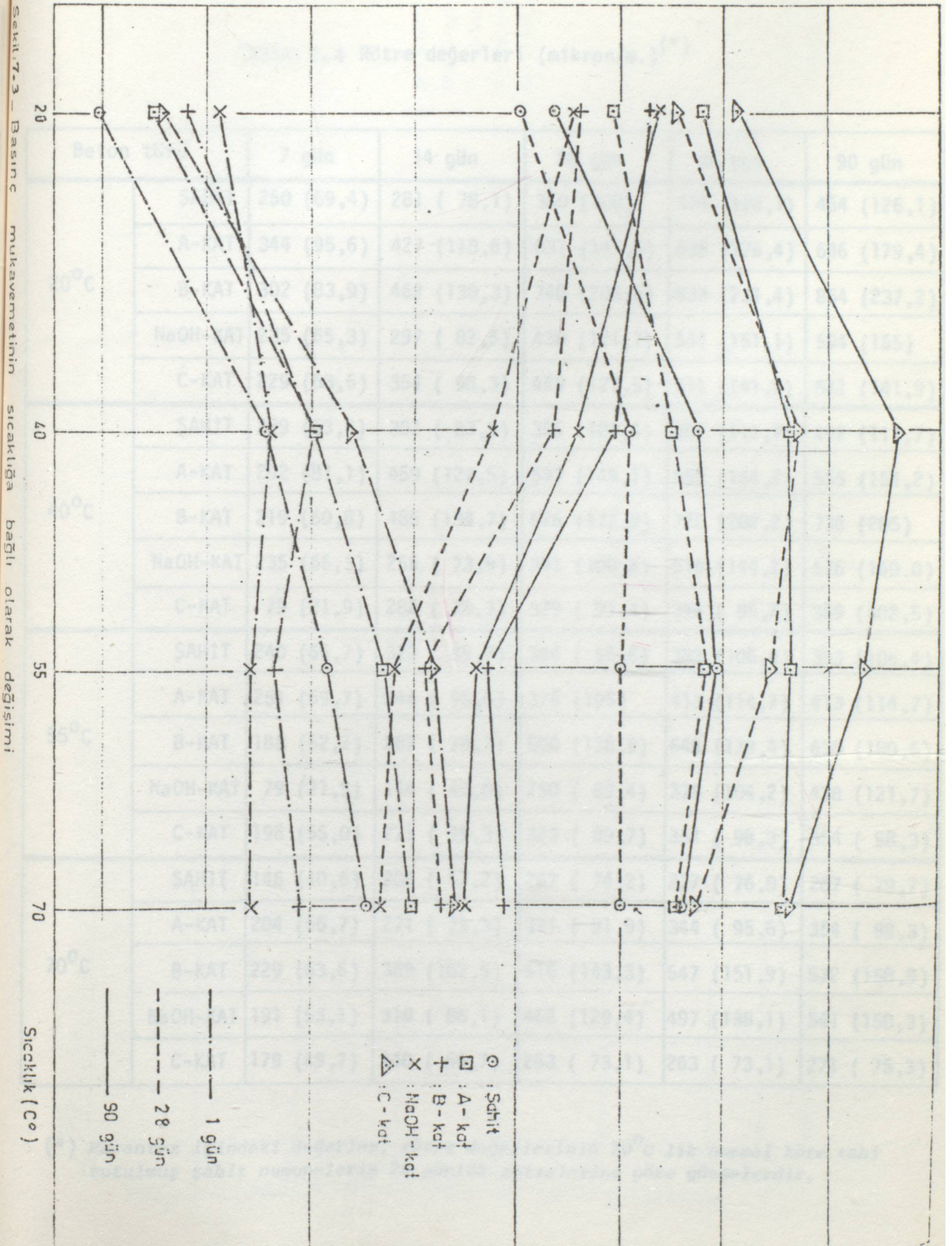
Tablo:7.3 Basınç mukavemeti değerleri (N/mm²)(*)

| Beton türü | | 1 gün | 28 gün | 90 gün |
|------------|----------|-------------|--------------|--------------|
| 20°C | ŞAHİT | 4,5 (18,9) | 23,8 (100) | 25,4 (106,7) |
| | A-KAT | 7,0 (29,4) | 28,1 (118,1) | 32,2 (135,3) |
| | B-KAT | 8,5 (35,7) | 26,5 (111,3) | 29,8 (125,2) |
| | NaOH-KAT | 10,0 (42,0) | 26,3 (110,5) | 30,0 (126,1) |
| | C-KAT | 7,4 (31,1) | 31,1 (130,7) | 33,9 (142,4) |
| 40°C | ŞAHİT | 12,1 (50,8) | 28,9 (121,4) | 32,1 (134,9) |
| | A-KAT | 14,3 (60,1) | 30,9 (129,8) | 36,2 (152,1) |
| | B-KAT | 14,1 (59,2) | 25,4 (106,7) | 28,2 (118,5) |
| | NaOH-KAT | 12,2 (51,3) | 22,5 (94,5) | 26,5 (111,3) |
| | C-KAT | 16,0 (67,2) | 36,6 (153,8) | 41,1 (172,7) |
| 55°C | ŞAHİT | 14,9 (62,6) | 28,5 (119,7) | 32,9 (138,2) |
| | A-KAT | 17,6 (73,9) | 32,4 (136,1) | 36,3 (152,5) |
| | B-KAT | 12,4 (52,1) | 19,4 (81,5) | 22,3 (93,7) |
| | NaOH-KAT | 11,4 (47,9) | 18,0 (75,6) | 21,8 (91,6) |
| | C-KAT | 19,9 (83,6) | 35,4 (148,7) | 39,6 (166,4) |
| 70°C | ŞAHİT | 16,7 (70,2) | 28,4 (119,3) | 31,4 (131,9) |
| | A-KAT | 18,7 (78,6) | 31,1 (130,7) | 36,0 (151,3) |
| | B-KAT | 13,6 (57,1) | 20,2 (84,9) | 23,1 (97,1) |
| | NaOH-KAT | 11,4 (47,9) | 17,4 (73,1) | 21,2 (89,1) |
| | C-KAT | 20,8 (87,4) | 32,0 (134,5) | 36,2 (152,1) |

(*) Parantez içindeki değerler, mukavemetlerin 20°C lik normal küre tabii tutulmuş şahit numunelerin 28 günlük basınç mukavemetlerine göre yüzdel.

Basınç mukavemeti (20°C-şahit-28 günlük mukavemetin yüzdesi)

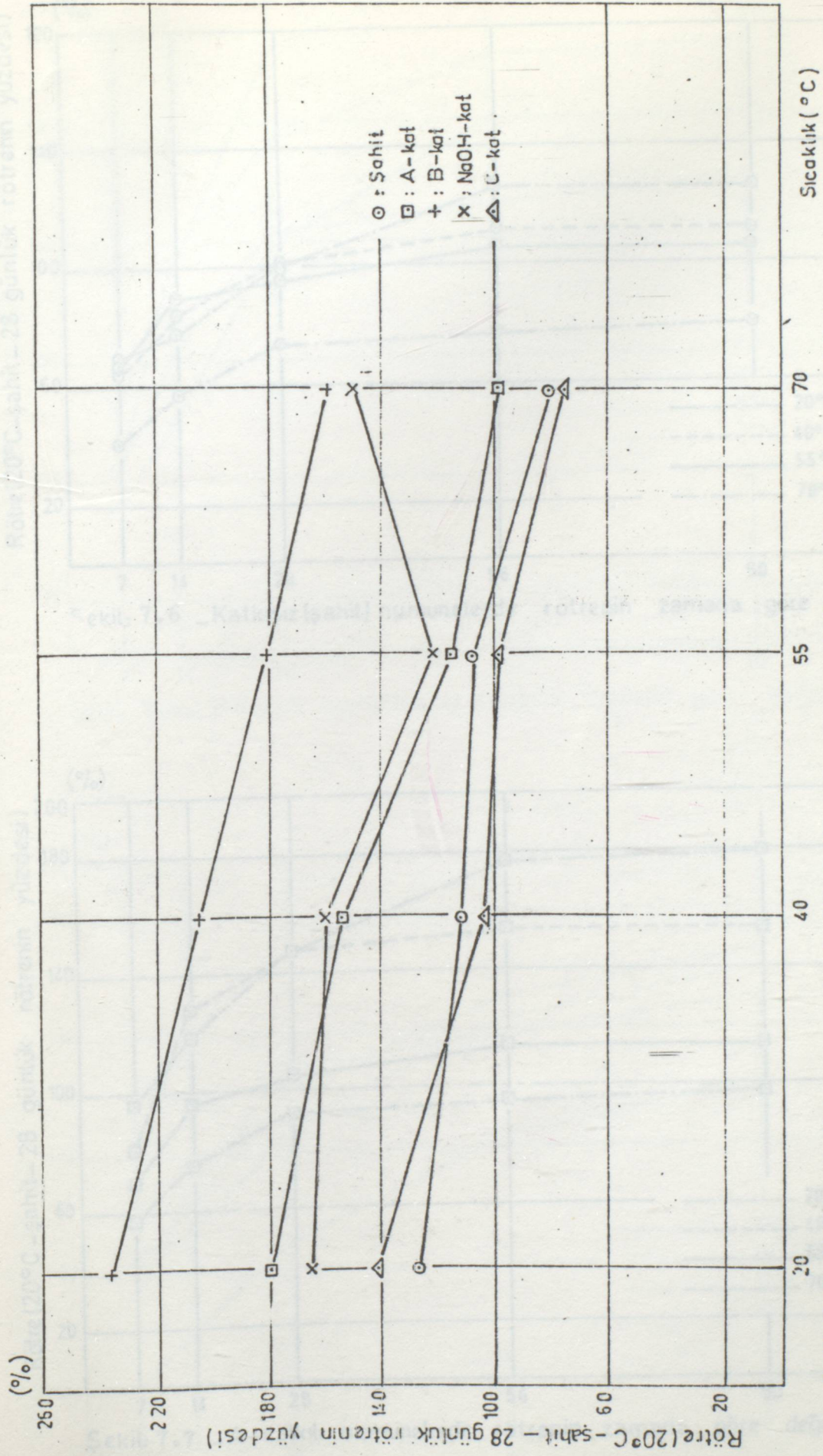
(%)



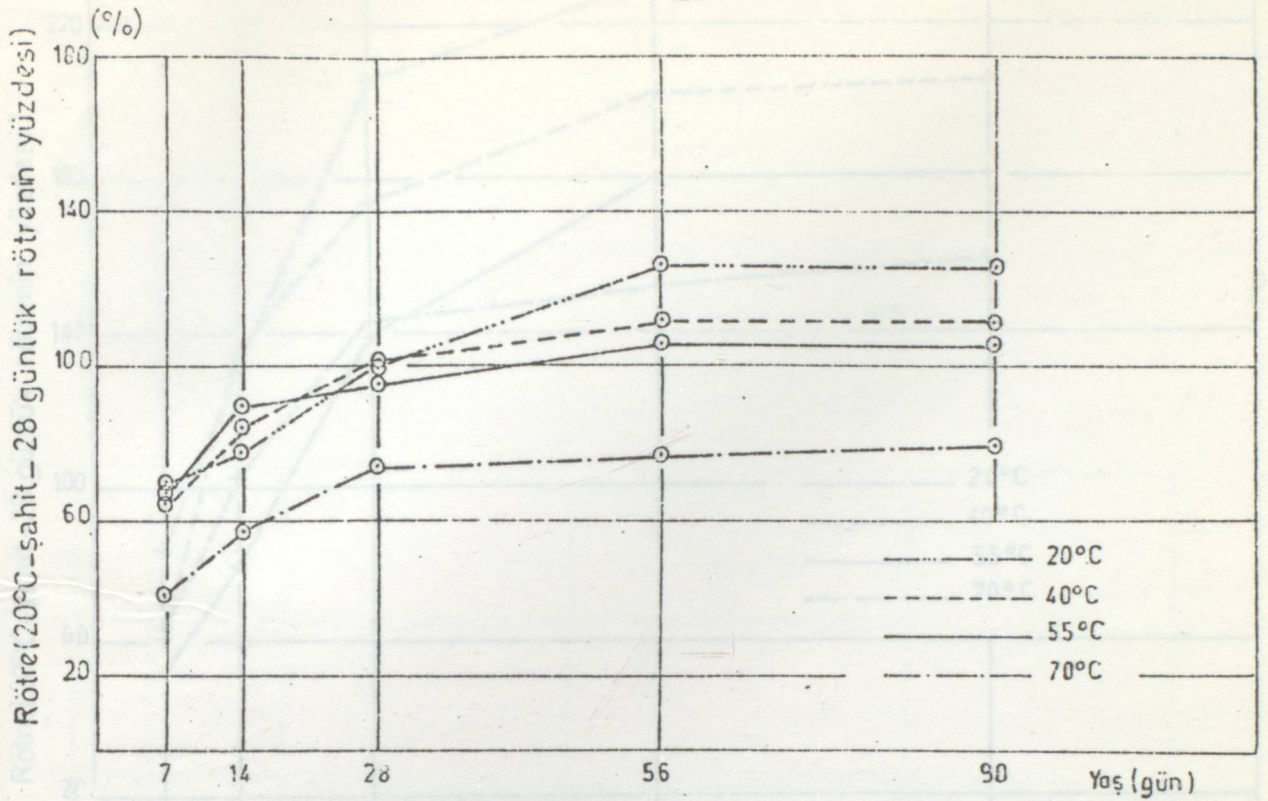
Tablo: 7.4 Rötire değerleri (mikron/m.)^(*)

| Beton türü | | 7 gün | 14 gün | 28 gün | 56 gün | 90 gün |
|------------|----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 20°C | ŞAHİT | 250 (69,4) | 281 (78,1) | 360 (100) | 454 (126,1) | 454 (126,1) |
| | A-KAT | 344 (95,6) | 427 (118,6) | 531 (147,5) | 635 (176,4) | 646 (179,4) |
| | B-KAT | 302 (83,9) | 469 (130,3) | 740 (205,6) | 833 (231,4) | 854 (237,2) |
| | NaOH-KAT | 235 (65,3) | 297 (82,5) | 438 (121,7) | 544 (151,1) | 594 (165) |
| | C-KAT | 229 (63,6) | 354 (98,3) | 459 (127,5) | 511 (141,9) | 511 (141,9) |
| 40°C | ŞAHİT | 229 (63,6) | 302 (83,9) | 365 (101,4) | 402 (111,7) | 402 (111,7) |
| | A-KAT | 292 (81,1) | 459 (127,5) | 533 (148,1) | 555 (154,2) | 555 (154,2) |
| | B-KAT | 219 (60,8) | 485 (134,7) | 626 (173,9) | 728 (202,2) | 738 (205) |
| | NaOH-KAT | 235 (65,3) | 266 (73,9) | 391 (108,6) | 519 (144,2) | 576 (160,0) |
| | C-KAT | 79 (21,9) | 282 (78,3) | 329 (91,4) | 344 (95,6) | 369 (102,5) |
| 55°C | ŞAHİT | 240 (66,7) | 323 (89,7) | 344 (95,6) | 383 (106,4) | 383 (106,4) |
| | A-KAT | 251 (69,7) | 344 (95,6) | 378 (105) | 413 (114,7) | 413 (114,7) |
| | B-KAT | 188 (52,2) | 287 (79,7) | 500 (138,9) | 646 (179,4) | 650 (180,6) |
| | NaOH-KAT | 79 (21,9) | 144 (40,0) | 250 (69,4) | 375 (104,2) | 438 (121,7) |
| | C-KAT | 198 (55,0) | 271 (75,3) | 323 (89,7) | 354 (98,3) | 354 (98,3) |
| 70°C | ŞAHİT | 146 (40,6) | 206 (57,2) | 267 (74,2) | 277 (76,9) | 287 (79,7) |
| | A-KAT | 204 (56,7) | 271 (75,3) | 331 (91,9) | 344 (95,6) | 354 (98,3) |
| | B-KAT | 229 (63,6) | 369 (102,5) | 516 (143,3) | 547 (151,9) | 572 (158,9) |
| | NaOH-KAT | 191 (53,1) | 310 (86,1) | 466 (129,4) | 497 (138,1) | 541 (150,3) |
| | C-KAT | 179 (49,7) | 240 (66,7) | 263 (73,1) | 263 (73,1) | 271 (75,3) |

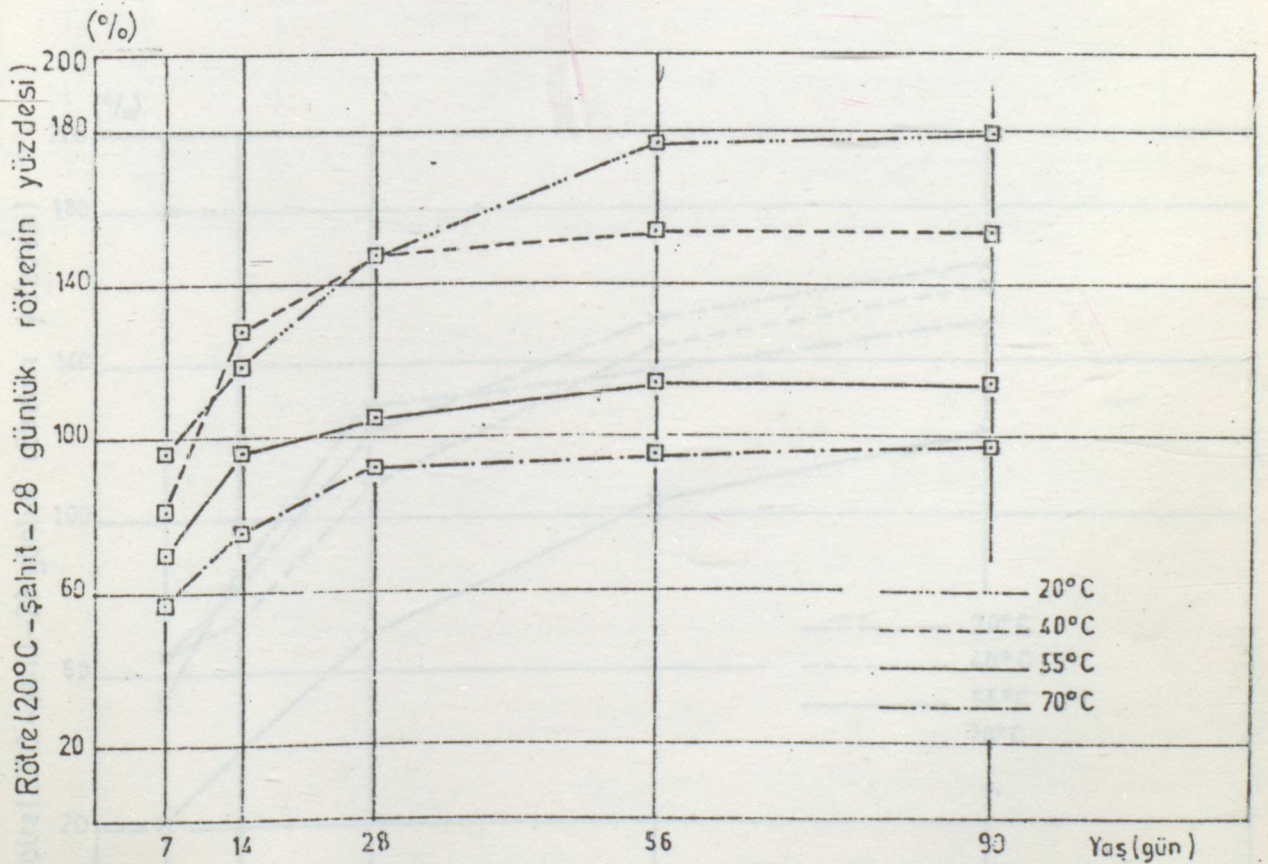
(*) Parantez içindeki değerler, rötire değerlerinin 20°C lik normal küre tabii tutulmuş şahit numunelerin 28 günlük rötirelerine göre yüzdelerdir.



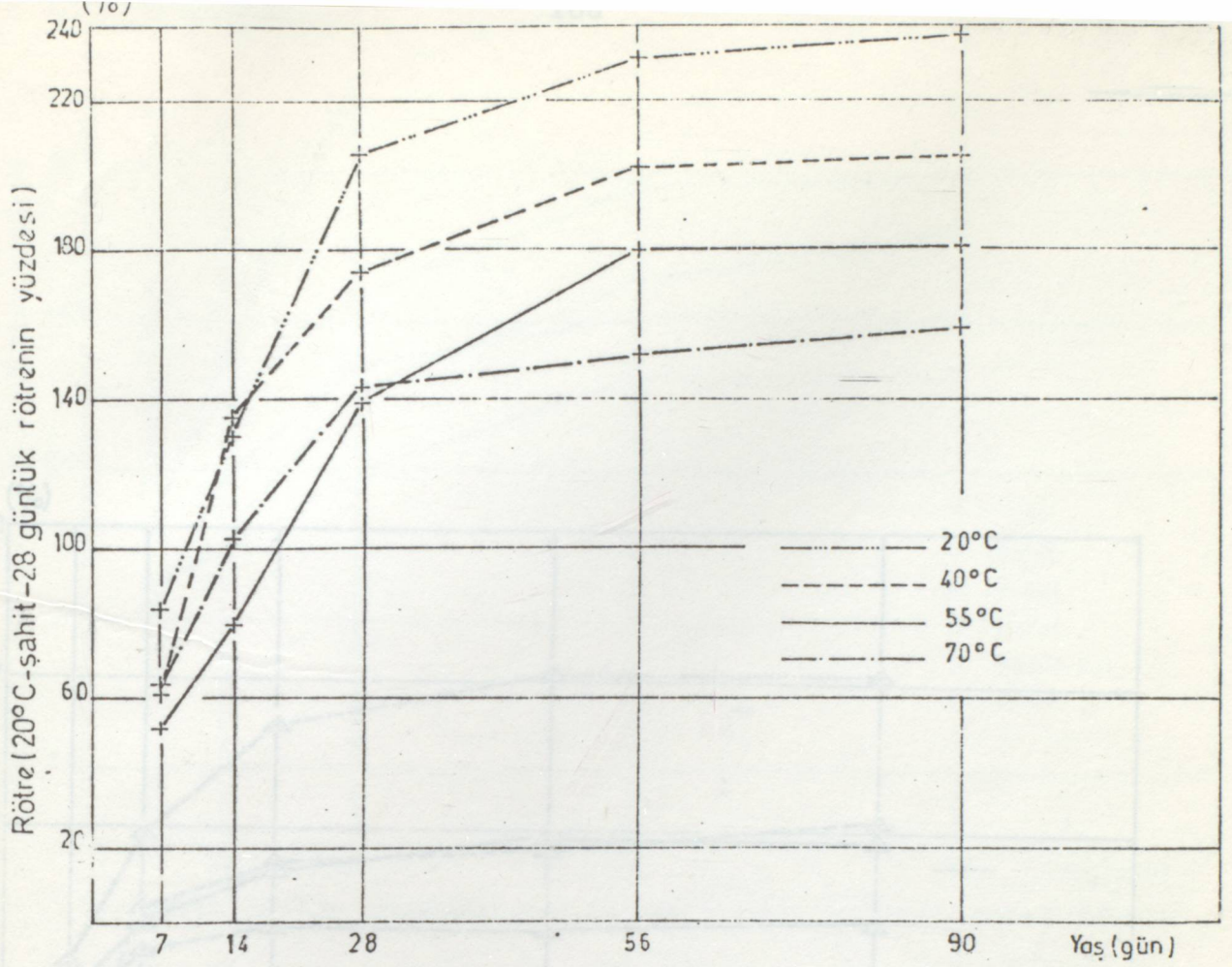
Şekil: 7.5 — Şahit ve katkılı numunelerde 90 günlük rötre nin sıcaklığa bağlı olarak değişimi



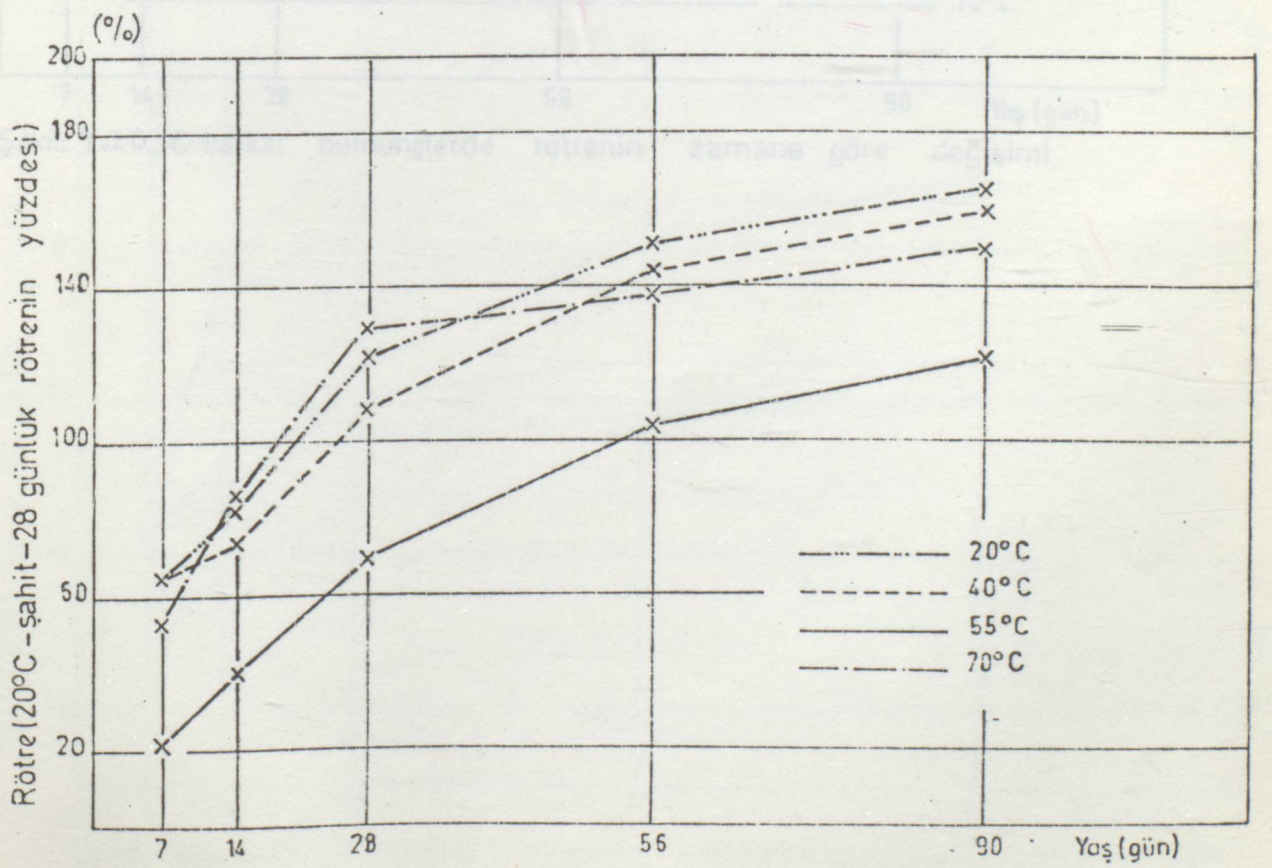
Şekil: 7.6 - Katkısız (şahit) numunelerde rötre nin zamana göre değişimi



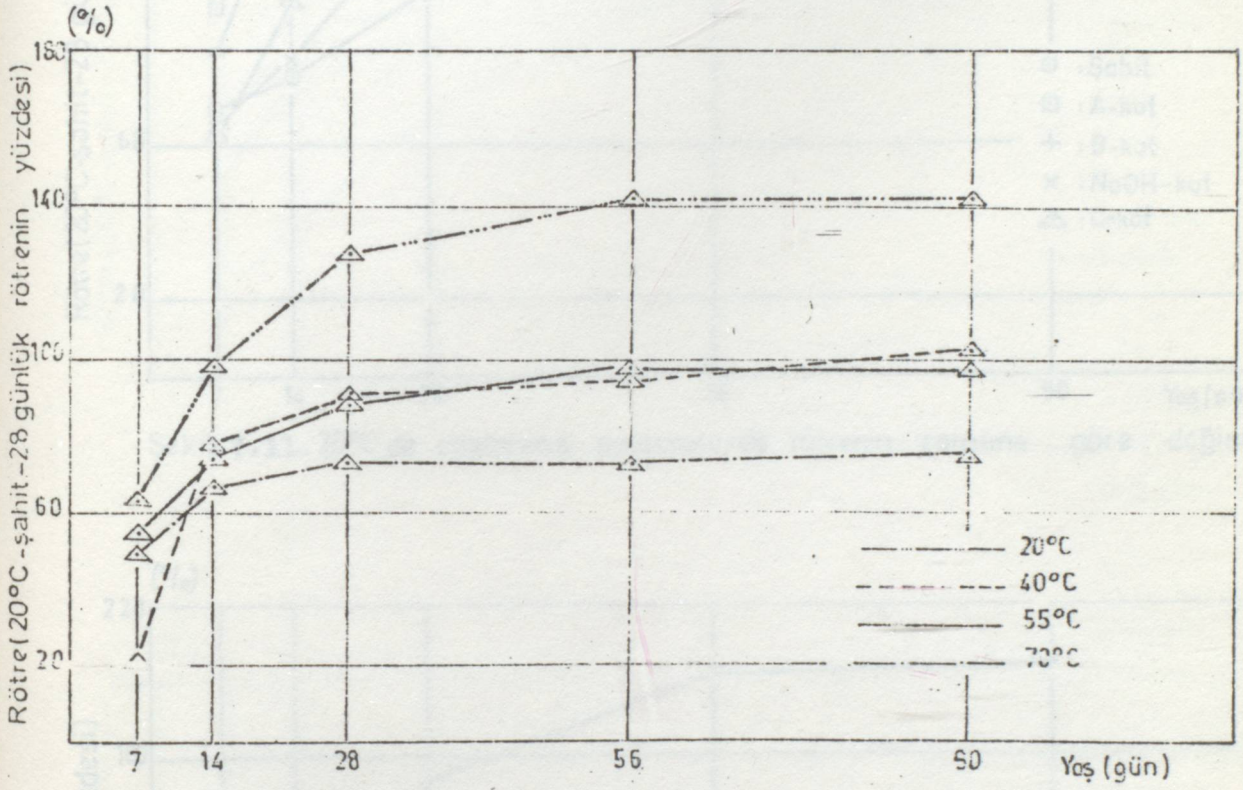
Şekil: 7.7 - A-katkılı numunelerde rötre nin zamana göre değişimi



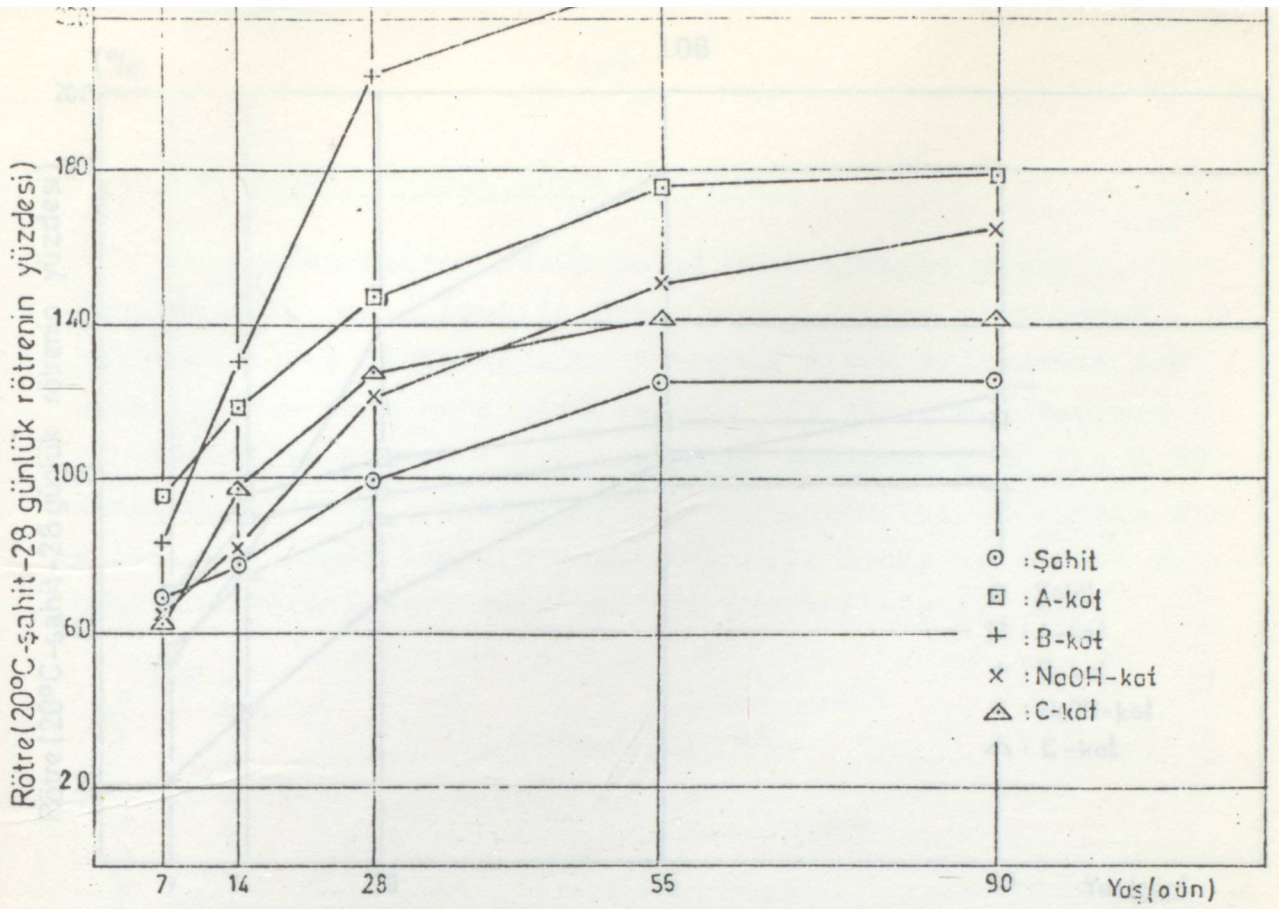
Şekil: 7.8 - B-katkılı numunelerde rötrenin zamana göre değişimi



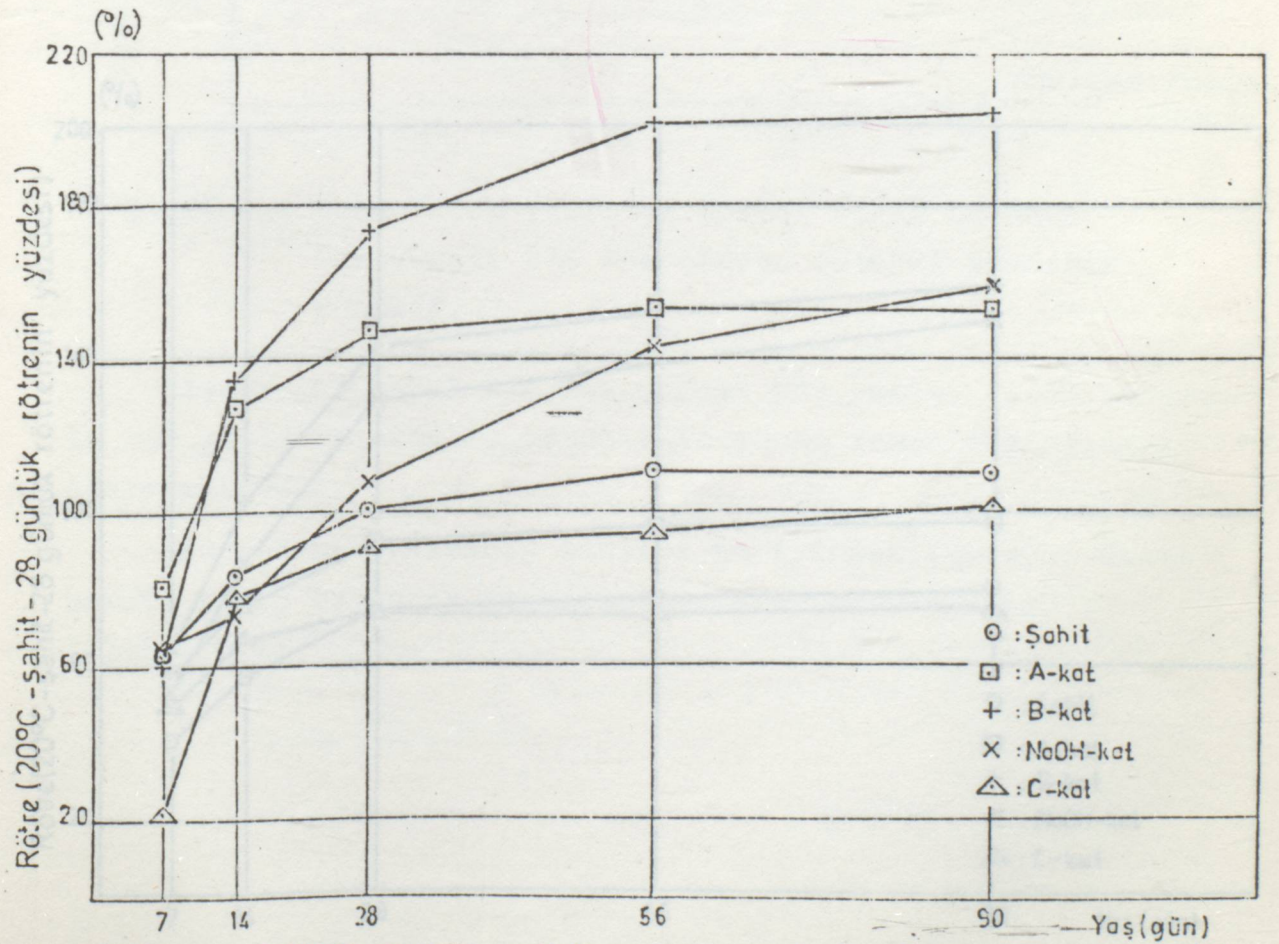
Şekil: 7.9 - NaOH-katkılı numunelerde rötrenin zamana göre değişimi



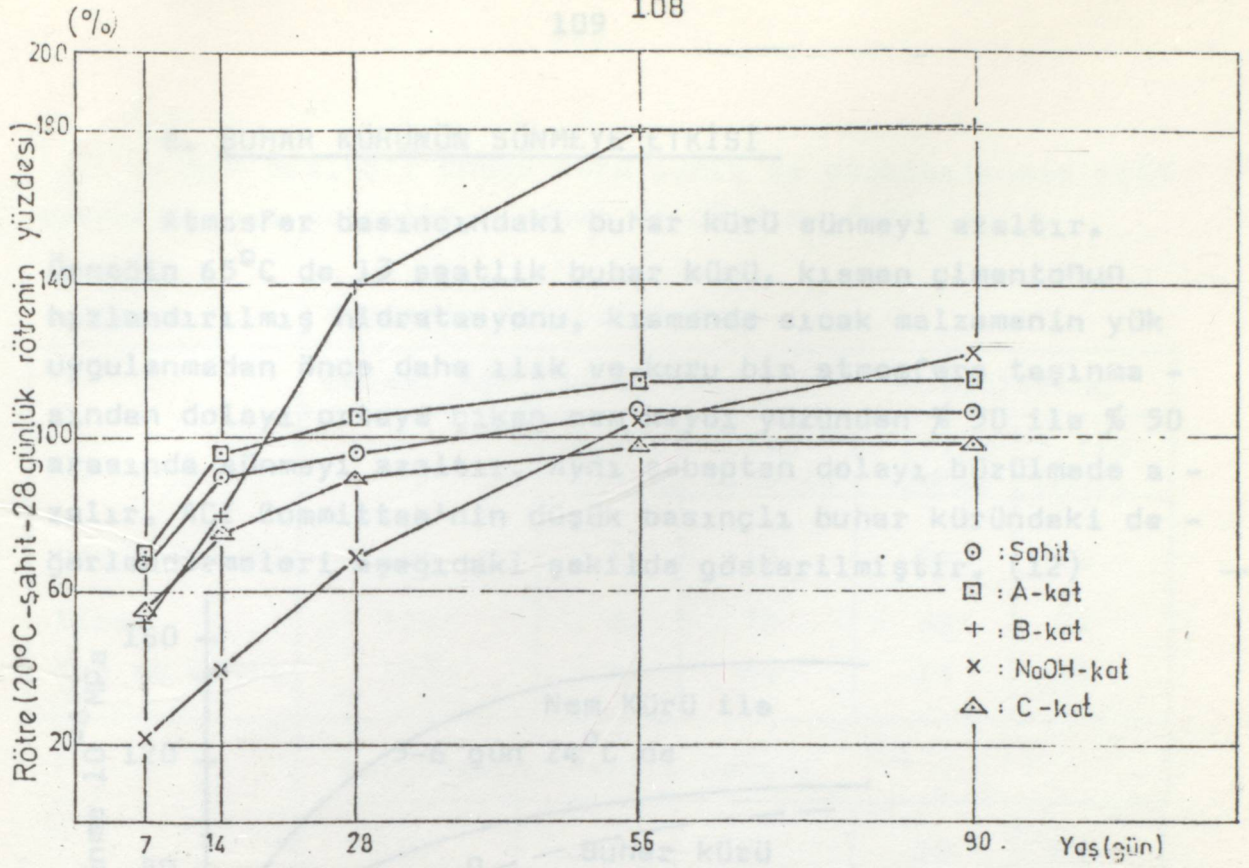
Şekil: 7.10_C-katkılı numunelerde rötrein zamana göre değişimi



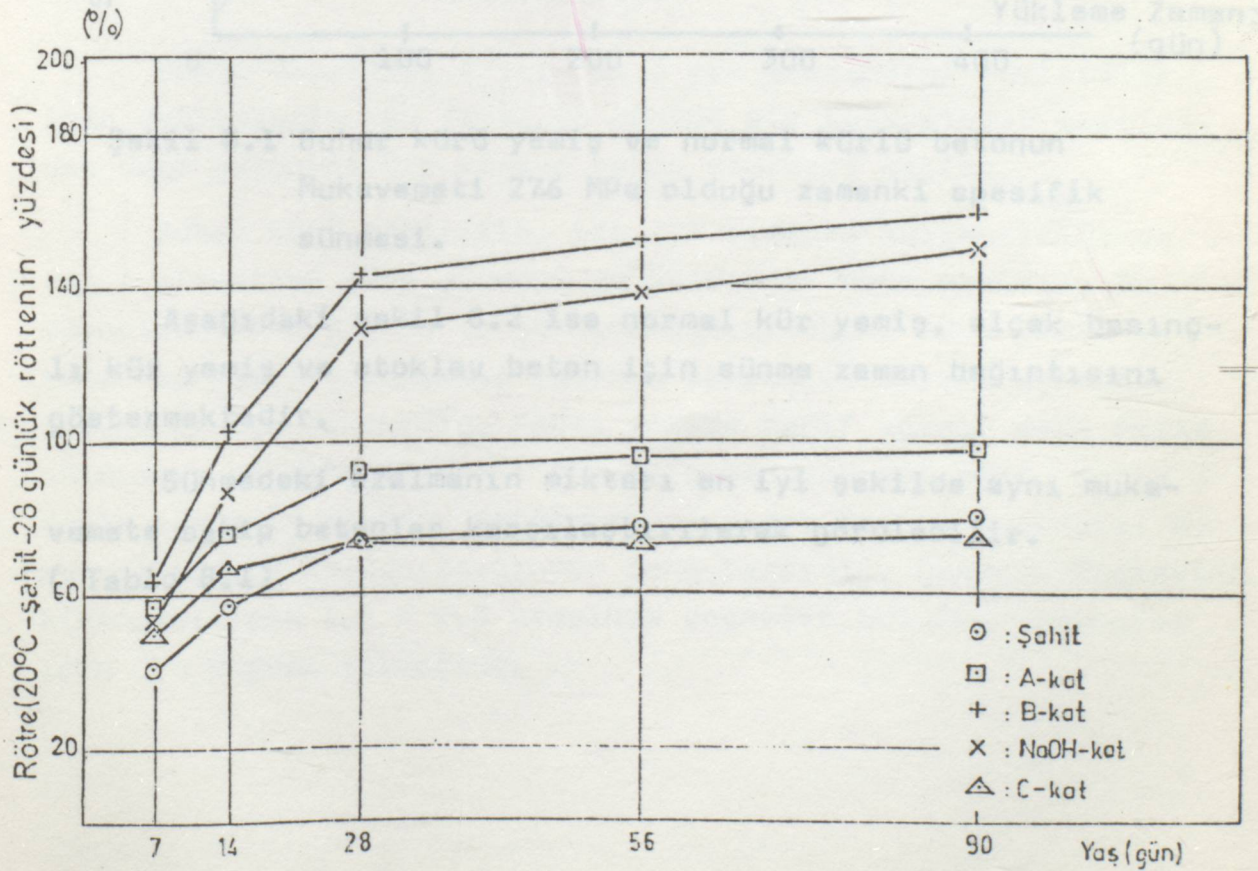
Şekil: 7.11- 20°C de saklanmış numunelerde rötreinin zamana göre değişimi



Şekil.7.12- 40°C lik çevrim uygulanmış numunelerde rötreinin zamana göre değişimi



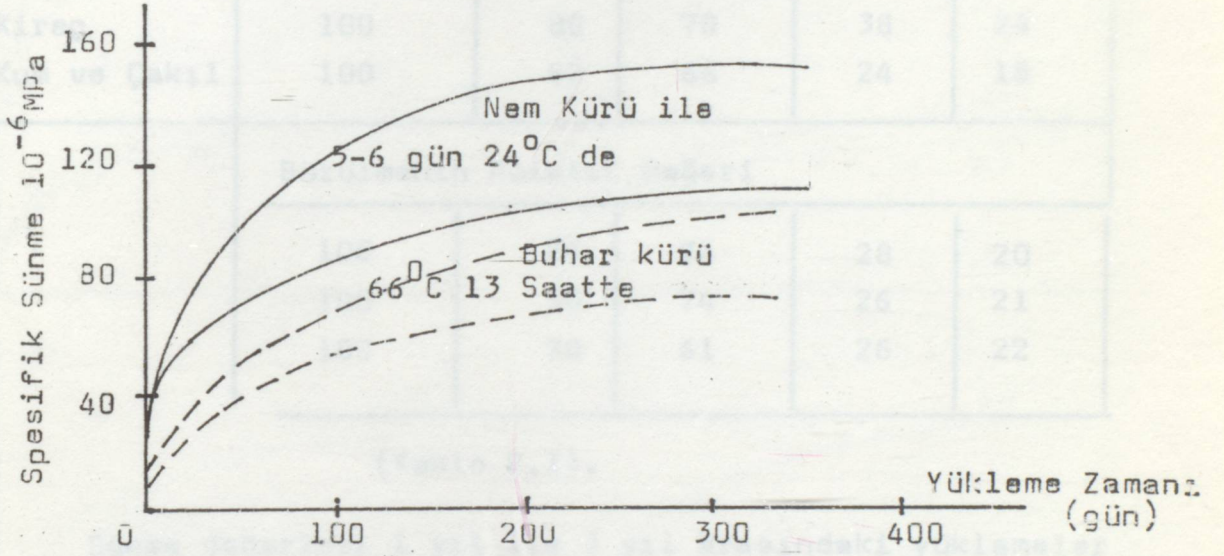
Şekil:7.13-55°C lik çevrim uygulanmış numunelerde rötrein zamana göre değişimi



Şekil:7.14-70°C lik çevrim uygulanmış numunelerde rötrein zamana göre değişimi

8. BUHAR KÜRÜNÜN SÜNMEYE ETKİSİ

Atmosfer basıncındaki buhar kürü sünmeyi azaltır. Örneğin 65°C de 13 saatlik buhar kürü, kısmen çimentoğun hızlandırılmış hidrasyonu, kısmende sıcak malzemenin yük uygulanmadan önce daha ılık ve kuru bir atmosfere taşınmasından dolayı ortaya çıkan nem kaybı yüzünden % 30 ile % 50 arasında sünmeyi azaltır. Aynı sebepten dolayı büzülmede azalır. ACI Committee'nin düşük basınçlı buhar küründeki değerlendirmeleri aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. (12)



Şekil 8.1 Buhar kürü yemiş ve normal kürlü betonun Mukavemeti 27.6 MPa olduğu zamanki spesifik sünmesi.

Aşağıdaki şekil 8.2 ise normal kür yemiş, alçak basınçlı kür yemiş ve otoklav beton için sünme zaman bağıntısını göstermektedir.

Sünmedeki azalmanın miktarı en iyi şekilde aynı mukavemete sahip betonlar karşılaştırılarak görülebilir.

(Tablo 8.1)

Alçak basınçlı buhar kürü yemiş ve otoklavlanmış eşit mukavemetteki betonların sünme ve büzülme değerleri :

| Agrega | Sünmenin Rölatif Değeri | | | | |
|--------------|---------------------------|--------------|---------------|-------------|-------------|
| | Normal Kır | Buhar Kürü | | Autoclaving | |
| | | 1.Tip Çimen. | 3.Tip Çiment. | 1.Tip Çmnt. | 3.Tip Çmnt. |
| Kömür Curufu | 100 | 70 | 62 | 24 | 24 |
| Kireç | 100 | 80 | 70 | 38 | 24 |
| Kum ve Çakıl | 100 | 82 | 66 | 24 | 18 |
| | Büzülmenin Rölatif Değeri | | | | |
| | 100 | 84 | 74 | 28 | 20 |
| | 100 | 90 | 74 | 26 | 21 |
| | 100 | 70 | 61 | 26 | 22 |

(Tablo 8.1).

Sünme değerleri 1 yıl ile 3 yıl arasındaki yüklemeler için verilmiştir. Bu süreç üç günlük bir labaratuvar testinden daha gerçekçi bir kaniya sahip olmamızı sağlar.

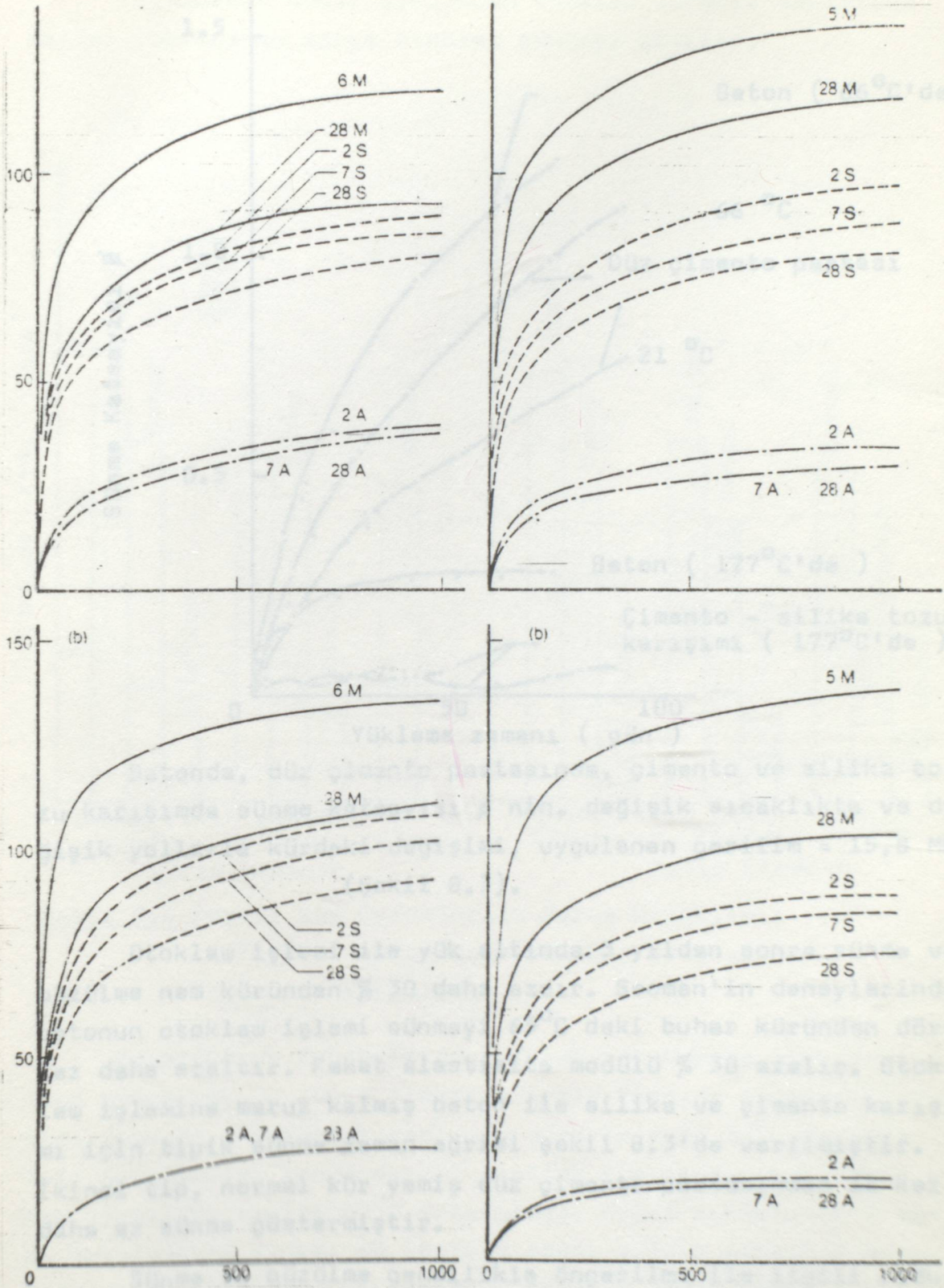
Buhar kürü özellikle, tip III çimento kullanıldığında tip I çimentoya göre sünmeyi ve büzülmeyi daha azaltır. Bu sonuçlar tablo 8.1'de de görülmektedir. Buhar kürü yemiş en hafif agrega ile yapılmış betonun davranışı normal agregalı betonunki ile benzerdir. Fakat yinede hafif agrega daha fazla büzülmeye ve daha elastiki bir deformasyona yol açar. Bu nedenle sünmenin elastik deformasyona oranı (sünme katsayısı δ) normal agrega kullanıldığından daha fazladır. Örneğin Radkevich birincisi için 1,7 - 2,0 arasında değerler bulurken ikincisi için 2,4 değeri bulmuştur.

Değişik kır şartlarına maruz kalmış betonun sünmesi.

A = normal kürü S = buhar kürü A = otoklav

(a) genişletilmiş kireç agregası (b) Kum ve çakıl agregası.

(Şekil 8.2).

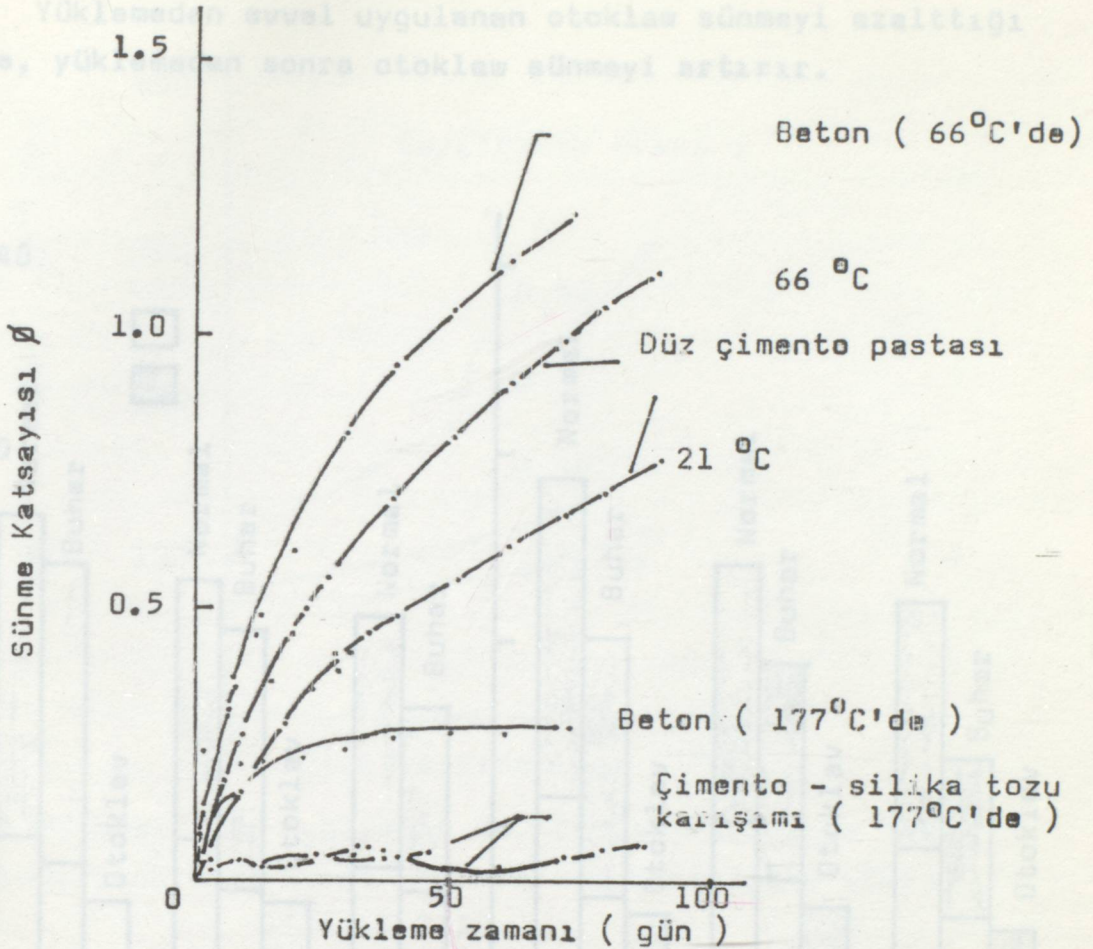


Değişik kür şartlarına maruz kalmış betonun sünmesi.

M = nem kürü S = buhar kürü A = otoklav

(a) genişlemiş kireç agrega (b) kum ve çakıl agrega.

(Şekil 8.2).

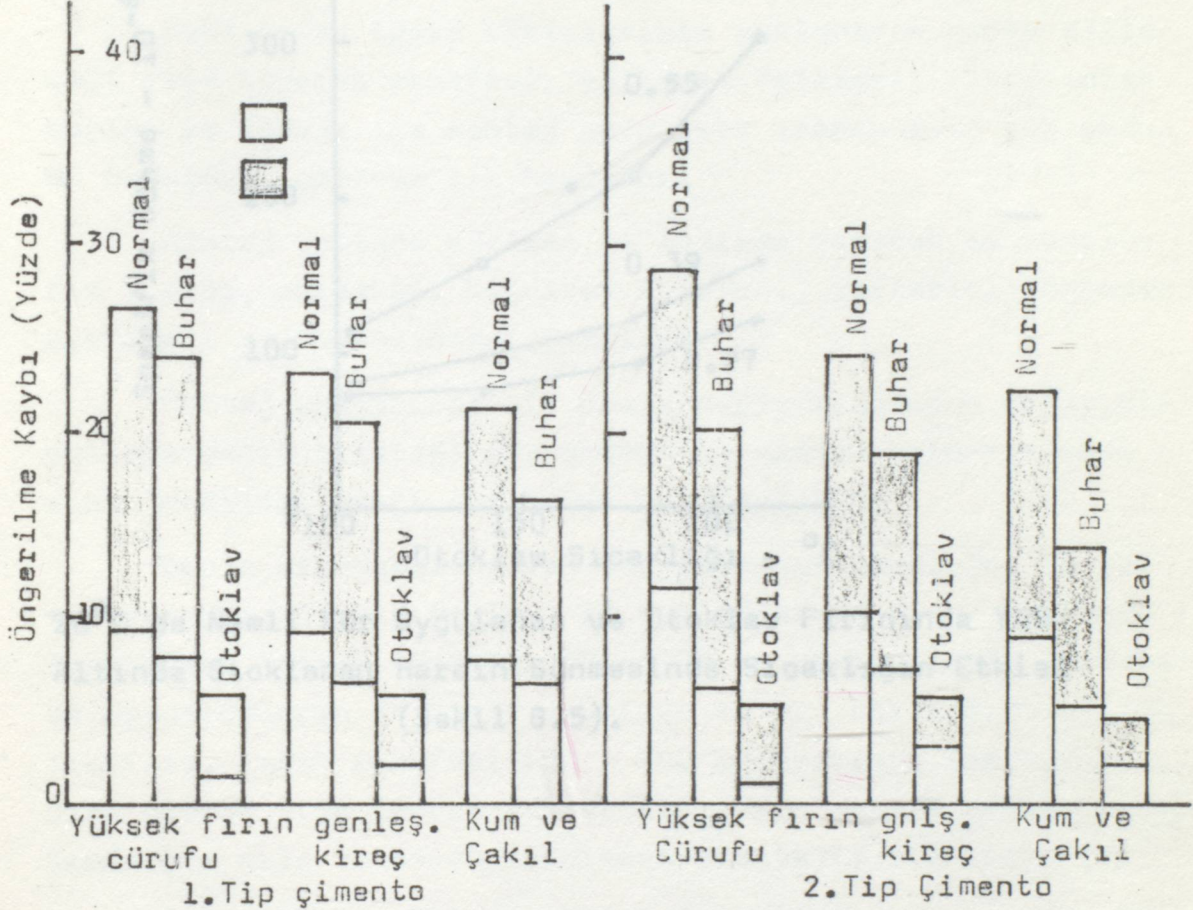


Betonda, düz çimento pastasında, çimento ve silika tozu karışımında sünme katsayısı ϕ nin, değişik sıcaklıkta ve değişik yollarla kürdeki değişimi, uygulanan gerilim = 15,8 MPa (Şekil 8.3).

Otoklav işlemi ile yük altında 3 yıldan sonra sünme ve büzülme nem küründen % 30 daha azdır. Seomen'in deneylerinde betonun otoklav işlemi sünmeyi 65°C'deki buhar küründen dört kez daha azaltır. Fakat elastisite modülü % 30 azalır. Otoklav işlemine maruz kalmış beton ile silika ve çimento karışımı için tipik sünme zaman eğrisi şekil 8.3'de verilmiştir. İkinci tip, normal kür yemiş düz çimento pastasından 12 kez daha az sünme göstermiştir.

Sünme ve büzülme genellikle öngerilme ile ilgili olduğundan 3 yıllık yüklemmeden sonra ÖNGERİLİM KAYBINA ilişkin Hanson'ın bazı sonuçları aşağıda verilmiştir. (Şekil 8.4).

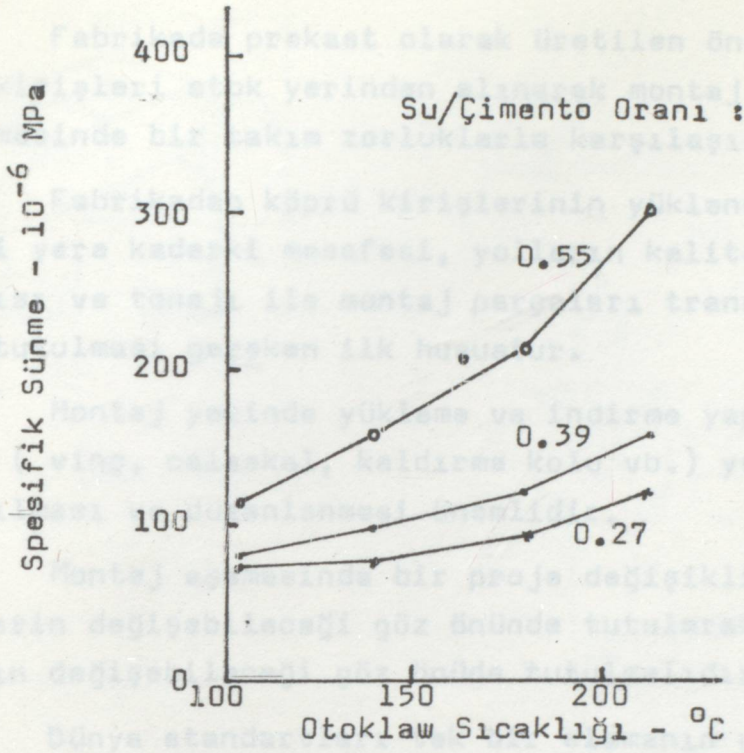
Yüklemeden evvel uygulanan otoklav sünmeyi azalttığı halde, yüklemeden sonra otoklav sünmeyi artırır.



Şekil 8.4 Farklı Kür Durumlarına Maruz Bırakılmış ve Farklı Agregalarla Yapılan Betonun Öngerilim Kayıpları.

Nagataki ve Yunekure'nin yüksek-çabuk priz alan portland çimentosu ve süper plastizerlerle kardiğı harçlarla yaptığı deneyde, elemanlar yedi gün süreyle suda 20°C de küre tabi tutulduktan sonra derhal otoklav fırınında stok edilerek sıcaklığı saatte 60°C artırılmış, sabit sıcaklıkta 5 saat tutulduktan sonra, 20 saatlik doğal soğuma sürecine bırakılmıştır. Otoklavda yaklaşık 30 saatten sonra şekil 8.5 de görüldüğü gibi yüklendikten kısa bir süre sonra ısıtılmaya tabi tutulan betonun sünmesinin sıcaklık etkisi karşısında izleyeceği yolu izlemiştir.

7. NAKLİYE (TRANSPORT) VE MONTAJ



20°C de Nemli Kür Uygulanan ve Otoklaw Fırınında Yük Altında Stoklanan Harcın Sünmesinde Sıcaklığın Etkisi (Şekil 8.5).

Uygulanmış prekast kırışları nakliye araçlarına yükleyip, indirirken ve montaj amacıyla kaldırırken şeklin bozulmasını engellemek amacıyla bu işlere uygun kaldırma aparatları kullanılmaktadır. (Şekil 9.1, 9.2, 9.3) değişik kaldırma aparatları hakkında fikir vermektedir.

(Şekil 1).

9. NAKLİYE (TRANSPORT) VE MONTAJ

Fabrikada prekast olarak üretilen önceden germeli köprü kirişleri stok yerinden alınarak montaj sahasına nakle - dilmesinde bir takım zorluklarla karşılaşılması olasıdır.

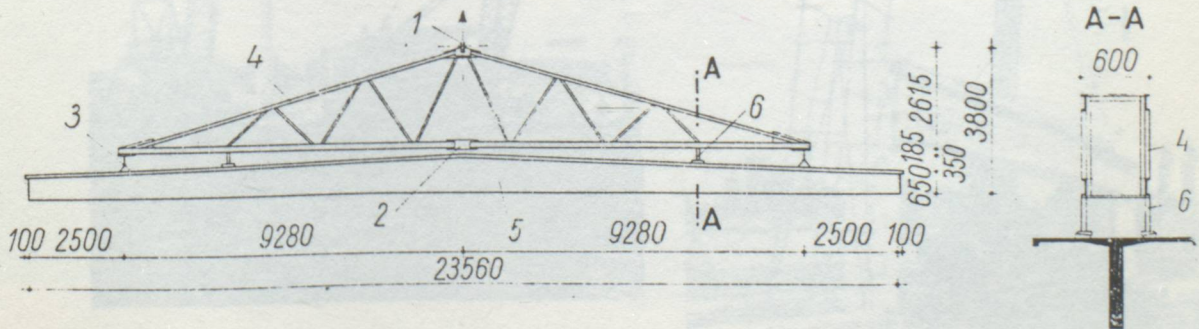
Fabrikadan köprü kirişlerinin yüklenerken monte edileceği yere kadarki mesafesi, yolların kalitesi, elemanların sayısı ve tonajı ile montaj parçaları transportta göz önünde tutulması gereken ilk husustur.

Montaj yerinde yükleme ve indirme yapacak malzemele - rin (vinç, calaskal, kaldırma kolu vb.) yerlerinin önceden ayrılması ve düzenlenmesi önemlidir.

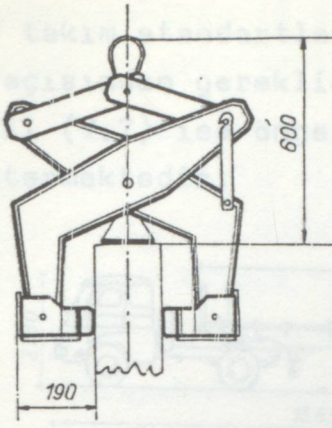
Montaj aşamasında bir proje değişikliğinden dolayı ölçülerin değişebileceği göz önünde tutularak kaldırma aksa - nının değişebileceği göz önünde tutulmalıdır.

Dünya standartları tek bir elamanın uzunluğu, 20 -25 m. arasında ağırlığıda 10 - 20 ton adasında olur. Bunun da Avrupadaki taşıma müsadesi 50 - 200 km arasındadır. Amerika' da bu parçaların en fazla uzunluğu 40 m., ağırlığıda 40 ton olabilir. Taşıma mesafesi 400 - 500 km arasında ise kamyon , daha uzunsa tren tercih edilebilir. Uzun mesafe taşımacılığında bir orta istasyon kurulması avantajlı olabilir. (3)

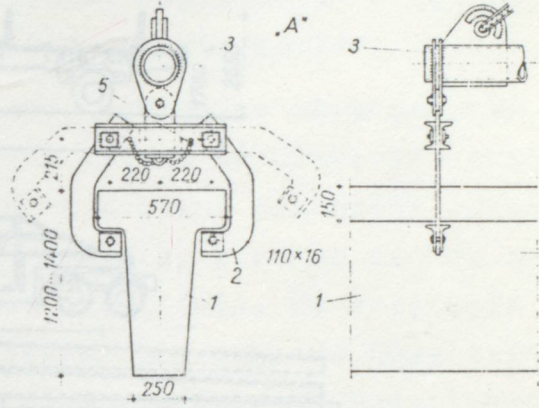
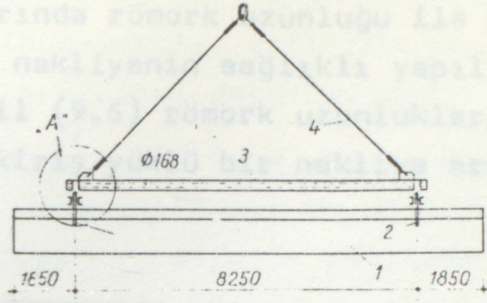
Öngerilmeli prekast kirişleri nakliye araçlarına yükleyip, indirirken ve montaj amacıyla kaldırırken şeklin bozulmasını engellemek amacıyla bu işlere uygun kaldırma aparatları kullanılmalıdır. (Şekil 9.1, 9.2, 9.3) değişik kaldırma aparatları hakkında fikir vermektedir.



(Şekil 1).



(Şekil 9.2).

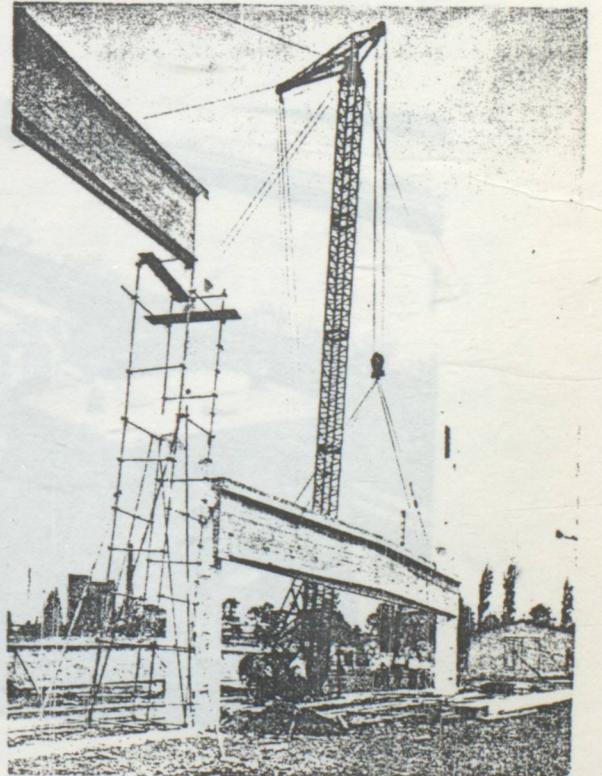


(Şekil 9.3).

Şekil 9.4 ve 9.5 ise kirişin montajı sırasında yerine konulması işlemini göstermektedir.

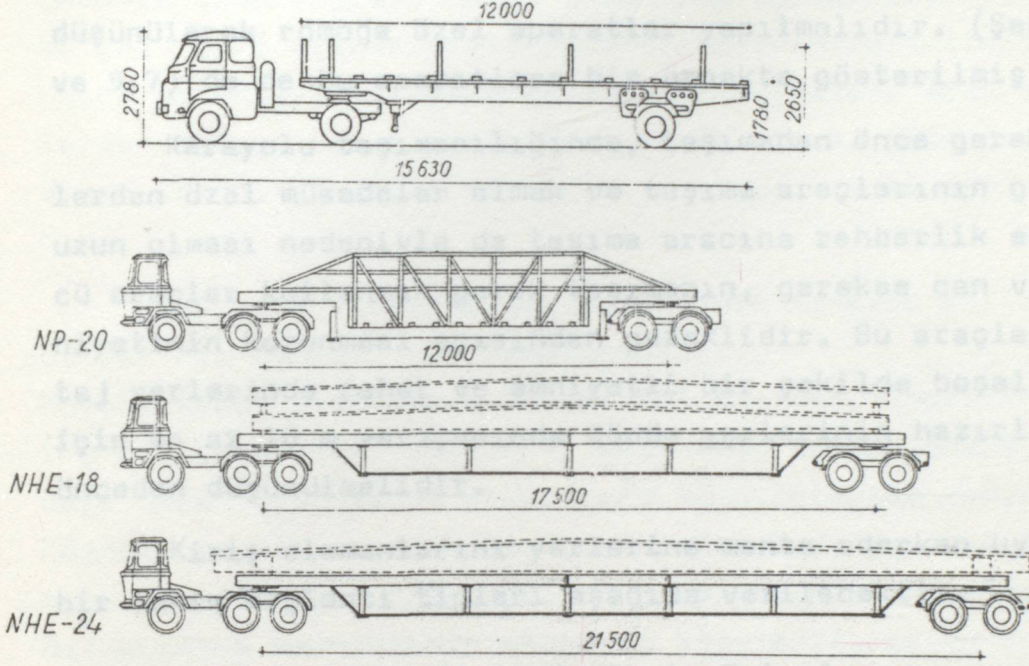


(Şekil 9.4).

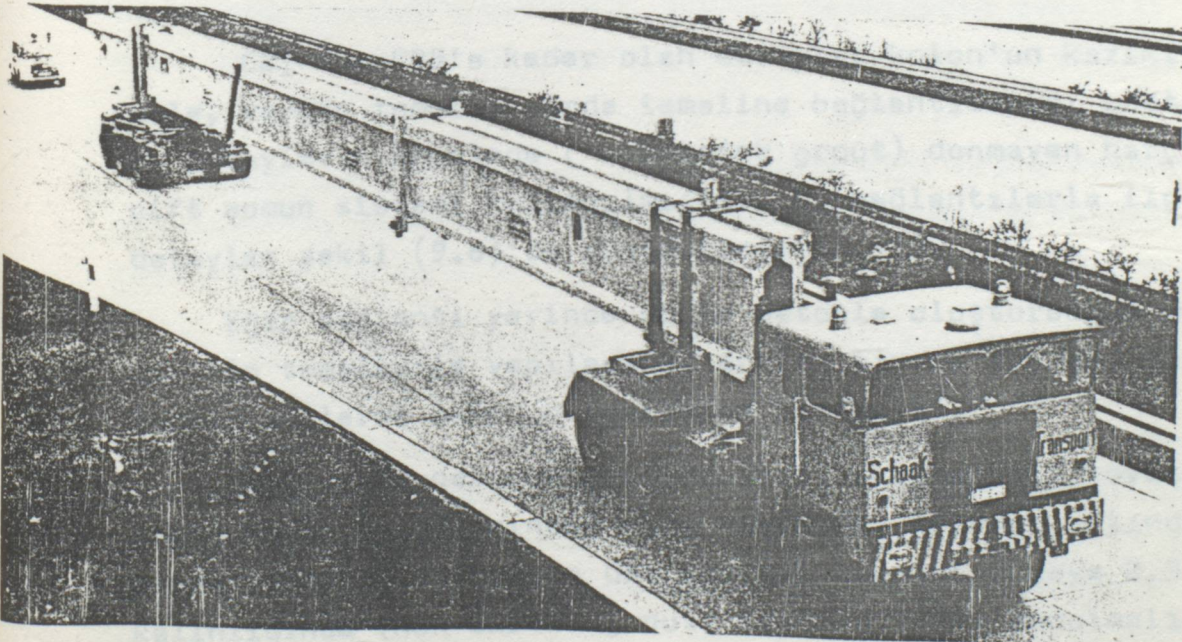


(Şekil 9.5).

Karayolu taşıma araçlarında römork uzunluğu ile ilgili bir takım standartlara uymak nakliyenin sağlıklı yapılabilmesi açısından gereklidir. Şekil (9.6) römork uzunluklarının şekil (9.7) ise önerilmeli kiriş yüklü bir nakliye aracını göstermektedir.



(Şekil 9.6).



(Şekil 9.7).

Şekil 9.6'da da görüldüğü gibi çift akisli arabalarda römork uzunluğu 12 m'dan fazla olmamalı, çift römork bağlanan çekicilerde toplam uzunluk 22 m'yi geçmemelidir.

Taşıma esnasında aracın sert bir fren yapabileceği düşünülerek kiriş elemanının esneyebileceği de dikkate alınmalı, aracın ve öngermeli kirişin virajlarda savrulabileceği düşünülerek römoğa özel aparatlar yapılmalıdır. (Şekil 9.6 ve 9.7)'de de bu aparatlara bir örnekte gösterilmiştir.

Karayolu taşımacılığında, taşımadan önce gerekli yerlerden özel müsadeler almak ve taşıma araçlarının geniş ve uzun olması nedeniyle de taşıma aracına rehberlik edecek öncü araçlar kullanmak gerek taşımının, gerekse can ve mal emniyetinin korunması açısından gereklidir. Bu araçların montaj yerlerinde rahat ve emniyetli bir şekilde boşaltılması için en az 10 m yarıçapında dönüş yerlerinin hazırlanması da önceden düşünülmelidir.

Kiriş elemanlarını yerlerine monte ederken uygulanan bir takım bağlantı tipleri aşağıda verilecektir.

9.1 Montaj ve Tipik Bağlantı Detayları:

9.1.1 Kolon - Temel (Column - Base; CB)

CB1 den CB5'e kadar olan detaylar kolon'un kazıklı temele, yaygın temele, perde temeline bağlantılarını gösterir. Bu detayların hepsinde (nonshrink grout) donmayan harç ve çift somun sistemi kullanılmıştır. Bu bağlantılarla ilgili detaylar şekil (9.8)'de gösterilmiştir. (13)

Eğer bağlantı yerinde dökme betonla oluşturulmuş muhtelif tip temellerle yapılacaksa ankraj civata yerleri önceden tespit edilerek betonun içerisine bırakılır.

CB1 ; Bu detayda görülen temel tabakasının boyutları kolon kesit boyutlarından daha büyüktür. Kolonun altındaki plaka yüzeyi ile temelin üst seviyesi arasına 2 veya 2,5 inç kalınlığında (non shrink grout) tesfiye harcı konulmalıdır. Genellikle dört ankraj civatası çift somunla kullanılır. Ank-

raj civataları kolonun yerleşim biçimine göre köşelere veya her kenarın ortasına gelecek şekilde konulmalıdır. Kolon donatıları levhaya (base plate) kaynaklı olmalıdır.

CB2 ; Birleşim detayında görülen levha kolon kesit ölçülerinden küçük veya aynı ebatta olabilir. Birleşim için gerekli olan cepleri kolon tabanında bırakılır. Aynı CB1'deki gibi çift civata sistemi ve çekmeyen harç kullanılır. Kolon altındaki bağlantı plakasının boyutları mimari özelliklerden dolayı kolon kesitinden küçük olması istenir. Kolon'u dikme işlemi gerçekleştirildikten sonra civata cepleri sıvanır.

CB3 ; Bu detay taban plakasının tamamen kullanılmadığı CB2'nin değişik bir uygulamasıdır. Burada taban plakasının tamamı kullanılmaz. Genellikle 1/2 inç kalınlığındaki köşebent, köşebente kaynaklanmış $\frac{3}{4}$ inç veya daha büyük taban plakasıyla köşe içlerine yerleştirilir. Köşebentin oluşturduğu boşluğun beton tarafından doldurulmasını önlemek için 1/8 inçlik bir ayırma plakası köşebentin üst kısmına kaynaklanır. Kolonun köşelerine gelen demirler ya ayırma plakasına veya köşebentin iç kısmına kaynaklanır. Bu köşelerdeki kolon demirleri kabaca ankraj civatalarının merkezine tekabül etmelidir. Bu tip detayların avantajı standart taban plakasının çeşitli kolon ölçüleri ile birleşmesine imkan tanımasıdır.

CB4 ; CB4 şekilde de görüldüğü gibi CB3'e benzer bir uygulamadır. Burada da köşebent taban levhasıyla kaynaklanmıştır.

CB5 ; Bu detayda ana kolon donatıları kolonun altından çıkarak temele ankastre edilmiş, esnek, cilalanmış metal boruya yerleştirilir. Birleşimdeki harç istenilen mukavemete erişinceye kadar kolon için geçici bir kelepçe gereklidir. Kolonu kelepçeliyerek tutturmanın bir yoluda kolona ve temele önceden yerleştirilmiş civata yataklarına köşebentin civatalanmasıdır.

9.1.2 Kiriş - Kolon (Beam - To - Column ; BC)

BEAM - TO - COLUMN (BC)

BC1'den BC7'ye kadar olan bağlantı tiplerinin birkaç kombinasyonu giriş kolon birleşimleri için kullanılır. Bütün girişler basitçe dikdörtgen olarak gösterilmesine rağmen giriş kesitleri I,T veya düz kenarlı olabilirler. (Şekil 9.9). Kiriş - kolon birleşimlerini vermektedir.

BC1 ; Bu detayda BC3'deki gibi dopedend beam (gömme uçlu girişler) kullanılmaksızın kolon konsollarına girişler yerleştirilir. Bu işlem aynı zamanda girişin sonu ile kolon arasına harç konulmak sureti ile moment bağlantıları için kullanıldığı gibi girişin üst ucundaki çekmelerin kolona aktarılmasını da sağlar.

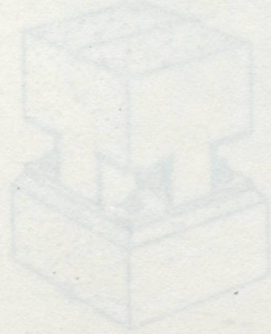
BC2 ; Bu detay BC1'in kolondan betonarme konsol çıkması ile değişen bir uygulamasıdır. Köhoh konsolu ile giriş arasında plastik elastomer bir mesnet tamponu ve plaka kullanılır. Bu detay BC1'de olduğu gibibasit açıklık durumlarında kullanılır. Ama eğer istenilirse bu sistem moment bağlamaları içinde geliştirilebilir. Mesnet plakası tasarım isteğine görede uygundur.

BC3 ; Genelde bu detaylarda geçmeli bağlantılar kullanılır. Yüksek gerilme nedeni ile köşebent kullanmak gereklidir. Bu detayı moment bağlantılarına geliştirmek için temas yüzeylerinde çekmeyen harç gereklidir. Bu detayda donatının yerleştirilmesi belkide diğer kolon giriş detaylarının en kritiğidir. Pilye ile etriyeler arasında hiç donatısız kesme bölgeleri oluşmamalıdır.

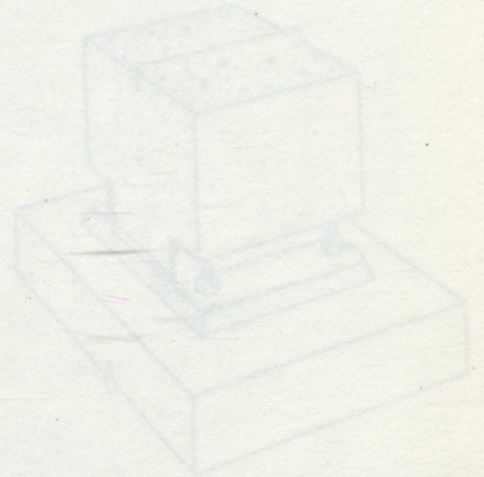
BC4 ; Bu detay giriş kolon bağlantısını saklamak için kullanılır. Görülen I profili kolondan çıkar. Burada diğer yapı çeliği tipleri de kullanılır. Yine BC 3'deki gibi donatının yerleştirilmesinde ve tasarımında dikkat gerekir. Kolondan çıkan putrelin hemen altına ve üstüne girişteki plakalar yerleştirilir.

BC5 ; Bu bağlantı daha önce kirişte bırakılan çelik tüpler veya boruların içine kolondan çıkan donatı filizlerinin yerleştirilmesiyle oluşturulur. Tüpler daha sonra harçla doldurulur. Tüpün alt kısmına kum ve diğer gevşek malzemeler hacimsel değişimlere karşı direnci korumak için kullanılabilir. Konulan bu gevşek malzemeler dondurucu havalarda suyun harca zarar vermemesi için önemlidir.

Bu bağlantılarda sürekliliği sağlamak için kaynaklanmalı veya BC6'da olduğu gibi üstte çekme donatısı konmalıdır. Çekme çubukları üstte veya kiriş dışında sabitlenir.

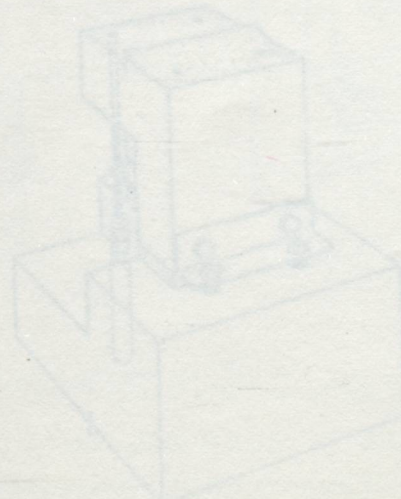


BC-1



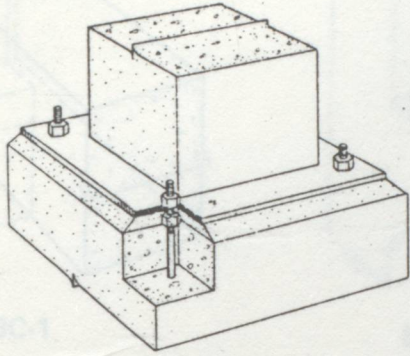
BC-2

BC-3

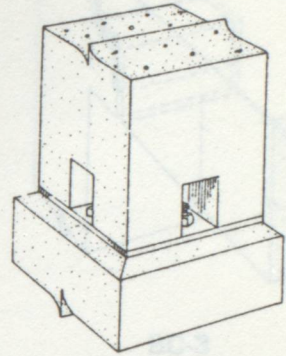


BC-4

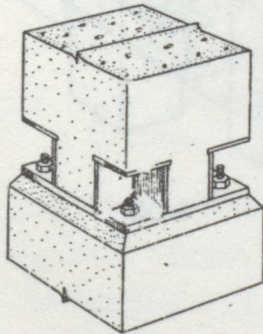
BC-5



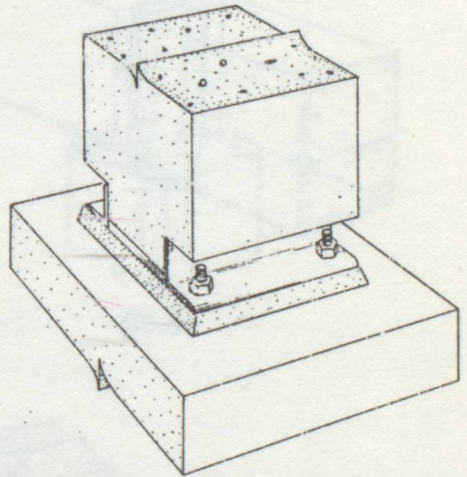
CB-1



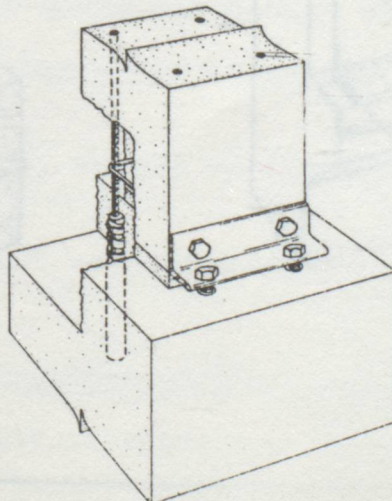
CB-2



CB-3

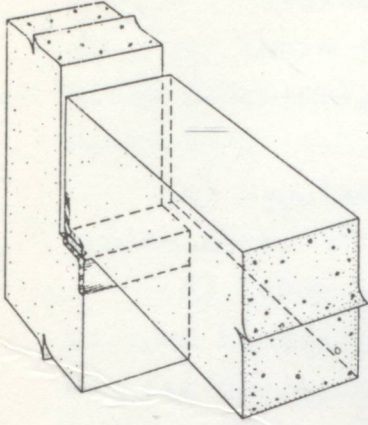


CB-4

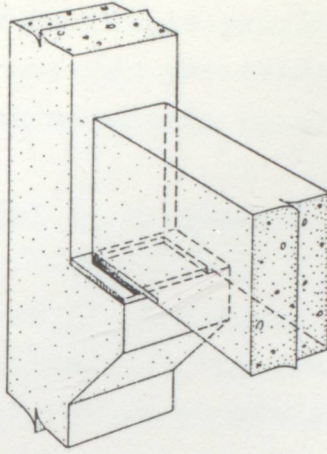


CB-5

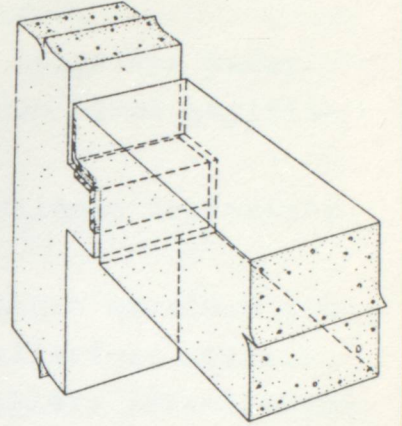
(Şekil 9.8).



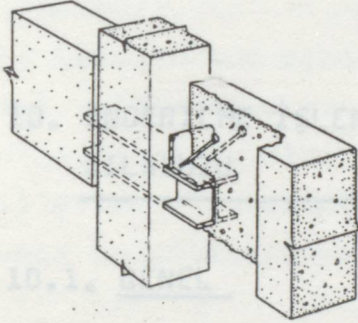
BC-1



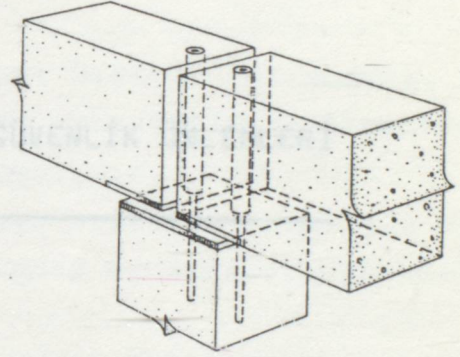
BC-2



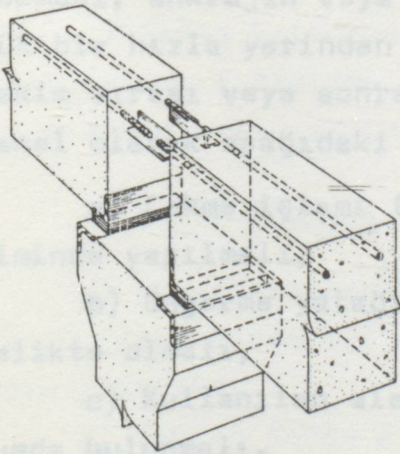
BC-3



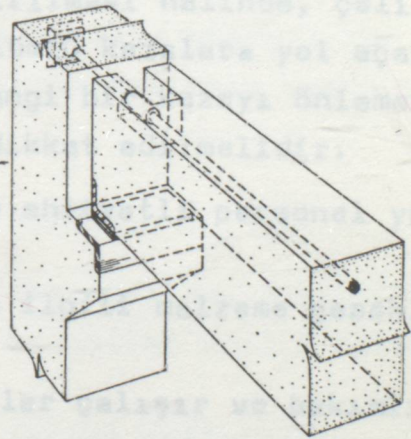
BC-4



BC-5



BC-6



BC-7

(Şekil 9.9).

metinlerde konulmalıdır.

c) Perdenin dış yüzüne "DİKKAT YAKINLAŞMAYIN TEHLİKELİ" yazısı büyük harflerle yazılmalıdır.

d) Çekim işlemi yapılan yer tabiiye şartlarına kadar tebliğ geçirilmeli, işlen sırasında bu çekim işlemi geçirilmelidir.

e) Uygulanmalı alet ve makinelerin talimatına uyulmalıdır.

f) Çekme yatağına çekim sırasında çekim maksimum çekme yükü kapasitesi yazılmalı ve çekim tellerinin aşırı yüklenmesi önlenmelidir.

g) Kullanılan alet ve makineler gözden geçirilmeli, eksiklik durumları ve bakımları bulunup bulunmadığına bakılmalıdır.

h) Çekim işlemleri sırasında gerekli tedbirler alınmalıdır.

10. ÖNGERİLME İŞLEMLERİNDE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ KILAVUZU

10.1. GENEL

Öngerilme işlemleri sırasında çelik büyük kuvvetlerle çekilir ve kilitlenir. Çekim sırası veya sonrasında çeliğin kopması, ankrajın veya krikonun kırılması halinde, çelik büyük bir hızla yerinden fırlayıp ölümlü kazalara yol açabilir. Çekim sırası veya sonrasında herhangi bir kazayı önlemek için genel olarak aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

a) Çekme işlemi tecrübeli ve ehliyetli personel yönetiminde yapılmalı,

b) Öngerme yatağı, ankraj ve ilgili malzeme genekli nitelikte olmalı,

c) Kullanılan alet ve makineler çalışır ve bakımlı durumda bulunmalı,

10.1.1 Çekme İşleminde Evvel Alınacak Önlemler

a) Öngerme alanına ziyaretçiler alınmamalıdır.

b) Krikoların arkasına gelecek şekilde bir ahşap veya

metal perde konulmalıdır.

c) Perdenin dış yüzüne " DİKKAT YAKINDA DURMAK TEHLİKELİDİR." yazısı büyük harflerle yazılmalıdır.

d) Çekim işlemi yapılan yer tehlike işaretine kadar telle çevrilmeli, işlem sırasında bu alandan kimse geçirilmemelidir.

e) Uygulamalı alet ve makinelerin kullanma talimatına uyulmalıdır.

f) Çekme yatağının bir kenarına; yatağın maksimum çekme yükü kapasitesi yazılmalı ve öngerme tellerinin ağırlık merkezi pozisyonunun en üst ve en alt sınırları işaretlenmelidir.

g) Kullanmadan önce alet ve makineler gözden geçirilmeli, eksiklik bozukluklar ve aşınmaların bulunup bulunmadığına bakılmalıdır.

h) Çalışan tüm personel emniyet başlığı kullanmalı, öngerme tel ve toronlarının taşınması veya yerleştirilmesiyle uğraşan personel iş eldiveni kullanmalıdır.

i) Çekme aletlerinin çekim veya boşaltma sırasında eğri durumda bulunmaları yada yerlerinden oynamaları önlenmelidir.

1) Öngerme çeliği yakınında kaynak yapılmasına izin verilmemeli, öngerme çeliği elektrikli aletlerin toprak bağlantısı olarak kullanılmamalıdır.

j) Çekme krikosunun arkasında yer alan bütün diğer işler çekme işlemi sırasında ve beton dökülüp tellerin kesimine kadar durdurulmalıdır.

10.1.1.2 Malzeme ile İlgili Önlemler

a) Kangal halindeki tellerin taşınmasında dikkatli olunmalıdır. Bazen iyi bağlanmamış kangallar açılıp kazaya neden olabilir.

b) Tel ve toron kilitlerinin (grip) paslanmamış, dişlerinin yıpranmamış olması, konik parça içinde kamaların serbest hareket edip edemediği kontrol edilmelidir.

c) Çubukların dış çekilmiş başları temiz ve yağlanmamış olmalıdır. Dış koruyucu kılıflar ancak çekme işleminden

hemen önce çıkarılmalıdır.

d) Tel, toron ve çubuklarda ince bir pas tabakasının olması zararlı değildir. Ancak pas kalın pullar halinde ise çekme işlemi tehlikeli olabilir. Pas tel fırça ile temizlenmeli, gerekiyorsa çeliğin projeye uygun olup olmadığı deneylerle saptanmalıdır.

10.1.2 Çekme İşlemi Sırasında Alınacak Önlemler

10.1.2.1 Krikolu Çekme

a) Hidrolik hortumlar sık sık kontrol edilmeli. Pompanın yağ deposu, sık sık boşaltılıp filtreden geçirilmelidir.

b) Hortum bağlantılarının sızdırmaz cinsten olmasına, bağlantı uçlarının eğilip bükülmemesine dikkat edilmelidir.

c) Uygulanacak öngerme kuvveti, hiç bir şekilde öngerme çeliğin minimum kopma dayanımının % 90'ını aşmamalıdır.

d) Çekim işlemi sırasında basınç gösterge değerleri ve uzama ölçüleri beraber alınmalı, göze çarpan bir fark olduğunda imalat sorumlusu mühendise haber verilmelidir.

e) Her krikonun basınç göstergesi sık aralıklarla kontrol ve kalibre edilmelidir. Kalın toronların çekiminde krikonların arkasında dinamometrelerin kullanılması gereklidir.

f) Birden fazla telin bir arada çekilmesi durumunda kilit (grip) kamalarının aşınmamış olduğu, dikkatle denetlenmelidir. Bir kilitteki kayma diğer tellerin fazla yüklenip kırılmalarına yol açabilir.

h) Çekme işlemi sırasında krikonun arkasında durulmamalıdır.

ı) Öngerme çeliğine önce düşük bir çekme (örneğin 600 Kgf/cm²) verilmeli sonra kama, kilit, bağlantılar ve krikonun durumu yeniden kontrol edilmelidir. Bu safhada uzama ölçüğü sıfıra ayarlanmalıdır.

i) Yüklenmiş durumda iken krikonun doğrultusunu düzeltmek gayesi ile teçhizata asla vurulmamalıdır.

k) Gerilme boşaltması yapmadan önce bağlantılar tekrar kontrol edilmelidir.

10.1.2.2 Başlıklı Çekme

a) Önce üst teller gerginleştirilmelidir. Gerginleştirme sırasında telin kalıba takılmamasına, diğer tellerle karışmamasına dikkat edilmelidir.

b) Esas çekme yükünden evvel telleri gerginleştirecek bir kuvvet uygulanmalıdır. Gerginleştirme kuvveti 5 mm'lik teller için 230 Kg; 12 mm'lik toronlar için 460 Kg. alınabilir. Bu yük öngerme çeliğinin karışıp takılmasını önleyecektir.

c) Evvelce yüzlerce çekme işlemi yapılmış olursa dahi işlem sırasında azami dikkat gösterilmeli, çekme sırasında dikkatsizliğin ölümlü kazalara yol açabileceği unutulmamalıdır.

d) Bütün aletler bakımlı ve çalışır durumda olmalıdır. Bozuk ve bakımsız teçhizat kazalara neden olur.

e) Bir kaza anında tellerin havaya fırlaması:

- Aralarda ve uçlarda tahta veya saçtan mamül delikli plaklar kullanarak,
- çeliğe sarılı etriyeler kullanarak,
- donatının üzerine ahşap kalaslar yerleştirerek,
- donatının üzerine çuval topları yerleştirerek,

önlenebilir.

f) Çekme işlemi sırasında personel yanda ve açıkta durmalı, kriko ve başların önünde kimse bulunmamalıdır.

g) Çekilmiş toronların kilitlerinin arkasında durulmamalıdır.

h) Çok tel veya toron bir arada çekildiğinde önce az bir kuvvet verilerek çeliğin eşit şekilde gerildiği kontrol edilmeli, ancak bundan sonra tam yüke çıkarılmalıdır.

i) Tek tel çekiminde; tüm yük verilmeli, uzamalar kontrol edildikten sonra kilitleme yapılmalı, verilen yük ve uzamalar kaydedilmelidir.

10.1.3 Çekme İşlemi Sonrası Alınacak Önlemler

10.1.3.1 Krikolu Çekme

a) Çekme bitince teller ankrajlama arkasından tercihan

döner kesici ya da mekanik bir kesiciyle kesilmelidir. Alevli kesiciler kullanılacaksa çok dikkatli olunmalıdır.

b) Şerbetleme öncesi bütün deliklerin açık olup olmadığı, basınçlı hava ile kontrol edilmelidir.

c) Şerbetleme sırasında koruyucu gözlük kullanılmalıdır.

d) Şerbet püskürtme aletlerinin bağlantı yerleri vidalı olmalıdır. Basınçlı şerbetin etrafa saçılması özellikle göze gelmesi çok tehlikelidir.

e) Deliklerden şerbetin gelip gelmediği gözle kontrol edilmelidir. Ani püskürtmelerin olabileceği düşünülmelidir.

f) Demir yolu veya kara yolu üzerindeki çalışmalarda etrafa dökülebilecek şerbetin trafiğe bir tehlike teşkil etmemesi sağlanmalıdır.

10.1.3.2 Başlıklı Çekme

a) Germe boşalmasında, önce parçaların serbest hareketini önleyecek engeller kaldırılmalıdır.

b) Çekme işleminden sonra, öngerme çeliği ankre edilince germe boşaltılması yavaş yavaş ve muntazam bir şekilde yapılmalıdır. Ani boşalmalar betona zarar verebilir.

c) Tel veya toronlar tek tek boşaltılacak ise bu belli bir sıra ile yapılmalıdır.

d) Her çekim hattının malzemesi için bir kayıt tutulmalıdır.

Bu kayıta :

- Ekipmanın ilk servise giriş tarihi,
- Değiştirilen ekipmanın tarihleri,
- Kilitleme malzemesinin kaç kere kullanıldığı,
- Ekipmanın bakım ve kontrol tarihleri

bulunmalıdır.

e) Kilitleme malzemesi en az haftada bir kere kontrol edilip dişleri tel fırça ile temizlenmelidir. Dişler arasında pislik, tıkanıklık bırakılmamalıdır.

f) Koni yüzeyi, dişli parçalarının hareketini engellemeyecek şekilde temiz tutulmalıdır.

g) Haftada en az bir kere,

- Ara plakların düzgünlüğü,
 - Çekme ekipmanı, başlıklarda eğrilik olup olmadığı,
 - malzemenin kaynaklı yerlerinde çatlak bulunup, bulunmadığı,
- kontrol edilmelidir.

SONUÇ

Öngerilmeli beton son yıllarda bir çok alanda olduğu gibi özellikle üst geçit köprülerinde de yaygın bir şekilde kullanıma girmiştir.

Betonarmeye nazaran öngerilmeli betonla daha geniş açıklıklar geçmek mümkün olmakla birlikte, önceden germe tekniğiyle de, öngermeli kirişlerin fabrikasyona uygunluğu nedeniyle zaman ve maliyetle işçilikten tasarruf sağlanmaktadır.

Önceden germe tekniğinde üretim periyodunu en az indiren ısı işlem, betonun ilk yaşlardaki mukavemet artışını hızlandırmakta, sünme ve rötre değerlerinde % 30'a varan bir azaltma sağlamaktadır.

Süper akışkanlaştırıcı katkının kullanımı ise betonun işlenebilme yeteneğini arttırmakla birlikte su/çimento oranını düşürerek beton mukavemetini iyileştirmekte ve sünme ile rötre üzerinde olumlu etkiler yapmaktadır.

FAYDALANILAN KAYNAKLAR

- 1) Tokerud, Roy " Precast Prestressed Concrete Bridges for low - Volume roads " July- Agust 1984
- 2) H. Celasun - Zekeriya Polat " Öngerilmeli Beton "1974
- 3) La'szlo' Makk - Ena're Löke " Montagebau in Stahl-beton " 1973
- 4) M. Süheyl Akman " Yapı malzemeleri " 1987
- 5) Rabak " Öngerilmeli Beton için teller ve Denetler "
- 6) Rabak " Öngerilimli beton uygulamaları için faydalı bilgiler "
- 7) Yapı Merkezi A.Ş. " Araştırma Çalışması "
- 8) D.S.İ. " Isıl işlemin Türk Portland çimentoları üzerindeki etkisi " (Deneysel çalışma) 1979
- 9) Prefabrik Birliği " Prefabrike beton üretiminde süper akışkanlaştırıcı kullanımı " Ekim 1987
- 10) Prefabrik Birliği " Polimerler Yardımı ile beton kalitesinin yükseltilmesi ve bir örnek uygulaması. Ekim 1988
- 11) Uyan.M , " Isıl İşlem Uygulaması ile Birlikte Katkı kullanımının Beton Özelliklerine Etkisi ", Doçentlik Tezi, İ.T.Ü. İnş. Fak. Mart 1982
- 12) Neville .A.M " İnfluence of temperature and curing on creep in properties of concrete. " 1982
- 13) PCI; Manual on Design of connections for precast prestressed concrete a desing Guide.
- 14) T.S.E. 3233 Şubat 1979.



Okan ÖZKARA

1963 Ankara doğumlu. İlk, orta ve lise tahsilini Ankara'da tamamladıktan sonra 1980 yılında Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Bölümünde başladığı yüksek öğrenimini 1985'te tamamladı. 1986'da aynı Üniversitenin İnşaat Yapı dalında yüksek lisans eğitimine başlayan Okan ÖZKARA 1987 yılında " Önceden Öngerme- li Prekast Üst Geçit Köprü Kirişlerinin Proje ve Uygulama Aşamasında Karşılaşılan Zorluklar " başlığı altında tez ödevi aldı.

