

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Yapıların Bozulması, Bakımı ve Onarı

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nuri Karadot

1991

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANE DOKÜMANTASYON
DAİRE BAŞKANLIĞI

Kot	: R 150 254
Alındığı Yer	: Y. T. Ü
Tarih	: 29.8.1995
Fatura	: -
Fiyatı	: 50.000 TL?
Ayniyat No	: 1-16
Kayıt No	: 51555
UDC	:
Ek	:

Y. T. Ü.

KÜTÜPHANE DOK. DAL. BAŞKANLIĞI

YAPILARIN BOZULMASI, BAKIMI VE ONARIMI



YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞ. MÜH. NURİ KARADUT

ÖZET

Genelde, pratikte, proje tasarım ve inşaa aşamasında karşılaşılan temel problemler çok iyi bilinmektedir.

Bu çalışmada, proje ve inşaa ameliyesinde bu temel sorunlar üç ayrı kısma ayrılarak gözönünde bulundurulmuştur. Buna ilaveten, bu çalışmanın bir diğer amacı bozulmanın/hasarın araştırılmasında kazanılmış tecrübelerin bir kısmının buradan açıklanması ve her bölümde defalarca dikkat çekildiği gibi burada, Türkiye'de mühendisliğin bu safhasında henüz yeni olan bakım mühendisliği, inşaa/yüklenici ve tasarımcı arasında lüzumlu olan ilişkinin kurulmasıdır.

Birinci bölümde, bozulma ve onarım problemleri tartışılmış ve eldeki örnek vakalarla ilgili tüm emareler değerlendirilmiştir. İkinci bölüm çelik yapılar üzerinedir. Bu bölümde çelik yapılarla çalışıldığında karşılaşılan beş temel bozulma tipi mevcuttur. Bunlar , çürüme, aşınma birleşimlerde gevşeme, yorulma ve çarpılmadır. Bozan etmenlerin temel sebepleri ve belirtileri tartışılmış ve özetlenmiştir. Son bölümde, beton yapılar incelenmiş, çatlama, dökülme ve dağılma gibi görünen üç temel belirti inceleme altına alınmıştır. Bozulmanın sebeplerini kolaylıkla incelenmesi için tablo ve akış diyagramları düzenlenmiş ve sorunun kaynağına inilmekte kullanılmıştır.

Tüm bölümlerde; bazı tecrübeleri anlatan vaka tahlilleri bulacaksınız ve bu çalışmaya yer yer fotoğraflar eklenerek bozulmanın muhtelif ve karakteristik özellikleri hakkında bilgi verilmeye çalışılmıştır.

SUMMARY

In practice, generally, the major problems of civil engineering, during design and construction are well known.

In this thesis, these major problems in design and construction have been considered as having divided in to three separate parts, in addition to this, another purpose of this thesis is to describe some of the experiences in detecting and repairing deterioration and also, as will be noted several times on each chapter, to establish some of necessary link between the designer, builder and maintenance engineer which is fairly new branch in this field, in Turkey.

In the first part, The deterioration and maintenance problem have discussed and all facts pertinent to the problems at hand have been evaluated. Second part is about steel structures. In this chapter there are five basic types of deterioration to be considered when dealing with structures of steel. They are corrossion, abrasion, loosening of connections, fatigue and impact. The symptoms and basic causes of these deteriorating agents have been discussed and summarized, clearly. In last chapter, consrete structures has been concerned. Cracking, spalling, and disintegration, three basic visual symptoms are taken under analysis. The tables and flow charts have been set up to be seen the causes of deterioration, easily and to be used for purposes of orientation.

In all chapters, you'll find some case history discribed the experiences and a number of photographs have been included in the text to present the visual characteristics of several form of deterioration.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

Sayfa No

ÖZET

SUMMARY

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Giriş ve Genel Görüşler

1.1.1. Önleme

1.1.2. Tamir Aşamaları

1.1.3. İşçilik

1.1.4. Özet

1.1.5. Bölüm Notları

BÖLÜM 2. ÇELİK YAPILAR

2.1. Malzemeyi Kullanım Dışı Bıraktıran Sebebler ve

Tipleri

2.1.1. Korozyon

2.1.2. Aşınma

2.1.3. Birleşimde Gevşeme

2.1.4. Yorulma

2.1.5. Çarpma

2.2. Koruma Tedbirleri

2.2.1. Yapının Temiz Tutulması

2.2.2. Boyama

2.2.3. Diğer Kaplamalar

2.2.4. Muhafaza Altına Alma

2.2.5. Korozyona Dirençli Alaşımlar

2.2.6. Korozyon Hasarını Karşılacak Ekstra Malzeme

2.2.7. Katodik Koruma

2.2.8. Kaplama

2.2.9. Detayların Faydası

2.3. Tamir işlemi

2.3.1. Kaplama

2.3.2. Yenileme

	<u>Sayfa No</u>
2.3.3. Beton ile Muhafaza Altına Alma	63
2.3.4. Çeşitli Hususlar	63
2.4. Bazı Tipik Vakalar	70
2.4.1. Hasar Görmüş Bir İskele	70
2.4.2. Hasar Görmüş Bir Köprü	79
2.4.3. Binalarda Görülen Bazı Problemler	82
2.5. Bölüm Notları	84
2.5.1. Korozyonun Oluşumu Hakkında Bazı Hususlar	84
BÖLÜM 3. BETONARME YAPILAR; BOZULMANIN SEBEPLERİ VE ÖNLEYİCİ	
TEDBİRLER	87
3.1. Sunuş	87
3.2. Bozulmanın Sebepleri	88
3.2.1. İnşaa Esnasında Oluşan Tesirler	89
3.2.2. Kurumadan İleri Gelen Büzülmeleler	95
3.2.3. Isı Farkından Oluşan Gerilmeler	96
3.2.4. Beton Malzemenin Rutubeti Absorbe Etmesi	101
3.2.5. Betonarme Donatının Koroze Olması	102
3.2.6. Kimyasal Reaksiyonlar	109
3.2.7. Atmosfer Şartlarından Aşınma	120
3.2.8. Şok Dalgaları	124
3.2.9. Erozyon/Aşınma	126
3.2.10. Yetersiz Proje Detaylandırılması	128
3.2.11. Projelendirmede Yapılan Hatalar	148
3.3. Sebeplerin Teşhisi	149
SONUÇ	182
KAYNAKLAR	183
ÖZGEÇMİŞ	187

1. GİRİŞ

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında, her aşama yardımlarını esirgemeyen, değerli görüşleriyle yol gösteren Hocam Sayın Prof.İbrahim EKİZ'e saygı ve şükranlarımı sunarım.

1. GİRİŞ

İnşaat mühendisliğinde, proje ve inşaat çalışmalarında genel olarak karşılaşılan ana problemler çok iyi bilinmekte ve uygulamada bunlar hassaslıkla göz önünde bulundurulmaktadır. Buna ilaveten proje aşamasında hesap hareketli yükleriyle ilgili hususlar tasarlananın üzerinde, aşırı yüklemeler için bir marj ihtiva etmekte, projelendirmede uyulan şartnameler bunları karşılayacak emniyet faktörünü kapsamaktadır ve bunlar pek değişmez. Bunun sonucu olarak; Bir yapının inşaatı esnasında karşılaşılabilecek aksilikler ya da kazalardan başka bir çökme çok seyrek olur ve burada en azından çok iyi projelendirilmiş bir yapının karşılayacağı/maruz kalacağı yükleri yeterli, uygun şartlarıyla taşıyacağına, mühendis ve finanse eden yetkili merci emin olmalıdır.

Bununla beraber, uygulanan işletme yüklerinde, yapılar mükemmel uyum sağlamalarına rağmen, işletmeye açıldıktan sonra, bir çok yapıda ciddi bakım problemleri oluşmaktadır. Ayrıca, yapının projelendirilme ve inşaatı aşamalarında veya uygun olmayan detayların kullanımından kaçınılmaması ve dikkatsizliklerin sonunda oluşacak kötü şartlar altında, benzer yapılarda, aynı problemler sürekli olarak tekrar edecektir. Çalışmada açıklanacağı gibi, bunlar gerçekten sorundur. Üstünde hassaslıkla durulması gereken uygun tasarlanmış, proje esaslarına uygun imalat hatalarının sebep olacağı bozukluklar dışında oluşacak problemlerin irdelenmesi bu çalışmanın ilk amacıdır.

Ayrıca, bu kötü uygulama ve detayların tekrarı ve kullanımı projecilerin ve şantiye personelinin kendilerine problem olan bu gerçeğin farkında olmadıklarını ve böylece sonraki, müteakip inşaatlarda düzeltilmiş, islah edilmiş detay ve şartnameleri uygulamadıkları görülüyor.

Tasarım, proje, inşaat ve bakımın genellikle ayrı birimlerce ve sıkça farklı firmalar veya merciler tarafından yapılmasından dolayı, bunun böyle

olması anlaşılmaktadır. Bununla beraber bakım problemi uzun süre oluşmaz, bu süre zarfında da ilgili birimler başka görevlere atanmış, ölmüş veya bu işle ilgilerini kesmiş olabilirler. Sonuçta; projeci inşaat yapım elemanı ve bakım mühendisi arasındaki irtibat zayıflar. Projeci ve yüklenici firma iyi niyetle yaklaşmışda olsalar yapının aksayan kısımları hakkında bilgi edinme imkanından mahrumdurlar. Bu sahada çalışan herkes karşılaştıkları güçlükleri kendi gurubu dışındaki meslekdaşlarıyla tartışmak, konuşmak istemediklerinden diğerlerinin tecrübelerinden yararlanmak imkanı da olmuyor.

Buna göre; Bu çalışmanın ikinci amacı yazarının ve bu alanda diğer çalışanların kusur ve bozulmaları teşhisi ve onarımı üzerine olan bazı tecrübelerini anlatmak ve böylece projeci, yüklenici ve onarım mühendisi arasında gerekli irtibatı sağlamak ve farkında olmadıkları bakım konusundaki tecrübe eksikliklerini ve ilgili problemleri bu insanlara tanıtmaktır.

Çelik ve betondan müteşekkil her inşaat sınıfında, konuların irdelenmesi iki kısımda olmuştur. Birinci kısımda, arızaların, bozulmaların en aza indirilmesi veya tamamen önlenmesi için yapıda bu yönde oluşacak çabaları, projelendirme safhasındaki gidişat ve detayların açıklanması, bunun yanı sıra bozulmaların tiplerinin ve sebeplerinin tanınması üzerinde durulmuştur. Tecrübelerin neticesi yaşanan ve muhtemelen iyi neticeler alınmamış uygulama tip, detay ve örnekleri fikir oluşturma için aktarılmıştır. Aşağıdaki temel prensiplerin uygulanması ve arzettiği önem vurgulanmıştır.

- 1) Arazi, çevre ve açık etkilere, tesirlere (hava şartlarına) maruz kalınacak ortama uygun yapı malzemelerinin seçimi,
- 2) Projelendirme detaylarına ve genel çizim hususlarına önemle dikkat edilmesi,
- 3) Doğru inşaat uygulamalarında ısrar edilmesi.

Çalışmanın ikinci bölümünde, her cins yapı malzemesinde oluşacak hasarların tanımı, tespiti ve tamiri ile ilgili açıklamalar yer almaktadır.

Tamire uygun metodlar olarak detay ve referanslar verilmiştir. Özelliği olan uygulamalarda takip edilmiş işlemler açıklanmış ve bu uygulamaların iyi ya da kötü olan sonuçlarına dikkat çekilmiştir. Daha küçük çaplı, düzenli takip edilen koruyucu bakım ve tarama programının dikkatlice icrası ve zorunlu şartların ciddi oluşacak bozulma ve hasarları önlemesi, genişlemesini, büyümesini durdurması bakımından önemle vurgulanmıştır. Mevcut yapının/yapı elemanının takviye edilerek tekrar kullanılan/işletilir hale girmesiyle ilgili hususlarda dahil edilmiştir.

Genelde karşılaşılan bozulma, hasar tiplerinin bazılarının karakteristik özelliklerini göstermesi açısından bir dizi fotoğraf çalışmaya eklenmiştir. Bu muhtemelen olabilecek hasarları/kusurları ve sebeplerinin hatırlanmasında okuyucuya yardımcı olacaktır. Bozulan malzemelerle ilgili örnekler çok karşılaşılan olaylardandır, fakat tecrübeli olmayan biri çoğunu aynı, benzer olaylar olarak görebilir. Dahası gördüklerinin, görünen şeylerin ihtiva ettiği anlamı, önemi kavrayamayabilir. Bu tıpkı jeolojide çok rastlanan bir problem gibidir. Şöyle ki; usta, tecrübeli bir jeolog arazi yapısını, görünümünü değişen jeolojik bulgulara bağlayabilir, aynı şekilde benzer olarak, bakım mühendisliğinde de farklı çeşitteki bozulmaları tanımayı sağlayacak ince, zor farkedilen ayrıntıları bilmeyi, kavramayı gerektiren bir tecrübe zorunludur. Fotoğraflar bu gaye ile size ipuçları vermektedir ve dikkatlice incelenmelidir.

Tecrübelere göre, yapıdaki bozulmanın durdurulması, korunması, oluşmuşsa farkedilmesi, tanımı ve onarımı, düzeltilmesi yüksek oranda beceri ve mühendislik ufkuna, yaratıcılığına ihtiyaç göstermektedir. Düzenli periyodik bir bakım programının oluşturulması yürütülmesi tam tecrübeli, herşeye vakıf, yüksek dikkate ihtiyaç gösterir. Eğer bu gerçekler sürekli hatırd tutulur ve bakım mühendisliğinin bir ihtiyaç ve tamamıyla ihtisas isteyen bir uygulama sahası olduğu ele alınırsa, bakım mühendisliğinde bir çok kusur ve yetersiz uygulamalar, mevcut hasar yaratan tesirlere karşı proje ve inşaat safhalarında alınan tedbirlerle düzeltilmiş olacaktır.

1.1. GİRİŞ VE GENEL GÖRÜŞLER

Mühendislik yapılarının bozulması, hasarı ve müteakip bakımı, sanayi ve kamuya önemli masraf ve rahatsızlıklar yükleyen genel ve ciddi bir problemdir.

Mühendisler için problemin iki cephesi mevcuttur; bunlar önleme ve onarımdır. Oluşabilecek zararlar hakkında istenen genel bilgilerin dışında bu iki husus ayrı ayrı olarak bu çalışmada irdelenecektir.

1.1.1. Önleme

Bu iki konu, koruma ve onarımdan, koruma daha önemli yer tutar. Projenin tasarım ve uygulama safhalarında potansiyel olarak varolan bakım problemlerine yeterli dikkatin sarfedilmesinin gerekli olduğu çalışmada vurgulanmıştır. Çalışmada tariflenen biraz sıkıcı olduğu tahmin edilen detaylar ve yapı uygulama safhaları her zaman basit görülenler olmakla beraber çok az, ufak görünen bozulma ciddi sonuçlar doğurur.

Buna uygun olarak, açıkça anlaşılacağı gibi proje mühendisi çevrede olan maruz kalınacak dış tesirlere uygun tasarım ve kullanımına uygun malzeme seçmelidir. Oluşacak ciddi bozulmaları önleyecek tarzda tasarım aşamasında yapıda detaylandırılmaya gidilmelidir, ayrıca kontrol mercileri düzenli ve doğru inşaat imalatında ısrarlı olmalıdırlar. Burada açıklığa kavuşacak şu üç husus vardır; bunlar uygun malzeme, tam açık detaylandırma ve doğru bir uygulamadır. Bunlar, uygulamada meydana gelecek çeşitli bozulma tipleri ve anlaşılamayan sebebler hakkında bilgileri gösterir ve uygun olmayanları açığa çıkarır.

Bu konular hakkında bilgiler bölüm 3'de, kısmen de Bölüm 2'de işlenmiştir. Yeni inşaatla ilgili çalışma yapan bir proje mühendisi bu çalışmanın yukarıda açıklanan bölümleri ile ilgilenmelidir. Diğer kısımlar mevcut yapıların bakımı ile ilgilidir.

1.1.2. Tamir Aşamaları

Eğer hasarın önlenmesinde başarısız kalınırsa, o zaman yapı terkedilmeli veya yeniden yapılmalı ya da onarılmalıdır. Genellikle onarılır. Bu onarım işleminin yapılması ve tamamlanması hassas ve teknik bir konu olup beş aşamada gerçekleşir. Bozulmayı bulma, sebebinin tespiti, mevcut yapının mukavemetinin saptanması, onarım ihtiyacını tespit etmek, onarım işlemini seçmek ve yerine getirmek.

1.1.2.1. Bozulmayı Bulmak

Belki belirtmek gereksizdir, fakat, onarım yapılmadan önce, bir şeylerin yanlış olduğunun anlaşılması gerekir ve bu anlayış mutlaka çok geç olmadan yapı çökmeden gerçekleşmelidir. Örneğin ahşap yapılarda ve ahşap kazıklarda böcekler, haşereler ve ağaç kurtları çökme durumuna kadar yapıya/malzemeye zarar verebilir ancak bu dışarıdan tecrübeli bir uzman hariç pek farkedilemez.

Hatta, yapının pek ulaşılamayan yerlerinde özellikle oluşan çelik malzemenin oluşturduğu paslanma gibi sıkça görülen bir bozulmanın bile fark edilmesi çok zordur. Bunun sebebi basittir. Girilebilen kısımlar boyanır, fakat girilemeyen, ulaşılamayan kısımlar çoğunlukla ihmal edilir.

Bu çok özel bir sebebin tanımlanması demek değildir. Gerçekte bu beton malzemede de aynı anda bozulmayı oluşturan bir çok etkenin var olması veya yeterli bilginin mevcut olmaması yüzünden gerçekleşemez. Peki, ne yapılabilir ? Bir kaç etken elde kalana kadar ihtimaller elenir ve sonra mevcut bozulmuş durumu düzeltecek bir tamir metodu bulunarak bu şüphelenilen bir veya daha fazla olan etkenlerin fazla hasara sebebiyet vermesi durdurulur. Örneğin; tipik bir vaka olarak 8.1'de; ihtimal olarak dört ayrı sebebin oluşturabileceği bir çelik perde kazıkda/palplansdaki bir bozulma ve nedenleri açıklanmıştır. Bunlardan hangisinin buna sebep olduğu belirlenememesine rağmen, bunlardan herhangi birinin bozulmayı devam ettirmesini, artırmasını önleyecek bir tamir metodu seçildi. Sonuçlar tamamen tatmin edici oldu.

Bununla beraber, gerçekte bozulmaya neden olan sebebin tam olarak bulunamamasının doğurduğu tamirat masrafı gerçekte olması gerekenden biraz fazla olmuştur. Eğer bulunsaydı daha az olacaktı. Bu genellikle hep böyle olmaktadır ve ekonomik sebeplerden ötürü problemi oluşturan sebebi veya sebepleri mümkün olan her türlü gayret sarfedilerek tanımlanması tavsiye edilir.

Bu bağlamda, bozulmaya neden olan etkeni anlamadaki başarısızlık beklenen faydadan başka zararlı olabilecek onarım metodunun seçilmesine bizi sürükleyebileceği unutulmamalıdır.

Bozulma sebep veya sebeplerini belirleyebilecek bir yöntem, kural ya da kurallar dizisi yoktur. Her vaka kendine özel bir problemdir ve kendine özel teşhis konulur.

Yine, büyük ağır ahşaplar dıştan tamamen sağlam görünümlerine rağmen içeriden ciddi bir şekilde çürümüşlerdir. Burada bunun sebebi, nemin tutulduğu duvar ile ahşabın birbiriyle temasda olan iç yüzeylerinde veya temas edilen bitişik ahşap yüzeylerinde rutubetin yürümesi sonucu olmaktadır. Bu bitişik, temaslı yüzeyler görülmez, çürüme burada kapalıdır, gizlenmiştir ve burada bir çekiçle kerestelerin vurularak dinlenmesi veya delinmesi ya da şartlarının daha iyi anlaşılması için kesilerek görülmesi gereklidir. Tamamen görülebilen, açıkta olan, incelenebilen ve hava şartlarına açık olan ahşap malzeme yüzeyleri, kurudur, çürümez ve iyi görünümündedirler.

Böyle benzer birçok örnekler sıralanabilir. Burada önemli olan husus, bakımla görevlendirilmiş veya bu konuyla ilgilenen bir mühendisin arızanın nerede olduğunu anlamasından evvel teknik olarak nereye bakması, neye bakması ve nasıl bakması gerektiği hususunda eğitilmelidir. Keza neye, nereye ve nasıl bakılacağına bilinmesi yine bozulmanın temel sebepleri ve oluşabilecek çeşitli bozulma çeşitleri hakkında bilgiye ve tecrübeye ihtiyaç gösterir. Bu bilgiler bölüm 2.3'de verilmiştir. Şüpheli bir yapıyı kontrol etmeden önce bakım mühendisinin bu çalışmanın ilgili bölümlerini incelemesi gerekir.

1.1.2.2. Sebebin Tespiti

Bu en önemli ve en çok zorluğu olan aşamadır. Sebebi anlaşılmadan, tamir edici sonucun elde edileceğinden emin olunması, tamir tipinin belirlenmesi ve ihtiyaçların tespiti mümkün değildir.

Bununla beraber, tecrübeyle bazı belirtiler ortaya çıkar. Örneğin; temel hareketlerinden dolayı oluşan çatlaklar diyagonaldir. Sülfat tesirlere maruz kalmış bir beton harç sıvada veya beton tabakada karakteristik beyazımsı ölü bir görünüm vardır. Donatıdaki korozyondan oluşmuş yüzey çatlakları pas lekeleriyle birbirine paralel muntazam aralıklarda görünürler. Keza çelik yapıda oluşan korozyonda nereye bakılması gerektiği ve ahşap elemanda da çürümenin nerelerde muhtemelen olabileceği öğrenilir. Genel olarak teşhis zordur. İyi bir bilgi ve tecrübeyle cevaba ulaşana kadar, ihtimalleri eleyerek sonuca ulaşmaktan başka çare yoktur. Bu önceden belirtildiği gibi Bölüm 2.3'deki bilgilerin çok iyi incelenmesini gerektirir.

Birkaç husus; Yapıyı incele, muayene et, oturup onu iyice incelemekten çekinme, kötü ve iyi hava şartları altında incele. Aynı bölgedeki diğer yapılarla mukayese et ve bu durumda anormallikleri tespit et, sabırlı ol, onarım problemleri fabrika-montaj metodlarıyla çözülmez. Problemi incele, titiz ol ve işi tam yapmak için yeterli zaman ayır. Bu tür işlerde biraz tehlike vardır, dolayısıyla ani karar vermekten kaçın, mevcut kalmış, gizli herhangi bir etkinin olup olmadığını iyice ve etraflıca araştır ve sadece hasarlı yüzeyin onarımını değil bu esnada bazı yerleşmiş problemleri de çöz.

1.1.2.3. Mevcut Yapının Mukavemetinin Saptanması

İncelenen yapı genellikle işletme altındadır, kullanımdadır. Burada yapının mümkün olduğu kadar çabuk kullanımı yönünde emniyetli olup olmadığına karar verilmelidir, ya da yapının kullanım şartlarının yumuşatılması gerekebilir. Eğer yapı mukavim özelliklerini işletme yükleri altında tam sağlayamıyorsa, terkedilebilir. ya da askıya alınabilir. Hatta, yapı faal bir kullanımda değilse bile, onun taşıyıcı özelliği, mukavemeti ve emniyeti

yine de ilk ilgilenilecek hususlardır.

Bozulmaya maruz kalmış yapının mukavemetinin (taşıyıcı özelliğinin) değerlendirilmeye tabi tutulması kendi sahasında başlı başına bir mühendislik problemi olabilir. Bununla beraber, karşılaşılan uygulamaların büyük çoğunluğunda böyle bir sorunla çok sık karşılaşılmaz. Örneğin: Bir beton plakta ya da kolonda donatının üstüne gelen kabukta (örtü ve betonunda) oluşan dökülme parçalanma, eğer donatı çubukları kötü koroze olmamışsa (paslanmamışsa) ciddi bir tehlike arz etmez. Gerçekte o kısım kesitteki mukavemete bir katkı vermez. Yine benzer olarak bozulmuş hareketli birleşimlerde sızıntı ve/veya kısmi olarak beton kabuktaki dökülme, kavlanma önemli değildir ve yapının tümünde ciddi bir tehlike oluşturmaz veya bu deformasyonlar diyaframlarla, şerit, kolon vb. plakalarla ya da yapıya uydurulacak parçalarla sınırlı tutulabilir.

Düzgün, elverişli, yapılarda çok sık karşılaşılan bir diğer husus, tam dolu bir oto garajı veya depo, antrepo ya da çok yoğun bir demiryolu trafiğini taşıyıcı yapı örneklerinde olduğu gibi muhtemelen oluşacak maksimum yüklemeleri düzenli olarak yapının neresinde karşılayacağıdır.

Deformasyona maruz kalmış yapı kısımlarındaki elverişsizliklerin sebepleri de ciddi problem teşkil etmez. Yapıda yeterli olmayan mukavemet (taşıma gücü) ile ilgili sorunlar varsa mutlaka bir problem söz konusudur. Bu problem için üç yaklaşım metodu vardır.

a) Sabit yüzde metodu:

Kesit olarak değil fakat mukavemet olarak yapının tüm elemanlarının projede verilen hesap mukavemetindeki risk/emniyet yüzdesinden daha az zayıflayanlar hala elverişli fakat fazla mukavemetlerini yitirenler elverişsiz dolayısıyla onarıma ihtiyaç gösterdikleri varsayılarak ilk ve en basit bir yaklaşıma gidilir. Bu çok kullanılan bir kriterdir. Yapının türüne, tasarım kriterlerine ve kullanım şartlarına bağlı olarak müsaade edilebilir mukavemet kayıpları % 15'dir. Bu % 15 değeri çok kullanılmaktadır ve proje hesap değerine göre düzenlenmiş köprü ve yapıların kullanılan belli başlı eleman-

ları için uygun bir değerdir. Kolon, kazık, korniyer gibi detaylarda, taşıyıcı plaka ve yıkılmaya sebep vermeyecek arızalanan yapı kısımlarında bulunduıkları çalışma şartları değerlendirilerek daha yüksek değerlerde uygulanmaktadır. Bu hususda genel kural yoktur. Mühendisin değerlendirmesine, projelendirmedeki elastik analize, veya yapıya ne derece gerçekçi bir tasarımla yaklaşıldığına bağlı olarak kullanılan bu değer maksimum gerilme değerlerine göre ya da plastik davranışında gerilmelerin yeniden dağılımı gözönünde bulundurularak tespit edilir. Orijinal tasarımda riskleri karşılayacak bir emniyet sağlandı mı ? İşletme yüklerinde bir artış ya da azalış söz konusu olabilir mi? Bunlar gibi, bu aşamada ilgilenilecek bir çok etken vardır.

Doğal olarak bu metod orijinal proje hesaplarının yeterli olduğunu kabul eder fakat her zaman olmasa bile, bu kabul genellikle doğrudur ve bu da bu yaklaşım metodunun zayıf yönlerinden biridir.

b) Mevcut Mukavemet Şartlarının Tespiti

Deformasyon, bozukluk vs.nin olduğu yerlerdeki kesit kayıpları için ihtiyadi olarak bırakılmış fazla kesit değerleri de dahil olmak üzere, mevcut görünümüyle, yapıda tam detaylı bir egerilme analizi ikinci yaklaşım metodudur. Bu çok zor ve pahalı bir işlem olmakla beraber, eğer bozulmalar yapıda yaygın, ilerleyen ve pahalı onarıma ihtiyaç gösteren durum varsa çok kıymetli dişe dokunur bir çalışma olacaktır. Yukarıda tarif edildiği gibi, sıkça kullanılan bu metodda, şartnamelere uygun olarak kabul edilmiş azami gerilme kayıpları esas alınarak yapıdaki bozulma değerlendirilir ve büyük çaplı onarıma ihtiyaç duyulduğunda elemanın taşıma gücüne katkıda bulunan tüm durumlar dikkate alınarak etraflıca bir gerilme analiziyle elemanın taşıma gücü (mukavemet şartları) yeniden değerlendirmeye tabi tutulur. Bu durumlardan bazıları bölüm notları 1 başlığı altında irdelenmiştir. Analiz, orijinal tasarım proje aşamasında yapılan normal hesapların daha ötesinde bir incelemedir. Buna mukabil, çok hassas detaylı bir analiz yeni bir inşaat- ta ekonomik olarak doğru bir netice vermez. (Gerçekte bir kaç kilo demir ve beton tasarruf edildiğinde bunun için cabalanan, artan mühendislik masraf-

larını karşılamaz.) Ancak problemin olduğu yerde ihtiyat olarak risklere karşı emniyette kalınmak için, teşkil edilmiş rezerv mukavemet yapıda onarma ile onarmama arasındaki farkı gösterebilir ve hatta tamir yerine korumayı isteyebilir veya binayı kullanmaya devam etme ile terketme arasında bir karar alınmasına sebep olabilir.

Dikkat : Eğer yapıda onarım yapılmıyor veya bu sınırlı olacaksa, ya da proje hesaplarında belirtilen ihtiyat payı olarak oluşabilecek riskli gerilmeleri karşılayacak rezerv mukavemetten ötürü yapının kullanımı mümkünse; aşağıdaki şartlar yerine getirilmelidir:

1) Yapının taşıma gücü, sadece mevcut yüklenme şartlarına göre değil, aynı zamanda heran ya da gelecekte olabilecek muhtemel maksimum yüklemeleri de uygun bir emniyet faktörüyle karşılayabilmelidir.

2) Yapıda bozulmadan ötürü ya da kullanımı süresinde oluşmuş etkiler, hasarlar ve bunların ihtimalleri gözönünde bulundurulmalı ve incelenmelidir. Bunların tesiriyle azalmış mukavemet şartları yapı elemanlarının bükülme, eğilmeye karşı oluşacak reaksiyonunu azaltır ve bu çok önemli nokta çok sık ihmal edilir. (Bölüm 9'a bakınız). Bu ağır bir trafik kazası geçirmiş bir arabayı satın almak gibidir. İyi bakım görmüş gibi görünebilir, fakat beklenmeyen ve şaşırtıcı sonuçlar doğurabilecek belli olmayan gizli kalmış arızalar taşıyabilir. Eğer yapı/ya da elemanı çarpılmışsa, onu düzeltmeyi deneme. Onu ayrı bir yere al, normal ortamda, zorlamadan, basınç uygulamadan elemene/elemanlara mukavemet kazandırmaya çalış ve tekrar monte et/birleştir ya da bu çarpılmış elemanın ya da kısımlarının ilave gelecek yükleri karşılayamayacağını varsayarak ona göre takviye yapılır.

3) Emniyet olarak, riskli işletme şartlarına karşı muhtemelen rezerv mukavemet isteyen yapının gelecekte deforme olabilecek yerleri gözönünde bulundurulmalı, incelenmelidir. Bu deformasyonlar çirkin görünüm ya da birleşimlerde çatlamalardan ötürü oluşacak sızıntı veya donatının dış tesirlere maruz kalarak paslanmasına neden olacak yan etkiler oluşturmamalıdır. Bir örnek verecek olursak; (a) Yapının davranışı zeminde pasif basınca neden olacaktır. (b) ya da bu zincir eğrisi şeklindeki tasmana mukavemet vermeden

önce defleksiyon oluşur.

4) Rezerv olarak emniyette kalmak için oluşturulmuş ihtiyadi mukavemet kullanıldığında bu sürekli olmalıdır (ya da işletme yüklerinde bir azalma olduğunda). Zemin gerilmesine güvenme, zeminde bilinmeden istemeyerek de olsa bir kazı, hafriyat yapılmış olabilir, ağırlığı değişebilir. Keza yine çevre yapıların vereceği koruyucu destek de hesaplara katılmamalıdır. Çünkü yıkılabilirler. Eğer gerekiyorsa; sınırlı bir yükü direklerle karşılayarak, taşıt, eğer problem temellerden birisiyle ilgili ise komşu arazide kurulacak geçici yapının olacağı yerlerde zemin basıncı hesaplanmalıdır.

5) Kritik yapı elemanlarında oluşacak bozulmalar tamamıyla ve etkili bir şekilde durdurulmalıdır. Bununla beraber ciddi hasar görmemiş elemanları koruma altına almak gerekmez. Eğer yapı yetkili konusunda uzman bakım personeline bakım için havale edilecekse ve daha az kritik durum arzeden kısımlarda ciddi zararlar doğurmayacaksa, bu elemanlarda koruyucu tedbir ve bakım 4 ncü adımda açıklanan ekonomik kriterler gözönünde bulundurularak ertelenebilir. Eğer bu durumlar mevcut değilse, onlarda etkili bir koruma altına alınmalıdır.

6) Orijinal projesinde düşünülmemiş bazı yapı davranışları ihtiyadi olarak rezerv mukavemet gerektiriyorsa, mutlaka gerilme analizleri yapılarak bu husus üstünde karara varılmalıdır. Detaylar dikkatle kontrol edilmelidir. Örneğin; donatı ek yerlerinde beraber çalışacak kayıp ihtimalinin zayıf olduğu kesitlerdeki her bindirme kontrol edilmelidir. Açıklıkta oluşacak kemer veya zincir eğrisinden (basınç veya çekme gerilmelerinden) doğacak etkiler kontrol edilmelidir. Mesnet şartlarını kontrol ediniz.

c) Yükleme Testi:

Şüpheli elemanın yapısal uygunluğunun kontrol edilebilmesi için kullanılan üçüncü metod yükleme testidir. Yerel inşaat yetkilileri tarafından yükleme testi talep edilebilir. Fakat bu sadece yapının çökmeye karşı yeterli bir emniyet marjına sahip olduğunu gösteren uygulamalara tatbik edilmelidir. Aksi halde test aşamasında binanın yerle bir olacağı unutul-

malıdır.

Yükleme testi üç boyutlu yani gerçek yapıda gerçekleştiğinden hesaplanmış gerilme değerlerinden daha büyük değerler verir. Bu kısmen bitişik çerçevelerin katkısı, kısa süreli yüklemelere karşı uzun süreli yüklemelerin farklılığı ve beton silindir gerilmeleri ile yerinde dökme beton gerilme değerleri arasındaki korelasyon/ilişki-bağ kurma güçlükleri, plastik davranış içinde yeniden yayılma ve bir çok faktörler yüzünden daha büyük gerçekleşmektedir. Fakat hesaplanan değerlerden daha yüksek değerler vermesi yapının mukavemetinin değerlendirilmesinde yardımcı bir faktör olarak arzu edilen bir durumdur. Onarım işinde, en küçük mukavemet değeri bile önemlidir. Buna göre, yükleme testi tavsiye edilir fakat bu bölüm 2'de bahsedilen sınır ve şartlarını yerine getirerek ve uygulama kapsamını gözönünde bulundurarak yapılmalıdır.

1.1.2.4. Onarım İhtiyacını Tespit Etmek

Bozulmanın, hasarın sebepleri belirlendiğinde ve mevcut yapıdaki taşıma gücünün, gerilmelerin kontrol edilmesinden sonra, aşağıdaki hususlarda bir karara varılmalıdır;

- a) Arızanın sürmesine müsaade etmek,
- b) Yapıyı takviye etmeden mevcut durumuyla korumak, onarmak,
- c) Yapıyı ihtiyacı doğrultusunda takviye etmek, mukavim özelliklerini kazandırmak veya

d) Eğer bozulma/hasar çok şiddetliyse terkedilmesi ya da yeniden inşaatı. Bu karar aşağıda genel olarak açıklanan kurallar ile, ekonomik portresi, emniyet faktörü ve görünümüyle ilgili olarak gerçekleşir. Farklı fikir veya yaklaşım, aynı yapıdaki farklı elemanlarda mümkün olabilir.

OLAY A: Analizler yapının elverişli gerilmelere mukavemet şartlarına sahip olduğunu göstermektedir. Eğer binanın mevcut görünümü rahatsız edici ise veya oluşacak (bozulmalar) deformasyonlar istenmeyen, çirkin görünüm oluştursa yapıyı hemen onar, eğer görünüm bir problem değilse;

1) Şartları incelemeye al ve bunun sabit mi yoksa ilerleyen bir bozulma mı olduğunu tesbit et.

2) Eğer bozulma sabitse, ne onarım ne de koruyucu işlem gereklidir. O şekliyle bırakılması en iyi çözümdür.

3) Eğer bozulma ilerleyen bir tipse; bozulmanın devam etmesi halinde bir zaman sonra yapılacak tamir ile şu anki onarım ve işletme kullanım şartlarını ekonomik portresini ve yapılabilme imkanlarını da gözönünde bulundurarak kontrol et.

Önce, onarımın ertelenebilmesi ihtimallerini araştır. Yapının mukavemet şartları, bozulma ilerlerken yaklaşık karşılıyorsa onarım kaçınılmazdır. Yine keza yapının, teslim edildiği ve bakım erteleme ihtimalini araştırarak bir bakım ekibi yeterli, tecrübeye ve ihtisasa sahip değilse, böyle bir karar aşamasında tamirat yine kaçınılmazdır. Yine benzer şekilde, eğer bakım tahsisatını ayarlamak ve ideal çalıştırmak bir kaç yıl alıyorsa, onarım çok çabuk gerçekleşmelidir.

Bununla beraber, şu an ve sonrasında yapacağı onarımın ekonomik görünümüyle ilintili olarak onarımın ertelenmesinin imkan dahilinde olduğu varsayılır ve onarım aksatılırsa, bozulma daha da artacak ve maliyeti de yükselecektir. Yine sadece bu arızı halleri durdurmak ve bakımın ileriye ertelenmesi için koruyucu bakım adı altında bazı işlemler yapılırsa, bunun maliyeti neticede yapılacak genel bakım maliyetine ilave edilmek suretiyle artacaktır. Diğer taraftan bu ilave ve büyüyen maliyet ertelenmiş diğer harcama kalemleri için yapılan yatırımlarla kısmen veya tamamen dengelenecektir.

Örneğin; İnşaatın temel kalemlerinden biri olan yapının korunumuyla ilgili faaliyetlerde, şimdi yapılması yerine ileri bir tarihte bu işlemin yapılacağını ve bunun da % 50'den daha fazla maliyet doğurduğunu varsayalım. Bu % 50 değeri koruyucu bakım maliyetidir. (Biz bunu % 30 alalım.) Bozulma daha şiddetliyse, onarım harcamalarının daha da artacağı için (bir % 20 ilave daha yapalım) ve bir diğer tahsisatı da beklenmiyen gelişmelere veya

inşaat giderlerindeki değişikliklere ayıralım. Ertelenmiş giderlerin yatırım değerini yıllık olarak % 6 kabul edelim ve C'de hemen yapılacak tamir maliyetini göstereyin. Ekonomik tablo aşağıdaki gibi olacaktır.

Koruyucu işlemin maliyeti	0,30 C
Hemen yapılacak onarım maliyeti . . .	1,00 C
Sonradan yapılacak onarım maliyeti . .	1,20 C
Koruyucu işlem ve onarımın sonra yapılmasıyla ertelenen maliyet gideri . . .	0,70 C

Değişim/Sapma noktası bilinen bileşik faiz formülü ile hesaplanabilir.

$$A = P(1 + i)^n$$

A; gerçekleştirilen son maliyet (1.50 C), P geciktirilen masraf tutarıdır. (0,70 C), i faiz oranıdır (0,06) ve n işin artan maliyetini değerlendirmek için onarımın ertelendiği yıl sayısıdır. Yukarıda anlatılan vakada n, 13 yıldır. Eğer koruyucu bakım onarım bu devreyi daha uzun bir süre sonraya erteleyecekse, ekonomik olarak onarımın sonra yapılması uygundur.

Bu husus birinci derecede önemlidir ve diğer bölümlerde teferruatlı olarak incelenecektir.

OLAY B: Analiz yapının mukavemet değerlerinin incelendiği an ya da kısa zamanda yetersiz olacağını gösteriyor. Bina ya onarılmalı veya yeniden inşaa edilmeli, veya bazı birimleri terkedilmeli ya da kullanım amacı değiştirilmelidir.

Üstünde durulacak ilk husus hasara uğramış elemanın veya yapı kısmının gerçekten ihtiyaç olup olmadığıdır. Örneğin; parapet her zaman sorun yaratır. Sonuç olarak, yapı/konut tasarımında parapet standart özelliklere haiz idi, fakat şimdi binaların birçoğu parapetsiz inşaa ediliyor. Onun yerine, parmaklık ya da küpeşte kullanılıyor veya kiracılar çatı/çatı katı/teras kullanımını istemiyorlar. Bir diğer sıkıntı yaratan şey hiç de gerekli olmayan saçak gölgelik'lerdir. Şaşılabilecek hususdur. Bir ilgili yatırımcı gerçekten yapıdaki bu şekil müstemilata ihtiyaç olmadığına işaret etmiş hatta

bina girişindeki saağa ne kadar bakım masrafı gideceğini araştırmıştır. Keza, yine yapı yük şartlarının projelendirilme safhasında öyle uzun uzadıya düşünölüp, incelendiği gibi büyük, şiddetli olmadığı gözlemlenmiştir. Yapı daha gerçekçi hareketli yüklere göre değerlendirilebilir. Bununla beraber, eğer hareketli işletme yüklerinin azaltılması yönünde bir yaklaşım ile sınırlı bir onarım ya da hiç onarım yapmama kararı alınır. İleride oluşacak değişiklikler için bu kararları mutlaka yazılı kayıda al, resmi-leştir.

Bunun yanısıra, tesisin gerekli olduğunu varsayarsak, çok kullanılan bir kriter olarak, onarım maliyeti yenileme maliyetinin % 50'si veya altındaysa tamir edilir. Eğer bu yüzdeden fazlaysa yeniden inşaa edilir.

Bazen bu mümkün olmaz ve maliyet ne olursa olsun tamir işlemi gerçek-leştirilir. Eğer karar onarımın yapılması yönünde ise 5 nci aşamaya geçiniz.

1.1.2.4. Onarım İşleminin Seçimi ve Uygulanması

1 nci adımdan 4'e kadar mukayese yapıldığında uygun bir onarım metodunun bulunması kolaylaşır. Bu tamamen işi yeterli bir şekilde görecekt ekonomik olarak en az maliyet içeren bir metodun seğilmesidir. Aşağıdaki genel-leştirilmiş hususlar uygulanabilir.

1) Ekonomik bakış sadece ilk masrafı ifade etmez. Tüm maliyet gözönünde bulundurulmalıdır. Bu önceden belirlendiği gibi, ilk maloluş, bakım giderleri ve ertelenmiş giderlerin yatırım değeridir.

2) İşi zamanında yapın, acil durum beklemeyin. Düzenli tamir dikkat ve önem ister. Bu işi zaman alır ve keza yapının içinde bulunduğu durum kötüleştikçe onarım (bakım) maliyeti artar.

3) Eğer kusurlar nisbi olarak az ve kontrol altındaysa kısmi olarak onar, eğer arızalar genelleşmişse projenin temel revizyona girmesi gerekir.

4) Onarmanın ileride oluşabilecek birçok arızayı önleyeceğinden emin olunuz. Devam edecek veya ileride oluşabilecek bozulmaları önlemek için fazladan bir ihtiyat payı olarak riskleri karşılamak üzere yapının mukavemet

özelliklerini artırmayı düşün.

5) Eğer yapı çok tehlikeli bir şekilde işlevini yerine getiremeyecek hale gelmişse, onarım mutlaka ona (taşınma gücünü) işletme özelliklerini yeniden kazandırmalıdır, sadece bozulmaları, çürümeleri giderme yönünde olmamalıdır.

6) Görünümün bir problem olup olmadığını kararlaştır. Eğer problem ise uygulanabilir onarım metodları sınırlıdır ve belki de onarımın mimari bir yeni cepheyle kapatılması gerekebilir. Tabii bu yeni cephe elemanı içte olabilecek gizli arızaları örtmemeli, yapının işletilme özelliklerini bozmamalıdır.

7) İnşaat sırasında onarım işi tesisin lüzumlu olan çalışma birimlerini etkilememelidir. Eğer böyle bir girişim, rahatsızlık varsa tedbir alınmalıdır. Bu aynı karayolu yapılarında trafiğin devamı için alınan tedbirler gibidir. Bu ihmal edilmeyecek maliyet artışı, zaman problemi ve güçlükleri beraberinde getirebilir.

8) Onarım, sıkça yapı elemanına bazı kesitlerin ilave edilmesini gerektirir. Bu ise elemanın rijidliğinin artmasına ve hareketli yük dağılımı ve hareketli yük moment değerleri değişir, bu da bazı elemanların zorlanmaya başlarken, bazılarını da rahatlatır. Bu değişiklikler önemli ve ciddi olabilir. Aynı yapının farklı elemanlarında istenmeyen diğer kısımlarındaki zararlar doğurmamasına dikkat edilmelidir.

Islah edilmiş şartların gerilme mukavemet analizleri mutlaka yapılmalıdır. Bunlara ilaveten drenaj, su tasviye deliklerinin tıkanmasından, ortamda nem, rutubet tutucu buhar tabakası oluşturulmasından kaçınılmalıdır. Birleşimler fonksiyonunu yitirmemeli. Problem doğuracak fonksiyonel değişikliklere gidilmemeli.

Genel kural olarak, hiçbirşeyi değiştirme, atma, herhangi bir alanı, açıklığı kapatma amacı, işlevi bilinmeyen hiçbirşeyi bozmayın, hatta çok iyi bir uygulama olarak herhangi bir tesisat hattını veya açıklığı değiştirirken kapatırken yetkili mahalli otoriteden ve sahibinden yazılı, resmi

izin alın.

Kendinize uygun olan onarım metodunu seçtikten ve uygulamanın tüm safhalarını tespit edip organize ettikten sonra, son aşama plan ve özelliklerinin (şartlarının) hazırlanması ve işe başlanmasıdır. Bazı zaman, inşaatı yüklenen birim ile mühendisliğini yapan birim aynı firma olduğunda, plan ve şartları hazırlama, organize etme masraflarından kaçınarak işe başlamak eğilimi vardır. Acil bir durum olmadıkça bu hazırlık ve dökümanları hazırlamadan işe başlamak doğru değildir. Basit olaylar hariç, onarım işi bir dizi özel şartların (hazırlıkların) yapılmasını gerektirir. Uygun detaylandırma önceden planlama ve ilgi gerektirir. Şantiye adaptasyonları ve değişiklikler pahalıdır ve her zaman tatmin edici olmaz.

1.1.3. İşçilik

Yapılarda bozulmanın başlıca sebebi yapı tasarımı, detaylardaki bazı küçük dikkatsizlikler ve hassas olmayan açılımlardır. Bundan dolayı, tamir işinde değişiklik gereken bir konuya gelindiğinde benzer hatalara, dikkatsizliklere imkan verilmemelidir. İleriki bölümler yapıların tamiri aşamasında bazı metodlara değinmektedir. Tecrübe, iyi sonuçlar alınmak isteniyorsa işin özelliklerinin, uygulanmasının ve her aşamanın her detayında tam dikkat, özen ve dakiklikle takip edilmelidir.

Her zaman bir onarım işinin metodunun veya detayının işleyip, bir diğerinin işlemediğini ve dolayısıyla sebebini izah etmek, mümkün olmamaktadır. Mühendis çok sık işi kolaylaştırmak veya hızlandırmak maksadıyla metod ve detaylarda değişiklik yapmaya zorlanmakla karşı karşıya kalmaktadır ve bazen kendisi bu detay ve şartları talep ettiği halde bunların getireceği çözümleri savunamamaktadır. Eğer edindiği tecrübeleriyle (kendisinin veya başkalarının) dikkat ve itina göstererek bir onarım işlemini seçmişse, mühendis hiçbir ikileme girmeden kendi tercihlerini teorik olarak doğruluğu bulunabilecek fakat denenmemiş ne derece gerçek yaklaşım içerdiği ispatlanmış bir başka metoda karşı savunmalı, kendi doğrularında ısrarlı olmalıdır.

Kaplama, yenileme veya boya gibi basit bakım uygulamaları hariç, ciddi işlerde benzer şartlar altında gerçekleştirilen teklif edilmiş onarım işi örnekleri gibi bir prototip (örnek) uygulama düzenlenmesi tavsiye edilir. Müteahhidin belirlenen onarım yönteminde tecrübesi sınırlı olabilir ve hatta hiç olmayabilir. Yüklenici firma o tür bir tecrübeye, bilgiye sahiptir fakat işin üstündeki elemanlar, işçiler tecrübe sahibi değildirler. Ayrıca birçok onarım işlemi yoğun el işçiliğine ihtiyaç gösterir. Ustabaşı ve işçilere onarım işlemi, yöntemi ve kullanım, uygulama sebepleri hakkında tam bilgi verilmelidir. Ekipman, malzeme ve bütün büyük çaplı ve küçük detaylar kontrol edilmelidir. Prototip (örnek) tüm bu talepler için tatmin edecek fikirler oluşmasına katkıda bulunur.

Mühendis, onarım işinde yeterli denetime tam gününü ayırmalıdır. Onarım işi bir rutin iş değildir ve en iyi deneyimli uygun personel görevlendirilmelidir.

Şartnameler işin ehli, güvenilir elemanlardan oluşacak bir ekibi talep edecek madde içermelidir ve mühendis bunlarda ısrar etmelidir. Mukavelede bitmiş işin muayenesi, denenmesi ve ilaveten kesitlerin değiştirilmesi ve yenilenmesi veya benzer hususlar bulunmalıdır. Bu değişime ve onarım be-
delleri mukavelede tercihan birim fiyatı üzerinden açıklanmalıdır. Kontrol ve testlerde arızalı çıkan birimlerin ödemesi yapılmamalıdır.

Son önemli husus: Onarım, tıpkı bir fırçayla sıvanın yüzeyini ıslatıp dengeli bir şekilde sürtüp, tarayarak sıva tabakasında düzgün temiz bir çimento badanasıyla ideal bir perdahlı yüzey oluşturmak gibi, sıkıcı, rutin önemsiz bir detaya verilen dikkatle hatta rahatsız edici bir işdir. Fakat onarımda hassaslık gösterilmelidir. Yoksa onarım yapmanın hiçbir mantığı yoktur. Onarımcılık çok cazip bir meslek olmayabilir. Fakat çok büyük dikkat ve ihtimam isteyen elzem mesleklerden biridir.

1.1.4. Özet

Özetlemek gerekirse, bir mühendisin yapısal bozulma ve bakım problemine yaklaşımı bir doktorun hastasına yaklaşımıyla benzer paralellik gösterir. Bozulmanın önlenmesi maksadıyla, tespiti, teşhisi ve tedavisini içerir. Bir mühendis bakım onarım işlemine başlayabilmesi, yürütebilmesi için mutlaka bozulma tipleri ve oluşumları (belirtileri tanıma), çürüme, bozulma türleri (hastalık tespiti, tanı koyma) ve nasıl kötüleşmiş şartların iyileştirileceğini, düzeltileceğini (tedavi etme) bilmesi gerekir. Buna ek olarak yeni, mevcut yapılara ihtiyaç duyulur (sağlam yapılar). Bu doğru tasarım ve projelendirme, inşaat ve de bakımın sağlıklı olması, istenmeyen durumları önlemesi için zorunludur.

Mühendis bu çalışmadan azami faydayı sağlamak için bu hususları tamamıyla akılda tutması, önce belirtiler ve hastalıklar hakkında etraflıca kendisini bilgilendirmesi ve teşhisten sonra da tedaviyle ilgilenmesi gerekir.

1.1.5. Bölüm Notları

1.1.5.1. Yapılarda Rezerv/İhtiyati Mukavemet/Taşıma Gücü Kaynağı

Çok kötü deforme olmuş, bozulmuş ve açıkça taşıma gücünden büyük değerler yitirmiş bir yapıda, çok sık olarak hiçbir zorlanma belirtisi görülmeden üstündeki işletme yükleriyle hizmet vermeye devam ettiği görülmüştür. Bunun bazı önemli sebepleri şunlardır :

1) Yapılar genellikle projelendirmede standard, kendine özel hesap yöntemleriyle dengelenmişlerdir. Bu hesap yöntemi, yapıda mümkün olduğu kadar gerçekteki fiziki şartlarına ve davranışına yakın değerleri oluşturur. Matematik güçlükler olması sebebiyle basitleştiren kabuller yapılır. Bu varsayımlar zorunlu olarak sabittir, değişmez ve inşaatla belirli bir emniyet marjıyla çalışılır.

2) Yapı elemanları rijiditelerine bağlı olarak maksimum gerilme şartlarına göre yüklenmişlerdir. Maksimum gerilme değerlerine ulaşılan yerlerdeki kesitlerde, çok sık olarak, şekillendirme/kalıp işçiliğindeki maliyeti aş-

ğıya çekmek ve estetik sebeplerden ötürü tüm kesit boyunca taşıttırılır.

Eğer bir elemanın bozulması bir kısımla sınırlı ve maksimum gerilmelere maruz kısımlarda değilse, kesitin taşıma gücünü etkilemez.

3) Proje hesapları genellikle elastik analize göre yapılmıştır. Tekrar alabileceği maksimum gerilme, plastik davranışda momentlerin yeniden dağılımı ve mütemadi kiriş davranışı ve statik özellikleri üzerine düşünülmüş moment azaltıcı faktörlerin yeniden analizi taşıma özelliğini irdeler.

4) Pratikte hareketli yüklerin tasarımı çok ender gerçekleşir. Örneğin; Projede, garajlarda döşeme hesap yükü araçlar için 350 kg/cm^2 dir. Gerçek uniform eşdeğer yük 175 kg/cm^2 yi geçmemektedir. Benzer durum konut ve işyeri içinde mevcuttur. Hatta şartname, sanayi ve depo yapılarında hesap yüküne çok ender olarak koridorları da katmıştır. Gerçekte olan ile proje hesap yükü şartları mukayese edilmelidir.

5) Hesap aşamasında ihtiyati olarak fazladan bırakılan kesitin yapı elemanına olan artı katkısı gözönünde bulundurulmalıdır. Bunun yanısıra bitişik ağır kesitlerde boyutlandırmaya gidilirken veya hafif fakat mukavemet özellikleri yüksek kesitlerde, ya da maksimum çökme, eğilme, minimum metal kalınlığı gibi şartname hususlarını karşılayan değerler dikkate alınmalıdır.

6) Yapı malzemelerinin mukavemeti, özellikle beton malzemede zamanla artar ve çelik malzemede ise gerilim güçlükleri az da olsa oluşabilir. Gerçekte, uzun zamandan beri çelik dizaynında taşıma gücü alınan örnek malzemeyle yapılan testler sonucu belirlenirken, şimdi, çeliğin mekanik özelliklerinin soğuk işlemede şekillendirilirken önemli ölçüde arttığı bilinmektedir. Bu artırılmış yüksek mukavemetli çelik malzeme projelendirilme aşamasında hafif, narin eleman istenilen yerlerdeki sorunu çözmede yarar sağlar. Malzemeden belirli bir ölçek veya boyutta örnek ya da çekirdeğinden/iç ya da kitlenin yoğunlaştığı bölgeden numune alarak yapılan analizler sonucu malzemelerin gerçek mukavemet özellikleri saptanır.

Soğuk işleminin etkilerini incelerken, hatırd tutulacak şey, ince ve geniş kesitlerdeki (geniş korniyerler gibi) etkileri gövdelerinden (korniyer

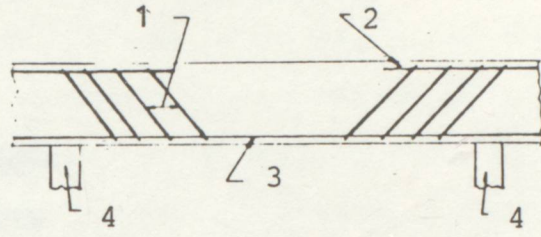
kanatlarından) ziyade köşelerinde daha büyük değerlere ulaşır. Bir dolu kesitte, yüksek mukavemet daha uniform olarak yayılabilir.

7) Yapısal davranış, proje aşamasında hedeflenen amaca uygun oluşturulan formdan uzaklaşabilir. Basit kirişler ve plaka elemanlar bu hususda çok karşılaşılan örneklerdir. Bunlar lineer elastik davranış ile açıklanmıştır. Buna mukabil, büyük açıklıklar hariç, tamamiyle lineer elastik davranış meydana gelmez ve elemanlar basınç ve çekmeden oluşan bir mukavemetle yüke karşı dururlar. Buna örülmüş gözenekli plakalar kanıt olarak gösterilebilir. Elastik teoriye göre hesaplanmış donatı miktarından gerçekte ihtiyaç duyulan donatı miktarı daha azdır. Bu nadiren kısa açıklık plakalarında/elemanlarında zincir eğrisi şeklinde bir gerilme davranışıyla, benzer olarakda, bu davranış Şekil 1.1.a'da görüldüğü gibi etriyeli veya eğim verilmiş herhangi bir beton kiriş ya da levhada oluşabilir.

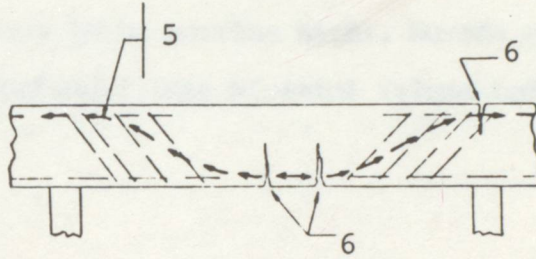
Diğer çok karşılaşılan örnekler kısa açıklıklı duvar veya kemer tavan kullanılan yeraltı metro inşaatları ve iskele, rıhtım ve benzer açıklık/derinlik oranı az olan yerlerde kısa açıklıklı zor inşaatlardır. Bu tür inşaatlarda, açıklıklar yerden beslenmiş germe teçhizatıyla bağlı kemer tavanla hareket ettirilebilirler. Tüm lüzumlu olan şey tabanda birleştirilmiş germe düzeni ya zemine tespitlenmiş ya da sabit ayaklı bir partik ya da ray gibi bir düzende hareket ettirilmesidir.

Çelik hesaplarda, keza levhalar zincir eğrisine uyan davranışları yüzünden bir rezerv gerilmeye sahiptirler. Gerçekte, gemi gövdelerinin tasarım ve hesaplarında levhaların bu şekil davranışı bir avantajdır.

8) Bazı durumlarda hesap yükü inşaat şartlarındaki yüklenmeyi ya da geçici durumu yansıtır. ve servis yükleri daha az değerdedir. Örneğin bir istinat duvarında, eğer duvar iyice kurutulmuşsa, dolgudan sonra, kısa bir süre sonra ya da dolgu sırasında boyuna maksimum gerilmeler oluşacaktır. Zamanla etkili basınç azalır. Bir diğer örnek su ile toprak dolgusudur. Zemin kurudukça oluşan basınç gerilmeleri azalacaktır. Sondaj, onarım istenen durumlarda mevcut zemininin özelliklerini belirlemede yardımcı olur.

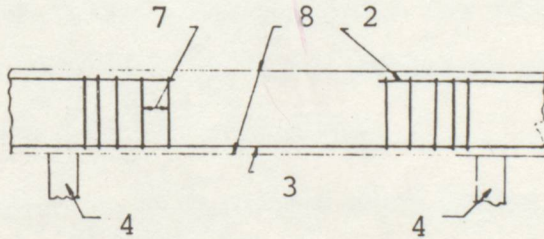


1) Çelik konstrüksiyon

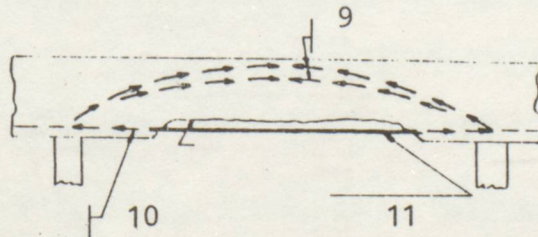


2) Kusurların artması sonucu yapısal davranış

Şekil 1.1-a. Betonarme elemanda oluşan çatlak ve oluşturduğu zincir eğrili davranış



1) Çelik konstrüksiyon



2) Kusurların artması sonucu yapısal davranış

Şekil 1.1 b. Betonarme elemanda parçalanma dökülmeler sonucunda oluşturduğu kemer eğrili davranış

Şekil 1-1 a ve 1-1 b nin açıklamaları

- 1- Pilyeler
- 2- Basınç donatısı
- 3- Çekme donatısı
- 4- Mesnet
- 5- (Zincir eğrisi) Çekme gerilme hattı. Burada gerilmeler donatının pilyenin konuşlandırılmış biçimini izlemektedir.
- 6- Çatlak
- 7- Etriyeler
- 8- Kiriş
- 9- Basınç gerilmesi (kemerleşiyor)
- 10- Çekme gerilme hattı
- 11- Açıkta dış şartlara maruz çekme donatısı.

9) Alışıl gelmiş, geleneksel projecilik yapının tüm davranışlarını Şekil 1.2 a'da görüldüğü gibi demir gergili bir istinat arkasındaki dolgu ve etkilerini tamamen dikkate almaz. Boyuna yüklere maruz kalınan bir dolgu batardoda artan sürtünme dirençleri, çerçeve, plak çalıştırılmış bir döşemedeki davranışlar, çerçeveli, prefabrik, montaj ya da yanmaz çelik karkaslı duvar problemleri ve birçok farklı yaklaşımlar geleneksel projecilik anlayışının dikkate almadığı hususlardan bazılarıdır.

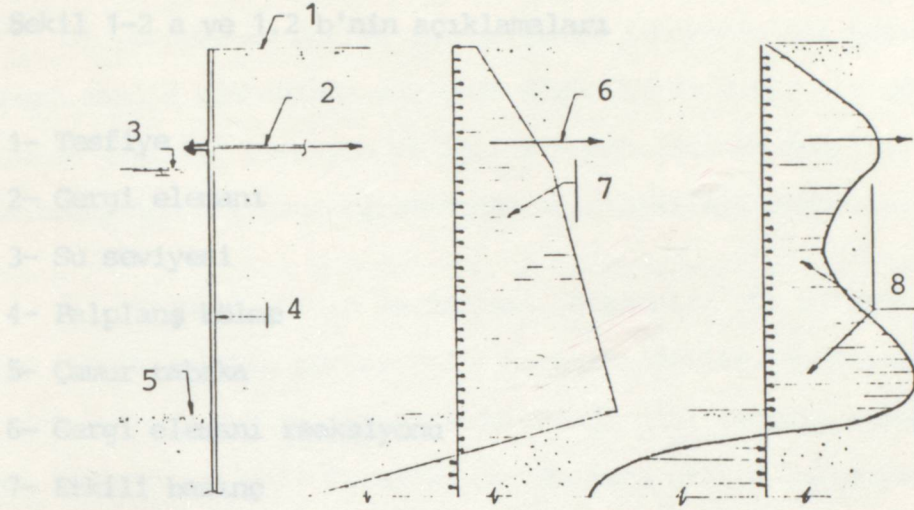
10) Yapının bazı elemanları sahip oldukları gerilme özelliklerinden daha çok rijitlikleri gözönüne alınarak projelendirilirler, bu da fazla malzeme oluşturur.

1.1.5.2. Yapısal Mukavemette Teorik Olarak Yükleme Testinin Geçerliliği

Tecrübe yükleme testleriyle projede, hesaplamalarda alınan/bulunan değerlerden daha fazla mukavemet değerlerini gösterdiğini tespit etmiştir. Normal tipte bir yük testi uygulandığı kabul edilirse toplam ve net (sapma, dönme, eğilme), defleksiyonların açıklığın bir fonksiyonu ya da sabit bazı değerleri aşdırmayacak tatminkar bir performans oluşturmaktadır. Bu görünen gelişmelerin temel sebepleri şunlardır;

a) Yapının elastik olmayışı: Yük sehim eğrisi, nadir olarak az yük altındaki çalışma hali hariç, özellikle, ahşap ve betonarme yapı elemanlarında ve keza çelik elemanlarda elastik değildir. Bu gerilme şekil değiştirme eğrisinin ($\sigma - \epsilon$) lineer olmayışı ilaveten birleşimlerindeki kayma ve sürtünmeler ve diğer faktörler sebebiyledir.

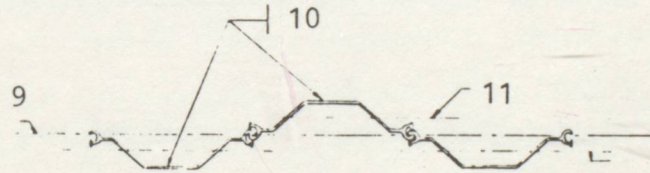
b) Hacim Değişiklikleri: Zamana bağlı deformasyonlar beton ve ahşap yapılarında dışarıdan tatbik edilen yüklemelerin etkileri dışında oluşur. Bu etkiler çatlama, büzülme, ısı farklılıkları ve muhtemel kimya etkileridir. Bu deformasyonlar yükleme testi süresinde kısa sürede oluşmaz ancak gerçek kullanım, işletme şartlarında oluşur.



1)Yapı

2) Proje aşamasında
idealize edilmiş
kuvvetler3)Gerçekte mevcut
kuvvetler

Şekil 1.2 a- Bir palplanşdaki defleksiyonlar (sapma, dönme, eğilme, belverme) sonucu yapıda oluşan kuvvetler.



Notlar: 1)Her bir palplanş için hesap gerilmesi ayrı ayrı çalıştıkları varsayımla kabul edilmiştir. Palplanş duvarın her 30 cm için kesit modülü/mukavemet modülü $13,7 \text{ cm}^3$

2)Eğer kenetlenme/birleşim yerleri iyice paslanırsa kesme kuvvetlerini aktarmaya başlayabilir. ve tarafsız eksen T.E.2'ye kayar. Mukavemet modülü her 30 cm'de 18 cm^3 e çıkar. Artış % 32 dir.

Şekil 1-2 b. Zamanla çelik palplanş elemanda oluşan gerilme kuvvetleri.

Şekil 1-2 a ve 1.2 b'nin açıklamaları

- 1- Tesfiye
- 2- Gergi elemanı
- 3- Su seviyesi
- 4- Palplanş bölme
- 5- Çamur tabaka
- 6- Gergi elemanı reaksiyonu
- 7- Etkili basınç
- 8- Dolguda kemerleşmiş basınç eğrisi ve yapıdaki defleksiyonlarla etkili basınç gerilmelerinin yeniden dağılımı. Palplanşda momentin azaldığına fakat gergi kazığında çekmenin arttığına dikkat ediniz.
- 9- T.E.2 (Tarafsız eksenin sonraki konumu)
- 10- MPH5 Çelik palplanş kesiti
- 11- T.E.1 (Tarafsız eksenin ilk konumu)

c) Çerçevenin Davranışı: Gerçekte 3 boyutlu bir tasarım olmasına rağmen, hesap analiz aşamasında düzlemde düşünülerek 2 boyutlu çözülür. Yapı boyunca oluşan muhtelif torsiyon ve eğilme momentlerinin dağılımı önemlidir ve elemanların deformasyona uğramasında ağır etkileri olabilir.

d) Döşeme Plağının Davranışı: Döşemeler yük altında üç boyutlu davranış içinde bulunan çerçevelerle hareket ederler. Bu davranış birlikteliği hiçbir zaman, T kiriş teorisinde olduğu gibi çerçeve elemanı ile hareket edecek döşemenin ilgili kısmının davranışına atıfta bulunulacak/gönderme yapılabacak kadar basit bir işlem/yöntem olduğu düşünülmemelidir. Hatta bu, ideal izotrop, elastik sistem için bile bu problem sadece bazı basit durumlar için çözüme kavuşmuştur. Döşeme sisteminin yapı elemanının defleksiyonuna olan katkısı hala belirsizdir, fakat önemli ve mevcut olduğu bilinmektedir.

e) Duvarların Katkısı: Mevcut duvarlar ve bölmeler, döşeme plağındaki benzer görüşle yapının rijitliğini artırırılar. Bu katkı hesaplarda ihmal edilir.

f) Momentin yeniden dağılımı: Plastik mafsallarda mesnetlerdeki gelişmeler ve sürekli çerçevelerdeki momentlerin yeniden dağılımı yükde sınır değere ulaşmadan önce başlar. Bazı testler momentin yeniden dağılımının yaklaşık olarak yüklenme kapasitesinin yarısına ulaştığında gerçekleştiğini göstermektedir. Bu doğal olarak ilişkide yapı ve bulundurduğu detaylara göre değişir. Bununla beraber bu olay normal yükleme testinde nadiren de olsa küçük deformasyonlar oluşturabilir. Bu durumda taşıma gücü ve oluşacak defleksiyonlar ile bir ilişki kurulamaz.

g) Elastisite Modülü: Teorik olarak defleksiyonun hesaplanması için bu sabitin bilinmesi gerekir. Çelik malzeme için sabit olup iyi bilinmekle beraber, beton ve ahşap malzemede bu sağlıklı gerçekleşmemiştir.

Örneğin; Betonun elastisite modülü ıslak veya kuru olması durumunda değişiklik gösterir. Bu değişiklik % 30 oranında kuru beton lehinedir. Yükleme testine tabi tutulmuş yapıdaki beton genellikle kuru durumdadır. ve bu faktör defleksiyon üzerinde önemli etki yapar. Aynı husus çesitli özelliklerde

bulunan ahşap malzemeler için de söz konusudur. Yine beton için, elastisite modülü basınç kuvvetinin karekökünün bir fonksiyonudur. Gerilmeler zamanla artar. Buna bağlı olarak yapı yaşlandıkça rijidliği artar.

h) Çeliğin Mukavemet Özelliği: (ASTM, American Society For Testing Materials) Amerikan Malzeme Test Laboratuvarları Birliği'nin şartnamesindeki şartları asgari düzeyde karşılayabilmek için çelik akma gerilmesine haiz randımanda üretilir. Minimum akma sınırının % 20 % 30 üzerindeki gerilme değerleri genelde kullanılır. Bu hem defleksiyonu hem de beton ve çeliğin mukavemetini, rijitliğini etkilemek suretiyle artırır.

1) Donatı Miktarı, Tipi, Yerleşimi: Bir betonarme elemanda, rijitlik donatının yerleşimine ve miktarına bağlıdır. Bu açıklık ortasında doğrudur. Keza mesnetlerde negatif çalışan donatı açıklık ortasındaki defleksiyonları azaltır; zincir ve kemer eğrilerini etkiler.

Buna ilaveten; Beton yapıların çoğu donatılı projelendirilir. Çekme gerilmelerinden çok basınç gerilme arzu edilir (Gerçi her ikisi de neticede betonda basınç düşmesine sebebiyet verir.) Sonuç olarak, yükleme testi donatı için zorunludur, sadece beton mukavemeti için değil ve sınırlandırılmış defleksiyona bağımlılık donatının miktarı ve kesitteki yerleşimi ile ilgilidir.

SONUÇ :

Bir yapının birincil amacı yük taşımasıdır. Mantıken, taşıma gücü kapasitesinin tespiti için en iyi değerlendirme yük testidir. Buna rağmen hala iki karıştırılan husus var. Birincisi, yapıda zamana bağlı oluşan değişimlerin etkileri yükleme testine yansımaz. İkincisi; yükleme deneyinin sonuçları hiç bir zaman proje hesap sonuçlarıyla mukayese edilip değiştirilemeyeceğinden yükleme deneyi sonuçları yapının emniyet faktörünü göstermez. Metnin de de açıklandığı gibi minimum emniyet faktörü mutlaka muhafaza edilmelidir.

Buna göre yük testi binanın mukavemet özelliklerinin göstergesi olarak sadece aşağıda açıklanan şartlarda kabul edilebilir.

1) Eğer uygulanan test yükü hesaplarda öngörülen yüke eşit veya fazlaysa ve uygun bir emniyet faktörü var ise,

2) Test yükü eleman üzerinde bir süre bırakılır ve muhtemelen oluşabilecek çatlak ve benzeri etkiler hakkında fikir edinebilmek için yeterli bir süre gözlenir.

Not : Yukarıdaki açıklamalar onarım taleplerini karşılayacak bir değerlendirme olup yeni binaların kabulü için bir kriter değildir.

Bu raporunda; çelik yapılarla çalışmada anılan, üzerinde durulacak başlıca hasarlar tipi vardır. Bunlar; korozyon, aşınma, birleşimlerin gevşemesi, yorulma, çarpılma (bükülme)'dir. Hasarların belirtileri ve sebepleri aşağıda açıklanmıştır.

2.1.1. Korozyon

Korozyon, çelik yapılarca, dışarıya karşı ortamın etkisiyle oluşan kimyasal reaksiyon sonucu meydana gelir. Bu reaksiyon, yapıya zarar verir ve yapıyı zayıflatır. Korozyon, yapıya zarar verir ve yapıyı zayıflatır. Korozyon, yapıya zarar verir ve yapıyı zayıflatır.

Korozyon, yapıya zarar verir ve yapıyı zayıflatır. Korozyon, yapıya zarar verir ve yapıyı zayıflatır. Korozyon, yapıya zarar verir ve yapıyı zayıflatır. Korozyon, yapıya zarar verir ve yapıyı zayıflatır.

Korozyon, yapıya zarar verir ve yapıyı zayıflatır. Korozyon, yapıya zarar verir ve yapıyı zayıflatır. Korozyon, yapıya zarar verir ve yapıyı zayıflatır. Korozyon, yapıya zarar verir ve yapıyı zayıflatır. Korozyon, yapıya zarar verir ve yapıyı zayıflatır.

2. BÖLÜM

ÇELİK YAPILAR

2.1. MALZEMEYİ KULLANIM DIŞI BIRAKTIRAN SEBEBLER VE TİPLERİ ✓

Bu ve bundan sonraki bölümlerde yeterli hassaslıkla şartnamelere uygun oluşturulmuş bir yapı elemanının bozulması baz olarak alınmış, hesaplanan mukavemetinin dışında çalıştırılmaktan doğan bozulmalar tanım dışı tutulmuştur.

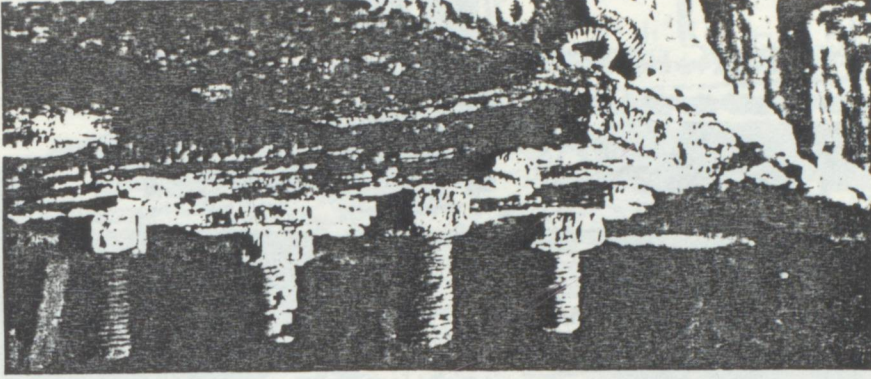
Bu varsayımla; çelik yapılarla çalışıldığı zaman, üzerinde durulacak beş temel bozulma tipi vardır. Bunlar; korozyon, aşınma, birleşimlerin gevşemesi, yorulma, çarpılma (burkulma)'dır. Bozulmanın belirtileri ve sebepleri aşağıda açıklanmıştır.

2.1.1. Korozyon

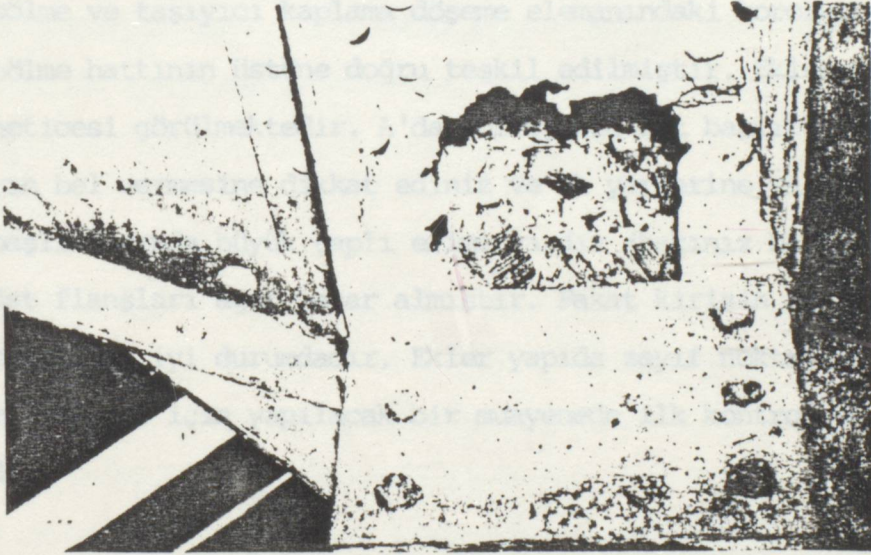
Korozyon, çelik yapılarda, doğal şartlarda metallerin değişimi olarak kabul edilebilir; bundan korunmak ve bakımını yapmak en büyük problemdir. Bozulma, korozyon bu sebeble çabuk farkedilebilir.

Benekli, karıncalanmış oksidli yüzeyi genellikle pul pul dökülür veya okside olmuş pullanmış yüzeyi ve tipik paslı kırmızısı, kahverengi görünümüyle belirtileri farkedilir. Şekil 2.1'den 2.4'e kadar bazı tipik örneklemeleri görülmektedir.

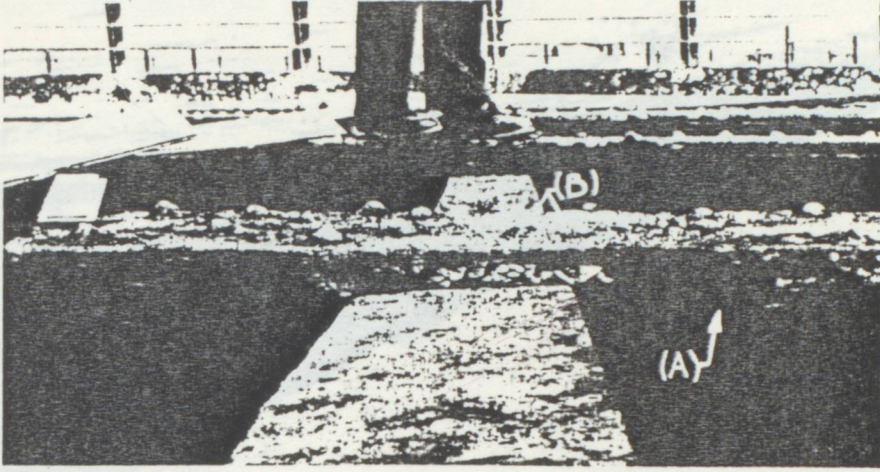
Kısaca, Demir metalini okside eden veya diğer birleşimlere çeviren kimyasal veya elektrokimyasal reaksiyonlardır. Bu sebeple, çelikde, elementlerin birleşimi genel olarak zayıf bağlıdır ve kolayca pullanarak kalkar, dolayısıyla kesit alanı azalır. Azalmış kesit ve mevcut gerilme elemanın yük taşıma/mukavemet kapasitesini buna bağlı olarak azaltır. Sürekli/periyo-
dik gerilme durumunda da elemanı yoran, kesen yüklemelere karşı mukavemeti azaltır. Bu maksimum şartlara ulaştığında yapı elemanı birdenbire kopar, kesilir ya da çarpılır/burkulur.



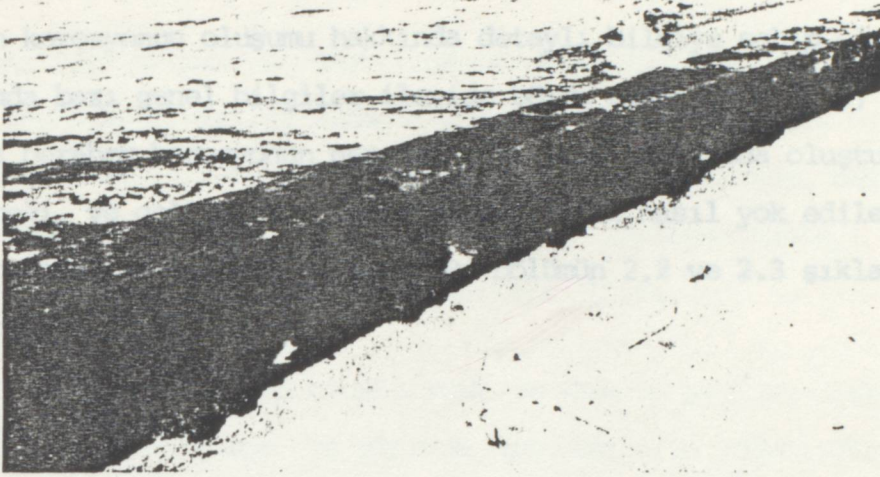
Şekil 2.1. Korozyona tipik bir örnek. Fotoğraf tespit civataları, mesnet ve mesnet plakasında oluşmuş korozyonu göstermektedir.



Şekil 2.2. Tipik korozyon örneği: Fotoğraf köprü makası ve alt başlığın birleşim yerinde oluşmuş korozyonu gösteriyor. Görüldüğü gibi toz ve pislik için uygun bir zemin oluşturmuş haliyle burası genelde hassas tüm tesirlere maruz kalabilecek bir yer.



Şekil 2.3. Aralıklı birleşim/ek yerleri yüzünden viyadükteki bölme ve taşıyıcı kaplama döşeme elemanındaki korozyon. Bu ekler bölme hattının üstüne doğru teşkil edilmiştir. Ekler aralıklıdır neticesi görülmektedir. A'da korozyonla alt başlıkta ek levhaların bel vermesine dikkat ediniz ve ek yerlerine yakın perçin başlıklarında büyük çaplı erime vardır (bakınız B). Bölmelerin üst flanşları ağır hasar almıştır. Fakat kirişin ek yerinden uzak kısımları iyi durumdadır. Ekler yapıda zayıf noktalardır ve bozulma tespiti için yapılacak bir muayenede ilk kontrol edilecek yerlerdir.



Şekil 2.4. Bir çelik palplanş bölmede kanal başlığında oluşan korozyon/çürüme. Çelik kanal başlıklarının kullanımı kötü önerilmiş bir detay ve uygulamadır. Beton olanları daha iyi netice verir.

Yapıların tamir ve periyodik bakımıyla ilgilenen mühendis veya planlayıcının korozyonun oluşumu hakkında detaylı bilgiye sahip olması beklenemez. Bu konuda bazı genel bilgiler ileride bölüm notlarında (2.5) özetlenmiştir. Bununla beraber korozyonun nerede, nasıl, ne şartlarda oluştuğu, nasıl önlenebileceği, ve gelişmesini sağlayan şartların nasıl yok edilerek tamir ve bakım yapılacağını anlamak gerekir. Bu bölümün 2.2 ve 2.3 şıklarında bu konular incelenmiştir.

2.1.2. Aşınma

Aşınma sebebiyle çelik elemanda oluşan bozulma hem daha çabuk tanınır, hem de korozyondan ileri gelen bozulmadan, silinmiş, erimiş, düzleşmiş görünümüyle daha kolay bir şekilde farkedilir. Aşındıran etkenler uzun süre varlığını sürdüremez, arkasından aşınan yer çürümeye maruz kalır. Aşınmanın izleri, belirtileri fazla göze çarpmaz, fakat aşınmış yeri aşınmamış yüzeyi ile/çevresiyle mukayese ederek tespit edebiliriz.

Çelik yapılardaki aşınma; bağlantı, birleşim yerlerindeki hareketli parçaların çalışma şekline, dalgasal hareketlere maruz kalan elemanlara veya hareketli bir akıcı/gazlı ortamda bulunan şartlara bağlıdır. Dalgasal hareketlerin olduğu bölgelerde palplanş yapıları veya baraj/sed dolgularında bu tür olaylarla sık sık karşılaşılmaktadır. Gerçekte, bir kumsalda, belirli miktarda içinde kum, sediment mevcut olan suyun yaptığı sürekli gel-git dalgalarının oluşturduğu yıkama bir kaç yılda 1,27 cm ya da daha fazla derinlikte olmak üzere çelik elemanını kesebilir. Yüksek kül içeren baca gazlarına sahip bacalardaki izolasyon ve kaplama bir diğer güçlük arz etmektedir. Bu sebeple bacalar çok sık zarar görür. Kumlu/çöl bölgelerde açıkta bırakılmış hava şartlarına maruz çelik malzemede, içinde uçan kum/toz tanecikleri bulunduran rüzgarın oluşturduğu aşındırma/silme sebebiyle parlak temiz bir yüzey görülebilir.

2.2. kısmında 2.2.4 ve 2.2.8 numaralı şıklarda açıklandığı gibi çelik malzemedeki aşınma ve etkenleri, aerodinamik biçim verilerek veya koruyucu metal kaplamalarla kaplanarak önlenabilir veya sıhhileştirilebilir.

2.1.3. Birleşimlerde Gevşeme

Ani veya çarpma yüklemelerine maruz kalan çelik yapılarda birleşimlerdeki perçin ve civatalar zamanla gevşer. Amerika Birleşik Devletlerinde, demiryolu köprülerinin onarım ve periyodik bakımlarında, bakım ekibinin her yıl 800.000 perçini yerinde yenilendiğini söyleyen Rubleyi referans olarak alırsak bu problemin önemini kavrayabiliriz.

Birleşimlerde kayma oluşturacak gevşemeler yapının distorsiyona uğramasına, ekstrim/maksimum ve minimum gerilmelerin yoğunlaştığı bölgelerin oluşmasına, yapıyı kullanım dışı bıraktıracak zayıf özelliklerinin açığa çıkmasına, kolayca zarar görmesine sebep olur. Bundan dolayı, bütün çabalar bu gibi olayları önlemek içindir ve birleşimlerde bir gevşeme olduğunda hemen değiştirilmelidir.

Bu münasebetle, kren temelleri/yapıları demiryolu yapıları, ileri geri hareketle çalışan pistonlu makinaların temelleri özellikle bu tür güçlükleri sorunları içerirler. Sabit ve hareketli yük oranları büyüyen yerlerle ve/veya statik/dinamik yüklemelere maruz kalan binalarda ve diğer yapı türlerinde az veya çok bu problemlerle karşılaşılır. Bundan dolayı çarpma yüklemelerine maruz yapı elemanları ve çelik yapı birleşimleri periyodik olarak standart kontrollerle izlenmelidir. Gevşek perçinler çıkartılır ya yenisiyle ya da yüksek mukavemetli bulonlarla değiştirilir, gevşek bulonlar durumuna uygun olarak sıkılır veya değiştirilir.

Yüksek mukavemetli bulonlar ile montajı yapılmış yapıların bazı hassas üstünde durulması gereken belirtileri vardır. Yapıda bulonlar düzenli bağlanmış olsa da şiddetli, ağır işletme şartları altında dahi birleşimlerdeki gevşekliğe karşı tecrübe edilmelidir. Tecrübeler hala birazcık sınırlı kalmaktadır tüm bunlara rağmen. Bu tip birleştirici bir malzemenin ilk defa çok yaygın kullanımı 1950 yıllarındadır.

2.1.4. Yorulma

Yorulma şartnamelerde verilmiş proje değerlerinde veya altındaki gerilmelerde değişik yüklemelerin oluşması sebebiyle yapı elemanında oluşan çatlaklarla anlaşılabılır. 2.1.3.'de birleşimlerin gevşemesi başlığıyla açıklanan aynı şartlar altında ve aynı yapı tiplerinde görülür. Gerilme hattına dik olarak oluşacak küçük kırılmalar belirtileridir ve çok büyük bir tehlikeye arzeder. Fakat oluşacak kırılmaları ortaya çıkarmak çok zordur. Bununla beraber, bulunamazsa, bu çatlak ve kırılmalar yapının yıkılmasıyla sonuçlanabilir. Bundan dolayı müteakip defa değişik yüklemelere maruz kalan elemanlar dikkatlice muayeneye tabi tutulmalıdır.

Bu şekilde çatlak ve kırıklıkları bulunan elemanın tamiri kesinlikle kaybolmuş mukavemetinin kazandırılmasıdır. Uygun saç plakalarla kaplanarak bu tür rijitlik problemleri çözülebilir.

2.1.5. Çarpma

Çelik yapıların açıkta kalmış bölümleri, ahşap veya betonla kaplı, muhafazalı bölümlerine göre hareketli cisimlerden gelecek zararlara karşı daha hassasdır. Çelik yapıların tasarım ve hesaplanması aşamalarında, bu hassaslık nisbeten kullanılan ince plakalar/malzemeler ve diğer projelendirme unsurlarına sahip bazı yapı kısımlarından kaynaklanmaktadır.

Çarpma hasarı, genellikle, kenar kırılması/ezilmesi veya eğilmesi şeklinde çelik yapı elemanının çarpılmaya maruz kalan kısımlarında kısmi/bölgesel bozulma olarak kendini gösterir.

Bununla beraber, eğilmiş, katlanmış, flambaja maruz kalmış çelik yapı elemanları ve flanşlar aşırı gerilme yüzünden de eğilebilir, çarpılabilirler ve hatta bazı zaman bu deformasyonlar kısa dalgasal tesirler yüzünden de olabilir. Bu iki hususu birbirinden ayırmak, farketmek çok önemlidir. Çarpma hasarlarında deformasyon sunni olaydır ve yüzeydedir. Çabucak tamir edilebilir. Aşırı gerilme sebebiyle meydana gelen deformasyonlar tasarım ve hesaplarda ıslaha gidilmesini zaruri kılan çok sık karşımıza çıkan yerleşmiş

bazı sorunların uygun olmayan kabul ve şartlarda hesaplandığını gösteren hatalı uygulamaların sonuçlarıdır, izleridir. Bazı zaman bu farkı (proje-lendirme hatası mı yoksa çarpmadan oluşan bir deformasyon mu olduğunu anlamak zordur. Tabi, eğer deformasyon bir keskin kırık, ezilme olarak oluşursa bu ekistrim değerlerde/ani yüklü dalgalandandır veya gerği elemanlarında veya plakalarında bu deformasyon açığa çıkarsa o zaman bu muhtemelen çarpmadır. Diğer taraftan, çelik yapı/malzeme ekseninin her iki tarafını da kapsayacak şekilde bir kavisli "S eğrisi" hasarı oluşursa bu muhtemelen burkulma/flambaj'dır. Bu uç örnekler arasında oluşan deformasyonun tam pozitif tanımını yapmak çok zordur. Eğer gerçekten çarpmadan oluşmuş bir yapı hasarı ile bağlantı kurulamamışsa, bu konuda şüphe var ise, hasara maruz kalmış eleman üzerinde mutlaka gerilme analizi yapılmalıdır. Bu gibi analizlere ihtiyaç duyulan hasar görmüş yapı elemanında, elemanı bir dizi burkulmaya uğratabilecek gerilmenin tesiri altındadır. İstemediğimiz, arzu edilmeyen durumu ele alır ve yapının aşırı gerilmeye maruz kaldığını kabul edersek, anlatılan bu sebeplerden dolayı hemen tamirine gidilmelidir.

Çarpma hasarlarını önleyecek sistemleri hepimiz biliriz. Bunlar çarpmaya maruz kalacak yapının kısımlarının kuvvetlendirilmesi ya da koruyucu bir kafesle muhafaza altına alınması veya plakalarla kaplanmasıdır. Eğer çarpma riski muhtemelen çok sıkısa ve elemanın fiziki özellikleri, ağırlığı, boyutu müsaitse koruyucu bir kafesle muhafaza altına almak en iyi çözümdür.

2.2. KORUMA TEDBİRLERİ

2.2.1. Yapının Temiz Tutulması

Yapı elemanının birleşim yerleri ve pisliğin toplanmasına müsait ise, bu korozyonu hızlandırır. Sonuçta bu toz ve pislik yağmuru tutar (hatta havanın nemini bile çekerek bulunduğu yeri ıslatabilir) ve çelik yüzeyle teması olan bu nemi muhafaza eder. Dahası, endüstri bölgelerinde, toplanmış olan bu toz ve pislik yüksek konsantrasyonda çürütücü sülfür birleşimleri içeren is ve kurundan oluşmuştur. Bu birikmiş tozlar, birleşimlerdeki belli başlı yapılmış veya oluşmuş hataları da gizler ve dolayısıyla düzgün bir inceleme/muayene yapmak zorlaşır.

Çelik malzemenin nasıl boyanacağı ve/veya nasıl korunacağı sorun değildir. Önemli olan onu temizlemek, tozdan arındırmak ve basınçlı suyla ulaşılamayan toz girebilecek yerleri temizlemektir. Bu işlem ulaşılan parçalar için sık sık, daha az ulaşılan kısımları için periyodik olarak yapılabilir. Korozyonu önlemede düzenli tetkik ve temizlemelerin önemi iyi kavranmalıdır. Gerçekte, Düzenli tetkik ve temizlik boyayarak muhafaza edilmesinden daha önemlidir. Burada, toplanmış tozların birleşim yerlerinde koruyucu bir tabaka oluşturduklarını düşünerek bir yanlışlığa düşülmemelidir.

2.2.2. Boyama

Boyamanın amacı korozyona karşı çelik malzemeyi korumaktır. Özellikle malzemeyi açıkta maruz kaldığı şartlardan izole etmektir ve karşılaşılan ince kesit, geniş yüzeylerle ilgili özel problemlerinin ötesinde bir çok uygulama sahası vardır. Kaplayarak/kasa gibi muhafaza altına alarak korumaya ilaveten korozyona karşı koruyucu kimyasal maddeler/özel koruyucular, katodik koruyucular, ya da nemi çeken özel metaller de kullanılır.

Boya teknolojisi ve uygulaması kendi içinde ayrı bir bilim dalıdır. ve bu konunun detaylı tartışılması bu çalışmanın konusu dışındadır. Bundan dolayı, sonraki açıklamalar boya tekniği hakkında biraz detay ve bize lazım olacak bazı temel bilgileri verecek şekilde sınırlandırılmıştır. Özelliği/güçlüğü olan problemlerle karşılaşıldığında 9 numaralı kaynağa ("Çelik yapıları boyama kılavuzu") bakılabilir. Bu kullanım kılavuzu çeşitli boya uygulamaları yüzeyin boyaya hazırlanması, uygulanması ve boyama ile ilgili diğer hususları kapsayan özellikleri olan çalışmaları içermektedir ve ayrıca yapı tipleri çevre ve ortam hakkında bilgi verecek şekilde düzenlemeye gidilmiştir. Böylece kullanıcı kendi uygulama sahasıyla ilgili uygun boyama sistemini seçebilir.

a) Yüzeyin boyamaya hazırlanması:

Boyadan önce, yüzey temiz ve onu kirletecek etkenler uzaklaştırılmalı veya ortadan kaldırılmalıdır. Ayrıca toz, yağ ve kalkmış, kavlanmış kabuk ve pasları kaldırmak için uçucu, eritici ve çözücü, kimyasal veya petro

kimyasal temizleyicilerde temizlemede kullanılır. (Burada kirler, kavlanmış yüzey, pas gevşekse tel fırça veya ıstapula ile/elle koruyarak eğer yapışık ve zok çıkıyorsa uygun makinalar kullanarak temizlik yapılır).

Çok sıkı yapışmış kabuk veya pasların temizlenmesi kimyasal asid özellikli maddelerle, kum veya hava püskürtmeli temizleme metodlarıyla veya yakarak temizleme metoduyla yapılmalıdır. 9 nolu kaynakta uygun metodların seçimi için kriterler ve buna bağlı olarak her metodun gerektirdiği özel hazırlıklar anlatılmıştır. Boya tabakasının ömrü çoğunlukla yüzeyin boyaya hazırlanmasında gösterilen özene, ihtimama ve kesinlikle uzun ömürlü korumayı amaçlayan bir sistem dahilinde yapılan temizlemeye bağlıdır.

b) Boya çeşitleri :

Etraflı incelemesi 9 numaralı kaynakta yapılmıştır. Macunlar/astar, boya incelticileri/tiner, tonlama boyları, kullanılan aletler vesaire ve tüm boya çeşitleri kendi içinde uygunluk göstermelidir. Uygulama aşamasında bir üretici firmanın mamüllerini kullanarak bu uygunluğu sağlayabiliriz.

c) Boyanın tatbik edilmesi:

Yüzeyin temizlenmesinden sonra, tekrar kirlenmesine ortam yaratmadan hemen astar tabakası tatbik edilebilir. Yakarak yüzey temizlemesi durumunda, astarlama yüzey çok soğumadan önce ya da normal hava sıcaklığının altına düşmeden yapılır. (böylece metal üzerinde boya yoğunlaşması olmayacaktır.) Fakat yüzey astara veya boya tabakasına zarar verecek kadar çok sıcak olduğu zaman uygulanmamalıdır. Bazı emülsiyonlu/plastik boyalar hariç, yüzey mümkün olduğu kadar kuru olmalıdır ve yüzey ne çok sıcak ne de çok soğuk olmalıdır. Uygulamalarda tatbik edilen sıcaklık sınırları, yüzey sıcaklığının $40^{\circ}\text{F}/+5^{\circ}\text{C}$ üstünde ve $140^{\circ}\text{F}/60^{\circ}\text{C}$ 'nin altında olduğu sıcaklıklar arasındır. Bir sonraki boya tabakası tatbik edilmeden önce her bir tabakanın tamamıyla kuruması şarttır.

Boya iyi netice veren bir boya ve püskürtme ile çalışan spreyle yüzey üzerine tatbik edilmelidir. Bitümlü/zift kaplama uygulamaları ve şartların müsaade ettiği özel durumlar dışında daldırma tipli, merdaneli, süpürmeli veya akıcı/ ince boya ile boyama yapılmaz.

d) Muayene

Bu arasıra gözden kaçırılan, dikkate alınmayan fakat en önemli hususdur. Boyamada boyayı yüze yayarak tatbikinde, boyacı çalışmasının kesilmesinden hoşlanmaz ve dolayısı ile bazen yüzeyde derinlemesine boyanın işlenmesini önleyen toz, kir ve benzeri şeylerin, üzerinden boyar. İşin mükemmelliğini, bütünlüğünü sağlaması için temizleme işlemi dikkatlice yapılmalıdır.

Boyanmış yüzey her tabakadan sonra oluşabilecek delik, kabarcık veya boya çıkması, bozulması gibi istenmeyen görüntüleri ortadan kaldırmak için kontrol edilmeli ve varsa rötüşü yapılmalıdır. Her bir boya tabakası/katı renk tonu olarak farkedilebilen renk değişikliğini/kalitesini yakalamalıdır.

Her kat boyanın kalınlığı kontrol edilmelidir. Bu sebeple boya filmi- nin kalınlığını ıslak ve kuru olarak temin etmek mümkündür. Elektronik kontrol cihazlarıyla küçük hataları bulmak mümkündür. Son kat boya işin tesliminden önce olabilecek kusurların giderilmesi için iyice kontrol edilmelidir.

e) Boyanın yenilenmesi

Boyayı yenileme aşamasında, yeni boya yüzeydeki mevcut eski boyaya uyum göstermeli ve eski boya üzerinde kusurları rötüş veya o kısmın boyanarak düzeltilmesinden sonra yeni tabaka uygulanmalıdır. Bölüm 1'de anlatıldığı gibi sabit yüzdeler metoduyla boyanın yenilenmesi için geçecek süre hesaplanabilir: bu değer yüzeyin % 15'ine ulaştığı zaman ihtiyaç gösterecektir. Üstüne yeni boya tabakası gelmiş ve eski tabakalarla iyice kalınlaşmış boya tabakasına daha çok rötüş ve kontrol yapılacağından, eski boya tabakası kaldırılmadan yüzeye yeni boya tatbik edilmemelidir.

2.2.3. Diğer Kaplamalar :

a) Bitümlü/ziftli boyalar: 9 numaralı kaynakta bitümlü boyaların açıklaması uygulanabilirliği, kullanımları ve uygulama sahaları açıklanmıştır. Konunun temel hususları 2.2.2. nolu (boyama bölümünde) açıklanan bilgilere paralellik arzeder.

b) Çinko kaplama: Bu kaplama türü uzun ömürlü koruma istenen yerlerde kullanılır, sonra bilinen genel boya metodlarıyla boyanabilir. (bu pek rağbet edilen bir koruma türü değildir, fakat rutubetli, tropical hava şartlarının olduğu bölgelerde, iyi kaliteli bir boya ile galvaniz kaplama korunabilir). Galvaniz keza su içinde maruz kalınacak tehlikelere karşı da iyi koruma sağlaması açısından faydalı bir malzemedir. Yapı işlerinde, alışılmış olan şey sıcak galvanizleme (ASTM A-153) yöntemidir. Çünkü son kaplama tabakası, toz çinko ile galvanizleme elektrokaplama, veya püskürterek kaplama gibi diğer yöntemlerle yapılan uygulamalarından daha kalındır. Koruyucu çinko kaplamasının kalınlığı yukarıda açıklanan metodlardaki tabaka kalınlığına yaklaşık olarak denk olduğu için bu metoda rağbet vardır.

Tüm imalat safhaları özellikle, katlama bükme, ısı altında işleme, kaynakla birleştirme vesaire işlemleri galvanizlemeden önce tamamlanmalıdır. Aksi takdirde bu işlemler koruyucu çinkoyu çatlatır veya yakar.

2.2.4. Muhafaza Altına Alma

Önceki paragraflarda ince kaplama uygulamalarına bağlı olarak korozyonu önleme anlatıldı. Bu ince kaplamalar ile olan sorununuz belirli zaman aşımında bunların yenilenmesidir. Yapının tüm elemanlarını beton veya plastikte bir kafes veya kutu gibi bir korunakla muhafaza altına alarak veya onu koroze olmayan/çürümeyen metal veya demirsiz madenlerden yapılmış malzemelerle kaplamak suretiyle koruyucu ömrü sürekli veya yarı sürekli olan bir muhafaza oluşturabiliriz.

a) Beton

Beton yapının çelik kısımlarının muhafazasını sağlayacak kısımlar

altına alacak beton kasa/hacim iyi hazırlanırsa, ekonomik ve iyi sonuç verecek koruma temin edilebilir.

Gelgit'in tesirli olduğu kıyı bölgelerde ve su seviyesi altındaki yapıların korunmasında, zemin altı kanal/tranşelerde, tecrit/drenaj borularında, son çalışmanın yapılacağı ulaşılamayan yapı elemanlarının korunmasında ve kimyasal tesislerde veya patlamalara maruz bırakarak çalışan sistem elemanları gibi özellikle çürütecek/korozyona maruz bırakacak etkenlerle karşı karşıya kalan yapıların korunmasında beton muhafaza kitleleri çok sık kullanılır. Şekil 2.20'de bir örneği verilmiştir.

Korozyona karşı korumaya ilaveten, bu tür beton koruyucu kitleler aşınma ve yangından gelecek kötü etkilere karşı da bir koruyucu görev üstlenir. Çelik elemanı kaplayacak beton muhafaza kitlenin kalınlığı Bölüm 3'de açıklanan minimum değerlerde teşkil edilmelidir ve çelik ile beton arasında iyi bir aderans/birleşme sağlanmalıdır. Bu aşamaya gelmeden önce, çelik yüzey pas, toz, çapak veya kirden arındırılmalıdır. Beton zengin karışımlı, agregası uygun, su oranı fazla olmamalıdır. Eğer beton kalitesi zayıf olursa, koruyucu kitle amacına uzun ömürlü hizmet edemez. Koruyucu yapı harkası oluşturulmalıdır. (Genellikle 5/10 cm/cm'lik kareli örme hasır ince donatıyla)

AISC (ASSOCIATION OF THE INSTITUTE OF STEEL and CONCRETE)/Amerikan beton çelik enstitüsü şartnamesi beton ile muhafaza altına alınmış çelik yapıların korunan o bölümleri boyanmamalıdır der. Buna mukabil, yazarın tecrübelerine dayanarak, harici tesirlere karşı, elemanda çekme büzülme durumlarında oluşacak çatlaklardan mevcut nemin geçmesine, sızmasına karşı önlem olarak elemanın ankrajlandığı yerdeki koruyucu betonun yüzeyinden 15 16 cm derinliğe boya veya başka bir kaplama yolu ile koruma tavsiye edilir.

Uyarılar: (1) Beton koruyucu kitle öylesine bir beton dolgu değildir. 25 N/mm² kalitede beton en düşük mukavemette olmak üzere kullanılmalıdır ve bu uygulamada çok iyi bir sanatkar, işin ehli usta tarafından yaptırılması talep edilmelidir. (2) Hatta çok iyi inşa/imal edilmiş bir beton koruyucu kitle dahi elektroliz yoluyla oluşacak korozyondan/çürümeden elemanı koru-

yamaz ve belki de oluşacak düzensiz elektrik akımlarını yere/zemine deşarj etmesi talep edilebilir. Öyle bir durumda bazı topraklama sistemleri de teşkil ettirilmelidir.

b) Takviyeli bitüm kaplamaları:

Bu yolla korozyona karşı mükemmel bir koruma temin edilir. Çürütme riski bir hayli yüksek olan nehir tabanlarında, bataklık, çayır gibi sulak yerlerde, kül curuf gibi dolgularda, çöp gibi organik atıkları ihtiva eden dolgu zeminlerde ve gelgit olayının tesirli olduğu kıyı bölgelerde, bir kısmı zemine girmiş olan yapı elemanlarına oldukça geniş bir uygulama sahasıdır. Sararak kaplama ise özellikle borularda, gergi çubuklarında, demirli muhafaza yapıları gibi donatılarda ve yüksek kalitede uzun ömürlü koruyucuların istendiği her yerde uygulanır.

Sıcak katranlı bir karışımı/macunu korunacak yapının elemanını kapatacak şekilde sıvayarak sonra su geçirmez özel bir bitümlü malzemeyle yoğunlaştırılmış uygun dokulara sahip kumaş veya spiral sarılmış kalın kaba kağıt ya da keçe türü sargıyla samak suretiyle metal yüzeyin korozyona karşı korunulması sağlanır. Özel bitümlü yoğunlaştırılmış sargı kaplama malzemesi koruyucunun kalınlığını artırarak ve alttaki macun türü karışımın kaplamasının zarar görmesini önleyerek ve ona takviye olarak hizmet verir.

Tersane ve havuzların ilgili bürolarında bulunan "NAVDOKS-34 Y" şartnamesi takviyeli bitüm kaplamaları için donanım, malzeme ve bilgileri açıklamalarıyla içerir.

Dolgu/geri dolgu esnasında bitümlü tabakayı korumak için, meyilli veya dik yüzeylerde bir sıra koruyucu tuğla, kerpiç, kesik yassı memmer (paladyen), ya da korunacak yüzeyin metal plaka, çini ya da benzeri bir şeyle kalıba alınması/çevirilmesi suretiyle yapılır. Yapışıp, kuruyarak bitümlü koruyucu tabakada çatlaklar oluşturabilen killi, balçıklı ve killi zeminlere teması önlenmelidir. Keza yine yapı elemanının koruyucu tabakaları yapının mukavemet olarak çalışması sırasında zorlanacağı

bölgelerinden delinebilme olasılığını da göz önünde tutarak, kesik yüzeyli delici özellikli kaya, plaka veya atık bir şey ya da moloz türü şeylerle mesnetlendirilmemelidir. En iyi yöntem koruyucu kitlenin etrafını kumlu bir malzemeye doldurmaktır. Çok uzun ve de oldukça esnek koruyucu tabaka kaplama çalışmalarında, kaplamanın sarkmasını, bel vermesini önlemek için 9 m. aralarla ara destek/kavrayıcılar oluşturulur.

c) Diğer materyaller:

Beton ve asfalt kaplamalar, çelik yapıların muhafazasında çok daha fazla rağbette olan, kullanılan malzemelerdir. Buna mukabil, özelliği olan uygulamalarda seyrek de olsa kullanılan diğer materyaller de mevcuttur. Örnek olarak;

Polisulfid madde kaplı ürethan köpük tabakaları çift abliyeli/2 katlı George Washington köprüsündeki çalışmalarında kablo bağlantılarının korozyon koruma uygulamalarında kullanıldı. Burada, köpük dolgu, sıkılama maddesi olarak polisulfid malzeme ise su geçirmezliği sağlayacak koruyucu olarak kullanıldılar. Meksiko Körfezindeki liman inşaatlarının birçoğunda çelik malzemeyi kaplaması ve koruması için nikel bakır alaşımı 18 mm.lik levha/plaka'lar kullanılır.

Gelgit'in kuvvetli tesir ettiği kıyılarda ve tesirli dalga olan bölgelerde, iskele/sahil inşaatlarında palplanş, kalıp kaplamalarında monel metal denilen (% 28 Bakır + % 69 nikel alaşımından oluşan) bir madde kullanılır. İkinci Dünya Savaşını takip eden yıllarda silahlı kuvvetlerinde ve techizatında koruyucu olarak (naftalin) püskürtme vinil plastik kaplama kullanıldı. İleriki yıllarda çelik malzemenin, korozyona ve yanmaya karşı korunmasında, teknik daha da gelişerek pratiğe/uygulama sahasına girdi. Bu koruyucuların kullanımından iyi neticeler alan bir sektör vardır ve bu sektöre hitaben, referanslar özelliği olan uygulamalara uygun açıklama ve bilgileri içerecek şekilde düzenlenmelidir. (Ordonat bürolarında), kullanılan temel materyalleri açıklayan, tarifleyen MIL şartnameleri de mevcuttur. Buna mukabil kaplama/koruma tiplerinin bir kısmı düzenli/devamlı değil, genellikle

2.2.5. Korozyona Dirençli Alaşımlar:

Çelik malzemenin korozyona uğrama yüzdesi/olasılığı sadece ortamın/çevrenin bir tesiri ile/fonksiyonu olarak değil aynı zamanda malzemenin alaşımına/terkibine de bağlıdır. Mevcut, verilen çevre şartları için, normal bir karbonlu çelik malzeme (ASTM-A 7 veya A 36) yerine korozyona dirençli bir alaşım kullanmak suretiyle çelik yapılarda korozyona uğrama yüzdesi düşürülebilir.

a) Atmosfer tesirleri

Korozyona dirençli alaşımlara (minimum % 02 bakır muhteviyatı bulunan, bakır demir karışımı A 373 veya ASTM-A 7, A 36 gibi bakır-demir birleşimleri de dahildir ve hepsi olmasa da yüksek mukavemetli çeliğin çoğu ve düşük alaşımlı çelikler ASTM-A 242 'nin benzeridir.

Bakır-çelik alaşımı, yukarı paragraflarda açıklandığı gibi ASTM diye belirtildi. Fakat, korozyona dirençli, uygulanabilir, düşük alaşımlı çeliğin çoğu mühendisin kontrol ve tasarrufu altında değildir. Buna rağmen mühendis amacına uygun ürünü/malzemeyi seçmek için uygun üreticisini bulmalıdır. ASTM-A 242 yi belirtmek, şart koşmak yeterli değildir. Bazı düşük alaşımlı çelikler bakır-çelik alaşım için çok yüksek değerlerde atmosferik tesirleri olan ortamlarda bile iyi bir direnç gösterirler.

Tamamıyla şiddetli etkenler altındaki şartlar hariç, uygulamada yapının tamamında A 36 çeliğinin kullanılmasından daha ziyade, tehlikeye/korozyona maruz kalan elemanların da birkaç yüzliralık maliyet fazlalığı doğuracak korozyona dirençli alaşımlı malzemenin kullanılması genel eğilimdir. Kullanımlarına örnek olarak aşağıdakiler gösterilebilir; (1) hareketli parçalar ve genişletilen, büyütülebilen plak/levha'lar gibi sistemler ve de barajlarda makaralı ve eğri tabanlı yataklarda, (2) Tesislerin küçük kısımları olan fakat büyük yüzey alanına sahip ızgaralarda bu yüzden bakımı pahalı olmaktadır. (3) İnşaatın son safhasında bir daha ulaşılamayacak olan kısımlarında, (4) Sık sık ıslak nemli atık yığıntılar yüzünden oluşan kötü kirlenmiş ortamlarla karşı karşıya kalınan atık çöp depolanmış ardivelerde

veya atık suların tahliyesinde kullanılan su yollarında/drenajlarda ve bu tür benzeri yerlerde. Bunlara ilaveten bazen deniz ile ilgili araç, vasıta ve yapılarında veya asitle temizlenen/temasda olan tanklarda ve benzeri yerlerde ağır endüstriyel atmosfer şartlarına maruz yapılarda özellikle korozyona dirençli çelik malzeme şart konulur.

b) Toprak ve sualtı İnşaatı

Sadece sınırlı bilgi olmasına rağmen, toprak su altı yapılarında veya çelik malzemenin sürekli suyla temasda olduğu yerlerde bakır alaşımlı yüksek mukavemetli veya düşük alaşımlı çelik malzemenin normal karbonlu çelik kullanımına göre biraz daha fazla avantajlara sahip olduğu görülmektedir. Buna mukabil, yüksek karışumlu silikon, krom veya nikel - çelik'de uygulama ve kuramsal olarak maliyetinin karşılanabileceği yerlerde korozyona karşı yüksek direnç gösteren özelliğiyle kullanılabilirler.

Uyarı: Korozyona dirençli çelik malzemeler mimari uygulama özelliği olanları hariç, kesinlikle boyanmalı, galvanizlenmeli veya normal karbon çeliğinde olduğu gibi karşı koruyucu tedbirler uygulanmalıdır. Önleyici tedbirlerle donatılmış korozyona dirençli metallerin kullanımı şiddetli tesirlere maruz ve ulaşılması güç olan parça veya kısımların bakımıyla ilgili problemleri azaltır veya ortadan kaldırır.

2.2.6. Korozyon hasarını karşılayacak ekstra malzeme

Bu durum hesap mukavemet gerilmeleri üstünde değerler sağlayan metal/malzeme boyutu/kalınlığına ihtiyaç gösterir. Amaç, kesit için yapısal şartların/gereksinimlerin üstünde korozyon kayıplarını karşılayacak bir emniyete gidilmesidir. Uygulama sahaları yukarıda anlatılan korozyona dirençli çelik malzeme ile tamamen benzerlik gösterir. Gerçekten, tamamıyla uygulamaları birbiriyle ilişkilidir. İki teknik de birbirine benzer.

Çelik yapılarla ilgili birçok şartname ve tasarım kriterlerinden bulunacak istenen minimum malzeme kalınlıkları bu amaç uğruna değişik uygulama-

malara tabi tutulur. Örneğin; Standart karayolu köprüleri şartnamesi; çelik kazık/ayak kuşakları minimum 1 cm metal ve ayak ek levha kalınlığı 0,95 cm minimum ister. Diğer tasarım özellikleri de temel elemanlarla olan ilişkisinde bu tür benzer şartlara sahiptir.

Bu tür bir metal kullanımıyla ilgilenildiği zaman takip edilecek genel yol boyutunu fiziki şartlarını mukavemet değerlerini gözönüne alarak, korozyon sebebiyle, metal kayıp yüzdesini (bu konuda çok yayın vardır) hesaplayarak buluruz ve yapının istenen hizmet ömrüne bağlı olarak artırılacak metal kalınlığı da gözönünde bulundurulur. Elemanın iki yüzünde de olacak metal kaybı ihtimalinin hesaba alındığına emin olunmalıdır ve her bir yüzeydeki kayıp/çürüme oranının farklı olabileceği unutulmamalıdır. Örneğin; palplanş kesitinin bir yüzeyi dolgu temaslı olabilir. Metalin boyanma ve galvanizlenmesi konusuna dikkat çeken beş numaralı şıkda (korozyona dirençli karışımlar) anlatılan uyarılar takip edilebilir.

2.2.7. Katodik Koruma

Doğal ortamda, ıslak bir çevre ya da nemli zeminde korozyon ilkel elektrokimyasal olaydır ve bu metalin anod bölgesinden ortama geçen bir akımın metalin katod bölgesinde toplanmasıyla oluşur. Ortama geçen elektrik akımlarını nötr hale getirerek metalde ters akımın kontrol altında tutulmasıyla bu tip bir korozyon önlenir. Yapıdaki ekstra anoduyla elektriki bağlantısı olan katodik koruyucu bu görevini koroze eden/çürüten akımları nötrleştirmek suretiyle ve yeni katodik bölgede sürekli sönmeyen reaksiyon setleri/katmanları üreterek/oluşturarak yerine getirilir.

Uygulamalarda Katodik korumanın başlıca uygulandığı yerler, zemin altında gömülü/örtülü çelik malzemenin korunmasında (borular veya kazıklı temeller/kazık ayakları ya da sistemleri gibi), deniz yapılarının su altındaki kısımlarının korunmasında (kazık temeller/ayaklar, payandalar gibi), savak, bölme ve baraj kapaklarında su tanklarının iç yüzeylerinde ve zemine gömülü depoların/tankların dış yüzeylerindedir. Buna mukabil, korunacak eleman elektrolit olarak su veya ıslak, nemli zemin ile çevrili değilse, öyle bir ortam

çok kuru zeminlerde veya düşük su seviyeli zeminlerin üstünde yapı elemanının korunmasında etkisizdirler.

DIY, (Do it Yourself/kendi kendinize onarım) başlığı altında 14 numaralı kaynakta bazı detaylarıyla katodik korumanın prensipleri açıklanmıştır. Buna mukabil, prensiplerinin kolay olmasına rağmen, ekonomik ve etkili bir çözümün bulunması için uygulamalarda iyi bir değerlendirme ve tecrübenin olması gerekir. İnşaat/imalat safhasında bu işle ilgilenen (koruyucu mühendislik) tecrübeli deneyimli, bilgili mühendisin hizmeti, çabası etkili olur.

Uyarı: Katodik uygulamalarda, bitişik çevre yapılara tesir edecek indüklenmiş akımların etkisi dikkate alınmalıdır. Bu bitişik çevre yapılar yeni sisteme uygun bir şekilde bağlanmamışsa veya diğer koruyucu tedbirler alınmamışsa zarar görebilirler.

2.2.8. Kaplama

Kaplama aşınmalardan meydana gelecek zararlara karşı yapıyı koruması maksadıyla kullanılır. 2.2.4 Bölümde açıklandığı gibi beton kitle muhafaza en mükemmel kaplama şeklidir. Dövme demir koruyucu plaka/levhalar, ahşap kaplamalar, rutubeti karşılayacak ekstra/hesap fazlası metallerin temini sert metal kaplamalar, vinil, neopren (sunni kauçuk) gibi aşınmaya dirençli boyaların kullanma, fırınlanmış fenollü apreler diğer koruyucu düzen ve tertibatlardır. (Aşınmaya dirençli boyalar ile ilgili bilgi ve şartlar üç numaralı referansda mevcuttur).

Aşınmadan oluşacak bozulma ile ilgili ciddi bir problemin olacağı yer betonlanır, keza koruyucu amaçlı dövme demir levhalarda iyi iş görür, fakat maliyeti yüksektir. Diğer düzenler, tedbirler, iyi bir yaklaşımla dış tesirlerin azaltılması, hafifletilmesinde uygundur.

Kaplama oluşturulacağı zaman koruyucu kitleye hava/su akımlarından en az zarara maruz kalacağı bir dinamik yapı oluşturulmalıdır. Bu aerodinamik yapının önemine dikkat çeken bay Schauffele kötü tesirlere maruz kalmış bir

Uçuşan kumların aşındırmasıyla H kesit deforme olmuş buna karşın yuvarlak kesitler zarar görmemiştir.

2.2.9. Detayların Faydası

Detaylara önem verilerek ve özenle uygulanarak çelik yapıyı deforme eden bu güçlükler aşılabilir. Özellikle;

1) Bakım için yapının elemanlarına ulaşılabilmelidir, eğer ulaşılamiyorsa yapı elemanı muhafaza/koruma altına betonlanarak v.b. ile alınmalıdır. veya eğer yapı yüksek ısı ve dahili iyi korunan yerlerde değilse ya da atık su/drenaj boruları gibi ıslak hacimlerde ve yapı kenarı duvarları, limonluk, kalkan duvarları, çatı döşemesi gibi sızıntı olabilecek yerlerde çelik malzemeli inşaat yapılmışsa bazı uzun ömürlü sürekli korumalar oluşturulmalıdır. Çatı aralarında, zemin/bodrum döşeme altlarında, temele, pabuçlara yakın yerlerde ölü hacimler bırakılmamalı, bakıma yardımcı olacak servis hacimleri, kapıları oluşturulmalıdır. Eğer servis alanı bir insanın girmesi ve çalışması için çok küçükse, yapı elemanının korunulması için yukarıda açıklananlar dikkat alınmalıdır. Özellikle çelik uygulamalarda olmak üzere, yapının her elemanına ulaşılabilmesi koruyucu mühendislikte en çok güçlük yaratan sorunlardan bir tanesidir.

2) Dış tesirlere maruz kalabilecek minimum yüzeye sahip yapı tipleri seçilmelidir. Örneğin; korozyonlanmanın azaltılması açısından bir T kesit çift köşelilerden (L , U gibi) ve kutu kesitler ( gibi), H kesitlerden daha iyidir. Mukavemet şartlarının müsaade ettiği yerlerde kompakt, dolu, kapalı kesitler açık, çok yüzeyli girintili çıkıntılı kesitlere karşı tercih edilmelidir.

3) Kir, toz ve pislik toplanacak kesit ve detaylardan kaçınılmalı, eğer ekonomik ve proje olarak mümkünse köşeli olmayan, yuvarlak kesitler kullanılmalıdır.

4) Su için yer, zemin oluşturacak, çukur, çil gibi kusurlar ve yarık, çatlaklar gözden geçirilmelidir. U kesitlerin yanakları (açık ağız) aşağıya

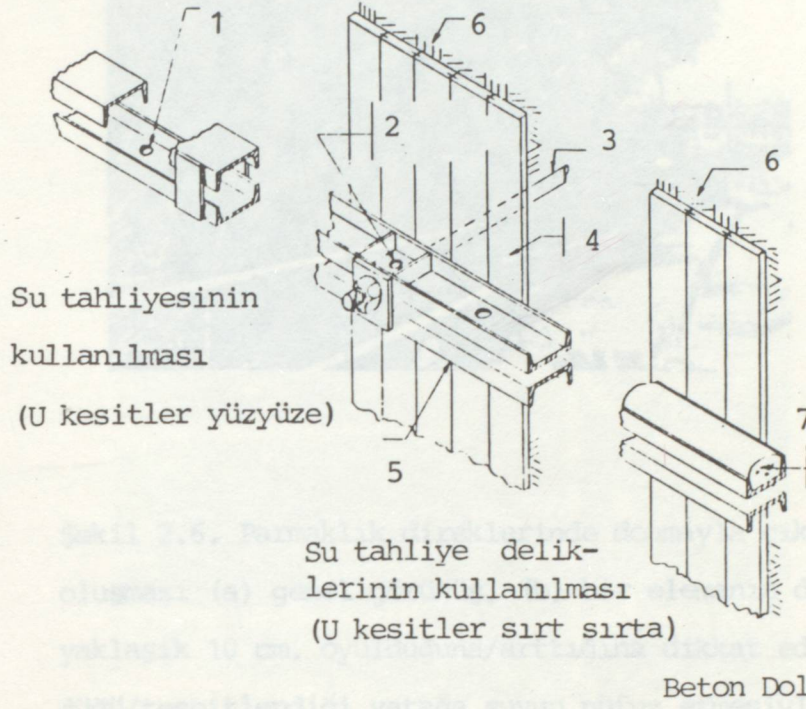
ken suyu (yağmur suyu v.s.) boşaltacak su tahliye delikleri yapılmalı veya U kesitin (ağızı yukarı bakıyorsa) açık ağızı harç ile doldurularak su birikmesi önlenmelidir. Eğer kuşak takviyesi yapılmışsa (Şekil 2.5) su tahliye deliği paraçol/takviye levhaları arasından açılmalıdır. Yatay kuşak elemanı olarak kullanılan büyük flanşlı U ve I kesitlerde birikecek suyun tahliyesi için eğim verilmeli ya da tahliye delikleri oluşturulmalıdır.

5) Kolon temeli betonlanarak ya da zemin veya döşeme seviyesi üstünde temel projelendirilerek koruma altına alınabilir. Bitişik çevre beton yüzeyi ile çelik malzemeyi/elemanı su tahliyesine uygun konumda oluşturmali. 3.2 bölümde açıklandığı gibi çelik çerçeve/makas'ı taşıyan veya asılı olan betonarme yapılarda açık kapalı tahliye olukları, damlalık veya drenaj kanalları gibi düzenler oluşturulmalıdır.

6) Çelik elemandaki yiv/zıvana aralıkları ve delikler verimli bir su tahliyesi sağlaması için ya yeterli büyüklükte/açıklıkta olmalı ya da tıkanmaması için tapalanmalıdır. Eğer bir deliği doldurmak için beton malzeme kullanılacaksa betonun prizlenmesiyle oluşacak büzülme ve çekilmelerden ötürü delik kenarında oluşacak çekme, büzülme çatlaklarına nemin işlemesine ortam sağlamaması, mücade vermemesi için genleşen harç kullanılmalıdır. Şekil 2.6 ve 2.7 bu tip başarısız uygulama ile detayı ve düzeltilmiş halini göstermektedir.

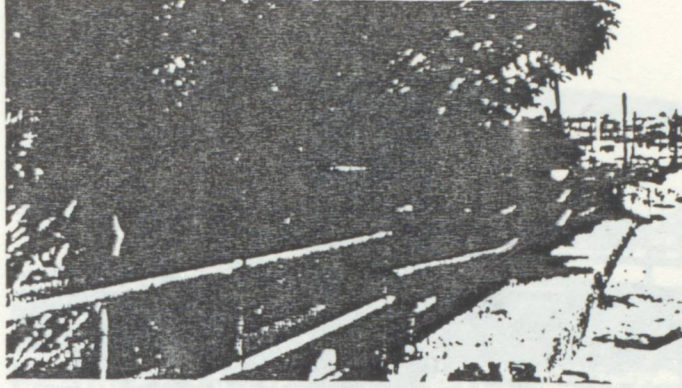
7) Kapanması, tıkanması ve boyanması mümkün olmayan ya da güçlük çıkarcak dar, küçük, yaruk, yiv, zıvana aralıklarını içeren detaylardan kaçınılmalıdır. Genel eğilim çift köşeli korniyer veya aralarında boşluk bırakılarak sırt sırta yerleştirilmiş U kesitler kullanılmasıdır. Şekil 2.8'de görüleceği gibi, eğer birleşim yerleri uygun kapanmaz, kaplanmaz, doldurulmazsa, dış tesirlere maruz yapılarda, böyle bir detay daima problem oluşturur.

8) Perçinli veya bulonlu birleşimlerde ya da sırt sırta yerleştirilerek elde edilmiş kesitlerde, birleşim elemanlarının uygun tanzim edilmesiyle kesit ya da yüzeyler arasında suyun toplanması, nüfuz etmesi önlenmelidir.



- 1- Su boşaltma deliği
- 2- Su boşaltma deliği (takviye levhaları arasında)
- 3- Germe çubuğu
- 4- Palplanmış perde
- 5- Kuşak
- 6- Dolgu
- 7- Beton dolgu

Şekil 2.5. Su tahliyesi. Geniş flanşlı veya I kesitlerin işlemi aynıdır.



Şekil 2.6. Pamaklık direklerinde donmayla çıkmaların, atmaların oluşması (a) genel görünüş, (b) bir elemanın detayı. Direğin yaklaşık 10 cm. oyulduğuna/arttığına dikkat ediniz. Direğin gömüldüğü/tespitlendiği yatağa suyun nüfuz etmesiyle bu durum oluşmuştur. Şekil 2.7'de onarım detayı verilmiştir. Benzer durum, küpeştedeki oynak eklerde oluşan yetersiz açıklık yüzünden de oluşabilir. Rayda/küpeştede oluşan basınç kuvvetleri direkleri zorlayan düşey elemanlarına intikal eder. Bu fotoğraflar rutubetin nüfuz etmesinden meydana gelebilecek çok ince, kolaylıkla farkedilmeyen bir zararı/bozulmayı göstermektedir. Bu tür sızma ihtimali olan kısımların izole edilmesi doldurulması gerekir.

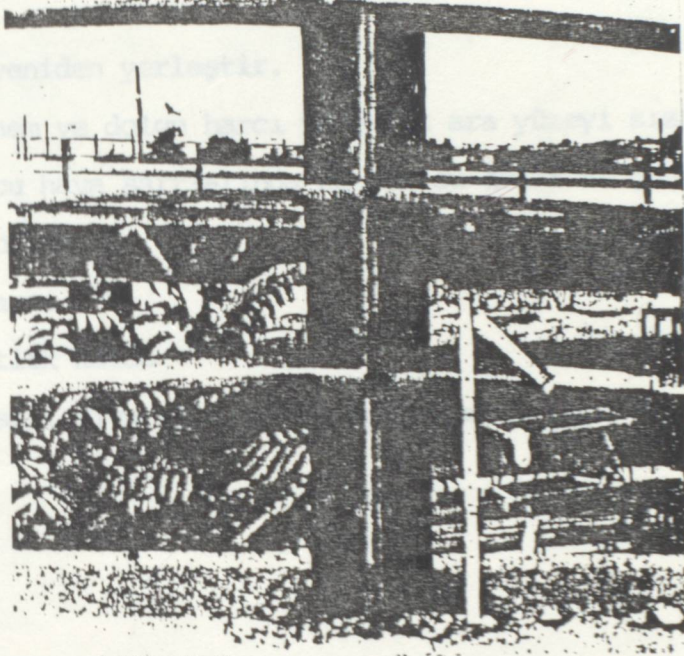
Orijinal Detay

Geliştirilmiş Detay

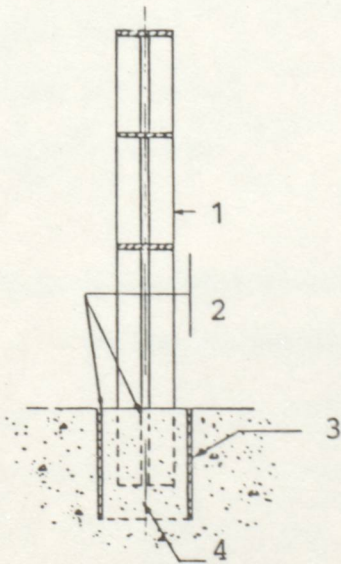
Şekil 2.7

Şekil 2.7'nin açıklaması

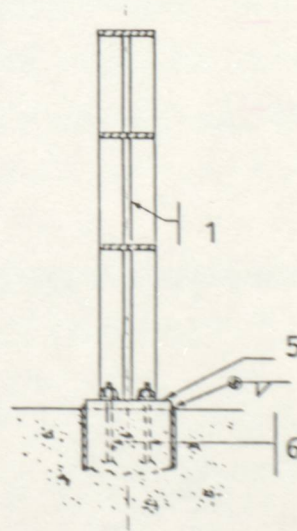
- 1) Kasa ve yeniden yerleştirir.
- 2) Yalnak, n...
- 3) Metal G...
- 4) Yalnak b...
- 5) Yeni al...
- 6) Yeni b...



Şekil 2.6 b



Original Detay



Geliştirilmiş Detay

Şekil 2.7

Şekil 2.7'nin açıklaması

- 1) Kes ve yeniden yerleştir.
- 2) Islak, nem ve dolgu harcı ve çelik ara yüzeyi sızar.
Dondurucu hava şartlarında bu nem su donar ve genişlererek hasar verir.
- 3) Metal Gömlek
- 4) Dolgu harcı
- 5) Yeni altlık kaide
- 6) Yeni tesbit civatası (Yüksek mukavemetli şapa monte edilmesi gerekir)

1- Kışeentleri birleştirilmek için parçalarına uygun bırakılmalı
açıklık

2- Kışeent

3- Kaplama perçinleri

4- Kışeentle silme yüzey

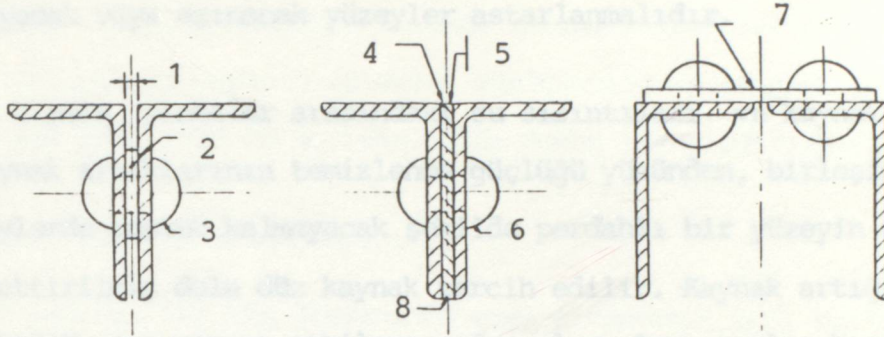
5- Silme dolgu

6- Bağlama perçinleri

7- Kafesbağı yubuğu

Şekil 2.9- L-kışeent elemanlarının dış ve iç yüzlerine uygun yapılar

ve kullanış detayları.



Kötü Detaylandırma

Yeterli
Detaylandırma

İdeal Detaylandırma

- 1- Köşebentleri birleştirmek için şartnamelere uygun bırakılmış açıklık
- 2- Rondela
- 3- Kaplama perçinleri
- 4- Pürüzsüz silme yüzey
- 5- Sürekli dolgu
- 6- Bağlama perçinleri
- 7- Kafesbağı çubuğu

Şekil 2.8- L köşebent elemanlarının dış tesirlere maruz yapılarda
kullanım detayları.

Destekleyici, yataklı birleşimlerde, montajından/teşkil edilmesinden önce zayıflayacak veya aşınacak yüzeyler astarlanmalıdır.

9) Kısmen plakalar arasındaki su sızıntıları ve kaynak olan yüzeydeki kaynak artıklarının temizlenme güçlüğü yüzünden, birleşimlerde kaynaklı yüzeylerde boşluk kalmayacak şekilde perdahlı bir yüzeyin temini için tam nüfuz ettirilmiş dolu düz kaynak tercih edilir. Kaynak artığı nemi de çekerek çürütücü, pas yapıcı etkilere neden olur. Aynı şeyler kısmen uygulanan düz kaynaklar için de geçerlidir.

10) Boru ya da tüp tipi içi boşluklu kolonlara beton dolgu veya hava ile temasını kesecek bir izolasyon tertibatı oluşturulmalıdır.

11) Galvanik korozyondan sakınmak için farklı bir malzemeye izole yoluna gidilir. Bu iş için özellikle Alüminyum ve Bakır karışımları su ile teması olan yerlerde, pencere kayıtlarında, dere oluk, çatı duvar eteklerinde genellikle yaygın olarak kullanılır. Çinko kromat boya veya pul, rondela, conta gibi şeylere çinko kromat emdirilerek kaplanmak suretiyle çok iyi verim alınır. Metalleri birleştiren bulonlar mutlaka paslanmaz çelikten olmalı ya da yatak astarlanarak, izole edilmelidir.

12) Çelik elemanlar arasındaki boş hacimler ya havalandırılmalı veya tamamen kapatılarak teması kesilip izole edilmelidir.

Yukarıdaki hususlara uyulması halinde yapının maliyeti birazcık artacak ya da maliyete hiç etki etmeyecektir, esas itibarıyla bakım maliyetlerinde bir azalma söz konusu olacaktır.

2.3. TAMİR İŞLEMİ

Şu ana kadarki kısımlar çelik yapılarda oluşan çürümeyi, bozulmaları durduracak veya önleyecek proje ve bakım aşamasındaki tedbir ve işlemleri açıklıyordu. Buna mukabil oluşacak önemli hasarlar için hasara maruz kalan elemanın tamiri, bakımı için bazı yollar, yöntemler üretilmiştir. Aşağıdaki metodlar bu amaç için uygulanabilir.

Not: Çelik yapıların tamiri her zaman mukavemet değerleriyle ilişkilidir. Bundan dolayı dokuzuncu bölümde anlatılan tedbirler tamamen uygulanmalıdır. (Dayanım ve yapının işlevini sürdürmesi) ve aşağıda anlatılan teknikler tatbik edilirken de mutlaka bölüm dokuz takip edilmelidir.

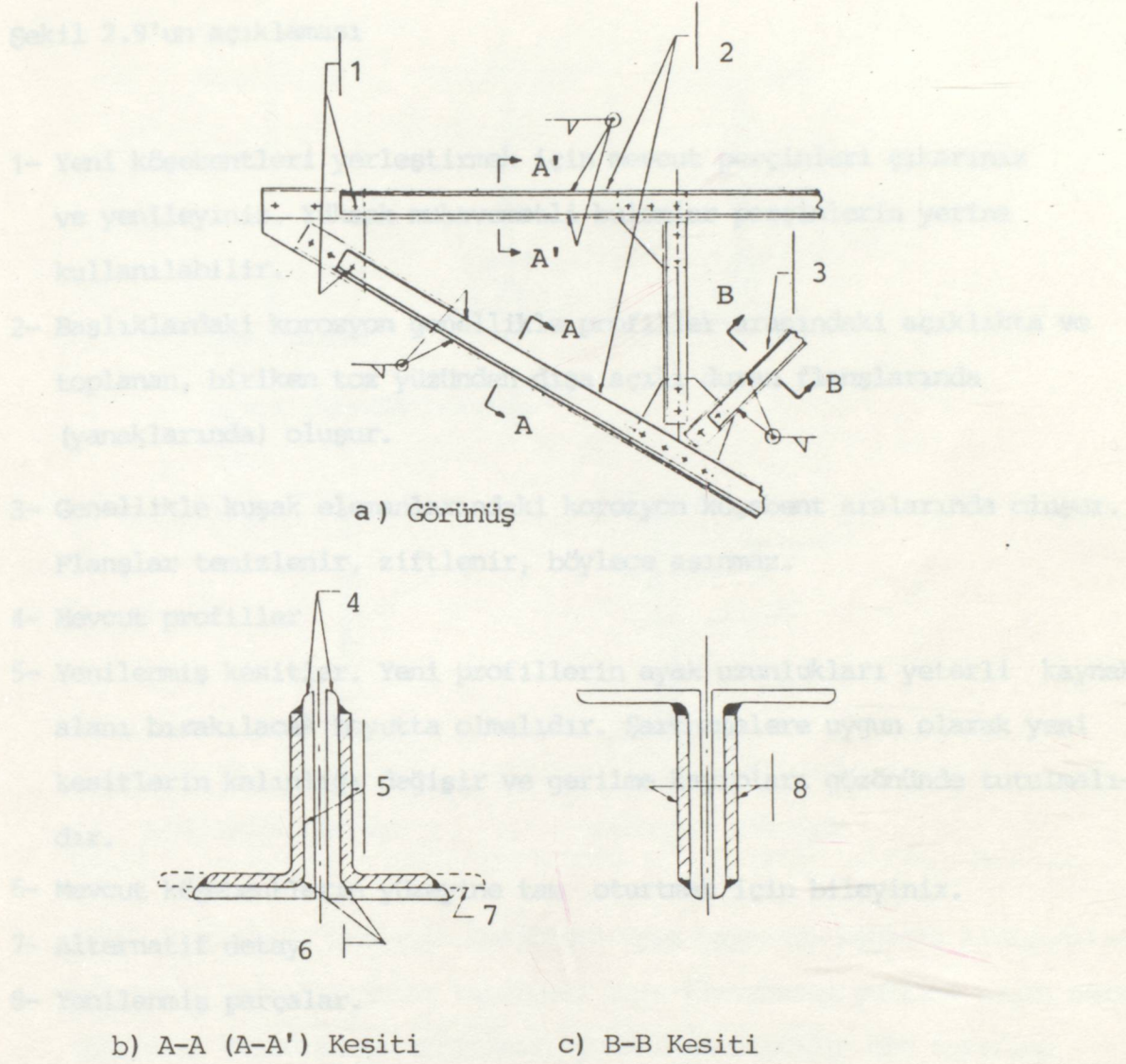
2.3.1. Kaplama (Tamamlayıcı)

Bir yapının bir kaç elemanında veya elemanın bazı kısımlarında oluşan aşınma ve korozyonun doğurduğu kesit zayıflamalarının telafisi için elverişli ve ekonomik yol hasar gören kısmın yeni malzemeyle onarımıdır. Bu işlem plaka ve yuvarlak kesitli malzemelerle yapının hasar görmüş yerlerinden sağlam elemanlarına bağlantı atılarak, eklenerek sağlamlaştırılabilir. Bazı tipik örnekleri Şekil 2.9'dan 2.11'e kadar olan çizimlerde gösterilmiştir. Bu işlem kaplama olarak bilinir. veya hasar gören yahı elemanın mevcut kesitine uyan benzer yeni elemanla yenilenmesi ki bu eklenen kesitlere bazen tamamlayıcı diye atıfta bulunulur.

Kaplama keza çatlamış, bel vermiş veya bölgesel ezilme ile zarar görmüş elemanların tamiri için de uygundur. Tekniğin, teknolojinin uygulanamadığı ilave, ek yapılmış yerlerin görünümü estetik olarak mahsurlu olabilir. Eğer böyle bir durum olursa, yenileme en iyi çözümdür.

Mevcut ve yeni elemanın birbirine tam uyumunun temini için azami dikkat gösterilmelidir. Bunun dışında yeni yapılarda kaplamaların imalatı ve montajı standard bir işlemi takip eder. Yeni eleman mutlaka taşlanmalı/silinmeli ve mevcut elemanın varsa kenarlarında, köşelerine veya onun özel fiziki şartlarına uydurulmalıdır. Birleştirici kaynaştırıcı olan kaynak burada tercih edilir.

Levhalar yerleştirilmeden önce, yeni ve eski/mevcut temas edecek yüzeyler iyice temizlenmeli "çeşitli hususlar" başlığı altında açıklandığı gibi kaplama işleminden sonra istenmeyen şeyler, çapak, kaynak artığı v.s. temizlenerek boyanmalıdır. Yüzeyler arasında toz, pas, pullu tabakaları gözden çıkarmamak, ihmal etmemek için yeni elemanın yüzeyiyle temasta olacak eski elemanın yüzeyine gereken dikkat ve hassaslık gösterilmelidir. Birleşecek yüzey-



Şekil 2.9. Profil elemanlardan oluşmuş makasların takviyesi için kaplama detayları. Yerleştirilecek kesit birleşimde eksantriklik doğurabilir. Orantılı, uygun eleman ile bu durum çözülebilir.

Şekil 2.9'un açıklaması

- 1- Yeni köşebentleri yerleştirmek için mevcut perçinleri çıkarınız ve yenileyiniz. Yüksek mukavemetli bulonlar perçinlerin yerine kullanılabilir.
- 2- Başlıklardaki korozyon genellikle profiller arasındaki açıklıkta ve toplanan, biriken toz yüzünden dışa açılı duran flanşlarında (yanaklarında) oluşur.
- 3- Genellikle kuşak elemanlarındaki korozyon köşebent aralarında oluşur. Flanşlar temizlenir, ziftlenir, böylece aşınmaz.
- 4- Mevcut profiller
- 5- Yenilenmiş kesitler. Yeni profillerin ayak uzunlukları yeterli kaynak alanı bırakılacak boyutta olmalıdır. Şartnamelere uygun olarak yeni kesitlerin kalınlığı değişir ve gerilme kayıpları gözönünde tutulmalıdır.
- 6- Mevcut köşebentlerin yüzeyine tam oturtmak için bileyiniz.
- 7- Alternatif detay
- 8- Yenilenmiş parçalar.

1- plaka/levha

4-U profiller

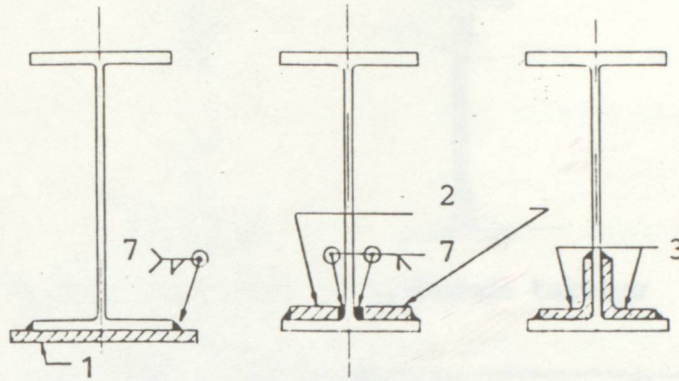
2- zift plaka

5-teklik kaynağı

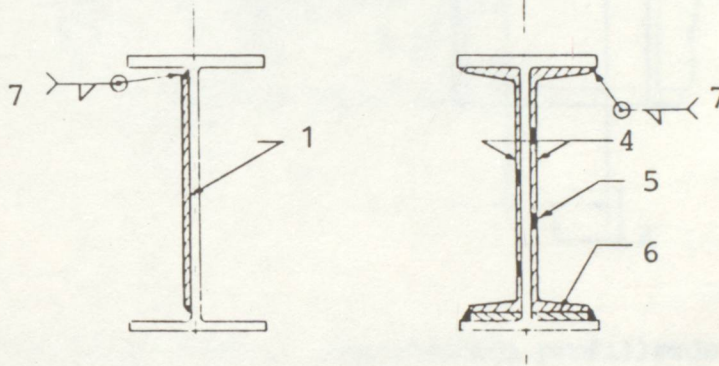
3- Çift köşebent

6-Gerekliyse dolgu yeganisi

7-detaylar



a) Başlıklarda takviye



b) Gövdede takviye

c) Komple takviye

Şekil 2.10. Geniş başlıklı kesitlere veya kaynaklı kaplama kirişlerine mukavemet kazandırılması takviyesi için flanşların şekline uygun eğimli (gönyeli) dolgular geliştiriniz. Donatının elemanın bir tarafına tespitlendiği yerlerde simetrik olmayan dönmeler, belvermeler sebebiyle oluşacak torsiyon gerilmelerini kontrol ediniz.

1- plaka/levha

4-U profiller

2- çift plaka

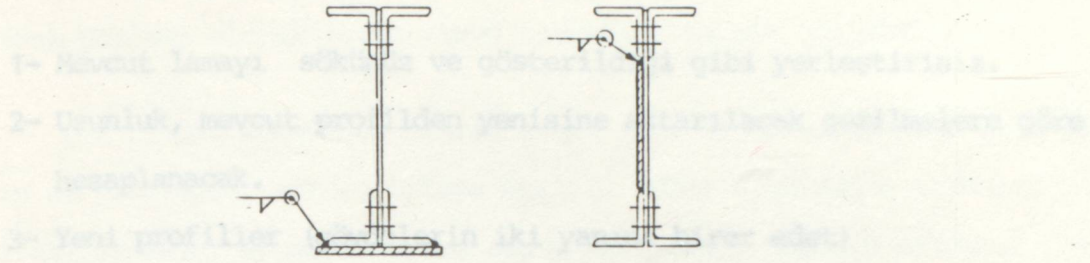
5-Delik kaynağı

3- Çift köşebent

6-Gerekiyorsa dolgu yapınız

7-Kaynak

Şekil 2.11 ve 2.12 lerin açıklaması

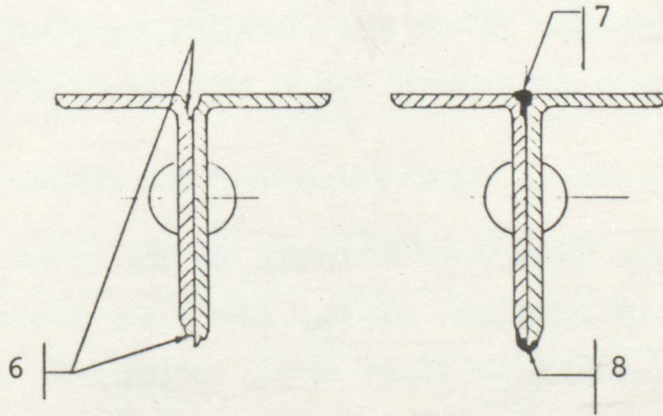


a) Başıklık takviyesi

b) Gövdede takviye

c) Koruyucu kaplamanın ulaşamadığı profillerde takviye

Şekil 2.11. Perçinle levha kirişlerin takviyesinde kaplama detayları.



Onarımdan önce

Onarımdan sonra

Şekil 2.12. Sırt sırta kullanılan L, U tipi profillerdeki korozyonların oluşum ve onarımları.

Şekil 2.11 ve 2.12 lerin açıklaması

- 1- Mevcut lamayı sökünüz ve gösterildiği gibi yerleştiriniz.
- 2- Uzunluk, mevcut profilden yenisine aktarılacak gerilmelere göre hesaplanacak.
- 3- Yeni profiller (gövdelerin iki yanına birer adet)
- 4- Yeni takviye laması
- 5- Profilin koroze olabilecek sınırına bağlı olarak değişir.

ler astarlanmalı ve kaplamadan önce büyük bir itina ile boyanmalıdır, gerekirse yoklama olarak fazla ilave tabakalar tatbik edilebilir.

Çok zaman, mukavemet olarak artık ihtiyaç kalmamış eski yapı elemanının ne yapılacağı sorusu ortaya atılır. Genel uygulama o elemanın yerinde bırakılmasıdır. Bu böylece hem sökme maliyetini ortadan kaldırır hem de ilave olan o kısımda eskiyi mevcut tutturarak bir avantaj sağlanmış olur.

Uyarı: Kaplama düzenli olarak her zaman tatbik edilen bir tamir değildir. Eğer korozyona uğrayan yer muhafaza altına alınamıyorsa veya aksi takdirde düzenli bir önleme, koruma uygulanamıyorsa, mevcut orijinal eleman ve yeni kaplamada korozyon devam edecektir. Temelde eğer oluşacak korozyona karşı yapı korunamıyorsa, bu metod hesap ve ihtiyaç üstünde ekstra metal kullanmanın bir farklı uygulamasıdır ve ilerde oluşacak korozyonun yapacağı kayıpları, kesit zayıflamasını karşılayabilecek bir ekstra fazla kesitle takviye edilmiştir.

2.3.2. Yenileme

Eğer levha kaplama ekleyecek veya düblör kullanacak uygun yeri yoksa ya da görünüş önemli ise ağır hasara maruz kalmış elemanın tamamı yenilenir.

2.3.3. Beton ile Muhafaza Altına Alma

Bu metod önceki bölümde aşınma ve korozyondan oluşan hasarların önlenmesi için açıklanan bilgilerin ışığında incelendi. Bu yöntem keza hasar görmüş bölümlerin takviyesinde iyi ve etkili bir yoldur. Kesitin betonlanarak büyümesine müsait olacak aralık veya açıklık olmalıdır. ilave gelecek ağırlığı taşıyabilecek mukavemet şartlarını bulundurmak ve koruyucu kitle çirkin olmamalıdır.

2.3.4. Çeşitli Hususlar

a) Bağlantılar: Yukarıda açıklandığı gibi, bağlantıların hasar gördüğü yerler kaplanarak veya yenilenerek tamir edilebilir. Sadece hasar görmüş veya kusurlu bağlantı elemanları ya deliğini büyüterek ve daha sağlamını yer-

leştirek ya da kaynakla veya yüksek mukavemette bulonlar ilave etmek suretiyle yenilenebilir.

Birleşimlerin yalnız gevşediği yerlerde, eğer bulonlu ise, yüksek mukavemetli bulonlar hariç, sıkıştırılabilir. Yüksek mukavemetli bulonlarda böyle bir çözüm tercih edilemez. Onlar mutlaka yenilenmelidir. Gevşemiş perçinlerde aynı şekilde yenilenir. Perçin başı, somun veya bulon rondelası altındaki yapının esas elemanının koroze olmasından, çürümesinden sakınılmalıdır. Böyle bir şeyin olduğu yerde koroze olmuş kısmı delikten uzaklaştırıp deliği büyütürk daha büyük boyutta bulon veya perçin kullanılır.

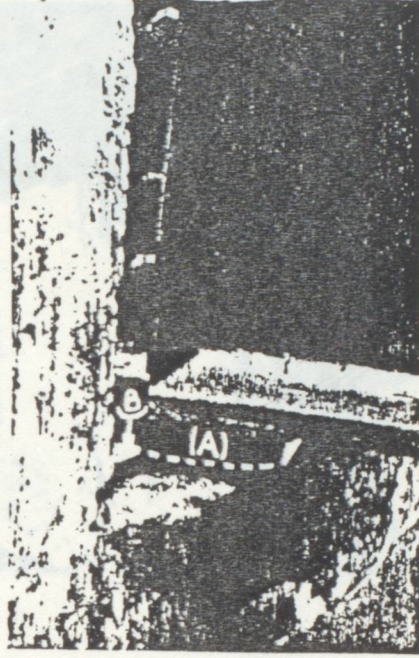
b) Dik kesitli L ve U korniyerler:

Sırt sırta kullanılan elemanların arasında oluşan korozyon çok yaygın bir problemdir. Eğer metalin hasarı kaybı çok şiddetli değilse, istenen mukavemet özelliklerini hala karşılıyorsa basınçlı kum ile yapılan püskürtmeli temizleme ile üzerindeki pas ve tabakalar temizlenerek ilerde oluşacak sıkıntılar önlenebilir ve Şekil 2.12'de görüleceği gibi nemin işlemesi kaynakla önlenir.

c) Mesnetler, yataklar:

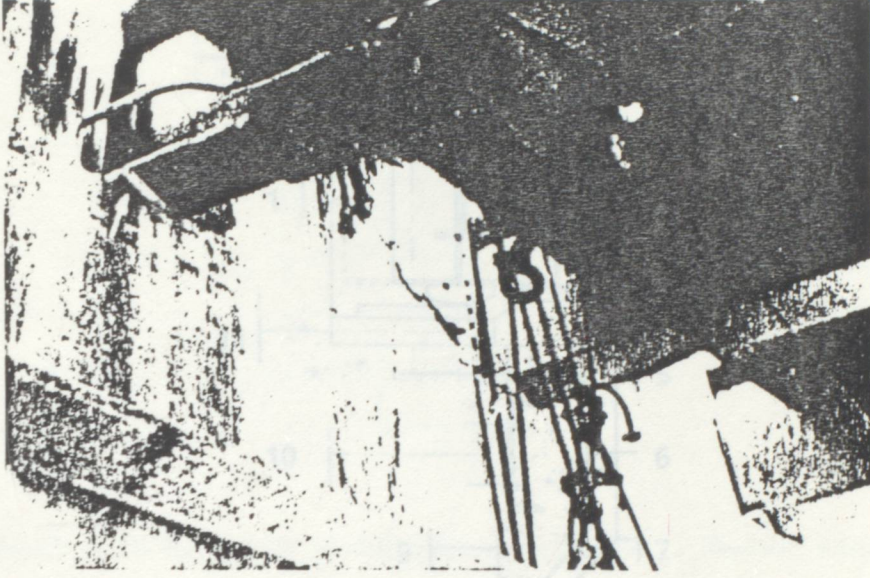
Şekil 2.13 ve 2.14 bir köprü taban kirişinin incelendiği an bulunduğu durumu göstermektedir. Bu görülen durum olağan değil fakat hiç bulunmayan karşılaşılmayan durum da değil. Gerçekte, yapıların mafsallı, eklemlı bileşenleri (mesnetler ve genleşme derzleri) umulmayan, beklenmeyen davranışlarla çok sık karşı karşıya kalırlar. Şekil 2.15'de gösterildiği gibi tamir etkin bir sonuç verebilir.

Bir diğer gözlenecek, dikkat edilecek husus mesnet yüzeyinin/yatağının ve yatak raylarının/ kenarlarının bulunduğu şartlardır. Mesnet plakası ve tabanı arasındaki temas mükemmel bir yüzeyde olmalıdır. Yıllarca açıkta kalan bu yüzeyler korozyonla oyulmakta, aşınmaktadır. Eğer bu hasar ağır olursa, mesnet levhaları çıkartılmalı, taşlanmalı, silinmeli veya frezelenerek sonradan yerleştirilmelidir (bu sırada silinmeden ötürü kaybolacak kesit kalınlığını kaba besleme levhası kullanarak karşılanabilir.) Eğer mesnet elemanla-



Şekil 2.14. Şekil 2.13'de gösterilen durumu karşılaştıran bir durum.

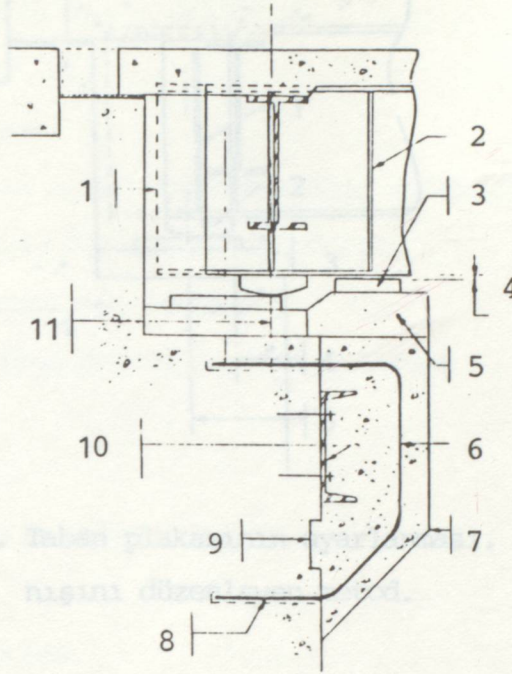
Şekil 2.13. Mesnet kirişinde aşırı yer değiştime. Taban plakası (A) mesnet plakası (B)'den düşecek duruma gelmiştir. Bu durum mesnetin arkaya doğru eğiminden ve yetersiz bırakılmış mesnet hareket ortamından olmuştur. Bununla beraber, mesnet plakasının ucunda uygunsuz duran bu kirişe, şekil 2.15 a'da görüldüğü gibi mesnet duvarında oluşturulmuş yeni beton setin üstü ile kiriş arasına bir emniyet plakası yerleştirmek suretiyle iyi bir onarım yapılması mümkündür.



Şekil 2.14.Şekil 2.13'de gösterilen durumun genel görünüşü.

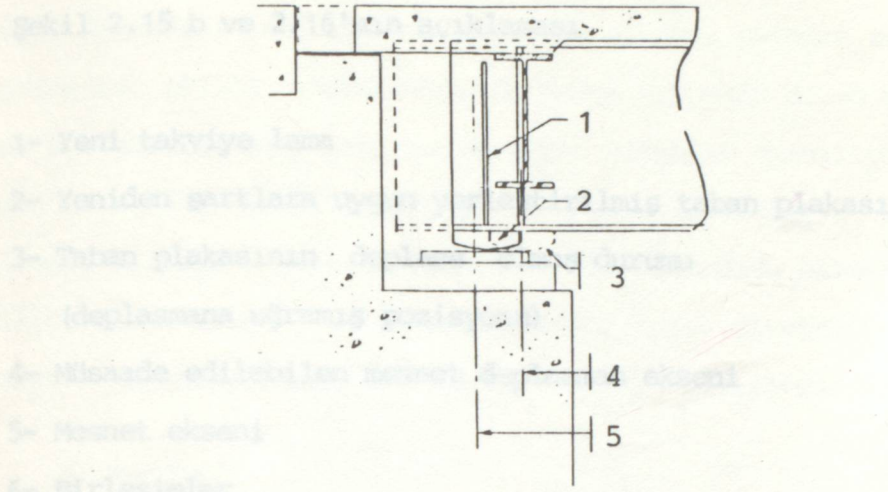
Ok ile yer değiştirmiş mesnetler gösterilmiştir. (A) kirişi ucunda mesnet takviyesi hususunda kısmi açılma ile mesnet arkasındaki eğim gözükmemektedir. Duvara oturmuş yol tabliyesinin çekerek söküp gevşettiği duvarın üst kısmına (B) ye dikkat ediniz. Modern detaylandırma da döşeme plaka ucu duvar yerine tabliyeye oturtularak bu sorun halledilmiştir.

- 1- Yeni taşıyıcı mesnet
 - 2- Dönme potansiyeli beklenirken yerleştirilmiştir.
 - 3- Arama
 - 10- Beklenenle karşı karşıya kalmaları istenildiği gibi
 - 11- Kuvvetle edilebilen mesnet deplasmanı
- Şekil 2.15.a Mesnet kirişi için bir setel, biriyet plakasının

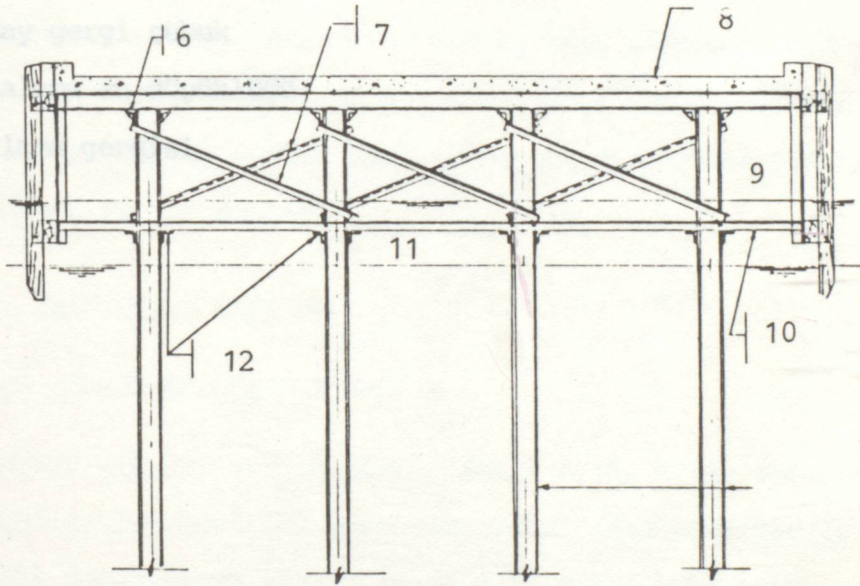


- 1- Kiriş başlığı
- 2- Yeni takviye laması
- 3- Emniyet plakası
- 4- Boşluk
- 5- Yeni taşıyıcı mesnet yastığı
- 6- Bağ çubuğu/demiri
- 7- Yeni taşıyıcı mesnet
- 8- Demiri şerbetli betonda yerleştiriniz.
- 9- Zivana
- 10- Haddelenmiş kesit (Kesme kuvvetleri arttırıldığında)
- 11- Müsade edilebilen mesnet deplasman eksen

Şekil 2.15.a Mesnet kirişi için bir metod. Emniyet plakasının davranışının düzenlenmesi.



Şekil 2.15 b. Taban plakasının ayarlanması. Mesnet kirişinin davranışını düzenleyen metod.



Şekil 2.16. 2-1 de anlatılan tipik tabliye en kesiti.

Şekil 2.15 b ve 2.16'nın açıklaması

- 1- Yeni takviye lama
- 2- Yeniden şartlara uygun yerleştirilmiş taban plakası
- 3- Taban plakasının deplase olmuş durumu
(deplasmana uğramış pozisyonu)
- 4- Müsaade edilebilen mesnet deplasman eksen
- 5- Mesnet eksen
- 6- Birleşimler
- 7- Diyagonal gergi korniyeri çubuğu
- 8- Beton tabliye
- 9- ortalama su taşması
- 10- Yatay gergi çubuk
- 11- Ortalama su düşüklüğü
- 12-Boylama gergisi

2.4. SAĞI TIPİK VAKALAR

2.4.1. Hesar Çökme Bir İskele

a) Hesar tipleri ve sebepleri: Şekil 2.16, çelik çerçeve alt yapıda bir iskele tabiiyeni göstermektedir. İki-ömrü seviyelerinde tek ve çift köşeli H kesitleri kullanılmış; 2.17'den 2.19'a kadar olan göçmeler her-şeyden hasarların tipik örneklerini göstermektedir.

Bu yapıda oluşan zarar koruyucu neticesindedir. Çünkü, göçmeler sadece belli olan bazı iskelelerden sonra gelir. Ortalama su taşma seviyesinin 30 cm kadar altına bu seviyenin 120, 150 cm'e kadar olan bu seviyeler ve diğer tesislerin olduğu bölgede, ağır bir koruyucu tabakası bulunur ve bu koruyucu kalınlığıdır. Bu seviyeler arasında çelik yapıda büyük bir kısmı tabiiye çökme ve birçoğu da sadece sağ taraf kayıplarına uğramıştır ve diğer tarafta yataca büyük kesit kayıplarına uğramazlar. Gel-git'in orta

rında, kılavuzlarında ve mesnet yatağında aşınmalar oluşursa ve zati yükü büyük değerlere ulaşmıyorsa, mesnette aşınmış yatağın etkisiyle sarsıntı ve oynamalara eğilim oluşacaktır. Bu durum kaynakla dolgu yapmak suretiyle tamir edilebilir. Eğer genişleyen esneyen plakalar kasılıyorsa, sabit olanlarının üzerindeki pinleri/civataları kontrol etmeliyiz. Civataları zorlayan, kesmeye çalışan mesnet deplasmanlarının doğurduğu hareketlerle ya da genellikle mesnet taban plakasının kendisini tutan civataları zorlayarak fırlaması ya da atmasıyla boylamasına kuvvetlerin tesirleri gözlenir.

d) Boyama

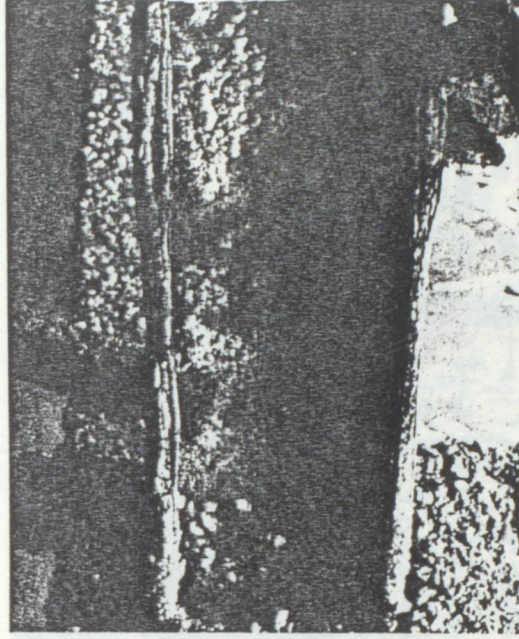
Bir çelik yapıda tamirat yapılacağı zaman, metal yüzeyini kazıyarak tüm mevcut tabakaları temizle, tamiratını yap ve son olarak tamir olan mevcut kısım ve yeni parçalarının tümünü uygun bir boyayla veya işlevine uygun farklı maddelerle boy. Buradaki mantık, eğer yapıda halihazırda farkına varılmayan fakat tamirat isteyen sorunlar varsa bunları görmektir. Sonra daha büyük sorunlar çıkar. Ayrıca yeni ve mevcut elemanları iyi bir boya işçiliği ile yenilemek tercih edilir.

2.4. BAZI TİPİK VAKALAR

2.4.1. Hasar Görmüş Bir İskele

a) Hasar tipleri ve sebepleri: Şekil 2.16, çelik çerçeve alt yapılı bir iskele tabliyesi enkesitini göstermektedir. (Med-cezir)seviyelerinde tek ve çift köşeli H kesitleri kullanılmış) 2.17'den 2.19'a kadar olan şekiller karşılaşılan hasarların tipik örneklerini göstermektedir.

Bu yapıda oluşan zarar korozyon neticesindedir. Çürüme, dökülme açıkça belli olan koyu lekelerden sonra gelir. Ortalama su taşma seviyesinin 30 cm kadar altından bu seviyenin 120, 150 cm'e üstüne kadar olan bu medcezir ve dalga tesirlerinin olduğu bölgede, ağır bir korozyon tabakası hucumu ile karşı karşıya kalınmıştır. Bu sınırlar arasında çelik yapının büyük bir kısmı tümüyle çürümüş ve birçoğu da sadece saç levha kıymıklarına dönüşmüştür ve hepsi aşağı yukarı büyük kesit kayıplarına maruz kalmışlardır. Gel-git'in orta bölgelerinden suyun aşağı camurlu tabanına inildikçe, ekseriye ağır olmak üzere



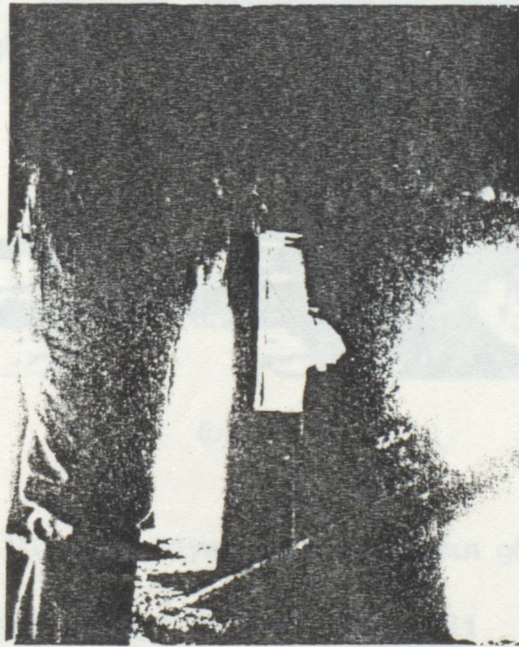
(a)

Şekil 2.17. Vaka 2-1 Kazık ayakların görünümü.

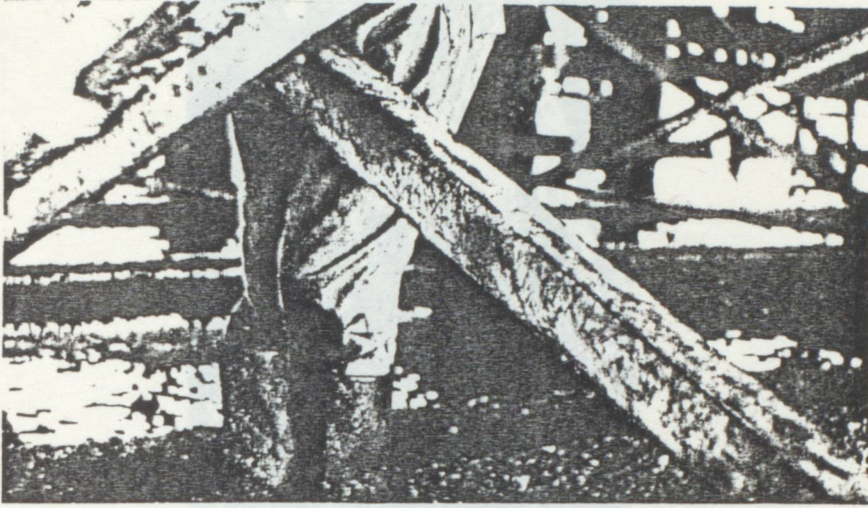
- a) Pas tabakası kaldırılmadan önceki tipik bir ayağın görünümü
- b) ve c) Tabaka temizlendikten sonraki gövde ve başlıkların durumu. Kesitin % 75'i böylece erimiş, yok olmuştur.



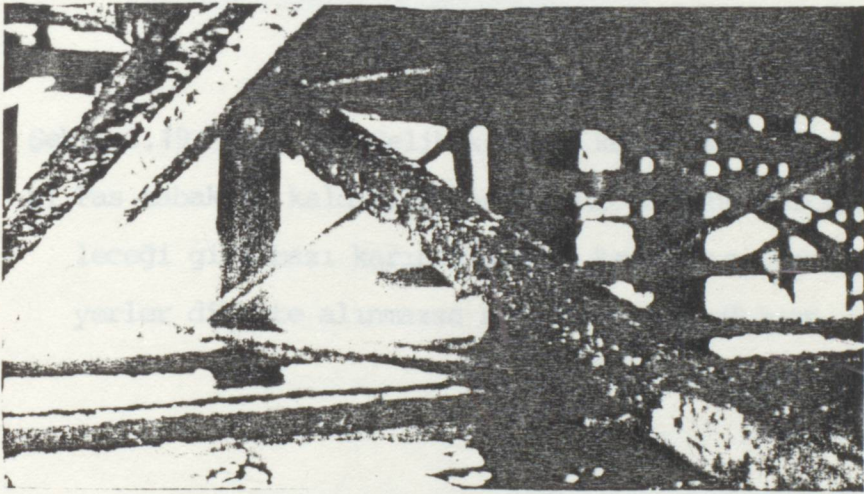
Şekil 2.17 b



Şekil 2.17 c



(a)

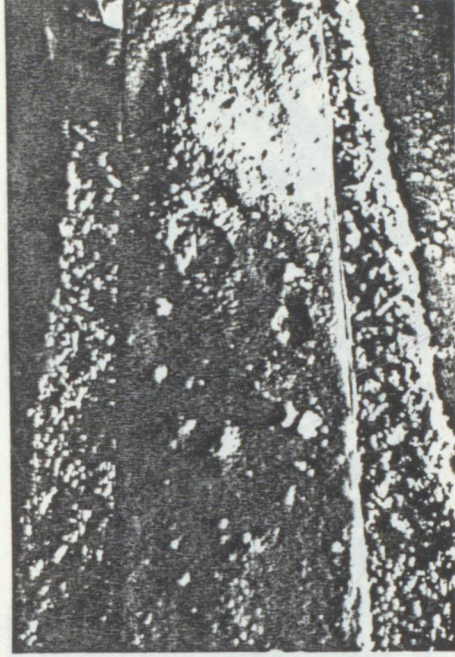


(b)

Şekil 2.18. Vaka 2-1 Diyagonal çubukların görünüşü.

a) Pas tabakası kaldırılmadan önceki hali

b) Pas tabakası alındıktan sonraki görünüm.



(a)

Şekil 2.19. Vaka 2-1 Çelik kirişte korozyon.

a) Pas tabakası kaldırılmadan önceki görünüş. Dikkat edilebileceği gibi bazı karıncalanmış, kavlanmış oyuk ve yumru yerler dikkate alınmazsa sağlam gibi gözüküyor.

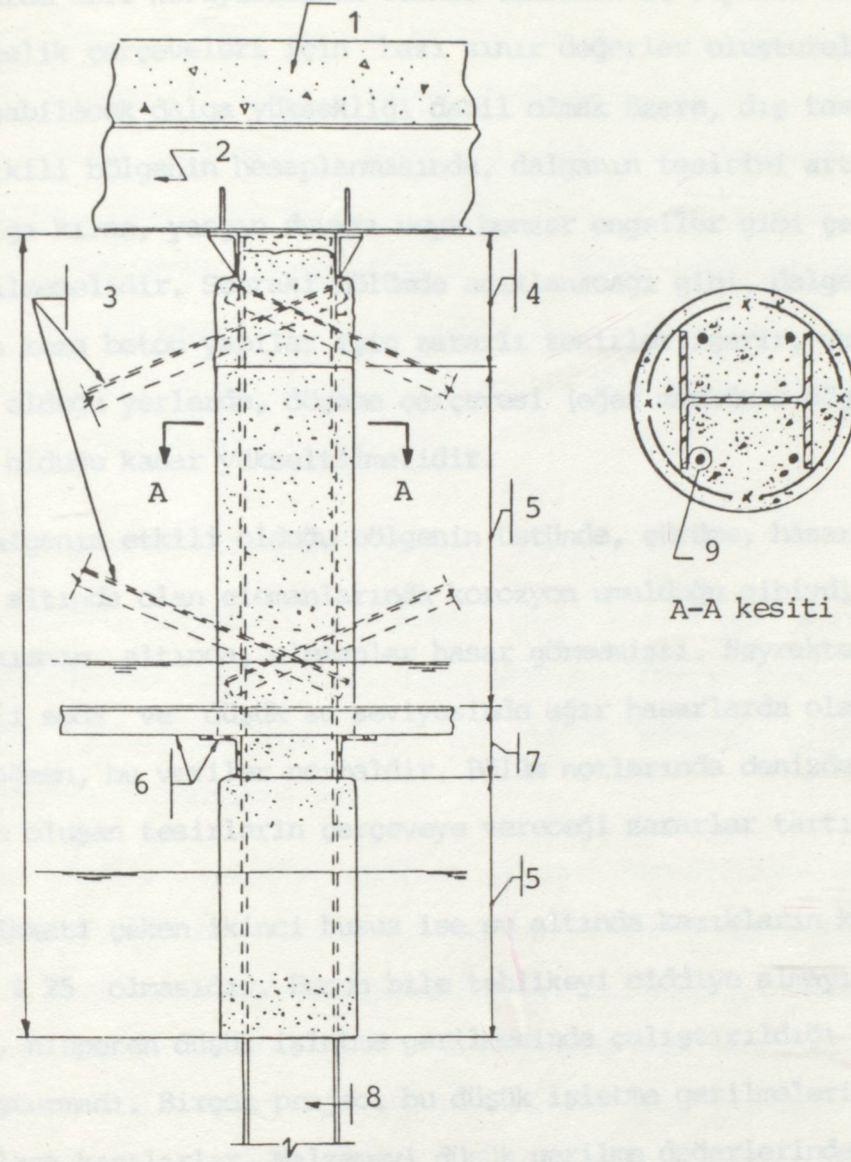


Şekil 2.19 b. Bir çekiçle üstteki paslı tabaka kısmen kaldırıldıktan sonraki görünüş. Burada dikkat edilecek şey, elemanın tamamının görünüşünün çok ciddi olan korozyon etkileri ile değişmesidir. Flanş oklarla gösterilen delikleri ve yarıklarda incelmıştır. Bu fotoğraflar çelik elemanda oluşmuş büyük ve etkili bir korozyonun kazınıp sökülmeden bir karara varılamayacağı gerçeğini açıkça anlatmaktadır.

kesitin % 15 ile 25 arasında oluşan çürüme ve kayıplar normaldir. Fakat kazıkların düşük işletme gerilmelerinde kullanılacağı düşünülerek tehlike göz ardı edilemez. Balçık bölgenin altında aslında korozyon, çürüme devam etmiştir. Ağır hasar olan bu bölgelerin üstünde, korozyon nispeten bazı yerler hariç daha hafiftir. Bu istisna olan yerlerde dahi önemli çürüme lekeleri mevcuttu. Bu iskelenin önündeki dalgakıran da kötü ortam doğuruyordu. Çerçevenin üst kısmı bayağı çürümüştü. Hakim razgara karşı açıkta kalan ve yine dalga hareketlerinden doğan çarpmaların tesiriyle benzer fakat daha az şiddette çürümeler iskelenin dış ve rüzgara hakim cepheleri boyunca görülmüştür.

b) Tamiri: (1) Şekil 2.20'de görüldüğü gibi, ayaklar beton kılıf içine alınmıştır. Çelik elemandan betona ve tekrar (çeliğe) geriye yük aktarımının (taşıyıcı özelliğinin) işlemesi için, beton kaplama, kılıf çürütücü koroziv tesirlerin olduğu bölgenin 61 cm yaklaşık altından ve üstünden uzatıldı. Ekonomik olarak uygun ve istenen çözümü vermeyeceği için, ileriki periyodik bakımlarda gözönüne alınarak su altındaki çalışmaların bir kısmı ve ilavelerden başka tüm elemanlar kaplandı. Gergi elemanlarının kesiştiği yerlerde yapılacak kaplama kılıflar için iyi bir işçilik gerektiğine dikkat edilmelidir. (2) Beton kaplama kılıfların yapacağı ilave taşıyıcı, mukavemet avantajlarını da hesaba katarak çift korniyer kullanılarak tamirati yapılan iskelenin ortasında ve dışarıya doğru kenarlarda bulunan bazı diyagonal çubuklar hariç, bir kısmını iptal etmek, sökmek mümkündür. (3) Hasarın ağır olduğu izole edilmiş üst çerçevenin elemanları istenen mukavemetlerini kazanmaları için gerektiği gibi kaplandı. (4) Ortalama su yükselme seviyesinin üstünde bulunan beton kılıfa alınmamış çelik çerçevenin tamamı iki kat asfaltik/ziftli boya ile boyandı.

c) Tartışma: Bu durum birkaç önemli hususu beraberinde getiriyor. İlki korozyonun olduğu yer ve onun tesir şiddetidir. Şiddetli korozyon suyun gelgit bölgesinin üst kısmında ve dalgalı bölgelerde oluştu. Dalganın yükseldiği yerlerde dalga tesirleri ve maruz bıraktığı şartlar yüzünden korozyonun yayılması da yukarı doğru yükselmiş. Böyle dalgalı ve gelgit'in tesirli olduğu



Şekil 2.20. Vaka 2.1'de anlatılan ayağın onarım detayı

- 1-Mevcut beton takviye
- 2-Mevcut başlık kirişi
- 3-Sökülmüş mevcut diyagonallar
- 4-Elle veya püskürtmeli betonlama
- 5-Pompalanmış beton dolgu
- 6-Mevcut çubuklar
- 7-Elle beton dolgu
- 8-Mevcut çelik ayak
- 9-Ø 8 takviye çubuk

bölgelerde özel koruyucularla techiz edilecek su cepheli veya su üstü yapıların çelik çerçeveleri için bazı sınır değerler oluşturulmalıdır. Maliyet ve oluşabilecek dalga yüksekliği dahil olmak üzere, dış tesirler düşünülürken, etkili bölgenin hesaplanmasında, dalganın tesirini artıran çevre şartları (dalga kıran, yangın duvarı veya benzer engeller gibi çevre şartları) ihmal edilmemelidir. Sonraki bölümde açıklanacağı gibi, dalgalı bölgenin yakınlığı da keza beton yapılar için zararlı tesirler içerir, ve dış tesirlerin etkili olduğu yerlerde, döşeme çerçevesi (eğer mümkünse döşeme seviyesi) mümkün olduğu kadar yükseltilmelidir.

Dalganın etkili olduğu bölgenin üstünde, çürüme, hasar hafiftir. Çerçevenin su altında olan elemanlarında korozyon umulduğu gibiydi ve bulanık balçıklı kısmın altında, elemanlar hasar görmemişti. Seyrekte olsa, bulanık balçıklı suda ve düşük su seviyesinde ağır hasarlarda olabileceği ihtimale rağmen, bu veriler normaldir. Bölüm notlarında denizdeki yükselmenin etkisiyle oluşan tesirlerin çerçeveye vereceği zararlar tartışılmıştır.

Dikkati çeken ikinci husus ise su altında kazıkların kesit kayıplarının % 15 % 25 olmasıdır. Bunun bile tehlikeyi ciddiye almayı gerektirmesine rağmen, nispeten düşük işletme gerilmesinde çalıştırıldığı için büyük tehlike oluşturmadı. Birçok projeci bu düşük işletme gerilmeleriyle, çalışmada bir telaşa kapılırlar. Malzemeyi düşük gerilme değerlerinde çalıştırma sadece kazıklara ve deniz/su yapılarına değil aynı zamanda özellikleri olan endüstri yapılarına ve genel olarak açıkta, dış tesirlere maruz çerçevelere de uygulanır. Projecileri hesaplanmış gerilme değerlerini uygulamak suretiyle göz önünde bulundurdıkları ekonomik değerleri kıstas alıyor ve yapı çalışmalarına genelde uyguluyorlar. Bu mazur görülemez. Burada yapının hasar görmesi çok ciddi ve karşılaşılan gerçek problemdir. Bakım, koruma sanatının ve uygulamasının en iyi duruma geleceği zamanda bile olacaktır. Projeci şundan emin olmalıdır ki eğer sorun çıkabilecek gibiyse, mutlaka çıkacaktır. Dolaısıyla bir başkası, yapıda bazı şeylerin yanlış gittiğini ve bir şeyler yapmak gerektiğini idrak edecek fırsatı, ortamı elde etmeden önce bir projeci olarak yapının yıkılmaması için yeterli ihtimal ve toleranslar oluşturulma-

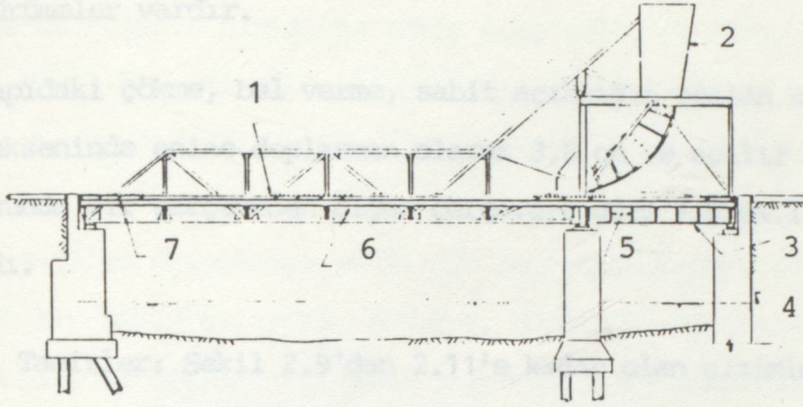
Üçüncü husus ise, diyagonal çubukların, çoğunun tasfiye edilmesidir. Gerçekte kabul edilmiş her ne koruyucu metod, yol, değer uygulama olursa olsun, her zaman bir bakım problemi olacaktır. Açıkça, yapılacak en iyi şey onların tasfiye edilmesidir. Büyük bir şans eseri, bu sebeble, bunu yapmak mümkün oldu. Birçok sebeble bu mümkün olmaz. Fakat bu kural mümkünse uygulanmalıdır. Bu çürümeye hasara karşı en iyi çözüm problemin kaynağının kurutulmasıdır, yok edilmesidir. Onarım mühendisi çalışmasında, projeye yeni görüşler getirebilir, eksiklikleri düzeltebilir ve mümkün olduğu kadarıyla proje detaylarını değiştirir.

2.4.2. Hasar Görmüş Bir Köprü

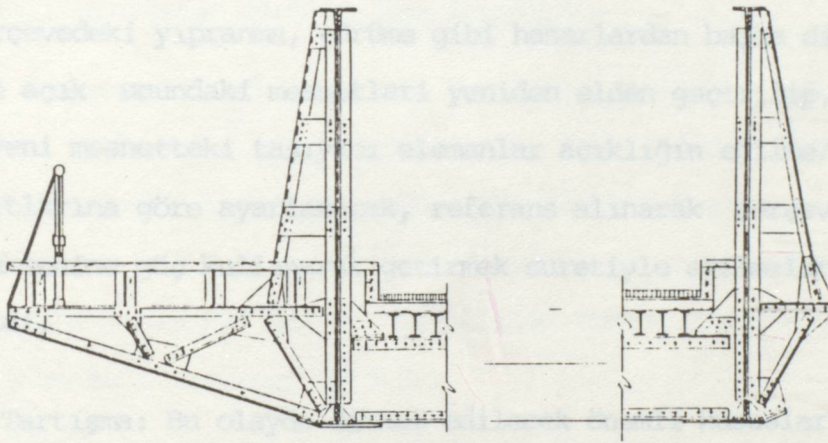
a) Hasarın sebepleri ve tipleri: Şekil 2.21 a eski merdaneli orta açıklıklı iner-kalkar tipte konsollu bir köprünün kesitini gösterir. Bu yapı incelendiği yıllarda kırkbeş yıllık idi, darbe, korozyon ve eğilmeler yapıda büyük hasarlar oluşturmuş idi.

Ağır çürütücü/koroziv ataklar yapının birçok bölgelerinde oluşmuştu. Şekil 2.21 a'da A bölgesindeki payandalar ve sabit açıklıklı enleme kirişlerin alt başlıkları ağır çürümelere maruz kalmış mesnetlendikleri birleşim yerlerinin dış kenarları olduğu gibi çürümüş idi. Bu, kirişlerin alt başlıklarının toz, kir, yaprak gibi şeyleri bir raf gibi başlığın üzerinde toplaması ve biriktirmesiyle oluşmuştur. Bu yığıntı suyu tutmak için bir sünger vazife görür, böylece korozyonu hızlandırır. Alt enine bağlantıların bazı bayrak levhalarında ve döşeme kirişlerinin alt başlıklarında benzer şartlar görülmüştür. Germe çubukları/elemanları iyi durumdaydı. Toz, pislik biriktirmeye müsait olan köprü karkası ve bayrak levhalarının yüzeyleriyle üstünde toz, su tutmayan yuvarlak çubuklar/elemanlar bu hususta tezat teşkil etmekte. Boylamalar daha az şiddette hasara maruz kalmıştır. Bir kısmı önceden yenilenmiş idi.

(Şekil 2.21 b'den) anlaşılacağı gibi bu yapıdaki diğer önemli sorun kenar yaya çıkmaları ve çerçevenin üst başlığındaki diyagonal elemanlardır. Bu elemanlar 0,96 cm.lik çift korniyerle birlikte tasarlanmış ve yine kendi is-



Şekil 2.21 a- Vaka 2-2 de anlatılan köprünün boy kesiti.



Şekil 2.21 b. Vaka 2-2'de anlatılan köprünün en kesiti.

- 1- Döşeme ıskarası
- 2- Denge ağırlığı
- 3- Kiriş
- 4- Su seviyesi
- 5- A bölgesi
- 6- Boylamalar
- 7- Aşıklar

tikametinde, ve düzleminde bayrak levhalarına tespitlenmiştir. Bunlarda da ağır çürümeler vardır.

Yapıdaki çökme, bel verme, sabit açıklığın açılan uç istikamette köprü ekseninde enine deplasman olarak 3,8 cm ve açılır kapanır konsolun açık ucunda bir çerçeveden diğer çerçeveye göre 7,6 cm.lik deplasmana ulaşmaktaydı.

b) Tamirler: Şekil 2.9'dan 2.11'e kadar olan çizimlerdeki detaylar ya da benzerleri kullanılarak çarpmayla, ani tesirlerle eğilmiş, bel vermiş elemanların başlıkları ve koroze olmuş/çürümüş elemanların kaybolmuş taşıma güçleri levha ve çift korniyerler kullanılarak tekrar kazandırılmış ve onarılmışlardır, daha sonra çelik imalatın hepsi boyanmıştır.

Çerçevedeki yıpranma, çürüme gibi hasarlardan başka diğer etkiler için köprünün açık ucundaki mesnetleri yeniden elden geçirilip, yenilendikten sonra, yeni mesnetteki taşıyıcı elemanlar açıklığın eğilme/deplasman sınırlarına/şartlarına göre ayarlanarak, referans alınarak çerçeveyi olması gereken yerine/eksenine güç kullanarak getirmek suretiyle eğilmeler, bel vermeleri düzeltildi.

c) Tartışma: Bu olayda dikkat edilecek önemli hususlar aşağıdaki gibidir.

1) Basit temizlik ve boyama dahil olmak üzere, iyi takip edilen geliştirilmiş bir bakım ile korozyonun sebep olduğu hasar azaltılabilirdi.

2) Umulan, tahmin edilen yerlerde ağır koroziv ataklar görüldü. Flansların çıkık yüzeyleri, bayrak levhaları ve diğer su ve toz tutan yatay eleman yüzeylerinde ağır çürüme, hasar oluştu. Yuvarlak yüzeyliler düşey elemanlar ve toz, su tutmayan asılı, sarkık yüzeyler iyi durumdaydılar. Çift köşeli korniyerler ağır çürümelere maruz kalmışlardı (çürütücü, hasar veren ortamda bulunan bu çeşit elemanların hassaslığı önceki bölümlerde açıklandı ve dış tesirlere maruz ortamlarda bunların kullanılması tercih edilmez.)

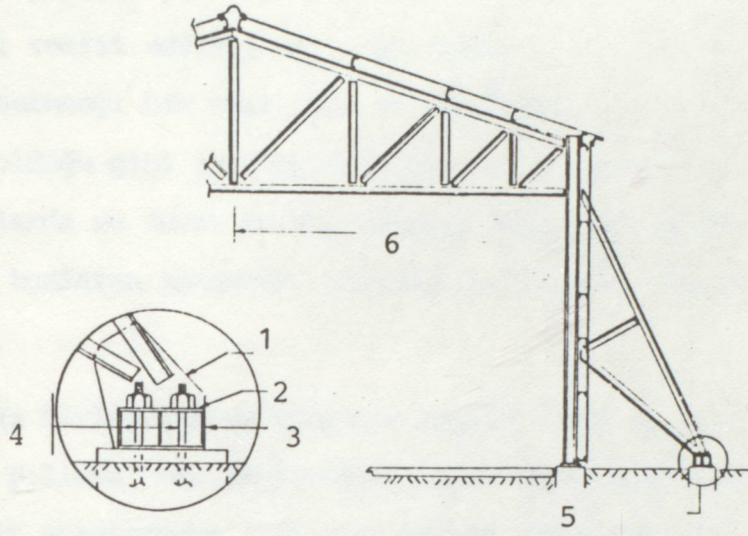
3) Bu yapının çökmesi, bel vermesi de ayrıca önemli bir husustur. Perçinli ya da bulonlu birleşime sahip çerçeveler gerçekte tam elastik değildir. Özellikle ani yüklenmelerle, çarpmalarla karşı karşıya kalındığında çerçeve tam elastik davranamaz. Çıkmalarla, konsollarla ilişkili hususlar dışında bu genellikle bir önem arzetmez. Örneğin konsollarda, eğer yük tam üniform değilse çarpılmaya ya da yük değişken, kararsız ve tekrar tekrar yüklenen bir seyir izliyorsa sünmeye, büzülme eğilim doğurur. Köprü kenarında yaya yolu olması yüzünden, yukarıda anlatılan yüklemenin özelliği gereği değişken (açılır-kapanır) açıklıkta diğerlerine nazaran daha ağır bir yüklenme olmuştur. Bu çerçeve diğerlerinden 7,6 cm aşağı çökmüş ve köprü eksenini ağır yüklendiği tarafa doğru kaymıştır.

2.4.3. Binalarda görülen Bazı Problemler

Bir dış yapı duvarı, akan bir çatı veya özellikle rutubetli, nemli ortama yakın olabilecek yerleri saymazsak, hava tesirlerinden korunmuş, çelik yapı elemanlarında korozyonla, hasarla sık karşılaşılmaz. Buna mukabil dış tesirlere maruz kalan bazı yerlerde örneğin; bir çatı su/yakıt deposunda veya bina girişine yakın bir çerçeve elemanında önceki vakalarda anlatıldığı, irdendiği gibi bazı hasarlar görülür.

İlaveten, dış tesirler altındaki yapılardan ziyade binaların bakımında çok sık karşılaşılan en önemli problem, sonradan tahmin edilemeyecek hasarlar doğurabilen gözle görülmeyen çok küçük çürütücü zerrelere, lekelerdir. Şekil 2.22 bu tip bir problemi anlatır.

Enine yatay yükleri karşılaması için hava tesirlerine maruz ortamda/ açıkta oluşturulmuş bir düzlem çerçeveyi göstermektedir. A detayındaki bağlantı bulonları hariç açıkta olan bu payandalar da dahil olmak üzere bu yapı gayet iyi pozisyondaydı. Çerçeve mesnedinden mesafeli yapılamayan beton mesnedde ya da zemine yakın bulunan bu bulonlar olduğu gibi koroze olmuşlardı. Burada yapı ve içindeki cihazlar milyonlarca dolar değerindedir, oysa bu bulonlar sadece birkaç dolardır, fakat buna rağmen bu küçük detay dahi tüm bina için bir tehlike arz etmektedir.



A Detayı

Şekil 2.22.2-3 vakasında anlatılan yapının detayları.

- 1- Bayrak
- 2- Yatay plaka
- 3- Takviye levhası
- 4- Gerçekte bulonlar bu bölgede çürümektedir.
- 5- A detayına bakınız.
- 6- Simetri eksenini.

Bu tür yapılar için keza bir özellik arzeden bir diğer ilginç konu bozulma sanki tecrit edilmiştir, gizlenmiştir. Örneğin, bir küçük çatı deliği, eğer çatı herhangi bir amaç için kullanılmıyorsa, farkedilinceye kadar çatı makasını olduğu gibi çürütebilir, benzer korozyon olayları diğer betonlanmış elemanlarda ve duvar üstüne oturmuş veya içine girmiş mahallerde görülebilir. Tüm bunların ışığında, inceleme ve tespit, yapıların bakımında ana problemdir.

Amerika Birleşik Devletlerinin çeşitli yöre ve iklim şartlarında, 1940 yılında, o yıllara has yapılardaki hafif çelik yapı konstrüksiyon üzerine yapılmış bir araştırmayı (13) nolu kaynak ("The Durability of Lightweight Types of Steel Construction"/"Hafif tip Çelik Yapılarda Dayanıklılık") anlatmaktadır. Araştırma bazı özel durumlar hariç, çeliğin gayet iyi durumda olduğunu gösterdi. Özel durumlar ise, kimyasal ortamlardaki, depo vb. üzerindeki çelik yapı elemanları dış tesirler etkisinde kalmış yapı elemanlarının başlıkları, ıslak hacimdeki elemanlarda (duşluk vs. gibi) duşluk, banyo gibi ıslak hacimlerde olabilecek sızıntı altındaki kirişler ve nemli boru/ isale hatları, tranşelerdir. Tabi, bu yerler kesinlikle sorun çıkaracağı beklenen ve bakımı, kontrolleri bir mecburiyet arzeden hassas alanlardır.

2.5. BÖLÜM NOTLARI

2.5.1. Korozyonun Oluşumu Hakkında Bazı Hususlar

1) Çelik malzemedeki korozyonun mertebesine çeliğin kimyasal bileşimi etki etmektedir ve 2.2.5 bölümde açıklandığı gibi korozyona mukavemetli bileşimler kullanılarak elemanın çürüme mertebesi azaltılabilir.

2) Korozyonun, çözünmüş oksijenin mevcut olduğu ortamda, (ve de bu normal atmosfer şartlarında da olabilir) oluşması muhtemeldir. Gömülü ortamda ve su altında da korozyon oluşabilir. Su altı şartlarında oluşacak korozyon nispeten suyun içerdiği çözünmüş oksijene bağlıdır. Korozyon yüzdesi/koroze olma süresi hakkında hiçbir bilginiz olmayan ya da sınırlı olan bir yörede, çevredeki çelik su altı yapılarının mevcut bulunduğu ortamda suda çözünmüş

mevcut oksijen (O_2) miktarını inceleyerek, korozyonu oluşturan etkilerin yüzdesi hakkında bazı fikirler üretebiliriz. Tabi bunun ötesinde bu çalışmada açıklanan diğer etkenlerin, faktörlerin tesirlerini gözardı etmemek gerekir.

3) Korozyonun oluşumu için ortamda nemin varlığı şarttır. Kurak bölgelerde dış tesirlere maruz bırakılmış korumasız çelik yapılar gayet dayanıklıdır. Fakat rutubetli hava şartlarında birdenbire çürütücü ataklar görülür. Yapının güneşe bakan yüzeylerindeki korozyona dikkat edilecek olursa (ki bu yüzeyler güney, ya da gölge almayan cephelerdir) kuzey cephesi ve gölge alan cephesinden daha az şiddette olduğu tespit edilir. Tabi bunun nedeni güneşe bakan cephelerde yüzeydeki rutubetin çok çabuk buharlaşmasıdır. Korozyonun oluşması için gereken rutubet miktarı çok büyük bir değer değildir. Koroziv reaksiyonları göze görünemeyecek kadar küçük su zerreciğinin/filiminin olduğu yüzeylerde yavaşça faaliyetini sürdürür.

4) Korozyonun yoğunluğu ortamdaki ısrının artmasıyla yükselir. Tropikal yörelerdeki inşaatlarda ve yüksek ısı üreten sanayi yapılarında özel dikkat ve ihtimam gösterilmelidir.

5) Korozyonun gidişatında görüntü/serpinti ve hızın artışı korozyonun şiddetinde de bir artışı beraberinde getirir, temelde, burada daha fazla oksijen oluşarak metalle temasa girmesine sebep olur.

6) Su altı korozyonu hakkında fikir edinmek için vaka 2.4.1'e bakınız.

7) Deniz inşaatlarında kısmen organizmaların attığı kimyasal reaktifler ve kısmen kaplama hücrelerinin oluşumunu artıran düzensiz büyüme veya ani gelişmeler sebebiyle, bazı midye türü canlıların veya benzer organizmaların çoğalması yüzeyde karıncalanmanın, oyulmanın yani hasarın yoğunluğunu artırır. Buna karşı, büyük çoğalmalar korozyon bölgesini ve belirtilerini örter ve oksidize maddelerle temasdan korur. Bu sebeble bu canlı tabaka rastgele kaldırılmamalıdır.

8) Tropikal atmosferin hüküm sürdüğü yerlerde küf metal yüzeylerde ciddi hasarlar oluşturur. Küfle mücadele uygulamaları (küf öldürücü maddeler kullanarak) gösterilmelidir.

9) Su altı veya toprak altındaki yapılarda oluşan ciddi korozyonlar başıboş, serbest elektrik akımlarına/parazitlere neden olabilir.

10) Özellikle deniz kazıkları için, sualtı inşaatlarında, oluşacak korozyona karşı, etkili bir rol üstlenen üst tabakaya yapışacak ve koyu bir kitle oluşturabilecek çökelmiş tortu, pas sık sık gözlenmelidir. Bu tabaka genellikle pasın kırmızımsı kahverengi tonuna zıt olarak yeşilimsi siyah tondadır. Hasarlı beton kazıklarda tesirlere maruz kalmış donatıda inanılamayacak değerde beklenilenin çok altında oluşmuş korozyon, genellikle gözlenen bu olayı açıklamaktadır. (Bakınız Şekil 3.33). Kazıklar tamir edilirken bu tabaka kaldırılmamalıdır.

11. Birleşimlerde elektrik ileten elemanlarda farklı metal kullanımı yerel korozyona potansiyel bir kaynak oluşturur, bundan kaçınılmalıdır.

12) Aynı yapının değişik kısımlarında farklı ortam/çevre şartlarının hüküm sürdüğü unutulmamalıdır. Proje (ya da tamirat) bu değişikliği yansıtmak tarzda uygulanmalıdır.

13) Toprak altı yapılarında oluşan korozyon, koroziv zeminden ötürü daha hızlanır. Kesme ve organik siltli zemin, nehir ve koylarda biriken çamurlu, balçıklı tabakalar gibi organik çökelti içeren zeminler koroziv olarak bilinen zeminlerdir. Nemli ortamda asidik tesirleri ortaya çıkan yanma artığı tortu, curuf da keza yüksek koroziv özellikler taşır. Çöp ve benzeri artık dolgularda bazı problemler doğuran koroziv maddelerdir.

3. BÖLÜM

BETONARME YAPILAR

BOZULMANIN SEBEBLERİ VE ÖNLEYİCİ TEDBİRLER

3.1. SUNUŞ

Bir betonarme yapıyı zorlayan, sarsan görünürdeki üç temel belirti; 1) Çatlama, 2) Kabarma ve ardından kavlanma, 3) Parçalanma, ufalanmadır. (Burada ufalanmayla aderansı artıran çimentodaki zayıflık ve mucur, iri çakıl vb. agregada uygun tertiplenmemiş granülmetriyle genelde bozuk bir yüzeyin tespit ve tanımı yapılabilir.) Bu temel belirtilerin herbiri kendi ortamında tamamen açıkta görünür durumdadırlar ve diğer belirtilerden kolayca ayrılırlar ve tespit edilebilirler. Bununla beraber herbiri değişik şekillerdedir, her bir şekil farklı anlam ve öneme sahiptir. Dahası; incelenen bir yapıda, zorlanmanın ya da istenmeyen oluşumların temel belirteci olan bu üç husus sadece bir düzen içinde, bir kombinasyon içinde oluşmaz. Fakat bunun yanısıra herbir belirtinin değişik formları aynı zamanda açığa çıkar. Sonuç olarak betonarmede oluşan bozulmaların sebeplerinin teşhisi, tanısı çok hassas ve dikkat isteyen bir problemdir. Genelde sebep, belirti ilişkisinin oldukça açık olduğu ahşap veya çelik yapılardaki zorlanmaların veya istenmeyen oluşumların teşhisi hususunda betonarme yapılar çok büyük farklılık arzederler.

Birinci bölümde açıklandığı gibi, gözlenen tüm muhtemel şartları değerlendiren, ihtimalleri eleyerek problemin çözümüne ulaşmaktır. Bu işlemin tatbiki, betonarme karışımında neyin nasıl rol oynadığı ve nasıl etki ettiğinin biraz anlaşılması ve bunun yanısıra betonarmede oluşan rahatsızlıklara, bozulmalara sebep olan etkenler ve bunların oluşumlarının ilk önce bilinmesi, listelenmesi gerekir. Bu bilgiler 3.2 bölümde açıklanmıştır. Bir sonraki aşama 3.3 şıkında açıklandığı gibi yukarıda açıklanan eleme, değerlendirme prosesi içinde muhtemel etkenlerin teşhisini yapmaktır ve son aşama onarım tipinin seçimi ve yerine getirilmesidir.

Mühendis, aşağıda anlatılan aşamalara uymalıdır. Böylece işlem sırası, yapıdaki bozukluğun nasıl oluştuğu yani mekanizması anlaşılmadan, teşhisin, tanının gerçekleşemeyeceği ve teşhis tamamlanmadan onarım yönteminin seçilemeyeceğini açıklar.

3.2. BOZULMANIN SEBEBLERİ

Betonarmede, genelde en çok karşılaşılan bozulma etkenlerini, sebeblerini ni eğer sıralarsak şöyledir :

Tablo 3.1

3.2.1. İnşaa aşamasında oluşan tesirler

3.2.1.1. Yapı tabanında (zeminde) bölgesel oturmalar

3.2.1.2. Betonarmenin kalıplanması, prizlenmesi ve davranışı

3.2.1.3. Titreşimler

3.2.1.4. Betonarme karışımın içbünyesindeki davranış

3.2.1.5. Çekilme ve büzölmelerin oluşumu

3.2.1.6. Kalıp desteklerinin vaktinden önce sökölmesi

3.2.2. Kurumadan ileri gelen büzölmeler

3.2.3. Isı farkından oluşan gerilmeler

3.2.3.1. Atmosfer ısısındaki değişimler

3.2.3.2. İç ısısındaki değişimler

3.2.4. Beton malzemenin rutubeti absorbe etmesi

3.2.5. Betonarme donatısının koroze olması

3.2.5.1. Kimyasal etkenlerden ileri gelen çürüme

3.2.5.2. Elektrolitik tesirlerle korozyon oluşumu

3.2.6. Kimyasal reaksiyonlar

3.2.7. Atmosfer şartlarından (yağmur, don, güneş, vb.den) aşınma

3.2.8. Şok dalgaları

3.2.9. Erozyon (aşınım)

3.2.10. Yetersiz proje detaylandırılması

3.2.10.1. Değişik açılı köşeler

3.2.10.2. Kesitte oluşan ani değişimler

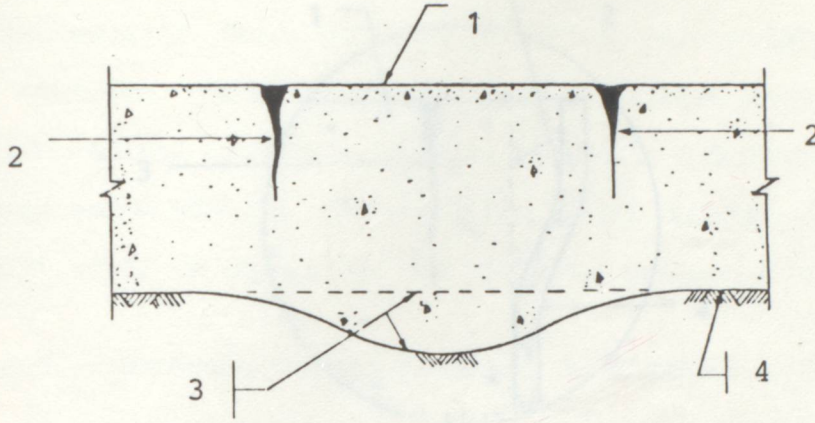
- 3.2.10.3. Dökülmüş hazır plaka/döşeme elemanları arasındaki rijit birleşimler
- 3.2.10.4. Defleksiyonlar (sehim, dönme, belverme)
- 3.2.10.5. Birleşimlerde oluşan sızıntı
- 3.2.10.6. Yetersiz detaylandırılmış su tahliye dereleri ve damlalıklar
- 3.2.10.7. Yetersiz drenaj
- 3.2.10.8. Dilatasyon aralığında oluşan problemler
- 3.2.10.9. Destek, payanda, kolon veya mesnetlerde tahmin edilemeyen kesme kuvvetleri
- 3.2.10.10. Kesit ve malzemede uyumsuzluk
- 3.2.10.11. Plastik akma davranışın ihmali
- 3.2.11. Projelendirmede yapılan hatalar.

3.2.1. İnşaa Aşamasında Oluşan Tesirler

İnşaa süresinde inşaatın herhangi bir aşamasında doğru uygulanmayan, sağlıklı yapılmayan veya gerekli önem ve dikkati vermeden yapılan iş ya da işin bir kısmı düşük kalitede işçilik ya da kalitesiz imalatla sonuçlanabilir. Bozulmaya karşı bu tür imalatlar iyi bir işçilik ve tekniğine uygun yeterli, hassaslıkta ve ileride istenmeyen durumları doğuracak şartlardan kaçınarak üretilmiş betonarme elemandan daha zayıftır. Bu haliyle de diğer zarar verici etkenlere tamamen açıktır. Aşağıdaki örneklerin yanısıra inşaa tekniğindeki yetersiz uygulamalar nadiren de olsa bozulma, hasar ve işlevini yerine getirtmeyen etkenlerle direkt olarak karşılaşır.

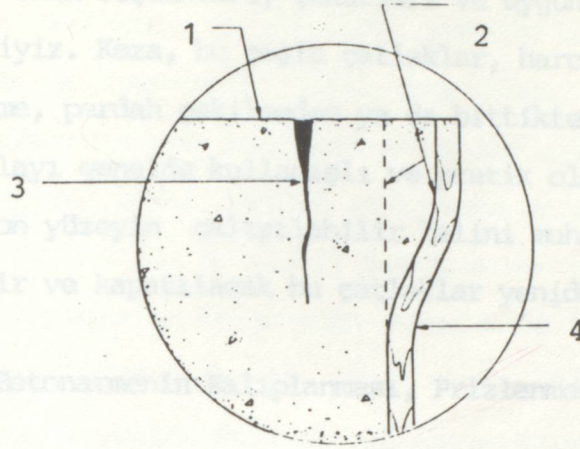
3.2.1.1. Yapı Tabanında Bölgesel Oturmalar

Eğer, betonarme malzemenin yerleşeceği, döküleceği taban zeminde yumuşak bölgeler varsa ya da yapı ile zeminin temas ettiği yüzeyde ve yüzeye yakın yerlerinde boşluk, çukur veya küçük hava cepleri/hacimleri mevcutsa betonarme harcın ağırlığıyla bölgesel oturmalar olacaktır. Eğer bu oturma veya çökmeler beton dökülüp bitirildikten bir zaman sonra oluşursa çatlakların oluşması kaçınılmazdır (Şekil 3.1'e bakınız). Bu oluşum zemin olduğu gibi taranarak, sıkıştırılarak önlenabilir. Temel yüzeyinde aşırı yürütülmemeli, zemin yüze-

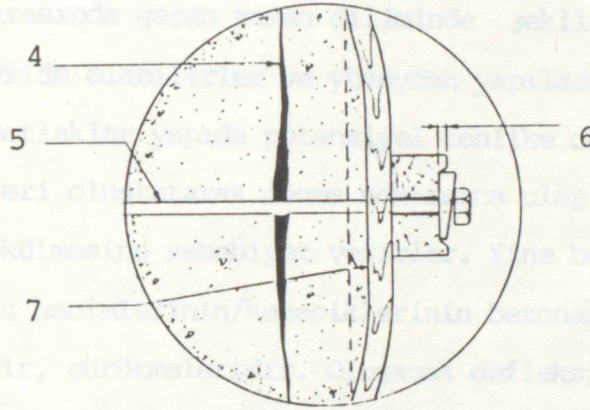


Şekil 3.1. İnşaa esnasında zemin yüzeyindeki yerleşme sebebiyle çatlakların oluşumu.

- 1- Zayıf beton yüzeyi
- 2- Çatlak
- 3- Yüzeyde ıslak betonun ağırlığıyla oluşan çökme
- 4- Zayıf betonarme tabanı



(a)



(b)

Şekil 3.2. Betonun prizlenmesi süresinde kalıptaki deplasmandan oluşan çatlaklar.

- 1- Beton yüzey
- 2- Kalıpta oluşan oynama (açılma)
- 3- Çatlak
- 4- Beton kalıbı
- 5- Kalıp gergi çubuğu
- 6- Latadaki ezilme
- 7- Kalıptaki şişme

yinde muhtemel olan boşlukları, çukurları ve uygunsuz hacimleri gözden geçirip, düzeltmeliyiz. Keza, bu çeşit çatlaklar, harcın dökülmesinden hemen sonra son düzeltme, perdah çekilmeden ya da bittikten sonra açığa çıkacaktır. Bu sebebdan dolayı genelde kullanışlı ve pratik olduğundan son yoklama, perdah işlemi beton yüzeyin çalışılabilir halini muhafaza edebilecek süre kadar geciktirilir ve kapatılacak bu çatlaklar yeniden oluşmazlar.

3.2.1.2. Betonarmenin Kalıplanması, Prizlenmesi ve Davranışı

Yapıda, betonun akıcılığını kaybetmeye başladığı an ile çatlama ortamına ulaştığı an arasında geçen zaman diliminde şekillenme, prizlenme oluşur. Bu çatlaklar içeride olabilirler ve yüzeyden yapılacak inceleme ile görülemezler. Bu tür çatlaklar yapıda potansiyel tehlike olarak mevcuttur. Yapıda su kesecikleri oluşturarak donma noktasına ulaşıldığında beton yüzeyin kavlanmasına, dökülmesine sebebiyet verirler. Yine buna benzer bir diğer zararı ise, bu tür su hacimlerinin/keseciklerinin betonarme içindeki donatıyı koroze etmeleridir, çürütmeleridir. Oluşacak defleksiyonlar (sünme, eğilme, bel verme, sehim vb.) ve yapının özelliğine mahsus detaylarda gözönüne alınarak kalıplar muntazam düzenlenmeli ve kabarma, şişme ve rutubet emilmesini önlemek için beton ile temasda olan kereste kalıp yüzeylerinin örtülmesi bu tür çatlakların önlenmesinde önemli rol oynar. Kalıp içindeki betonun müsaade edilen yükseltme seviyesine ve oranına dikkat edilmelidir. Bu kalıp, beton arasındaki ortak çalışma, kalıp çizimleri detaylı hazırlanmalıdır. Genellikle, tercih edilen çakma gevşemeyi önlemek için tüm elemanlarda, kayıtlarda olmalıdır. Tüm detayları ve beton dökülme aşamasında yapılan tüm işi ve işçiliği kontrol ediniz.

3.2.1.3. Titreşimler

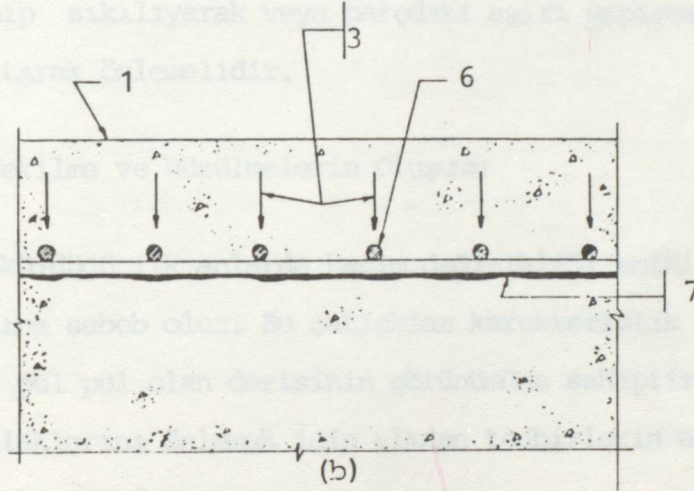
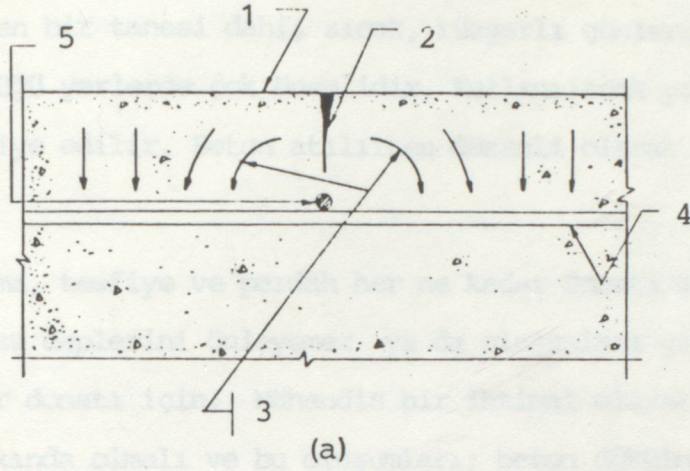
Beton dökülmesi, yerleştirilmesi aşamasında titreşimler yüzünden çatlakların oluşması genelde karşılaşılan bir olgudur. Titreşim kaynağı civarda geçen hareketli araç trafiğinden, patlamadan, kazık çakma ameliyesinden, vibratörle geciktirilmiş sıkıştırmadan veya dikkatsizlik sonucu, kazayla şantiyede işçilerin bir araç ya da birşey ile çarpması sonucu olabilir. Bu titreşim-

lerin bazılarını önlemek için, beton döküldüğünde şantiyede çalışan personelin kalıbı bir doğramacı tezgahı gibi, genelde bir iş tezgahı gibi kullanılmasına müsaade edilmemelidir. Beton kamyonları, kalıplara yaklaştırılmamalıdır. İnce kumlu (gevşek veya orta sıklıkta) arazide, şahmerdanla kazık çakma faaliyetlerini, beton dökülen şantiyeden en az 15 16 m uzaklıkta muhafaza etmeliyiz. Sıkı killi ve siltli tabakalardan oluşmuş zeminlerde dökülen beton tamamen mukavemetini kazanmadan şahmerdanla çalışma yapılmamalıdır. Betonun sertleşmesi sürecinde ağır takım, araç, aletle üstünde hareket edilmemelidir. Ağır trafik yükünü üstünde bulunduran otobanlara yakın bölgede çalışıldığında gürültü ve titreşim kaynağı olan trafiği ihmal etme.

3.2.1.4. Betonarme Karışımın İçbünyesindeki Davranış

Akıcı beton harcı kalıp içinde henüz kalıbın şeklini almadan, yerleşmeden karışım içinde diğerlerine göre daha ağır olan parçacıkların oturması, çökmeyle karşılaşılır. Beton yüzeyi sertleştikten sonra, eğer bu tür çökmeler kısım kısım önlense de, çatlama kaçınılmazdır. Bu tür yerleşmeler, çökmeler, o kesitteki mevcut donatıyla önlenebilir. Bu da Şekil 3.3 a'da gösterdiği gibi yüzeysel çatlamalara neden olacaktır. Daha kötü olan şeyse, sık aralıklı döşeme hasırı/donatısı olan yerlerde, yüzeyde oluşan çatlamaların yerine Şekil 3.3.b'de görüldüğü gibi döşeme hasırının çubukları altında genelde bir mesafe, bir boşluk oluşabilir. Bu tür boşluğun mevcudiyeti bulundurduğu harcın suyunun donatıyı çürütmesine ve yine donarak ta betona vereceği zararlara davetiye çıkarır.

Önlemler: Şekil 3.3.a'da görüldüğü gibi oluşan yüzey çatlakları, beton sathında mümkün olduğu kadar geç son yoklama, perdah çekilerek önlenebilir. Beton atıldıktan hemen sonra, yüzeyinde şartların müsaade ettiği kadarıyla geciktirilerek yapılan son yoklama, perdah işlemi keza yüzeyle, iç bünyesi arasında oluşan değişik yoğunlaşmaları, yerleşmeleri azaltması, indirgemesi açısından da çok faydalıdır.



Şekil 3.3. Yerleşme (oturma) ile betonun çatlaması.

- 1- Beton yüzeyi
- 2- Çatlak
- 3- Yerleşme ile betonda oluşan iç davranış
- 4- Boyuna donatı
- 5- Enine donatı
- 6- Hasır çelik donatı
- 7- Betondaki açılma (kopma)

Betonu koruma, muhafaza etme ve müdahale ederek iyileştirme, onarma gibi sebeplerden bir tanesi dahi, sıcak, rüzgarlı günlerde veya kurak iklimin hüküm sürdüğü yerlerde çok önemlidir. Kullanılacak yoğunluk olarak plastik kıvam tavsiye edilir. Beton atılırken düzenli olarak vibratörle sıkıştırma gereklidir.

Son yoklama, tesfiye ve perdah her ne kadar donatı altında oluşmuş boşlukları hava, su ceplerini önleyemez ya da oluşmaları gidermezse de, kalın kütürlü ve ağır donatı için; Mühendis bir ihtimal olarak yapıdaki bu tür bir zayıflığın farkında olmalı ve bu oluşumları; beton dökülme aşamasında tekrar vibratör kullanıp sıkılıyarak veya harçdaki aşırı yapışmayı (birbirini tutan iç kuvvet) azaltarak önlemelidir.

3.2.1.5. Çekilme ve Büzülmelerin Oluşumu

Betonun döküldüğü ilk anlarda hacim değişikliği sathi olarak yüzey çatlaklarının oluşmasına sebep olur. Bu çatlaklar karakteristik olarak/özelliği gereği timsahın pul pul olan derisinin görünümüne sahiptir. Bunu önleme tedbirleri yüzey çatlaklarını önlemek için alınan tedbirlerin anlatıldığı d şıkkındaki açıklamalarla aynıdır.

3.2.1.6. Kalıp Desteklerinin Vaktinden Önce Sökülmesi

İnşaat sektöründe; ekonomi ve zaman faktörünün önemli olması dolayısıyla; yapıda henüz gerekli beton mukavemetine ulaşılmadan, taze betonun desteklerini kalıplarını kısa sürede almaya bir eğilim vardır. Bu yapıldığı zaman, beton yoğunlukla çatlar, bazı zaman bu çatlama çok şiddetli gerçekleşir. Bunun çözümü ise çok basittir. Atılmış taze beton istenen yeterli mukavemetine ulaşınca-ya kadar çevresindeki destek ve kalıbına dokunulmamalıdır.

3.2.2. Kurumadan ileri gelen büzülmeler

Muhtemelen onlarca yıl süren, çok uzun bir zaman diliminde betonarmede katılaşma, mukavemet artımının oluşması kimyasal reaksiyon hadisesiyle gerçekleşmektedir ve bu süreyle beraber hacimsel küçülme ya da kurumadan ileri gelen

büzülme veya basitçe çekilme, büzülme diye bildiğimiz olayda gerçekleşmektedir. Bu oluşan hacimsel değişimlerin arzu ettiği serbest ortama karşın yapı zorlanıyorsa, bu zorlanmadan oluşan gerilmelerin beton kitlede çatlamalara neden olması muhtemeldir.

Önlemler: Kurumadan ileri gelen büzülmeleri mukavemetli ve yavan karışımlar kullanarak azaltabilir, önleyebiliriz. Burada üç numaralı çimento tipi (çabuk yüksek mukavemete ulaşan) diğer tip bir ve ikinin yerine, yine hafif ağırlıklı agregalar, bilinen ağır özgül ağırlığı olanların yerine tercih edilir.

Verilen bu çimento cinsi, kalitesi ve diğer karışımlarla aşağıda sıralanacak hususların yanısıra büzülmeyi, çekilmeyi bir miktar azaltabilir. Diğer hususlar; 1) yapıda uygun konstrüksiyon ve derz aralıkları kullanılarak oluşabilmesi görülen muhtemel zorlanmalar elenmelidir. 2) Oluşacak çatlakların boyutunu ve miktarını indirgeyecek ve dağıtacak yeterli miktarda ve uygun donatı temin et ve kullan, 3) Agregası ve harç suyu sıcak olmamalı, soğut, Etkili olan atmosferdeki yüksek ısı, büzülmeyi oluşturacağı varsayılan düşük ısıyı dengelemesi için, beton atılırken, betondaki mevcut olan ortalama ısıyı atmosfer şartlarındaki ısı seviyesinin altına düşürülür.

3.2.3. Isı farkından Oluşan Gerilmeler

3.2.3.1. Atmosfer Isısındaki Değişimler

Katılaşmış beton kütlenin ısısında oluşan değişimler şekilde ve kitle hacminde oluşacak değişikliklere de neden olur. Eğer, şekil ve hacimde oluşacak bu çeşit değişimler yapı tarafından tutularak önlenmeye çalışılırsa, o vakit, gerilmeler teşkil edilmiş olacaktır ve bu iç gerilme kuvvetleri, beton kesitte çekme kuvvetlerini teşkil ederek, çatlama ile neticelenecektir. (Şekil 3.4'e bakınız).

Örneğin, yazın sonlarında ya da sonbaharın başlarında zemine dökülmüş bir beton döşemeyi düşününüz. Tüm kış mevsimi şartları boyunca; ortalama atmosfer ısısı ve döşeme plakasında beton ısısı 20°C veya daha fazla miktarda



Şekil 3-4. Atmosfer ısısındaki değişimlerle, ısı farkından doğan gerilmeler ve büzülmelerden oluşmuş beton döşeme plağındaki yarıлма ve parçalanmalar. Bu dış şartlara maruz bir betonarme yapıdır ve dilatasyon derzi konulmadan 300 m.den fazla uzunlukta inşaa edilmiştir. Sonuçları görüldüğü gibi beton ve demirde yarıлма, kopma dökülmelerdir. Alt donatının bükülüp belverdiği kesitteki değişikliğe ve kopma ve kırılmalara dikkat ediniz. Keza bitişikteki kalıp izleri hala görülebilen tatminkar şartları sağlamış beton yüzeyine de dikkat ediniz.

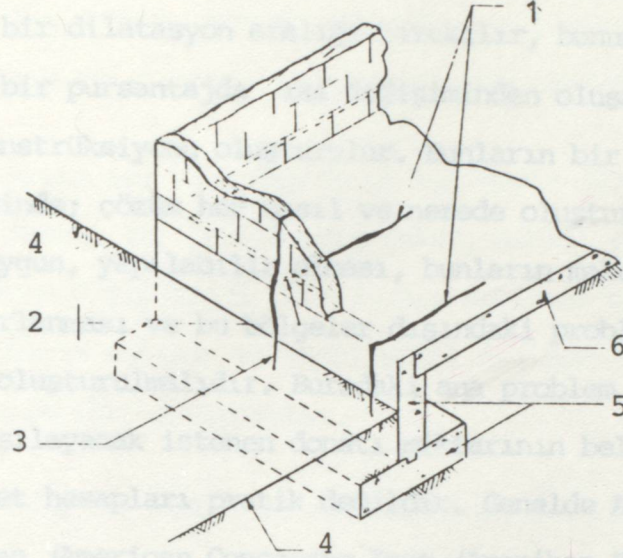
ile 1,5 cm. arasında boy kısalması olacaktır. Uzunluktaki bu kısalmaya karşı, döşeme plakasıyla onu taşıyan temasda olan zemin arasında sürtünmelerden ileri gelen bir zorlanma, mukavemet oluşacaktır. Eğer bu sürtünmeler beton boyunca olan hareketi önlemeye yeterliyse (ki genellikle bu hadise olur.) beton kesit kendi donatılmış olduğu mukavemet şartlarının çok üstünde yaklaşık 90 kg/cm^2 'e tekabül eden bir çekme gerilmesiyle karşı karşıya kalacaktır.

Bir diğer çok karşılaşılan olay ise yapılardaki temel duvarlarıdır. (Şekil 3.5'e bakınız.) Kışın, burada, duvar kısalmaya eğilim gösterir. Isısı nispeten sabit olan nemli bir ortama sahip zemin yüzeyinin bayağı altında bulunan çevre şartlarıyla çevrili temel pabucu ise bu boyuttaki değişime direnir, değişmemek eğilimindedir ve (yapı içindeki) ısıtılmış bir çevreyle kuşatılmış bulunan kat döşeme plakası keza boyutunda kısalmaya karşı bir kararlılık vardır. (hatta uzamak eğilimi hakimdir). Sonuç şekilde görüldüğü gibi bir sürü çatlaklar şekillenmesidir.

Benzer bir durumda bir üst kat döşemesi ya da çatı döşemesiyle ilintili olan, kesişen dış duvarlarda da meydana çıkmaktadır. Isıda üniform olmayan değişimlerin oluşturduğu zorlamalara, bu sebeble dikkat ediniz. Buradaki ısı değişimi termal iniş ve çıkışlardır. Bu termal değişim, beton kitlenin iç reaksiyonlarında yavaşlayarak yüzey ısının yükselmesine sebep olur ve bu tür termal değişimlerin olduğu iklimlerde hemen hemen her cm.de 2 C^0 lik değişim olabilir.

Bir üçüncü önemi olan husus, yeni betonlanmış bir elemanın eski beton yapı ya da elemanıya beraber çalışması gibi benzer olmayan elemanlardır. Bu iki elemanın termal değişim ile oluşacak boydaki değişimleri/termal değişim sabitleri muhtemelen aynı olmayacaktır ve hatta bu kompozit elemanların ısısal değişimleri de farklı olacaktır. Bu elemanlar üniform olsalar bile, kesitte çarpılma doğacak ve şiddetli gerilim ortamı oluşabilecektir.

Önlemler: Problemin çözümü kurumadan ileri gelen büzülmeler için alınan tedbirlerle bir paralellik gösterir. (İkinci paragrafını inceleyiniz.) ve yapıdaki içdirenci, mukavemeti artıracak birleşim tipleri oluşturulmalı ve gerilmeleri dağıtacak bir donatı konstrüksiyonu teşkil edilmelidir.



Şekil 3.5 Yapıda ısı farkından oluşan çatlama.

- 1- Döşemede oluşmuş çatlaklar (Binanın ısınmış iç yüzeyinde minimum çatlak açıklığıyla dış cephelerdeki maksimum çatlak açıklığına dikkat ediniz.)
- 2- Cephe duvarlarında cephe büyümesi
- 3- Duvarda çatlama
- 4- Zemin hattı
- 5- Temel pabucu ve perde
- 6- Zemin döşemesi

Kaldırım döşemelerinde, yukarıda açıklandığı gibi, her 9 m.de, 10 m.de bir genellikle bir dilatasyon aralığı bırakılır, bunun yanısıra % 0,2 den % 0,25'e kadar bir pursantajda ısı değişiminden oluşacak gerilmeleri dağıtacak donatı konstrüksiyonu oluşturulur. Bunların bir sürü örnekleri mevcuttur. Bina örneğinde; çözüm her nasıl ve nerede oluşturulacaksa dilatasyon aralıklarının uygun, yapılabilir olması, bunların makul ölçülerde ve kritik bölgelerde tasarlanması ve bu bölgeler dışındaki problemin donatı kullanılarak çözüm yolu oluşturulmalıdır. Buradaki ana problem termal değişimlerin sonuçlarını karşılayacak istenen donatı miktarının belirlenmesidir. Burada gerilme mukavemet hesapları pratik değildir. Genelde ACI yapı şartnamesinde atıfta bulunulan (American Concrete Inst./Amerikan Beton Enst.) % 0,2 ve % 0,25 lik değerler arası pursantaj kullanılır. Buna rağmen (bir önceki temel duvar örneğinde olduğu gibi) ısı artımından oluşacak gerilmelerin muhtemel olduğu bölgelerin incelenmesi için yapı mutlaka tasavvur edilmelidir. Şüphesiz; termal değişimlerin/ ısı değişimlerinin sonuçlarını karşılayacak donatı miktarının büyük bir kısmı bu kritik bölgeler için kullanılacaktır. Bazı sorunlar oluşturan bölümler olarak; (1) Saçak, (2) parapet, (3) pervaz, saçak silmesi, (4) Okul ve yatakhane yapılarında olduğu gibi, yapının kısa kenar istikametindeki kat döşemesi açıklığı gibi taşıyıcı yönde, (5) Açıklıklar (genellikle 2Ø10 veya 2Ø12'lik donatının sıklıkla yetersiz kaldığı yerler) ve (6) Temel duvarlarının ilk ve son çeyreğinde ve ilk kat döşemelerinde; olmak üzere sayabiliriz.

Betonarme elemanlara gelecek ısı etkilerini azaltılması için yapılabilir bir diğer şey ise izolasyon uygulamaktır. Örneğin; uzun açıklıklı çatılarda yalıtım tedbiri, kapatılmış yapı ile çatı arasındaki tibatlarla alınan önleme karşı daha caziptir.

3.2.3.2. İç Isısındaki Değişimler:

İç ısıdaki değişimlerle betonda hacim değişikliklerinin oluşması yine muhtemeldir. Örneğin; Kitlenin iç ısısındaki artış betonun sertleşmesi esnasında, beton tarafından üretilen, yayılan ısının sonucudur. Bu jeneratör türbün temellerinde ve temel yüzeyinde, barajlarda olduğu gibi boşaldığı, ak-

tiği çok iyi bilinmektedir. Az bilinen fakat çok önemli olan husus $5,59 \times 10^{-7} \text{ cm/cm.C}^{\circ}$ olan değerle betona ait olan ısı iletkenlik katsayısından kullanılan agregaların ısı iletkenlik katsayısının tamamen farklı olduğudur.

Bu olayda, Artan ısı yüzünden beton bir hacim değişikliğiyle karşı karşıya kalmıştır. Sonra, ısı üretilmemiş fakat, dahili ya da harici ısı değişiklikleriyle hacim değişikliği belirli bir seviyede seyretmeden sürmüştür. Hatta bu olayda hacim değişse ve kesit/şekil değişmesine mukavemet gösterilse gerilmeler ve çatlamlar oluşacaktır.

Önlemler: Önleyici tedbirler olarak kurumadan ileri gelen büzülme için alınan önlemlerde açıklanan tedbirlerdeki gibi benzer önlemler alınacak, yalnız bunlara ilaveten istenen şey; birbiriyle ortak çalışmayacak, uyuşmayan ısı iletkenlik katsayısına sahip agregaların, malzemelerin dikkatle düşünülmesi gözönünde bulundurulmasıdır. Bu çok zor bir yaklaşımdır ve bu olaya en emniyetli ve basit yaklaşım, denenmiş ve iyi bilinen malzeme kaynaklarından çimento ve agrega türlerinin kullanılmasıdır. Bilinmeyen denenmemiş malzemeyle çalışılırken, malzemenin gerekli laboratuvar testleri yapılarak elde edilecek termal özellikleri ve bunun yanı sıra genelde her zaman yapılan mukavemet, organik ve benzeri testleriyle alakadar olunması tavsiye edilir.

3.2.4. Beton Malzemenin Rutubeti Absorbe Etmesi

Çeşitli mertebelerde olmak üzere, tüm beton malzemeler gözeneklidirler. Hatta, çoğunlukla aynı yüklenici firma tarafından, aynı malzemeyle dökülüp, imal edilmiş aynı yapının değişik kısımlarında zamanla bir kısmının ağır bozulmalara maruz kaldığı ve diğer kısımlarının sağlam olduğu gözlenmektedir. Buradaki genel sebep; imalatı işçiliğin değişik uygulanmasından kaynaklanan, malzemedeki değişik porozite/gözeneklilik ve dış tesirlerin değişimi yüzünden, betonun absorbe ettiği su miktarındaki farklılıktır.

Betondaki rutubet hacmi arttığı gibi beton kitle büyümeye, şişmeye başlar. Araştırmacı J.F.Schaufele Kalifornia kıyısında, denizde betonun bu hususta yaptığı davranış ile ilgili bir araştırmasında, yaklaşık 4 m. çaplı bir betonarme silindir kesit yaklaşık 15 cm.lik bir büyümeye, genişlemeye maruz

kaldığı ve yaklaşık 0,6 cm kalınlıkta, yarısına kadar çelik kaplamayla kılıflanmış ve betonlanmış kısmın kırılıp ve parçalanarak bozulduğuna tanıktır. Bir diğer araştırmacı S.Champion benzer olarak iyi bir beton için % 0,01'den başlayarak devam edip zayıf, kötü bir beton için % 0,5 nispetine kadar varan hacimsel büyümeye tanık olmuştur. Bu değerler yapının yaşına, porozitesine, kullanılan agrega çeşidine ve dökümü esnasında içerdiği rutubete bağlıdır. Eğer bu şişme, büyüme önlenemez olursa, çatlaklar ve dökülmeler başlar.

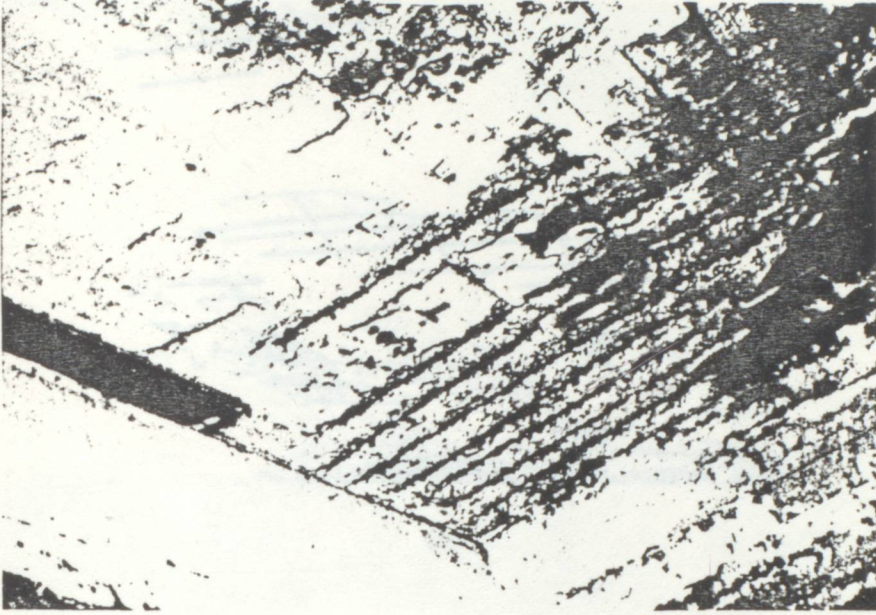
Önlemler: Genel olarak, aşırı olan ve artan rutubet ortamında, şişmeyi, kabarmayı önlemek iyi bir çözüm, pratik bir yol değildir. Çözüm, bir dönüşüm içinde ıslanıp, kuruyan yapılardaki beton kitlenin genişlemesine, kabarmasına müsaade edilecek ya da onu kurumaktan koruyacak altında ıslak tutacak bir ağır ahşap kaplama gibi birşeyle kılıflanarak sürekli ıslak kalması sağlanarak da beton muhafaza edilebilir. Deniz ortamında bulunan beton yapılarda bu özellikle birçok avantajlar sağlar ve etraflıca 5 nci bölümde anlatılmıştır.

3.2.5. Betonarme Donatının Koroze Olması

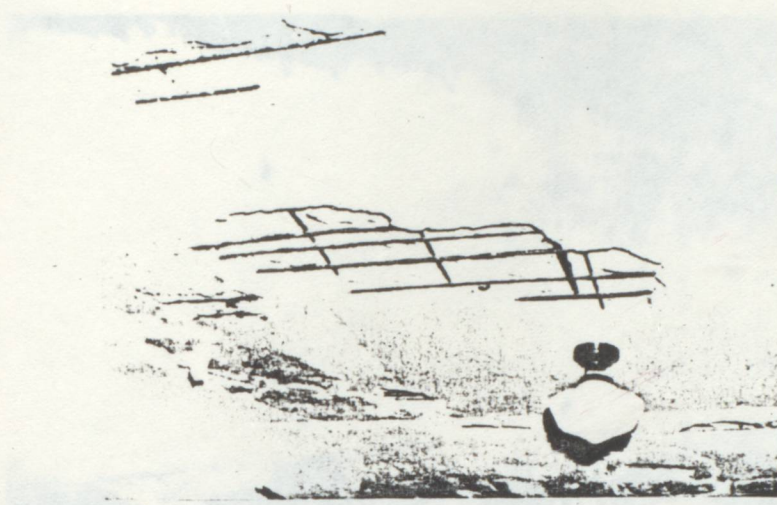
3.2.5.1. Kimyasal etkenlerden ileri gelen çürüme: Tektük sırf beton kütleli yapılar hariç, betonarme inşaatlar donatı içerirler. Donatı kesit yüzeyinde tespit edilmiş ve değişmez konumlarda birkaç santimetre içinde (hatta santimetrenin kesirleri mertebesinde de) yerleştirilirler. Eğer donatı hava ve su sirkülasyonu ile karşı karşıya kalırsa, çürür. Çürüme/korozyon ile açığa çıkan oksid miktarı ana metalin içerdiği kadar sekiz katına ulaştığında betonarme yüzey kaplama çatlar ve kabarak dökülür. (3.6'dan 3.10'a kadar olan şekillere bakınız)

Önlemler: Donatı, serbest dolaşan çözünmüş su bulunduran oksijenle veya çözünmemiş oksijenle temasa girecek ortamdan uzak tutularak koroze olması, çürümesi önlenir. Bunun en iyi çözümü donatıyı yoğun kompakt bir betonla kapatmak, sarmak ve tablo 3.2'de açıklanan bilgilerin ışığında alınacak uygun önlemleri gerçekleştirerek sağlanabilir.

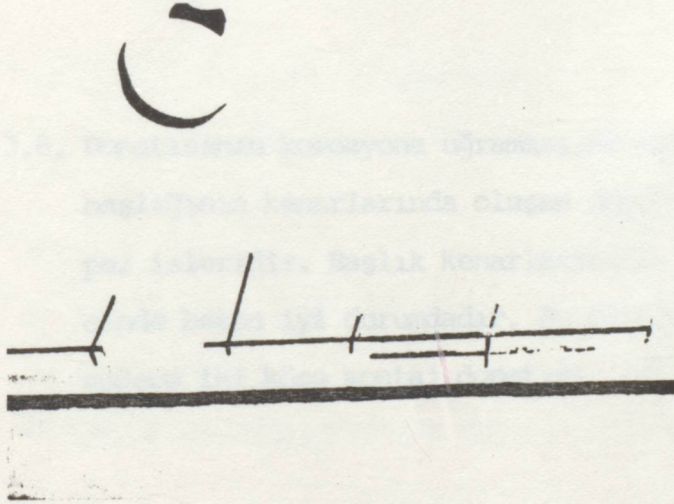
Projelendirme safhasında su biriktiren, toplayan detaylardan kaçın, sık tahliye delikleri uygulamadan oluk, dere, gibi kesitler kullanma. Betonun dö-



Şekil 3.6. Donatıda oluşan korozyon yüzünden beton yüzeydeki dökülme. Bu fotoğraf görüldüğü gibi kendi tipindeki bozulmanın ilerlemiş değişik aşamalarında oluşmuş görülebilen belirtilerini göstermektedir. Ön planda beton yüzey, donatısına paralel giden bir kaç çatlağın dışında sağlam görünüyor. Döşemenin ortasında, donatıyı örten beton yüzey dökülmeye başlamıştır. Arka planda bu işlemin tamamlandığı görülmüyor. Döşemenin altı/hasırı dış tesirlere maruz durumdadır ve çürümektedir. Çatlakların ve dökülmelerin nasıl paralellik arzettiğine ve hasır ile oluşturdukları görünüme dikkat ediniz. Siyah lekeler betondaki rutubetli bölgelerdir. En ağır bozulmanın rutubetli kısımlarda oluştuğuna ve kiriş yanaklarının kuru bölgelerin hala iyi durumda olduğuna dikkat ediniz.

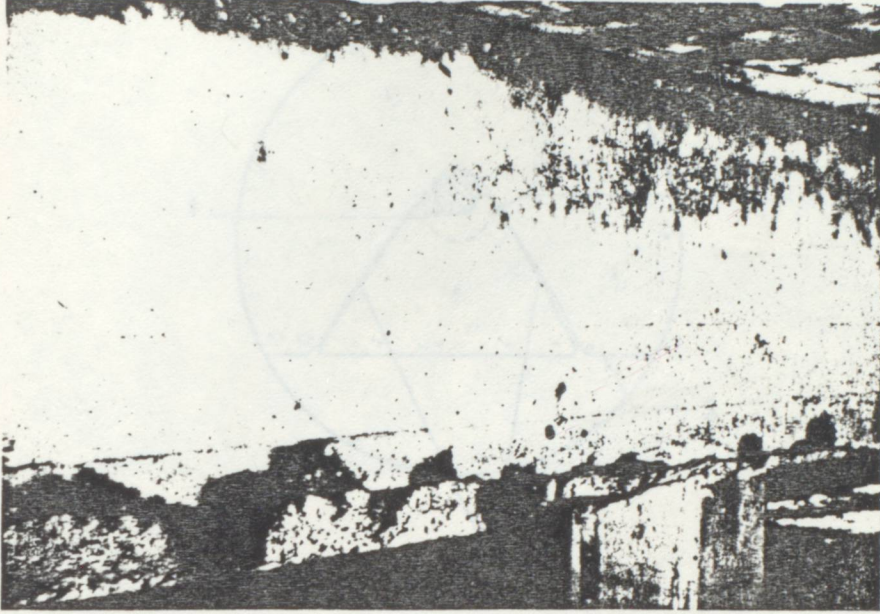


(a)



(b)

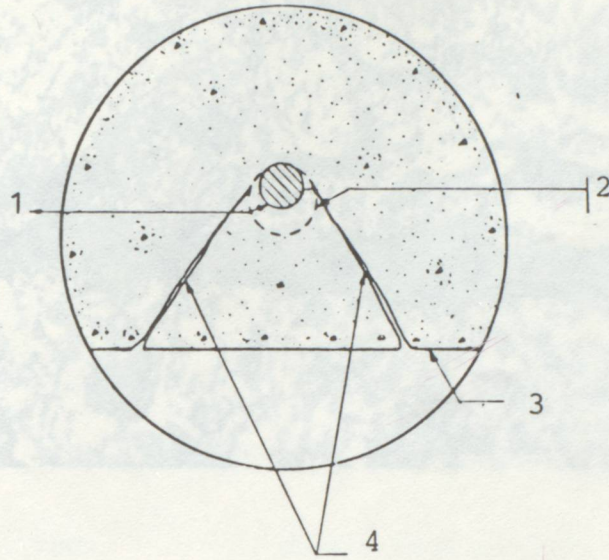
Şekil 3.7. Bina içinde betonarme tavanda beton kavlanma ve dökülmesi. Bu yapı yarı tropikal bir ortamda inşaa edilmiştir. Dikkat edileceği gibi binalar hava tesirlerine maruz yapılarda donatının korozyona uğramasıyla da zarar görürler.



Şekil 3.9. Donatıda oluşan korozyonun etkisiyle betondaki

Şekil 3.8. Donatısının korozyona uğraması sebebiyle kazık başlığının kenarlarında oluşan dökülme, siyah lekeler paz izleridir. Başlık kenarlarındaki dökülmeler haricinde beton iyi durumdadır. Bu başlıklardaki donatı sadece iki köşe montaj donatısı ve döşemeden gelenlerdir.

4- Çatılar (Parçalanarak düşenler.)



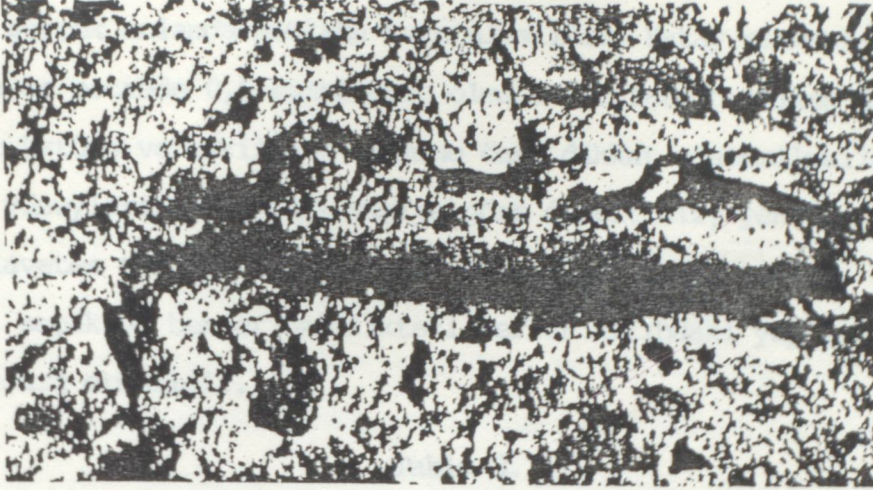
Şekil 3.9. Donatıda oluşan korozyonun etkisiyle betondaki çatlamlar ve dökülmeler.

1-Donatı

2- Korozyondan sonra donatının etkidiği alan

3- Beton yüzey

4- Çatlaklar (Parçalanarak düşecekler.)



Şekil 3.10. Donatı çubuğunda oluşan bölgesel korozyon neticesi tamamen yok olmuş bir donatının izleri. Çubuğun koroze olduğu ortama ve oyulan çevreye dikkat ediniz. Bunlar ortamın tipik görünümлерidir. Sağlam betonun kenarındaki çubuğun orta kütüründe erimenin başladığına dikkat ediniz. Bu yine onarım esnasında betonun ne kadar kesilerek derinine inileceğine tipik örnektir. Bu konunun tartışıldığı 5 nci bölüme bakınız.

küldüğü, koptuğu yerde donatıyla yaptığı yarıklar ve beton oluklar, derin yerler gerçek anlamda mutlaka kurutulmalıdır. Yatay elemanlarda/yüzeylerde eğim en az metrede 0,5 santimetre olmalıdır. Tercih edilen % 1 eğimdir. Parapet üstüne ve verilecek eğimine özel dikkat gösterilmelidir. Bitişik eğimli yüzeyleri/elemanları yapıya göre düzeltiniz, yeniden uygun eğim veriniz. İlaveten tahliye deliklerini, süzgeçleri temiz tutunuz ve ayrıca, çatı balkon, saçak ve benzer özellikteki yerler altındaki yapılara zarar vermeden suyu deşarj etmelidir.

Tablo 3.2.

Etkilerin olduğu ortam:	Donatı üstü minimum beton kaplama kalınlığı/pas payı değerleri:
. Dahili	ACI/Amerikan Beton Enst. yapı şartnamesine müracaat.
. Harici (Tatlı su olan ortamda):	
1)Bina duvarları, çatılar ve iyi drenaj yapılmış zeminüstü yerleşimlerde	Amerikan Beton Enst. yapı şartnamesine müracaat.
2)Zeminaltı yapılarında	Amerikan Beton Enst. yapı şartnamesine müracaat.
3)Sualtı yapılarında (Tuzlu su/deniz suyu olan ortamda):	Döşemeler için 3,8 cm. kirişler için 5 cm.
1)Gel-git ve dalgalı bölgelerdeki yapı elemanlarında	Döşemeler için 5 cm. kirişler için 6,35 cm. kolon ve kazıklar için 7,6 cm.
2)Sualtı yapılarında	Ortalama düşük su seviyesinden 3 m. aşağıda olan yerlerde 7,6 cm. üstünre 6,35 cm. al.
3)Dalgalı bölgelerin üstünde	Döşemeler için 3,8 cm. kirişler için 5 cm.

3.2.5.2. Elektrolitik Tesirlerle Korozyon Oluşumu

Rutubetin mevcut olduğu ortamda, eğer rutubet özellikle tuz ihtiva ediyorsa, beton elektriki olarak iletkenidir ve böylece serbest elektrik akımı-

nın mevcudiyeti şiddetli korozyona sebep olacak elektrolitik aksiyon ve reaksiyonları meydana getirir. Serbest elektrik akımının kaynağı çoğunlukla tesadüfidir. Topraklamadan kaçan ya da sızan kaynaktır veya önceden tasarlanmış katodik koruma gibi bir tertibat ta buna kaynak olabilir.

Bunu önlemeye götürecek pük nokta, korozyona yardımcı olan karbon, klor ve sülfatların her zaman gözönünde tutulması ve dikkate alınmasıdır. Deniz suyu genelde çok kullanılan bir kaynaktır ve beton harcında karışım suyu olarak kullanım çimentonun hidratasyonu esnasında tamamen reaksiyona giriş sindirilen tuzların temininde çıkan güçlükler nedeniyle yavaşlatıcıdır. Betonun prizlenmesini hızlandırmak veya antifiriz maddeleri gibi kullanılan kalsiyum ve magnezyum kloratlar, eğer fazla miktardaysa korozyonu artıracaklardır. Bunlara ilave olarak eğer donatı kesitte üniform bir kompozisyon/dağılım çizmiyorsa, korozyon önce donatıyla etriye arasında oluşacaktır ve genellikle mesnet veya kiriş donatı bağlantılarıyla aralarında noktasal temas olan yerlerde özellikle daha çok ataklar oluşacaktır. Buna göre; ele alınan yapıdaki bir kesitte donatı aynı evsafalarda, çapta olmalıdır ve tercihen aynı yerin imalatı olmalıdır. a şıkında açıklanan uyarılar, bu hususda da uygulanmalıdır.

3.2.6. Kimyasal reaksiyonlar

Betonun sertleşmesi sırasında ve sonrasında betonun içinde ve davranışında oluşan reaksiyonlar en azından bir asırdır kimyagerlerin ve fizikçilerin dikkatini çekmiştir ve hala tamamıyla bir açıklığa kavuşmamıştır. Bundan dolayı, bu çalışmada problemin detayına inmek pek mümkün değildir. Fakat yalnızca çok bilinen tahrip edici maddelerden bazılarını, yine bilinen reaksiyonların birkaçını ve kimyasal atakları önlemek veya korunmak için oluşturulan bazı tedbirler dizisini açıklamamız mümkün olacaktır.

3.2.6.1. Sağlam Olmayan Malzemeler

Betonda kullanılan kirli bozuk veya sağlam olmayan malzemeler hacim değişikliklerine, şekilli çatlamalara ve önceden bilinmeyen kusur ve noksanlara neden olurlar. Buna göre; aşağıdaki tartışma ve açıklamalarda; içilebilir,

temiz karıştırma suyu, agrega için ASTM C 33 ve çimento için ASTM C 150 ve ilave karışımlar kullanılarak oluşturulmuş bir inşaattaki malzemeler üzerine tahmin ve ihtimaller yürüteceğiz. Bu malzemelerin tipleri, cinsleri ve kaliteleri bilinen denenmiş, araştırılmış, beton dökülmeden önce ve beton atılırken bozukluğu, arızası olmayan malzemelerdir.

3.2.6.2. Çok Önemli Tahripkar Maddelerin Bazıları

Piyasada normal kullanılan çimentolar alkaliktir ve asidler ve hidrolize olarak asidleşen organik bileşimler ve de bazı alkoller tarafından ataklara maruz kalırlar. Çürümüş bitki vs. içinde bulundurduğundan asid ihtiva eden taban/zemin suyu, bu münasebetle, bazı zaman güçlükler oluşturur. Süt entegre yapılarında döşemeler dökülen ve eskiyen sütte bulunan laktik asid yüzünden problem oluştururlar. Yine bira fabrikaları odun-hamuru ile hammadde olarak çalışan tesisler ve gıda işleme/imal tesislerinde, döşemeler benzer sorunlar doğurur.

Amonyum ve magnezyum iyonları içeren tuzlar kalsiyum ile reaksiyona girerek betona atak edip, tahrip ederler. Özellikle, beton malzeme deniz suyunun tesirlerine maruz kaldığı zaman magnezyum değişimi oluşur ve deniz suyunun betona yaptığı tesirle oluşan bu değişim dönüşümlerinden biridir.

Sülfat çözeltileri, $\text{CaSO}_4 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (Calciumsulfaaluminate) şekillendiren betondaki birleşimlerden $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (Tricalcium aluminate hydrate) ile reaksiyona girer.

Ciddi genişlemelerle bu reaksiyona iştirak ederler ve beton kitlenin çatlamasına, bozulmasına sebep olurlar. Deniz suyu ve tesirlerine maruz betonda ençok karşılaşılan şey, yanıcı ürünlerde (eğer rutubet varsa), maden ve endüstriyel tesislerden arıtılmış, atılmış suda, veya gerçekte, portland çimentosuyla hazırlanmış ve sertleşmiş betonla temas eden sülfat çözeltilerde, sülfat atakları, etkileri oluşur. Beton veya çevresi konsantrasyonunda % 0,1 değerinde fazla bir sülfat çözelti ihtiva etse çıkacak güçlüğü tahmin edebilirsiniz.

Çimentoda bulunan $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (Tricalcium aluminate) tuzlu suyun karıştırma suyu olarak kullanılmaması için bir diğer neden olan klorad iyonlarıyla

reaksiyona girer. (Donatının koroze olmasıyla ilgili bölüme bakınız.)

Yumuşak su çimento harcındaki kireci eriterek yıkar ve poroz halde, gözenekli silis kalır. Fakat bu reaksiyon yavaş gerçekleşmesine rağmen, eğer su bir basınç altında beton kitleye nüfuz ettirilmezse, çok seyrek olarak bu problemlere neden olur.

300°C nin üstünde yüksek ısıda, çimento jelindeki hidrasyon suyu çekilir ve sementasyon/çimentolanma özelliği eksilir, kaybolur.

Betonarmedeki bozulmalara bir neden olarak bakteriyel etkileri de gösterebiliriz. Gerçekte, bu dolaylı bir etkimedir. Örneğin; Atık, foseptik, lağım gibi yerlerde bakterilerin ürettiği çok kuvvetli asid olan sülfürik asid ve zayıf bir asid olan hidrojen sülfat betonu etkiler. Buna mukabil biyolojik tesirler yumuşak organizmaların sebep olduğu delinme ve oyulma formunda oluşur. Yedinci bölüm ahşap eleman üzerinde kurtçuk vb. gibi yumuşak dokulu organizmaların tahrip edici, yıkıcı zararlarından bahsetmektedir. Yine, filum, ıstıridye, salyangoz gibi yumuşakçalar betonu oyarak zarar verirler. Tropikal ortamda suda, dairesel kesitli beton kazıklarda ve Los Angeles limanındaki beton kazıkların kılıf kısmında bu tür tahripler de gözlenmiştir. Keza potansiyel olarak çok ağır hasarlara yapı açık olmasına rağmen bunların oluşumu çok seyrek ve tecrübeli bir uzmana ihtiyaç gösterene kadar, koruyucu ve önleyici özel tedbirlere başvurulmuyor.

Yeni dökülmüş taze betonda, karbondioksit zararlı reaksiyonlara giren bir diğer zararlı materyaldir. Yarı erimiş, kor demir ve ya diğer ısıtıcılarından çıkan atık gazların taze betonla temasa girmesine karşı konulan yasağın bir sebebi de budur.

Betondaki bozulmadan, dökülmeden ileri gelen ve agregasındaki mineral parçacıklarıyla yüksek alkali elementler içeren çimentoyla aralarında kimyasal reaksiyonlar oluşacaktır. Bu reaksiyonlar yüzeyinde çatlaklara, bozulmalara, şişmelere ve dökülmelere neden olacaktır.

Bu konuyla ilişkili olarak, şuna da dikkat edilmelidir. Betona önemli hasarlar yapacak olan çürütücü, kimyasal maddeler mutlaka bir çözelti formunda ve minimum yoğunlaşmış birikimlerdir. Betonun katı ve kuru kimyasal maddelerce tarripi çok nadir olur. Keza maksimum tahribin oluşması için kimyasal çözeltilerin kendi içinde yeniden üremesine, çoğalmasına ihtiyaç vardır. Kolayca zarar gelecek değişik basınçlarda tahrip edici çözeltilerle betonun karşı karşıya kalması ve sualtı yapılarındaki hassaslığın nedeni budur. Betondaki basınç düşmesi etkili ve tesirli çözeltilerin güçlenmesine ortak yaratır. Eğer beton serbest yüzeyi atmosfer tesirlerine açıksa, yüzeydeki yoğunlaşmış tuz birikecek ve ağır hasarlara neden olan tahripler oluşacaktır. (Şekil 3.11'i inceleyiniz.)

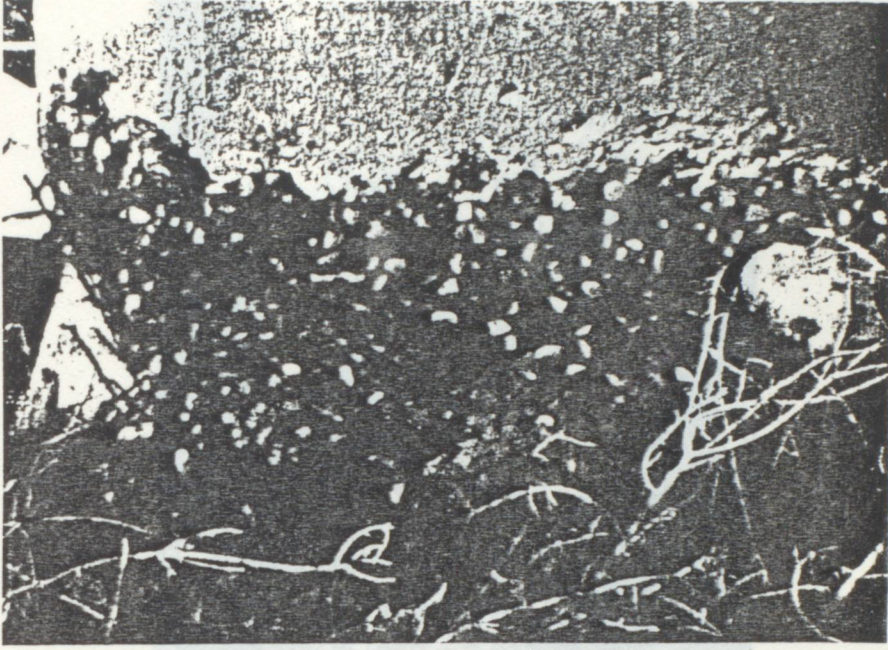
Kimyasal atağın beton üzerindeki belirtileri birleşimlerde, derzlerde ve çatlaklarında ufalanma, parçalanma ve dökülmelerdir. Bunun yanı sıra betonda kesilme ve yapıda/elemanında kabarma, şişme oluşur. Agregatanecekleri yüzeyinden dışarı fırlar, dökülür ve çimentolanma, eaderans olayında bir zayıflık gözlenir (3.12'den 3.15'e kadar olan şekilleri inceleyiniz).

Beton kitlenin iç bünyesinde şişmeleri oluşturan reaksiyonlarda (örneğin: Alkali-agrega reaksiyonlarında) dökülmeden önce iyice açılan ve derinleşen çatlakların oluşturduğu şekiller belirtileridir. Sütun, parmaklık ve yan duvar gibi esneyen, harekete mukavemet göstermeyen yapı elemanlarında, çatlak şekillenmeleri rastgeledir, tesadüfidir. Rıhtımlarda, iskele veya düşey hareketi sınırlanmış mesnetlerle ayaklarda bir ekseninde ya da diğer doğrultularında, esnemelerine, hareketlenmelerine mukavemet gösterilen yerlerde; Betonun yanal hareketlenmesine paralellik gösteren, zorlandığı, mukavemet gördüğü eksene dik yönde çatlaklar oluşturur. (Şekil 3.16'ya bakınız.)

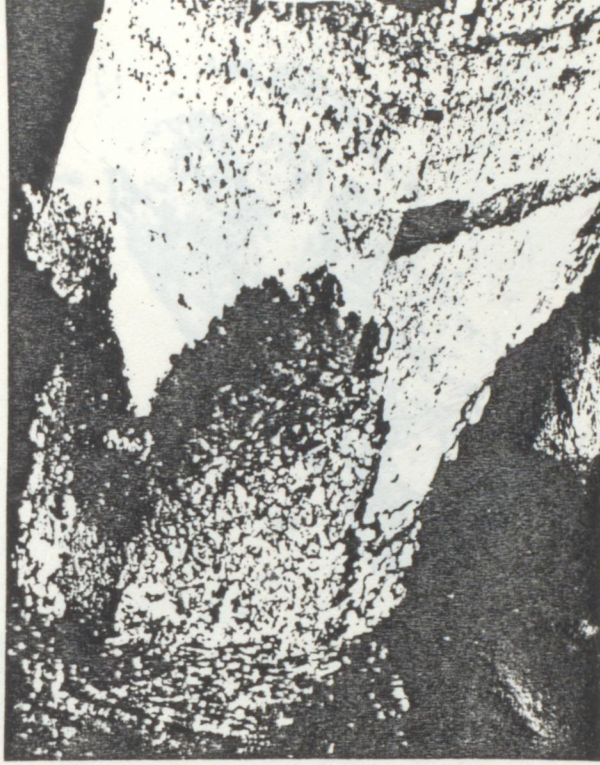
Önlemler: Sıkı, kompakt, sağlam, iyi beton elemanı üretmek, kullanmak, en önemli husustur. İyi, kaliteli bir beton tahrip edici, zarar verici kimyasal çözeltilerin girmesini, nüfuz etmesini önler ve zayıf betonlara oranla kimyasal ataklara daha sert ve sürekli bir direnç gösterir. Hatta yukarıda



Şekil 3.11. Buharlaşmayla tuzdaki konsantrasyon/yoğunlaşma. Basıncılı yüzeylerden nüfuz eden çözeltideki buharlaşmayla oluşmuş tuzun teşkili duvardaki çatlaklarda açıkça belli olmaktadır. Resimlenen yapı elemanı taşkızak/kuru havuzda su seviyesinin altında bulunan duvar elemanından alınmıştır. Bu çözelti yoğunlaşması, (toplanması) duvar yüzeyinde betona tahrip edici kimyasal tepkilerin çekilmesine çalışır ve kabuklaşmanın kavlanır nitelikte olması, bazı çatlakların çözelti tarafından oyulduğunu göstermektedir.



Şekil 3.12. Bir rıhtım yapısında betonda kimyasal bozulma. Bu yapı, gel-git dalga hareketinin bir hayli yüksek olduğu yerde inşaa edilmiştir. Görülen durum olduğu gibi kimyasal tepkimelerden oluşmuştur. Açılmış ve dışarı fırlamış agrega tanelerinin bu tip bir bozulmayla ilgili olduğuna dikkat ediniz. Çimento kum harcından daha pasif olan agrega tesirlerine fazla maruz kalıp, etkilenmez fakat yüzeyde çıkıklar oluşturur. Keza bozulmanın üst sınırının, en yüksek su seviyesine yakın olduğuna dikkat ediniz. Bu beton iskele, şekil 5.3'de görüleceği gibi, çevresi kılıflanarak onarılmıştır.



Şekil 3.14. Şekil 3.13'de gösterilen beton kazıktan/kolundan
kalkan, şekilsiz, boşalt, hasarlı beton parçası. Bu fotoğraf
sülfatlı deniz suyunun etkisiyle bozulmuş betonun görünümünü
Şekil 3.13. Sülfatlı-deniz suyu etkisiyle bozulmuş beton
kazığının görünümü. Çimento-kum kompozitesinden dışarı çıkıntı
oluşturmuştur, agrega taneciklerine dikkat ediniz. Oluşan ani
bozulmanın sınırı maximum su seviyesi sınırına yakındır.
(kazık üzerindeki siyah yatay band). Köşe donatılarının
koroze olmasıyla köşe betonları dökülmüştür.



Şekil 3.14. Şekil 3.13'de gösterilen beton kazıktan/kolondan kalkan, sökülüş, bozuk, hasarlı beton parçası. Bu fotoğraf sülfatlı deniz suyunun etkisiyle bozulmuş betonun görünen karakteristik özelliklerini ifade eden Şekil 3.13 ve 3.15 le beraber kullanılmalıdır.



Şekil 3.15. (Şekil 3.13 ve 3.14'de de bakınız) Şekil 3.14'de gösterilen numunenin elle parçalanmış hali. Betondaki dağılmaya ve sementasyon, çimentolanma/aderansa dikkat ediniz. Agrega ile yapışma, aderans eksikliğine dikkat ediniz. Betondaki kimyasal parçalanmayla (veya atmosfer tesirleriyle) oluşan zararlar için bu özellikler birer ipucudur.

2- Köprü pylonu (dikme)

3- Çatı

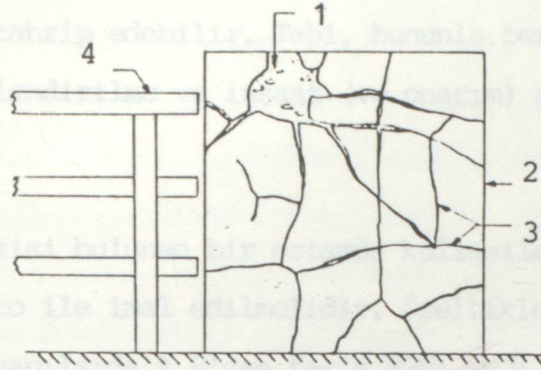
4- Marifet reaksiyonları

5- Köprü üstü

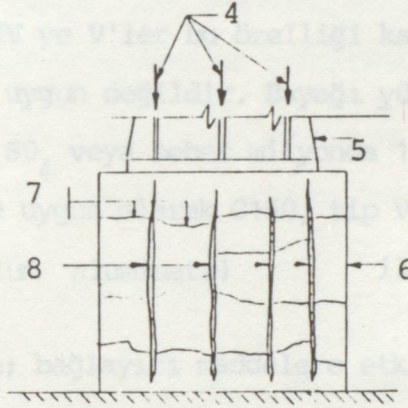
6- Kaldırım, altın ayak

7- İnce çatlaklar

8- Açık, büyük çatlaklar



a)Yüklenmemiş bir elemandaki görünüm.



b) Düşey ekseninde yüklenmiş bir elemandaki değişim ve görünüş.

Şekil 3.16. Beton kitlenin iç bünyesindeki şişmeden oluşan bozulmanın fiziki görünümü.

- 1- Dökülmüş kısım
- 2- Köprü pilonu (dikme)
- 3- Çatlama
- 4- Mesnet reaksiyonları
- 5- Köprü mesneti
- 6- Kaide, sütun ayağı
- 7- İnce çatlaklar
- 8- Açık, büyük çatlaklar

açıklanan maddelerin, etkilerin çoğu sadece iyi bir betona çok az derecede zarar verebilir, tahrip edebilir. Tabi, bununla beraber, aşağıda açıklanan tedbirlerin projelendirilme ve inşaat (ve onarım) aşamalarında gözönünde bulundurulmalıdır.

1) Sülfat etkisi bulunan bir ortamda kullanılacak beton mutlaka sülfata mukavemetli çimento ile imal edilmelidir. Özellikle; deniz yapılarında ya da tesiri altındaki yapılarda % 8'den fazla $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (Tricalcium aluminate) içermeyen portland çimentoyla beton imal edilmelidir. ASTM standard şartnamesine uyan C150, tip II, IV ve V'ler bu özelliği karşılar. Diğerleri Tip I ve III çeşitli çimentolar uygun değildir. Bayağı yüksek sülfat içeren bir çevrede (% 20'nin üstünde SO_4 veya beher milyonda 1000 partikülden fazla) ASTM standart şartnamesine uygun olarak C150, tip V'in ihtiva ettiği düşük de-
ğerde, $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ (tricalcium aluminate) ile harç hazırlanmalıdır.

2) Asidik bir çevrede; bağlayıcı maddelere etki eden asidin bir kısmını nötürleştirmek suretiyle, kireçli agreganın kullanılması zararlı atakları etkisiz hale getirecektir. Bununla beraber, daha olumlu yaklaşım ve tedbiri koruyucu kaplama çeşitleridir. Kauçuk ile lastik ile kaplama piyasada en makbul olandır. Bitümlü kaplamalar, zayıf asid çözeltilere karşı ve sülfat tesirlerden korunmak için çok iyi sonuç vermektedir. Bitüm solüsyonu emdirme/içirme, sülfatlı-deniz suyuna maruz kalmış yapıların korunması için seyrek olarak uygulanan bitüm kaplama yöntemidir. (8 nci bölüme bakınız) Aside karşı mukavemetli harç ile seramik, fayans kaplama en mükemmel tedbirdir. Beton yüzeyin sık sık su ile çalkalamak, durulamak gibi küçük işlemler dahi yardımcı tedbirdir.

3) Tahrip, zarar veren bir çevrede, betonda oluşan çatlaklar, kimyasal çözeltilerin nüfuz etmemesi için bitümlü kaplayıcılarla tecrid edilmelidir.

4) Alkalik agreg reaksiyonlarını önlemek için, açık olan husus kesinlikle çimentoda bulunan alkali muhtevanın % 0,6'yı aşmamasıdır. (K_2O yüzdesinin 0,658 katı ilavesiyle Na_2O 'in yüzdesi hesaplanır.) Çok az alkali ihtiva

eden çimentoyla, normal mucuru . kararak yapılan betonun bu reaksiyonlardan etkilenmediğini göstermiştir. (Eğer yüksek alkali içeren agregalar kullanılırsa, şüphesiz, bu seferde çimentonun içerdiği alkali oranında azalma kaçınılmazdır.) Bu husus rastgele uygulanmaz, üretiminde kullanılan killi ve şistli tabakaların terkiplerinde doğal olarak az veya çok alkali ihtiva eden Portland çimentosunda alkali miktarının sınırlanması esas olarak yatırımın ve dolayısıyla çimentonun maliyetini artırır. Aslında, agregayı sıhatsız etkilerden kaçınmanın, sakındırmanın en iyi hal yolu, onları denenmiş, bilinen kaynaklardan almak veya örneğin, ASTM standard şartname - C33'de açıklanan test yöntemi gibi bazı değerlerle önceden sınıflandırmaktır.

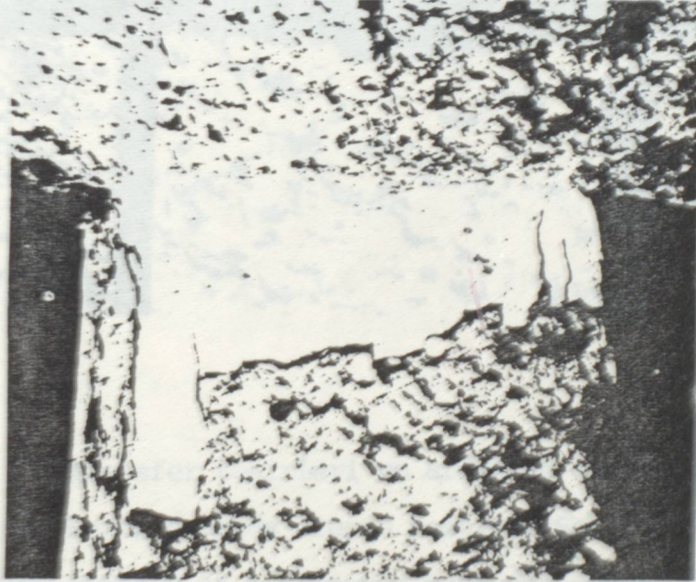
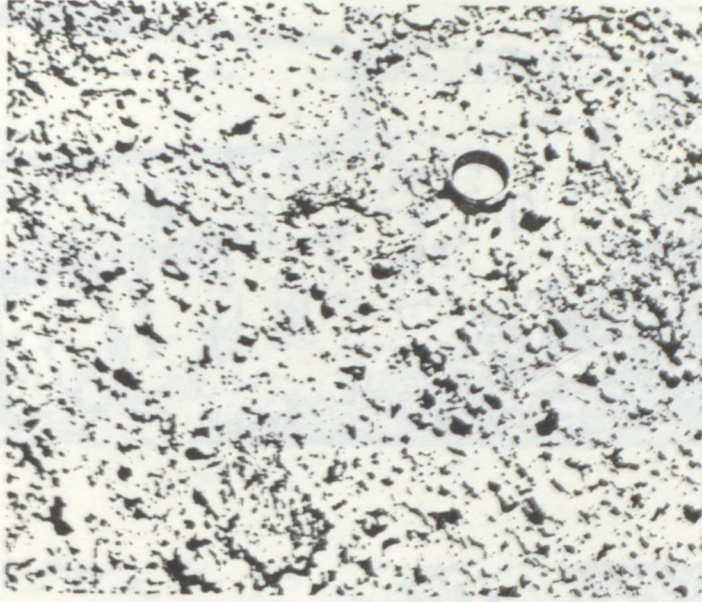
Reaksiyonlar neticesinde oluşan genleşme ve yayılma miktarının azaltılmasında köpük kaplamaların kullanılması oldukça faydalıdır.

3.2.7. Atmosfer Şartlarından Aşınma

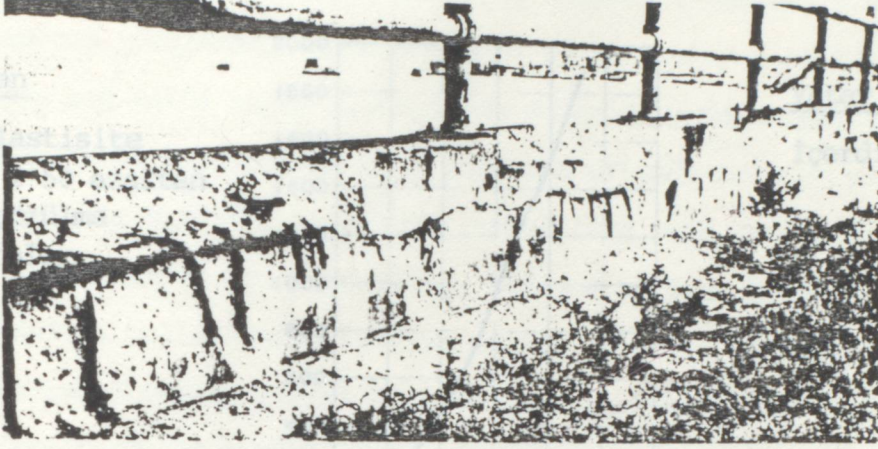
Açıklandığı gibi, beton bir dereceye kadar gözeneklidir ve rutubeti emer. Bu emilmiş rutubetle, eğer donma noktasında ısının bulunduğu ortamda ise, rutubet donacak ve genleşecektir ve hidrolik basıncın neticesinde beton yüzeyinde çatlamalara neden olacaktır. Çözölmeye müteakip, çatlamış yüzeyde kavlanma ve dökölme olacaktır. Bu işlem defalarca tekrar ederek, beton yüzeyinde dağılmaya, ufalanmaya neden olmaktadır. (Şekil 3.17, 3.18, 3.32, ve 3.33'e bakınız).

Önlemler: Donma esnasında beton tarafından emilmiş suyun genleşmesi sorunun temelini teşkil ettiğinden, sağlam ve yoğunluğu yeterli, kompakt beton kullanarak gözenekliliğin/porozitesini en aza indirmek en iyi tedbirdir. Özellikle, su/çimento oranı her çimento paketinde 23 lt'yi aşmamalıdır.

Donmaya karşı betonun izole edilmesi, tecritlenmesi, bir diğer faydalı yöntemdir. Su seviyesine yakın yerlerde veya gel-git hareketinin olduğu kısımlarında özellikle betonarme rıhtım yapılarında, iskelede bozulmayı önlemek için granitle kaplama bu konuda yapılan uygulamaların içinde en çok yaygın olanıdır. Bu çeşit bir kaplama erozyon/aşınma, kimyasal ataklara ve atmosfer şartlarından (yağmur, don, güneş, rüzgar vs.) ileri gelecek hasarlardan korun-



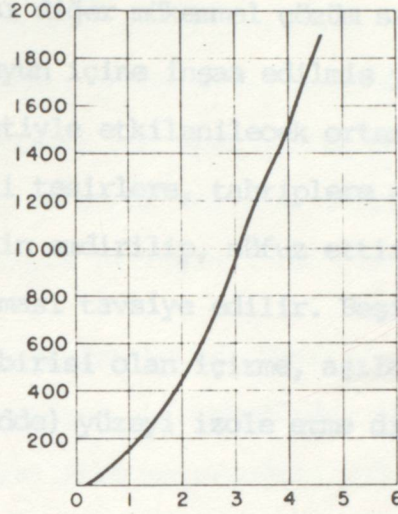
Şekil 3.17. Donma ve çözülme sirkülasyonları sonucu bozulmuş, ufalanmış yüzeyin hali (Şekil 3.17 a'da gösterilen fotoğraf makinasının lens kapağıyla dağılan yüzey ve parçacıkları orantılayabilirsiniz) Dağılmış, ufalanmış alandaki yer yer dökülmemiş kısımlara ve betonun tozumsu döküntü görünümüne dikkat ediniz (Şekil 3.17 a da A), Daha iyi beton özelliklerine sahip bölge dökülmemiş kısımları/yamaları oluşturmaktadır ve atmosfer tesirlerine maruz yüzeylerde bu tür görünümle sık karşılaşılır,



Şekil 3.18. Atmosfer tesirleri ve ardından donatının koroze olması neticesinde beton duvarda oluşan bozulma. Şekil 3.18 a bozulmanın genel görünümünü, Şekil 3.18 b oluşumun yakından görünümüdür. Betonun beyazımsı, insana karamsarlık veren, cansız, sıkıcı görünümüne dikkat ediniz. Kimyasal bozulma ve atmosfer etkisiyle oluşan aşınmada da bu görünüm hakimdir.

Düsey eksen

Dinamik Elastisite
Modülünü % 50 azaltan
donma ve çözülme
sirkülasyonları.



Yatay Eksen

İçerdiği hava yüzdesi

Şekil 3.19. Donma ve çözülmede beton mukavemeti üzerinde hava etkisi.

maya kısacası tüm amaçlara uygunluğuyla idealdir. Beşinci bölümde açıklanan ahşap kaplama uygulaması diğer mükemmel çözüm sağlayan yöntemdir. Kısmen gömülü, veya sığ sathi suyun içine inşaa edilmiş ya da dalgalara maruz kalmış bir yapıda hatta serpintiyle etkilenilecek ortamda bulunan yerlerde ya da bu türde özellikle şiddetli tesirlere, tahriplere açık yerlerde beton yüzeyin yoğunluğunu artırmak için emdirilip, nüfuz ettirilecek formda tecriti sağlayan iç kaplama kullanılması tavsiye edilir. Beşinci bölümün birinci kısmında açıklanan tekniklerden birisi olan içirme, aşılama ya da epoksiyle (bir çeşit sakız formunda madde) yüzeyi izole etme diğer tavsiye edilen bir yöntemdir.

Atmosfer tesirlerinin aşındırmasıyla tahrip görececek olan betonarmenin hassaslığına tesir eden en büyük faktör agreganın çeşidi ve tipidir. Örneğin mucur, kırma çakıl gibi köşeli, kırma agregalar, yuvarlak, oval yüzeyli agregalara oranla daha iyi bir davranış gösterirler. Birçok durumda, araştırmacı deniz ortamında kırma çakıl agregayla yapılan betonun yuvarlak tanecikli agregayla yapılan betondan daha iyi verim sağladığını, performans gösterdiği dikkatini çekmiştir. Araştırmacı Champion'da benzer sonuca ulaşmıştır. Yuvarlak taneciklerin sahip olduğu az yüzey alanı ve dolayısıyla zayıf, yetersiz birleşme gerçeği bizi bu sonuca muhtemelen götürmüştür. Keza, yine yuvarlak tanecikler kolaylıkla bulundukları beton kitleden oynatılarak çıkarılabilir. Ocaktan temin edilen denenmiş, test edilmiş agregası şüphesiz geçirimsiz ve kalitesini sürekli koruma özelliklerine vakıf olmalıdır.

Yukarıdaki hususlara ilave olarak 3.2. bölümünde 10 uncu paragrafta (3.2.10'da) yetersiz proje detayları başlığı altında tartışıldığı gibi, rutubete maruz kalma ihtimali çok az da olsa yapıda bu minimum ihtimal gözönüne alınarak projelendirilmeli ve drenaj/suyun tahliyesi uygun bir şekilde çözülmelidir.

3.2.8. Şok Dalgaları

Beton şok dalgalarına maruz kaldığı zaman dağılan, dökülen bir hassaslığa sahip, çok ayrışık, farklı türde maddeleri içinde bulunduran, heterojen bir

karişımıdır. Donatı, agrega, çimento ve diğer katkı maddeleri gibi bir çoğunun içinden geçen dalgaları herbirinin farklı iletebilmesi geçirgenlik değerlerinin farklı olması yüzünden bu özelliği kaçınılmazdır. Bu münasebetle, hazır dökülmüş kazıklar çok özel güçlük doğurmakta, sorun teşkil etmektedir. Genellikle ağır ve büyük kesitler olup, inşaasında, yerleştirilmeleri ve çakılma işleminde büyük titreşim sorunuyla karşı karşıya kalınmaktadır.

Bir diğer güçlük arzededen husus rıhtım ve iskele yapılarıdır. Eğer yeterli derecede tamponlanmamışsa, bir söndürüm sistemi oluşturulmamışsa, köşe, çıkıntı, çıkma gibi özellikle mukavemetin yoğunlaştığı kısımlarda, geminin rıhtıma yanaşması sırasında verdiği çarpma darbeleri yapıya hasar oluşturabilir. Temellerde makineler (özellikle eksantrik özelliklere sahip, yatayda titreşim yayanlar) benzer davranışlar ve güçlükler gösterirler. Ses sınırını aşan patlamalarda şok dalgalarının oluşturduğu negatif etki ve yapıdaki zayıflık tespit edilmiştir.

Önlemler: Deprem bölgelerinde elde edinilen tecrübeler ve harp yıllarında bomba infilaklarından zarar gören bölgelerden edinilen izlenimlerin gösterdiği şey: Ağır donatılı, büyük kesitler şok dalgalarına maruz kalındığında mükemmel bir mukavemet göstermektedirler. Tabi, böyle bir durum deniz yapılarında donatı çürümesine/ağır korozyonlara sebebiyet verir. Dolayısıyla uygun tamponlama, söndürüm sistemleri teşkil ettirmek en iyi seçindir. Keza, yine burada yuvarlak yüzeyli agregalar yerine kırma, köşeli kesitlere sahip iri, kaba kum, çakıl ile imal edilecek betonu kullanmak suretiyle titreşim dalgalarına karşı mukavemet artırılabilir. Bu sebeble; mucur, çakıl türü iri agregaya karşı çok daha iyidir. Hazır, dökülmüş kazıkların çakılmasında (kazığın muntazaman yerleştirilmesiyle ilgili şartlara, hususlara istinaden). Çakılma ameliyesinde; daha çok kazığın bir tepkiyle zemine fırlatılarak çakılması ve şahmerdanla dövülerek çakılma işleminin az uygulanması en iyi yöntemdir.

3.2.9. Erozyon/Aşınma

Aşağıda, anlatılan hususlar betonun erozyonunda çok sık görülen sebeplerdir. Tüm durumlarda; önlemenin, tedbirin asıl püf noktası, düz, pürüzsüz, yoğun, kompakt bir yapı ve yüzeye sahip iyi kalitede bir beton imal etmektir.

3.2.9.1. Kat Döşemeleri

Demir cantlı tekerleklerin yerini lastik tekerlekli araçlar almış, yaygınlaşan 16 ile 20 tonluk dingil ağırlıkları ile yük araçlarında büyük kapasite artışı olmuştur. Keza, yine ağır tekerlek yüklerine sahip olan alttan sürme çatallı kaldırıcı araçlar/forklif'ler kullanılarak yapılan malzeme aktarılması, kısa mesafeli nakliyesi şimdi çok kullanılan yaygınlıktadır ve işçi ücretlerinin oldukça arttığı ortamda işletmede ekonomik davranmaya eğilim vardır. Bu amaçla döşemelerde biriken, oluşan kir, toz hemen kaldırılmamakta, üstünden geçen ağır iş trafiğinin altında döşeme çizilmekte ve aşınmaktadır. Bu toz ve artıklar döşeme yüzeyini silip, taşıyıp, yıpratarak, aşındıran bir zımpara gibi çalışmaktadır. Sonuç olarak, hat döşemelerinin aşınması çok yaygın olan bir problemdir.

Önlemler: Yüksek mukavemetli betonun kullanımına atıfta bulunan 6 ıncı bölümdeki tavsiyelerde; düz, pürüzsüz, yoğunluğu yüksek, kompakt yüzeyler ve iyileştirme ile son yoklama yapılmasını önerir. İlave olarak; yüzeyi sertleştirici mineral veya metalik tozlar ya da aşınmaya mukavemetli bir tabaka eğer ekonomik olarak mümkünse çok faydalıdır. Bununla beraber son tabaka gibi incelik isteyen işlemler imalatının şartlarına, amacına uygun olarak kullanılmalıdır. Diğer bir çözüm olarak mağnezyum, çinko silikat veya sodyum silikat gibi sıvı sertleştiriciler de düşünülebilir. Bu tür uygulamalar tozlanmayı azaltır ve kimyasal atıklara ve dökülmelerin oluşturacağı etkilere karşı gösterilecek mukavemette yardımcı olur. Bunları, çok iyi inşaa edilmiş bir döşemede kullanmaktan daha çok zayıf yüzeylerin güçlendirilmesinde, takviyesinde kullanılması çok daha uygundur.

İtinalı işletme anlayışı ve mümkün olduğu kadar araç trafiğine uygun

endüstriyel vakumlu temizlemede iyi bir yöntemdir. Mümkün olan yerlerde; özellikle rıhtım inşaatlarında ve benzer şartları bulunduran yapılarda tabliye pislikten arındırılmalıdır.

3.2.9.2. Su Yapıları

Beton türbin kanalları aşınma hususunda güçlük çıkaran bir diğer hususdur. Suda asılı duran katı maddecikler yanak ve tabanını aşındırırlar. Asılı bulunan iri parçacıklar kanal tabanı boyunca, ilk düşüşüne müteakip akan suyun içinde takla atarak karışarak, çarpıp, oyup aşındırırlar. İlave olarak, asılı bulunan, sürüklenen tortu ve çökekler dahi söz konusu olmaksızın, sadece yüksek hızda oyulma, kovuklaştırma diyebileceğimiz kavitasyon kanal yüzeylerini aşındırabilir.

Önlemler: Kesitler, mümkün olduğu kadarıyla hidro dinamik eksen olarak ifadelendireceğimiz akış eksen çizgisine uygun oluşturulmalı ve pürüzsüz, düzgün, sıkı, kompakt, su geçirmez yüzey mutlaka elde edilmeli, malayla son düzeltme, perdah ve yoklamalar unutulmamalıdır. Küçük bir delik, çukur, ya da yüzeydeki düşüklük ve benzer çok küçük kusurlar dahi önemli aşınmalara ortam yaratır. Hem boyuna hem de enine olan birleşim yerlerinde, bağlantılarda, kesin ve kati bir hassaslık sağlanmalıdır. Burada genleşme veya hareketli birleşimlerin olduğu mafsallı yerler her zaman sorun olan detaylardır. Eğer bu derzlerdeki dolgu malzemeleri birleşen elemanların dinamik davranışına imkan yaratacak yeterli yumuşaklıkta ise, bu sefer de aşınmaya karşı iyi bir mukavemet göstermesi için muhtemelen fazla yumuşak ve hassaslıkta olacaktır. Bu tür birleşim yerlerinin her zaman gözlenmesi, kontrolü ve onarımı gerekir ve mutlaka bakım-onarım listesine dahil edilmelidir.

3.2.9.3. Bacalar

Özellikle, ağır kül ihtiva eden gazların atıldığı bacalarda aşınma çok ciddi problemler içeren bir sorundur. Buna mukabil, eğer yakım işlemi geliştirilmezse, ya da uygun gerçekleştirilmiyorsa, baca iç yüzeyinde astar, iç kaplama gibi izoleler kullanmanın dışında, bu problemten kaçınmak için yapılabilecek bir ufak şey kalıyor o da, eğer mümkünse, isteniyorsa baca duvarı

yüzeylerine direkt temasda olan kül ve gazların yönünü değiştirmek için perdeler/bölmeler kullanılabilir, fakat konulacak bu perdeler dahi çok büyük aşınmalara maruz kalmakta ve kendi başına büyük bir problem oluşturmaktadır.

3.2.9.4. Kuvvetli Dalgalı Bölgelerde Kıyı Yapıları

Bu tür kuvvetli dalgaların olduğu kıyıda ya da kıyıya yakın dalgalı bölgelerde, hiç durmadan kırılan dalgalar su dibinden yayılır ve böyle bir ortamda konuşlandırılmış yapıya, silt ve kum parçacıklarıyla büyük çaplı bir kum püskürtmesi bombardımanına tutarak aşındırır, diğer bir ifadeyle yapıyı dekape eder. Bu durum, faal olarak, milyonlarca defa tekrür ederek yıllarca devam eder ve en dayanıklı betonu, en sağlam kusursuz çeliği dahi yıpratır ve aşındırır. Bunu nispeten önlemenin, en azından atakların şiddetini azaltmanın, en aza indirmenin tek çaresi, kesitleri hidrodinamik olarak (yuvlatılmış kesit) teşkil ettirmek, geliştirmek ve kılıf ya da genleşebilen bir kaplama ile hazırlanmış ya da örtülmüş beton oluşturarak, oluşacak etkilerden korumaktır. Keza petekli, delik deşik, köpüklü beton ve dalgalı yüzey ve bölgelerde birleşim teşkil ettirmekten kaçının. Şiddetini kesmeden, aralıksız devam eden tesirler yapıyı aşındırarak açar ve hasarı genişletir.

3.2.9.5. Rıhtım Köprüleri

Kıyıda yüzen, serbest, başıboş buz parçalarıyla kıyı yapılarında, köprülerde aşınma, yıpranma sık sık karşılaşılan bir durumdur ve bu tür bir aşınmayı durdurmak için dövme demirden oluşturulmuş koruyucu plakaları veya taş kaplamaları kullanmak çok yaygın bir uygulama tekniğidir.

3.2.10. Yetersiz Proje Detaylandırılması

1'den 9'a kadar olan bundan önceki tüm şıklar, yersiz, özen gösterilmeden inşaa edilmiş veya amacına uygun olmayan inşaatlar, ya da betonda kullanılan malzemelerdeki noksanlık, kusur ve yetersizliklerin sonucunda ve tahrip edici çevre şartlarından kaynaklanan çeşitli hasar tiplerinden ya da sadece birisinden oluşan etkilerle meydana gelen bozulma incelendi ve irdelendi. Projelendirme esaslarının gerekleri tamamen tatbik edilip, uygulandığı zaman, pratikte

çok iyi çalışmayan, iyi sonuçlar vermeyen yetersiz proje detaylarının oluşumu insanların alakasını çekmektedir.

Çeşitli hacimlerinde, birimlerinde aynı amaca göre hizmet veren muhtelif yapılar incelense; projelendirilme aşamasında önceden görülmesi ya da tahmin edilmesi güçlük arzeden ya da mümkün olmayan yerlerde kesinlikle mevcut olan etkiler ve/veya kati olan, kesin olan detaylarla bağlantılı olan, müteakip defalar sık sık tekrar eden arızaların, bozulmaların olduğu gözlenecektir. Aşağıdaki paragraflarda bu çeşit detaylar açıklanmış ve incelenmiştir. Bu istenmeyen uygulamalardan mutlaka kaçınılmalı ve projelendirme safhasında açıklanan tesir ve tehlikeler kesinlikle gözönünde bulundurulmalıdır.

3.2.10.1. Değişik Açılı Köşeler

Şekil 3.20'de görülen bu detay takviye veren donatıda yoğunlaşan gerilme durumu tasarlanarak oluşturulmuştur. Bu şekil 3.20 b ve 3.20 c'de gösterildiği gibi, donatıda oluşan gerilme kuvvetinin etkidiği yönde değişiklik oluşturacak yanıl/enine mukavemet gösteren kuvvet dağıtılmak suretiyle geliştirilebilir.

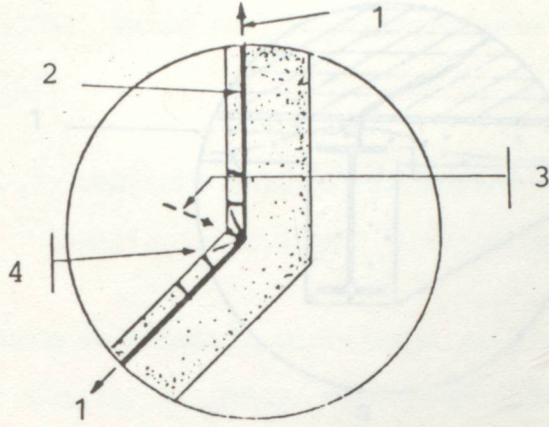
3.2.10.2. Kesitte Oluşan Ani Değişimler

(Şekil 3.21) Kesitte oluşacak herhangi bir ani değişiklik çatlamayla sonuçlanabilecek gerilme yoğunlaşmalarına sebep olacaktır.

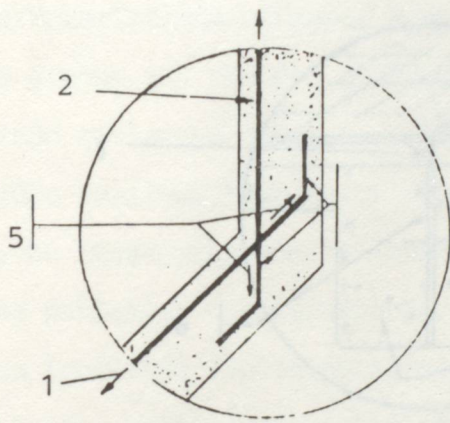
Şekil 3.21 a'da görüldüğü gibi böyle bir durum betonla kaplanmış çelik çerçeve ile olan birleşimlerde özellikle yaygındır ve kiriş üzerine kalın bir levha kesiti hazırlanıp yatırılıp ayarlanarak düzeltilme yapılabilir. Böylece aynı zamanda kiriş kaplamada, levha iyice içeri nüfuz ederek kuvvetli bir örgü, sağlam bir ortak çalışma sergileyeceklerdir.

Taşıyıcı yapıda teşkil ettirilmiş genişleyen veya büzülen birleşimler dolgu ve kaplama ile düzenlenmelidir (Şekil 3.21 b)

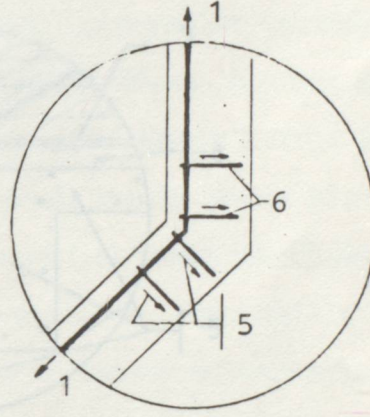
Köşelerde ekstra donatıyla düzenlemelere gidilmeli ve su boruları,



Zayıf Detay



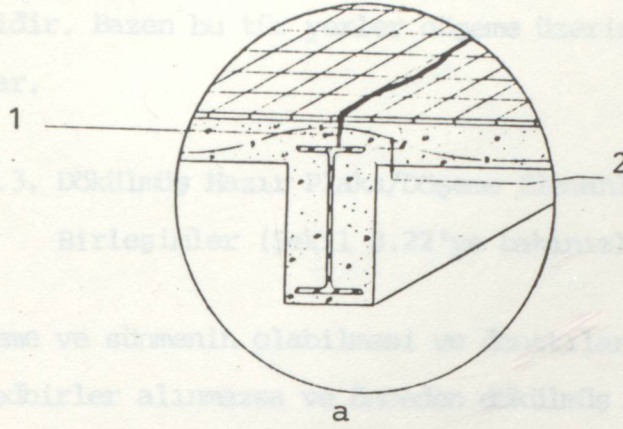
Daha iyi bir detay



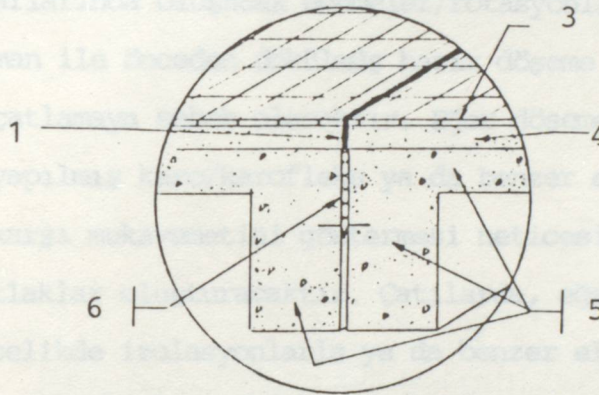
Alternatif detay

Şekil 3.20. Açılı köşelerde betondaki çatlama ve ezilmelerin önlenmesi ve sebepleri.

- 1- Gerilme kuvveti
- 2- Donatı
- 3- Oluşan gerilme kuvvetlerinin yönünü değiştirmesi için hesaplanan bileşke kuvvet
- 4- Betonda zorlanma çatlama
- 5- Teşkil ettirilmiş bileşke kuvvetler
- 6- Etriyeler ya da gerilme kuvvetini alacak ilave donatılar.



Betonlanmış çelik çerçeve (kaplanmış çelik çerçeve)



Dilatasyon aralığında döşeme boyunca taşımadan dolgu ve kaplama

b

Şekil 3.21. Kesitte ani değişimlerle oluşan çatlama

(Şekil 3.22 'yi de inceleyin)

- 1- Çatlak
- 2- Çalışan incelmış kesite dikkat
- 3- Kaplama
- 4- Dolgu
- 5- Beton kat veya çatı döşemesi
- 6- Yapıda dilatasyon aralığı

oluklar vs. gibi suyun atıldığı, döküldüğü yerlere özel bir itina ve dikkat gösterilmelidir. Bazen bu tür yerler döşeme üzerinde tehlikeli birikintilere neden olurlar.

3.2.10.3. Dökülmüş Hazır Plaka/Döşeme Elemanları Arasındaki Rijit Birleşimler (Şekil 3.22'ye bakınız)

Genişleme ve sünmenin olabilmesi ve donatılarının birbirine bağlanması için özel tedbirler alınmazsa ve önceden dökülmüş hazır döşeme üniteleri esaslı bir taşıyıcı özelliklere sahip olacak şartlarda projelendirilmezse, döşeme uçlarında/kenarlarında oluşacak dönmeler/rotasyonlar yerinde kalıplanmış betonlanmış eleman ile önceden dökülmüş hazır döşeme elemanı arasındaki birleşim yerinde çatlamaya sebep olacaktır. Eğer döşeme petrol ürünü asfalt gibi bir mamülden yapılmış karo/karofleks ya da benzer esnek bir malzeme ile kaplanmışsa, bu karşı mukavemetini göstermesi neticesinde döşeme esnekliğinden ötürü yine çatlaklar oluşturacaktır. Çatılarda, eğer asfalt izole tabakaları, naylonumsu incelikde izolasyonlarla ya da benzer elemanlarla kaplamaya gidilmezse, sızıntı, kaçak oluşacaktır. Esnek bir birleşim ve/veya esnek bir döşeme kaplaması ya da esneklik sağlayacak bir düzenleme şarttır.

3.2.10.4. Defleksiyonlar (Sehim, dönme, bel verme)

(Şekil 3.23'e bakınız). Genelde hareketli yüklerden oluşabilecek müsadde edilebilir defleksiyonlar açıklığın $1/240$ 'dan $1/360$ 'ına kadar değişiklik gösterir. Bu 6 m.lik bir açıklık için 1,67 cm den 2,54 cm ye kadar durumuna göre değer alır. Yapı gayet çabuk bu davranışa uyum sağlar fakat ilişkide olduğu duvarlar ve bölmeler için emilmesi, yutulması gereken birçok deformasyonlara da bunun yanı sıra neden olur. Sonuç olarak, taşıyıcı özelliği olmayan bölme duvarları tahmin edilmeyen yüklemelere maruz kalır ve eğer taşıyamazsa, şekilde görüldüğü gibi çatlaklar oluşmaya başlar.

Bu duruma uygun çözümler olarak; 1) Yapıyı yeterli rijitlikte teşkil ettir ve dolayısıyla defleksiyonlarda (sehim, dönme, bel verme,...) ve duvarların taşıyıcılık hususundaki katılım mertebelerinde bir azaltmaya git,

1- Dolgu tesviye ve/veya kaplama

2- Çatlak

3- Donatı

4- Önceki döşeme

5- Önceki döşeme

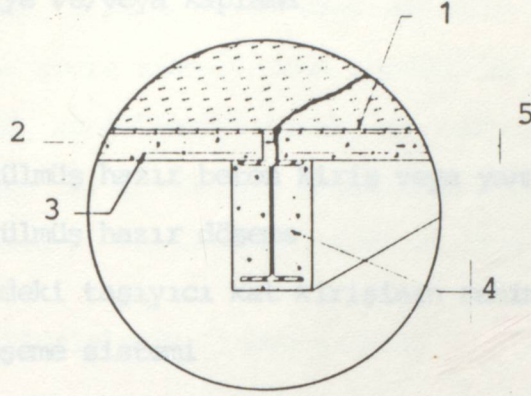
6- Lento üstündeki taşıyıcı

7- Arkadaki döşeme

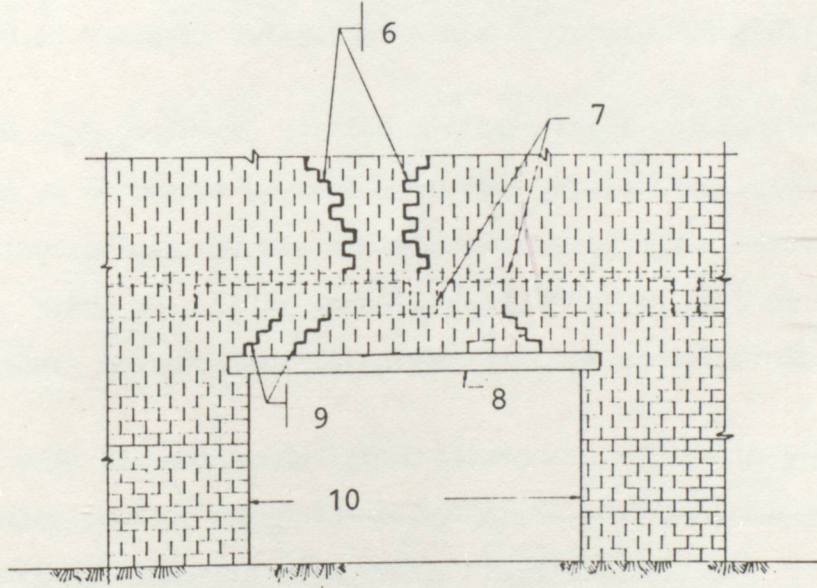
8- Lento

9- Lento

10- Duvar açıklığı



Şekil 3.22. Hazır döşeme ünitesinin sehimliyle çatlak oluşumu.



Şekil 3.23. Sehimle oluşan çatlama. (Benzer çatlak oluşumlar taban/temel yerleşmesi, oturması sonucu da görülür.)

- 1- Dolgu tesviye ve/veya kaplama
- 2- Çatlak
- 3- Donatı
- 4- Önceden dökülmüş hazır beton kiriş veya yanmaz çelik kiriş
- 5- Önceden dökülmüş hazır döşeme
- 6- Lento üstündeki taşıyıcı kat kirişinin sehimleriyle oluşan çatlama
- 7- Arkadaki döşeme sistemi
- 8- Lento
- 9- Lento sehiminden oluşan çatlama
- 10- Duvar açıklığı

3.2.10.6. Yetersiz Detaylandırılmış Bu Tahliye Olukları ve Denelilikler

Şeklin olan yerlerde, tahliye olukları köprü yol tabliyesinde veya parapet boyunca ya da bina boyuna altındaki yapıları su ile temas ettirmek amacıyla, yerleştirilmiş iyi bir tahliye borusu/yağmur borusuyla tekli edililmelidir. Yine, bu oluklar yeterli büyüklükte (en az 5 cm çaplı) ve süzgeçli tıkanmaları önleyebilecek nitelikte ve oluk genişliğinde olmalıdır.

Çoklu yapı elemanlarında (çatılar, konsollar, kaplamalar, denelilik, kumpas, saçaklık, alınlık vs.) suyun duvara nüfuz etmesi, ağır isalemleri önlemek için yiv, oluk, kanal, denelilik veya deneliler oluşturulmalıdır.

3.2.10.7. Yetersiz Drenaj

Betonarme yapıların detaylandırılması açısından çok önemli olan drenaj hatalarından birisi de yetersiz drenajdır. Yapı hiçbir zaman suyu biriktirmemelidir. Yatay yüzeyler, bina duvar hatları suyun tahliyesi için mutlaka eğilimli olarak yapılmalıdır. Çatılar ve zeminle temas eden yüzeyler, suyun yer ve altındaki elemanlarda toplanması ve bu toplanan suyun tahliyesi için mutlaka eğilimli olarak yapılmalıdır. Yatay beton yüzeylere drenaj kanalları yerleştirilmelidir. Yatay beton yüzeyler, suyun tahliyesi için eğilimli olarak yapılmalıdır.

2)bölme duvarlarını olası bir yüklenmeye karşı yeterli rijitlikte hesapla, 3)duvardaki çatlama, kırılma duvar üzerinde olan birleşimleri gevşeterek veya boşluk oluşturarak çevre elemanlardan çözülür ve ayrılır bu da döşemeyle duvar arasındaki bağ, kenetlenmeyi keser, 4) yukarıda açıklanan bazı kombinasyonları kullan veya 5) çatlakları kaçınılmaz olarak kabullen. Uygun çözüm hesaplanan harcamalara, kullanımına ve duvar inşaa tipine bağlıdır.

3.2.10.5. Birleşimlerde Oluşan Sızıntı

(Şekil 3.24 ve 3.25'e bakınız). Birleşimlerin olduğu yerlerde, suyun uzun ve dolambaçlı bir yol çizerek nüfuz etmesini sağlamak dolayısıyla geciktirerek, önlemek gayesiyle çok iyi detaylandırılmalıdır. Mutlaka tecrit edilmeli/izole edilmeli ve eğer mümkünse suyu durduracak küçük set/yiv gibi düzenler oluşturulmalıdır.

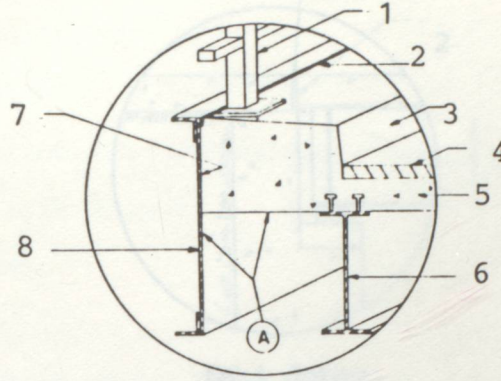
3.2.10.6. Yetersiz Detaylandırılmış Su Tahliye Olukları ve Damlalıklar

Mümkün olan yerlerde, tahliye olukları köprü yol tabliyesinde veya parapet boyunca ya da bordür boyunca altındaki yapıları su içinde bırakmamak şartıyla, yerleştirilmiş iyi bir tahliye borusuyla/yağmur borusuyla teşkil ettirilmelidir. Yine, bu oluklar yeterli büyüklükte (en az 5 cm çaplı) ve muhtemel tıkanmaları önleyebilecek nitelikte ve oluk genişliğinde olmalıdır.

Çıkma yapı elemanlarında (çıkma konsollar, kaplamalar, damlalık, harpuşa, saçaklık, alınlık vs.) suyun duvara nüfuzunu, ağır ıslanmasını önlemek için yiv, oluk, kanal, damlalık veya dereler oluşturulmalıdır.

3.2.10.7. Yetersiz Drenaj

Betonarme yapıların detaylandırılması aşamasında çok yaygın olarak yapılan hatalardan birisi de yetersiz drenajdır. Yapı hiçbir zaman suyu biriktirmemelidir. Yatay yüzeyler, hatta duvar üstleri suyun tahliyesi için mutlaka meyil vererek yönlendirilmelidir. Genişçe ve sıklıkla konulacak süzgeçlerle hassas yer ve altındaki elemanlarda korunur. Su borularının dışarıya açılan ağızları suyu beton yüzeyine bırakmamalıdır. Yüzeyden mutlaka uzağa atılmalıdır. Yüksek yerlerden yapılan su tahliyesinde yukarıdan zemine kadar boruyla indirilmelidir.



Not: Eğer birleşimdeki izolasyon dikkat ve özenle gerçekleştirilmezse, şekilde A ile gösterilen yerde bu tür birleşimlerin olduğu herhangi bir yerde çelik eleman ile beton yüzey arasında birleşim boyunca sızan su korozyona sebep olacaktır.

Şekil 3.24. Islanarak, suyun nüfuz etmesiyle oluşacak etkilere zararlara hassas olan bir detay.

- 1- Korkuluk
- 2- Birleşim ve izolasyonu
- 3- Bordür
- 4- Kaplama
- 5- Köprü tabliye
- 6- Boylama kiriş
- 7- Not'a bak
- 8. Yekpare veya teşkil ettirilmiş

Şekil 3.25'in açıklaması.

1- Birleşim ve izolasyonu

2- Birleşim ve dolgu

3- Bu kısımdan sızıntıların gözlemlenebilmesi için bir delik yapılmalıdır.

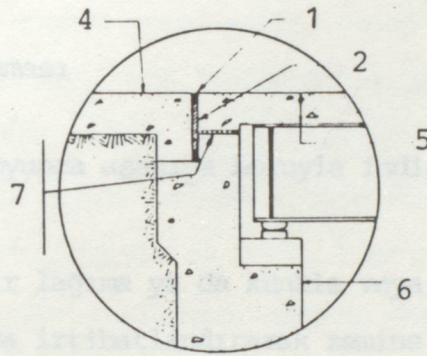
4- Eş yüzeyli bitişlik düzeneği

5- Döşeme tabliyesi

6- Kenar ayak

7- Asbest presli üstü grafit

Eski detay



Şekil 3.26'nın açıklaması

1- Tahliyenin yapıldığı boru

2- Boruyla tahliye birleşimi

3- Tahliye ağzının ve borunun dışarı çıkması ve tahliye yapma taşıyıcı ve montajı

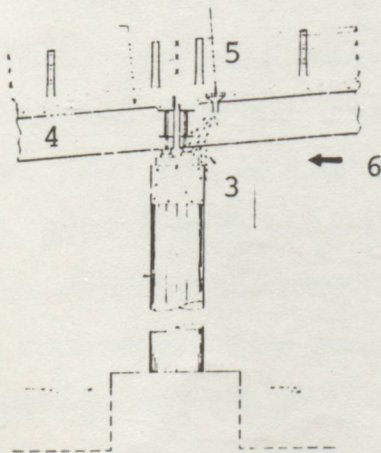
4- Döşeme tabliyesi

5- Tahliye boru

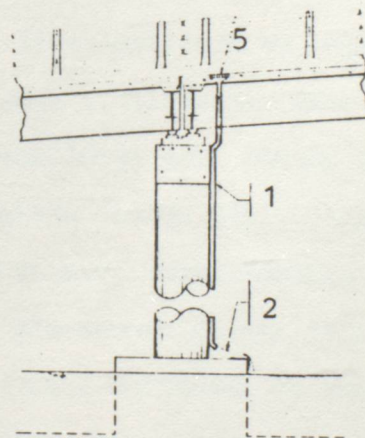
6- Abgax

Tadil edilmiş detay

Şekil 3.25. Birleşim boyunca suyun geçmesini önleyecek revize edilmiş detay.



A) Yetersiz uygulama



d) daha iyi bir uygulama

Şekil 3.26. Su tahliye uygulaması.

Şekil 3.25'in açıklaması

- 1- Birleşim ve izolasyonu
- 2- Birleşim ve dolgu
- 3- Bu kısımdan sızıntının gerçekleşeceğini farkına varılmalıdır.
- 4- Eş yüzeyli bitişik döşeme
- 5- Döşeme tabliyesi
- 6- Kenar ayak
- 7- Asbest presli üstü grafit kaplanmış mesnet.

Şekil 3.26'nın açıklaması

- 1- Tahliyenin yapı boyunca aşağıya boruyla indirilmesi yapıya sıçrayarak suyu önler.
- 2- Boruyla tahliye bir lağıma ya da künkile veya kanalizasyon edip uzaklaştıran bir bloğa bir oluğa irtibatlandırarak zemine ya da nehre boşalttır.
- 3- Tahliye ızgarası ve oluğun deşarjı rüzgarın da etkisiyle yapının taşıyıcı ve mesnetinde korozyon oluşturacaktır.
- 4- Köprü tabliyesi
- 5- Tahliye ızgarası oluğu
- 6- Rüzgar

3.2.10.8. Dilatasyon Aralığında Oluşan Problemler

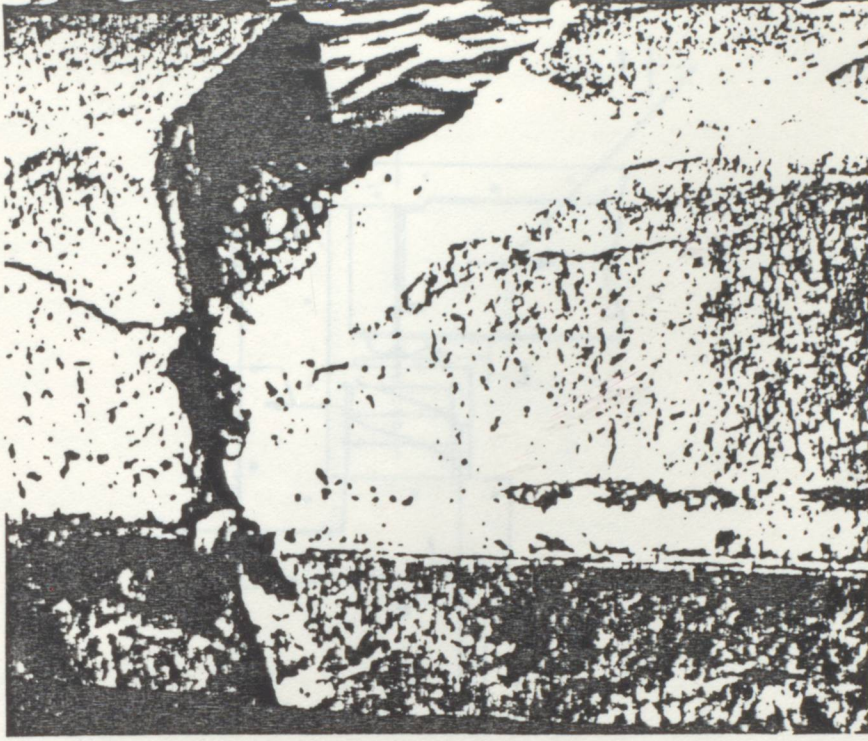
(Şekil 3.27 ye bakınız). Bu kusur mesnette birleşimde civar eleman ve bölgelerde zamanla kavlanma ve dökülmelere neden olur.

3.2.10.9. Rıhtım Yapılarında, Kolonlarda veya Mesnetlerde Tahmin Edilemeyen Kesme Kuvvetleri

Hareketli mesnet sistemleri korozyondan ileri gelen etkilere ve toz ve atık parçacıkları vs. nin boşluklarında toplanıp yığılmasından zamanla kımıldanamaz, hareket edemez hale gelir. Sonuç olarak; Boyuna, eksenel gelen kuvvetleri, bunu karşılamak için düzenlenmiş serbest mesnetin yerine kısmen de olsa sabit mesnet yüklenmekle, mukavemet göstermekle karşı karşıya kalır. Dolaylı yoldan taşıyıcı beton kesitte bu kuvvetlere maruz kalır. Diyagonal çekme gerilmelerinin oluşmasıyla da Şekil 3.28'de gösterilip, irdelendiği gibi şekilde görülen tipte çatlamlar oluşur. Burada bu durumu önlemenin yöntemi şekilde görüldüğü gibi etriyeler kullanmaktır. Hatta teorik olarak onlara ihtiyaç olmasa da, istenirse de, pratik olarak fazla maliyeti de yoktur ve çok iyi sonuç verir.

3.2.10.10. Kesit Ve/Veya Malzemede Uyumsuzluk

1- Uygun Kesitler: İri, dolu, kütleli ağır beton kesitler beraber bir ahenk içinde birbiriyle çalışamayacak ince kesitlere ya bağlanmış ya da irtibatlandırılmış diğer bir ifadeyle taşıttırılmıştır. Eğer uygun donatı atılmamışsa, Şekil 3.29 ve 3.30'da gösterildiği gibi benzer çatlamlar meydana gelecektir. Şekil 3.30'da gösterilen vakada olduğu gibi, oluşacak deformasyonlara çok iyi mukavemet gösteremeyen donatısız, kuşaklanmamış gövdedeki büzülme/buruşma deformasyonlarına mukavemet gösterecek donatı ihtiyacından başka, gerçekte başlıklarda büyük çaplı ağır donatı kullanımı da durumu iyice kötüleştirmektedir. Bu çeşit bir soruna istinaden, boyuna donatının % 0,5 ini veya fazlasını gövde donatısı olarak koymanız teorik olarak ihtiyaç göstermese de tavsiye edilir.



Şekil 3.28 a. Beton yatağında çatlama.

1- Şekil 3.27. Bir birleşim derzinde yetersiz irtibatlandırmanın oluşmuş kuvvet sonuçları. veya kuvvetlerin yüklerin aktarıldığı yüzeyin bozulmalarıyla artar.

2- Biriyle birleşim ve diğer

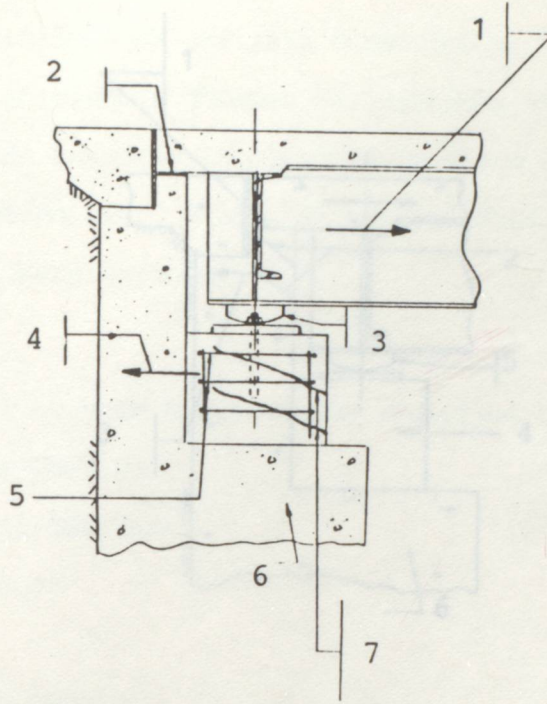
3- Yatay hareketli taşıyıcı

4- Boyuna aksiyal kuvvete karşı oluşan reaksiyon

5- Etkiler

6- Betonun açık kesit

7- Çatlamalar ve çatlaklara uygun tasarımların mevcut ki yetersiz kesit ve çatlakların sonucu oluşan çatlaklar. Düşey çatlaklar ve yatay çatlaklar gösterildiği gibi şekil edilerek bu çatlaklar.



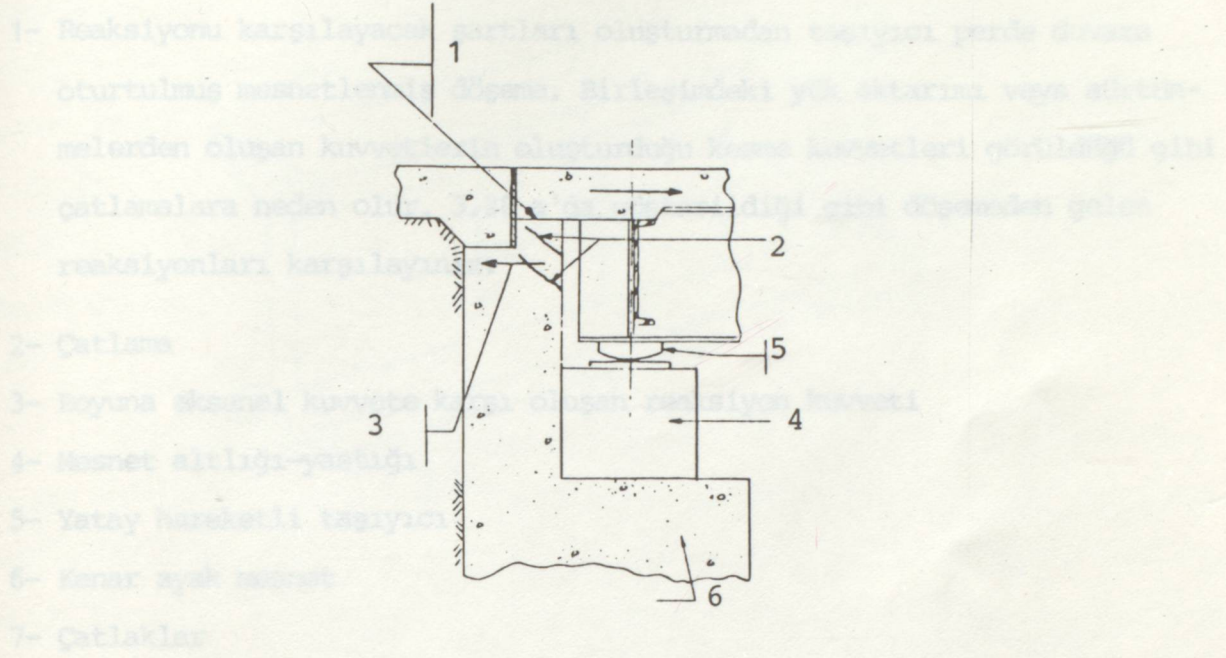
Şekil 3.28 b. Rahiye yatağında oluşan çatlama.

Şekil 3.28 a. Mesnet yatağında çatlama.

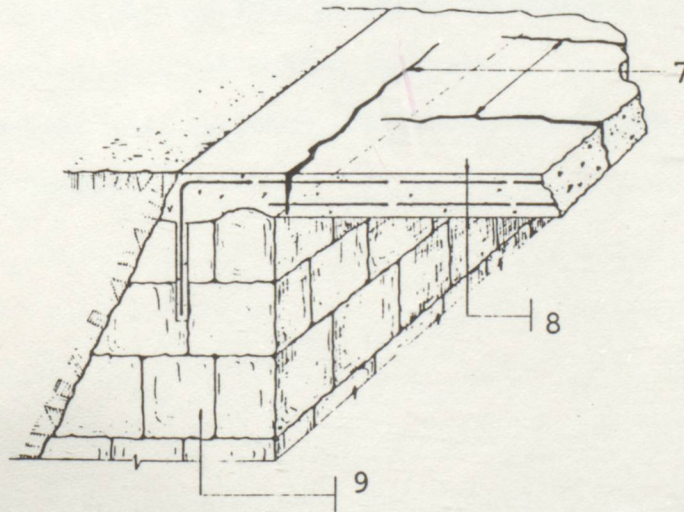
- 1- Mesnette taşıttırılan temasta olan yüzeylerdeki sürtünmelere karşı oluşmuş kuvvet (Korozyonla veya kuvvetlerin yüklerin aktarıldığı yüzeyin bozulmalarıyla artar.
- 2- Bindirme birleşim ve dolgu
- 3- Yatay hareketli taşıyıcı
- 4- Boyuna eksenel kuvvete karşı oluşan reaksiyon
- 5- Etriyeler
- 6- Kenar ayak mesnet
- 7- Genleşme ve esnemelemelere uygun tasarlanmış mesnetteki çekme mukavemet ve zorlanmaları sonucu oluşan çatlamlar. Düşey donatı ve yatay etriyeler gösterildiği gibi teşkil edilerek bu önlenir.

Şekil 3.28. yatağda betona kırılma sonucu oluşan çatlama.

Şekil 3.28 b ve Şekil 3.29'un açıklaması



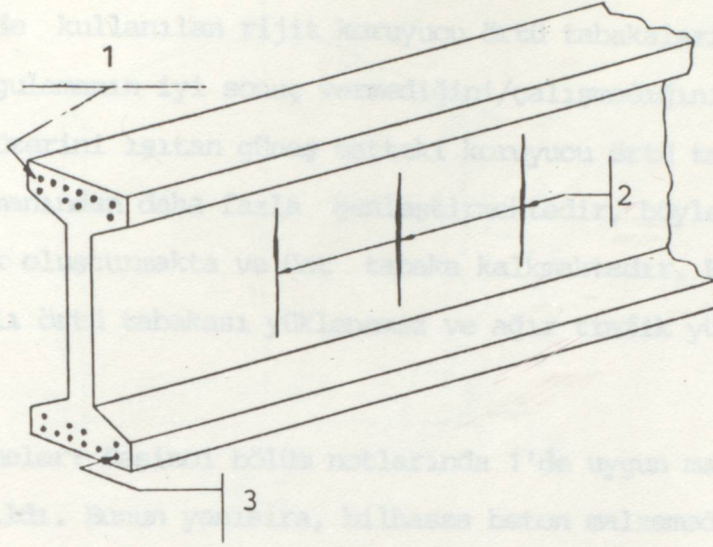
Şekil 3.28 b. Tabliye yatağında oluşan çatlama.



Şekil 3.29. Yapıda betonarme kesitte oluşan ani bir değişimle oluşan çatlama.

Şekil 3.28 b ve Şekil 3.29'un açıklaması

- 1- Reaksiyonu karşılayacak şartları oluşturmada taşıyıcı perde duvara oturtulmuş mesnetlenmiş döşeme. Birleşimdeki yük aktarımı veya sürtünmelerden oluşan kuvvetlerin oluşturduğu kesme kuvvetleri görüldüğü gibi çatlamalara neden olur. 3.28 a'da gösterildiği gibi döşemeden gelen reaksiyonları karşılayınız.
- 2- Çatlama
- 3- Boyuna eksenel kuvvete karşı oluşan reaksiyon kuvveti
- 4- Mesnet altlığı-yastığı
- 5- Yatay hareketli taşıyıcı
- 6- Kenar ayak mesnet
- 7- Çatlaklar
- 8- Yeni betonarme tabliye
- 9- Mevcut veya yeni taş yapı



Şekil 3.30. Betonarme I flans kirişte gövde çatlaması.

- 1- Flanş donatısı
- 2- Büzülme veya ısıdan mütevellit gövde çatlamaları. Boyuna gövde levhaları oluşturularak sağlamlaştırılır.
- 3- Flanş donatısı (Isı ve çekme, büzülmelerden oluşan etkilere karşı mukavemet verir).

Bir diğerk çok karşılaşılan uyumsuz kesitler hususundaki örnek; köprü tabliyelerinde kullanılan rijit koruyucu örtü tabakalarıdır. Tecrübeler böyle bir uygulamanın iyi sonuç vermediğini/çalışmadığını göstermiştir. Döşeme yüzeyi üzerini ısıtan güneş üstteki koruyucu örtü tabakasını alttaki tabliye elemanından daha fazla genişletmektedir, böylece iki tabaka arasında bir boşluk oluşmakta ve üst tabaka kalkmaktadır. Bu üstteki ince ve hafif donatılı örtü tabakası yüklenemez ve ağır trafik yükü altında parçalanır.

2)Malzemeler: Beşinci bölüm notlarında 1'de uygun malzeme kullanımının önemi tartışıldı. Bunun yanı sıra, bilhassa beton malzemede oluşan bir durum vardır ki bununla mutlaka ilgilenmek gerekir. Bu, sulu ya da aşırı haddinden fazla karıştırılma/titreştirilerek yerleştirme sonucunda kitlede oluşan tabakalaşmadır. Beton kalıbına döküldüğü zaman üniform değildir. Eğer burada özellikle kalıp aşırı vibratörle sıkıştırılmaya çalışılırsa ve harçda fazla su luysa, ya da vibratör betonun içinde rasgele bilinçsizce gezdirilirse, su ve ince, hafif maddeler yükselir ve üstte toplanırlar, ağır maddeler kalıbın köşelerine doğru akarak kalıbın şeklini alırlar. Benzer olarak, aşırı sarsma ya da kalıbın sallanması sonucu zengin çimentolaşmış/tam sementasyona girmiş harç kalıp yüzeyine yakın yerde ya da yüzeyinde bir tabaka oluşturur. Elde edilen sonuç betonda tabakalaşmadır. Burada; ihtiva ettiği rutubet/nem oranındaki değişme veya termal değişmeler sonucu ince tabakalaşmalar da oluşabilir. Bu tür uygulamalar kabul edilmemelidir. Şekil 3.36'da görülen soğuk birleşimlerde de bu tür sorunlar oluşmaktadır.

3) Sıvı tankı/depo türü yapılarda oluşan ısı farkı ve etkileri: Şekil 3.31'de gösterilen olayı göz önüne alalım. Güneşin ısıttığı deponun bir yüzü dairesel şekildeki kesiti eliptik hale değiştirmeye zorlar. Bu deformasyon, kesit A-A'da da görüldüğü gibi, kararlı, sabit ısıya sahip olunan yerlerde durdurulmaya çalışılır. (zemine gömülü taban döşemesinde, saçak gölgesi altındaki kısımlarda ve tankın/deponun diğer gölge düşüren cephelerinde). Bu iç mukavemet çatlamaları oluşturacak gerilmeleri ortaya çıkarır. Isı değişikliğinin yükselerek ya da düşerek değişmesine bağlı olarak bu gerilmeler tersine dönebilir. Döşeme ile duvarlar arasına yeterli derecede kavelye döşeyerek ve

Şekil 3.31-15 açıklamalar

1. Duvarlar

2. Çatlama

3. Güneş ışınları ile duvarın ısıtılması

4. Zemin

5. Taban duvarı

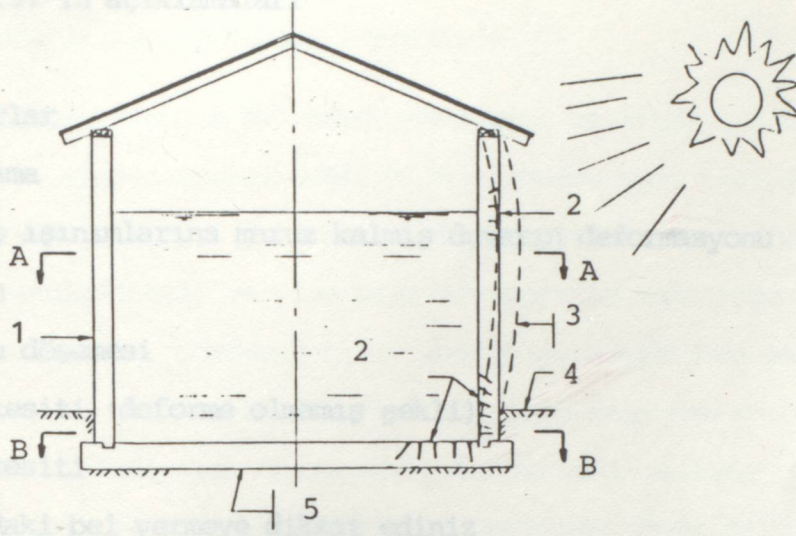
6. B-B kesitinde deforme olmuş duvar

7. A-A kesitinde deforme olmuş duvar

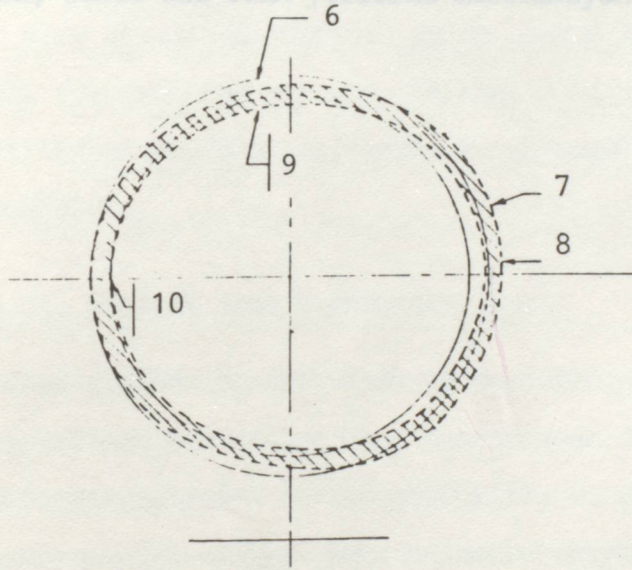
8. Yapıdaki bel vermesi

9. İç yüzeyde deforme olmuş duvar

10. Kararlı, deforme olmuş duvar



Düsey Kesit



A-A ve B-B kesitleri

Şekil 3.31- Bir su tankında ısı farkından oluşan etkiler.

Şekil 3.31'in açıklamaları

1. Duvarlar
2. Çatlama
3. Güneş ışınlımlarına maruz kalmış duvarın deformasyonu
4. Zemin
5. Taban döşemesi
6. B-B kesiti (deforme olmamış şekli)
7. A-A kesiti
8. Yapıdaki bel vermeye dikkat ediniz
9. İç yüzey deplasmanına dikkat ediniz.
10. Kararlı, sabit ısı olan yerlerde deformasyon yok olur.

duvarın her iki yüzüne ve duvarla döşemenin birleşim yerlerinde düşey donatılar kullanarak bazı önlemler alabiliriz.

Tank içinde sıvının bulunduğu seviyeler civarında, duvarda; sıvının emdiği ısıyla oluşan termal değişiklik yüzünden aynı tehlikeyle karşı karşıya kalınmaktadır. Keza, yine sıvı seviyesinin altında bulunan beton duvar sıvıyla doyurulmaktadır ve yine sıvı seviyesi üstünde bulunan kısımlar ise kurumaya çalışırlar. Dördüncü şıkda (beton malzemede nem geçirgenliği) anlatıldığı gibi, bu beton tank duvarlarında değişik şişmelere/kabarmalara neden olur. Tahmin edilemeyecek sıvı seviyelerine göre yatayda ve düşeyde bir sürü çatlama oluşacak ve yoğunlaşacaktır. Bu sebeble; duvarlarda düşeyde ve yatayda uygun donatı geliştirilerek tedbir alınmalıdır.

Benzer olay köşeli (dikdörtgen ya da çokgen kesitli) tanklarda/depolar-da ve düzenli uygun olarak yapının karkasına birleştirilmemiş ya da farke-dilecek eğrilik/bel meydana getirmeyen küçük boyutlu panellerle oluşturulmuş duvarlarda görülür.

3.2.10.11. Plastik akma/davranışın ihmali

Gerilmeler altında plastik akma ya da betonun yavaş değişimi/deformas-yonu çok iyi bilinen bir hadise olup zaman zaman ihmal edilmektedir. Yapı umulmayan deformasyonlardan zarar görebilir. Bu deformasyonlar; birleşimle-rin açılması ve yapıyı taşıyan veya mesnetlenen yerlerde çatlamlar olarak görülebilir, bu hususlar yapının projelendirilmesi aşamasında mutlaka gözönün-de bulundurulmalıdır.

3.2.11. Projelendirmede Yapılan Hatalar

Bu çalışmanın amacı projelendirme ve tasarımda yapılan temel hataları olduğu gibi tartışmak değildir. Tasarım/projelendirme hataları oluşur ve bunların belirtileri olarak da çatlar ve dökülür. Yine aynı şekilde diğer bozulma belirtileri burada tartışılmış ve anlatılmıştır. Tabi ki, problem teşhis, tanı konulurken bozulmanın/arızanın muhtemel olabilecek nedenleri/sebepleri incelenirken bu hatalar gözönünde bulundurulacaktır ve bunlarla bölüm 3.3. de detaylı olarak ilgilenildi.

3.3. SEBEBLERİN TEŞHİSİ

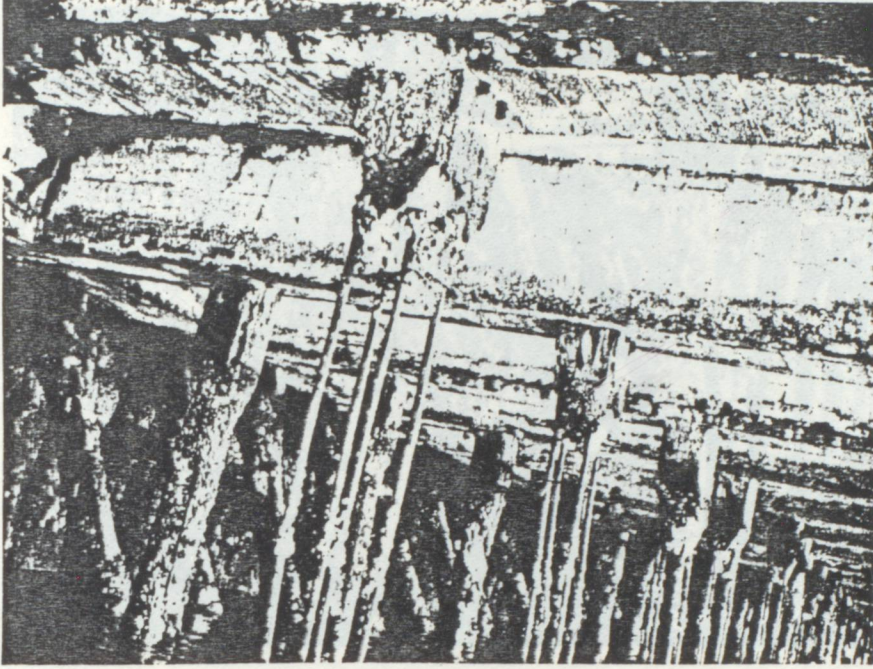
Birinci bölümde açıklandığı gibi, betonarme yapılarda bozulmanın sebeplerinin tespiti, teşhisi bir sonuca/çözüme ulaşılan kadar ihtimallerin elenmesini gerektiren oldukça geniş bir konudur ve ileri bahislerde teşhis için teklif edilen işlem ve uygulanma dizisini içerir. Maalesef, her zaman bu yöntem bizi tek çözüme ulaştırmamaktadır. Kısmen bu durum, bizim bu konudaki bilgi dağarcığımızın sınırlı olmasındandır. Bazen de; daha çok veri/done eksikliği ve özellikle yapının geçmişi hakkında kısıtlı bilgiler yüzünden olmaktadır. Örneğin; çimento çeşidi, karışımı, agreganın alındığı ocak, özellikleri, inşaa esnasında, betonun dökümünde hava şartları gibi temel bilgileri ve kazıklar için çakma mukavemeti ve zemin altındaki uzunlukları ve benzeri bilgilerin temini şu an mümkün olmayacaktır. Bu engeller olmasına rağmen, burada bir çok özel tecrübeler ve yaşanan deneyimler üzerine yazılan kılavuza kullanarak değerlendirme ve kabiliyet sergilenebilir ve uygulamayla da geliştirilir. Böylece anlaşılamayan ipuçları ilk sefer karşılaşılan durum bir dahaki sefere daha hızlı incelenecek, tanınacak ve kavranacaktır.

Teşhis, tanı koyma işlemine başlamadan önce, bir hususa dikkat ediniz; Eğer hasara, zarara neden olan etken açıkça anlaşılamıyorsa, işlemin bir yerinde takılıp kalma. Sorun belki aynı zamanda tesir eden birçok zararlı etken yüzünden çıkabilir, o zaman da diğerlerinin yapacağı/yaptığı etkilerin farkında olmadan sadece birini tanımlamak için uğraşma.

Adım 1 : Orijinal tasarımında/projesinde olabilecek hatayı araştır.

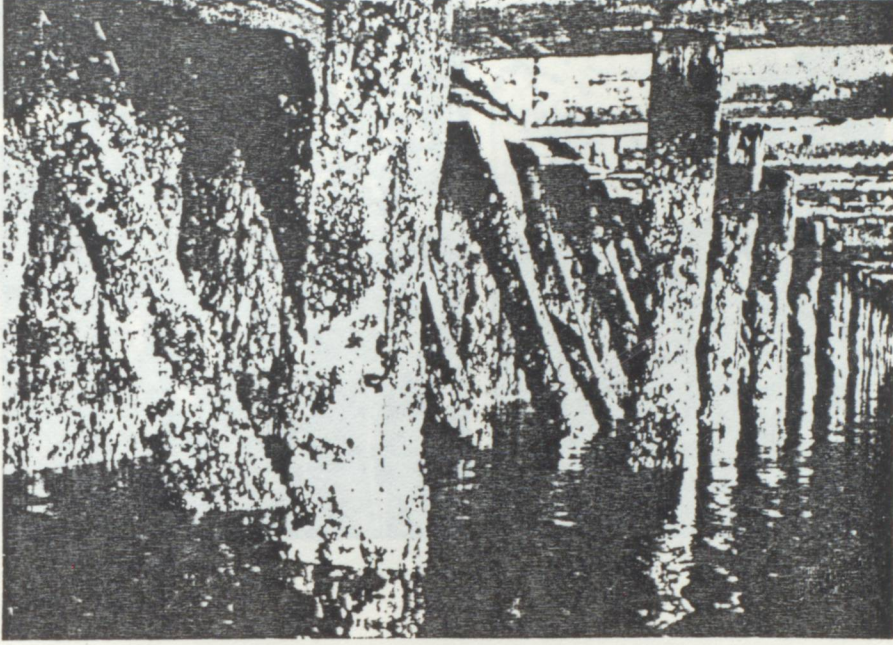
Projede/tasarımında görülen bazı eksikliklerden kaynaklanacak aşırı yüklenmeler ve gerilmeler ile oluşabilecek/oluşmuş olan durumu incelemek yapılacak ilk işdir. Bu mesleğe karşı saygımız vardır fakat çok nadiren de olsa hata oluşmaktadır. İşlemi aşağıdaki sırayla uygulayınız;

1) Önce, gözlenen bozulma emarelerine ne çeşit bir gerilme - kuvvet tipinin sebep olduğunu dikkate alınız. Örneğin; çekme gerilmeleri genellikle dökülme olmadan çatlamalara neden olur ve sadece bir ya da birkaç çatlak, çatlamaya sebep olan zorlanmaları durdurmak hafifletmek için yeterlidir. Diğer

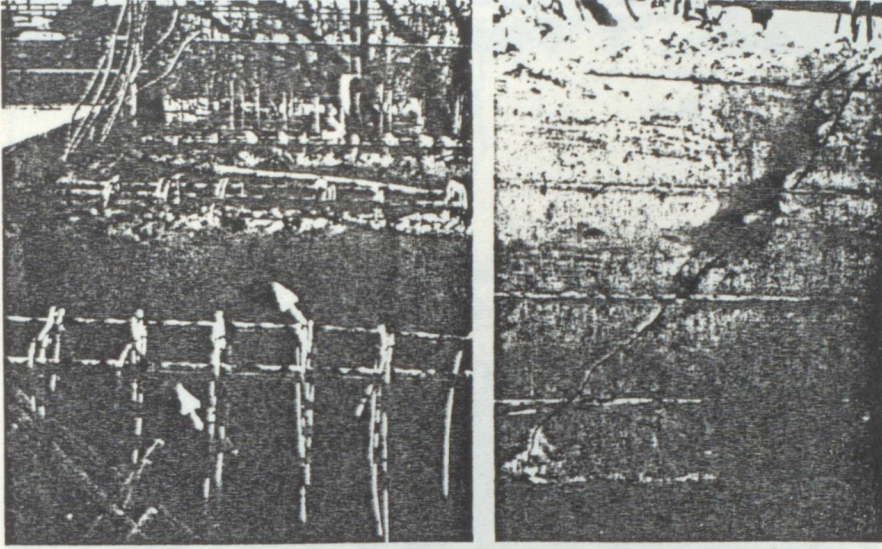


Şekil 3.32. Şekil 3.32'de görülen durumun son safhası. Dökümlerin durumu

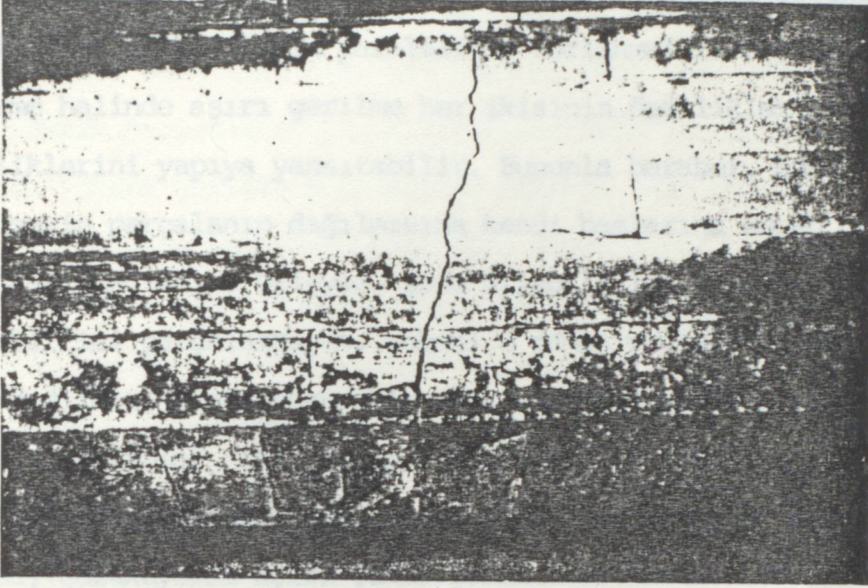
Şekil 3.32. Deniz ortamında çakılmış önceden dökme beton kazıklarındaki bozulma. Bu fotoğraf bir çok önemli hususu göstermektedir. Birincisi; donatılarda hala mevcut olan deformeler kazık köşelerinin deniz yüzeyinde dalgalı olduğu kısımlarında dökülmüş olması (kazıkların üst başlıklarıyla mukalese edilirse). Bu nedenle bu bir korozyon problemi değildir. İkincisi; en düşük su seviyesinin altında ve en yüksek su seviyesinin üstünde kazıklarda bir hasar oluşmamıştır. Bu suda olabilecek kimyasal etkileri ihtimal dışı bırakmaktadır. (Sülfat etkileri de dahil olmak üzere) Hafif lekeli kazıklar henüz döküldüğü anlaşılan kısımlardır bu da bozulmanın hala faal ve faaliyette olduğunu göstermektedir. Görülen durum atmosfer şartlarından oluşan etkilere ve buzlanmadan mütevellit aşınmalara atfedilmiştir.



Şekil 3.33. Şekil 3.32'de görülen durumun son safhası. Dikmelerin donatı çubuklarının etrafında kazıkların vaziyetini inceleyiniz, geriye çubuklardan başka birşey kalmamıştır. Kötü etkilere maruz kalmış yapılarda gerçek manada bir emniyet faktörünün gerekli olduğu sorusu akla gelebilir. Keza donatı çubuklarının hala iyi durumda olduklarına dikkat ediniz. (Bu fotoğraf çekildiğinde, yapı 17 yaşındaydı.) Bu kazıklar beton ceketle kılıflanmak suretiyle onarılmıştır.



Şekil 3.34. Bir beton kirişte diyagonal oluşmuş çekme çatlakları
 (a) Bir otoyol köprüsünde temele yakın bir yerin yıkım esnasında maruz kalması durumun genel görünüşü. Oklar (b)'de daha detaylıca gösterilen diyagonal yönde oluşmuş çekme çatlaklarının durumunu göstermektedir. (Çatlak hatların iyice anlaşılması, açık olması için belirtilmiştir. (a)'daki etriye aralarının düzensizliğine dikkat ediniz ve çatlaklar açıkca genelde olması gereken ortalama etriye aralığından daha geniş olan yerde oluşmuştur. Görünenlerden bir veya iki etriyenin yerleştirilmediği veya özensiz yerleştirildiği anlaşılıyor. Küçük bir kusur dahi çok ciddi sonuçları doğurabilir. Bu fotoğraflar inşaatta büyük dikkatin her aşamasında/detayında gerekli olduğunu anlatmaktadır.



Şekil 3.35. Şekil 3.32'de gösterilen yapının başlık kirişi. Bu tip çatlaklar genellikle başlık kirişlerinde bulunur. Kazıklarda oluşan hasar yüzünden mesnetlerdeki gevşeme davranış farklılığı neticesinde oluşur. Bunun onarımı kazıkların yeniden betonla kılıflanarak taşıyıcı kapasitelerinin yeniden kazandırılıp, kiriş çatlaklarının açılarak basınçlı püskürtme beton ile doldurulmasıdır.

taraftan, oluşacak aşırı basınç kuvveti ve gerilmeleri çoğunlukla dilim dilim kesilme ve dökülmelerin paralelinde zorlanmaları üstünden atar. Burulma veya kesme halinde aşırı gerilme her ikisinin özelliklerini ya da bir tanesini özelliklerini yapıya yansıtabilir. Bununla beraber, bunlardan hiçbirisi de, beton yüzeyin parçalanıp dağılmasına kendi başlarına sebep olacak aşırı gerilme durumları değildir. Öyleyse, şunu diyebiliriz; eğer yapıdaki zorlanmaların temel belirtisi parçalanmıyorsa, sebebi o zaman projelendirme/tasarım başlığı altında değildir. Yine benzer bir mantıkla eğer görülen temel belirti/emare dökülmemiş çatlaklar ise basınç gerilmeleri ve torsiyon ile kesme varsayımları ihtimal dışı kalırlar ve yine yapıda çatlamlar ve buna ilaveten dökülmeler varsa, gözükiyorsa aşırı çekme gerilmelerinden de söz etmek ihtimal dışıdır. (Şekil 3.39'e bakınız).

Yine, burada yapıdaki hasar ve kusurların konumu ile muhtemel olabilecek aşırı gerilme-kuvvet tipleri arasında bir ilişki kurmaya çalışınız. Burada kesme kuvvetlerini gövdelerin (kiriş gövdesi) aldığını, flanşların bel verdiğini/büküldüğünü ve torsiyon/burulma kuvvetlerinin enlemelerin ekistrim uçlarında/kenarlarında maksimum değerde oluştuğunu unutmayınız. Basınç veya çekme gerilmeleriyle gövdede aşırı yüklenilme belirtileri olarak oluşan gerilme çatlaklarıyla, flanşlarda oluşan kesme çatlaklarının görünümü birbirini tutmaz, aynı değildir. Sadece bir birleştirilmiş kuvvetler-gerilmeler tertibine maruz kalan elemanda (genellikle gövde kuşağında) bir istisna mevcuttur. Bu da analizle kontrol edilmelidir.

2) Ne çeşit bir gerilmenin kusuru/arızayı nüksettireceği bilinince, bunlar problemin olduğu yapı elemanı ile kıyaslanır. Örneğin; Eğer güçlük, çekme çatlaklarında olduğu gibi denenerek, teşhis edilmişse ve çatlaklar basınç başlığında oluşursa, burada birbirini tutmayan bir durum oluşur ve dolayısıyla aşırı gerilme durumu muhtemelen buranın problemi olmayacaktır. Benzer olarak, dökülme, çekme bölgesindeki gerilme şartlarında olmayacak birbirini tutmayan oluşumlardır ve ezilme kesme kuvvetlerinin ve çekme gerilmelerinin oluşacağı yerlerde beklenmeyen, uymayan oluşumlardır.

Keza, yine elemanda oluşacak hasarların ne konumda, yapı elemanının neresinde oluştuğuna dikkat ediniz. Her yapıda, bazı kesitler projelendirme şartlarından yüksek gerilmelere maruz kalırlar. Tabi bazılarında da bu durum oluşmaz. Burada yüksek gerilme bölgelerine tekabül eden bozulmuş alanların konumuna dikkat ediniz. Bu aşamada; elemandaki donatılarda olabilecek bükülme/bel verme ya da kopmaların olduğu yerlerde bu sebeplerden oluşabilecek çatlak ve dökülmelerin konumunu kontrol etmeyi unutmayınız. Ayrıca; mesnete yakın gövde-lerde oluşacak gerilme-kuvvet kombinasyonlarını da akıldan çıkarmamak gerekir.

3) Eğer, hala bir uyumsuzluk yoksa, o zaman hasarın kendisini incele. Çekme çatlakları gerilme eksenine takriben dik oluşurlar. Kesme genellikle diyagonal çekmelerin yanısıra bozulmalara sebep olur ve çatlaklar gövdede diyagonal olarak oluşur. Temel oynamaları civarı olan duvar açılımı ya da orta açıklıklarında bir eğiklik/eğrilik gösterecek şekiller oluşturmamalarına rağmen diyagonal çatlamlarla genellikle kendilerini gösterirler. (Şekil 3.35). Yapıdaki temel gerilme davranışlarını göz önüne getir (ısı, çekme-büzülmeleri ve ekstra gelen gerilme dahil etmemek üzere) ve bu tür bir hasarın oluşturacağı görünümle uyumunu incele.

4) Yukarıdaki işlemlerde, bazı hususlarda eğer uyumsuz, birbirini tutmayan bir durumla karşılanılırsa, bazı temel projelendirilme/tasarım eksikliklerinin sebep olacağı muhtemel oluşumlar çok uzaktır ve denenerek bu ihtimaller elenebilir. Herşey tamamen baştan aşağı kontrol edilmişse de buna rağmen, sorun projede/tasarımda bir noktada oluşabilir. Bu ihtimalle dikkatli bir gerilme analizi mutlaka yapılmalıdır. Aşırı gerilmenin değerlendirilmesi bir etken olarak ve bu adımda yapıldığı gibi sadece bir deneme tasfiyesidir. Eğer, sonuna kadar bu işlem takip edildikten sonra gözlenen durum hala henüz elenmemiş, değerlendirilmemiş etkenlere, faktörlere uymuyorsa, başa yeniden dön ve bazı anormal olabilecek veya özel gerilme durumlarını da kontrol et.

Adım 2. Potansiyel olarak mevcut olan etkilerin üç temel belirtiyle/emareyle mukayeselenmesi:

Gözlenen durumun muhtemel sebebi olarak yetersiz tasarım ve projeleri

elediğimizi kabul ederek, bir sonraki kıstas olarak, değerlendirme, üç temel belirtiyile bozulmanın sebeplerinin listelenmiş, işlem sırasını ve diğer teferruatlarını anlatan cetveliyle bir kontak, ilişki kurdukmak ya da oluşturmaktır. Tablo 3.3 bu hususda referans olarak teşkil ettirilmiştir. Dikkatli bakıldığında; örneğin; belirti beton yüzeyin dağılmasıysa, o zaman üç ihtimalli bozulma sebebi değerlendirmeye tabi tutulacaktır. (Kimyasal tesirler, atmosfer tesirleri ve aşınma'dır). Eğer belirtilerden biri kavlanıp, dökülmeysen, o zaman yedi temel ihtimal mevcuttur. (Bunlar, Dahili ısıdaki değişiklikler, donatıda kimyasal ve elektrolitik korozyonlar, kimyasal reaksiyonlar, atmosfer tesirleri, şok dalgaları (titreşimler), yetersiz proje/tasarım detayları ve projelendirme safhasındaki hatalar olabilir.) Eğer sorun çatlamaysa listenin ilk kolonunda çarpı işaretli muhtemel sekiz sebeble etraflıca ilgilendirilmelidir.

Adım 3. Kolaylıkla tanımlanabilen ihtimallerin değerlendirilmesi ve Elenmesi

Bu ihtimaller şöyledir :

a) Donatı çürümesi (koroze olması): Bu etmen kolaylıkla tanınabilir.

Donatı üstündeki beton tabaka olduğu gibi kalkar. ve çubuklar paslanır. İlk safhalarında donatı boyunca paralel çatlaklar dizisi/gurubu olarak bozulma oluşur. Bir zaman sonra, yarıлма satırları donatının bünyesi boyunca şekillenecek ve çatlaklar boyunca pas lekeleri oluşur, Son aşamada, kabuklaşmış tabaka dökülür, teşhiste: donatılı bölgeler ile eğer varsa çatlak bölgelerin rastlaşıp rastlaşmadığına, uyuşumuna dikkat ederek inceleyiniz. Yine çatlak ya da gevşek beton örtünün bir kısmını alarak, altındaki donatının paslı olup olmadığına bakınız. Beton yüzeydeki çatlama ve dökülme sınırıyla, altındaki donatının çürüme sınırlarına, gidişatlarına bakmak için bazı donatı çubuklarını uzuncana gözleme ve takipe alınız. Donatının arkasında, demir örgünün içinde bulunan betonun sağlamlığını kontrol ediniz. Eğer tüm cevaplar olumlu ise, pozitif ise; bu şunu çok açıklıkla göstermektedir ki bu bir korozyon/çürüme olayıdır. Şimdi bunun bir kimyasal çürüme mi yoksa elektroliz reaksiyonlar neticesi mi oluştuğunu araştırınız. Donatının bir kısmını iyice açığa

Tablo 3-3

Temel Sebepleri	Ana belirtileri			Etkenin Faaliyet Durumu
	Çatlama	Kavlanma (Parçalanma)	Ufalanma (Dökülme)	
1. İnşaat esnasında oluşan kusurlar	X			Faal değil
2. Kurumadan oluşmuş büzülmeler	X			Faal değil
3. Isıdan mütevellit gerilmeler				
a. Atmosfer dışındaki değişimler	X			Faal
b. Dahili ısıdan oluşan değişimler	X	X		Faal veya Faal değil
4. Beton tarafından rutubetin emilmesi	X			Faal
5. Donatının koroze olması				
a. Kimyasal	X	X		Faal
b. Elektronik	X	X		Faal
6. Kimyasal reaksiyonlar	X	X	X	Faal
7. Atmosfer şartları		X	X	Faal
8. Şok dalgaları	X	X		Faal değil
9. Aşınma/Erozyon			X	Faal
10. Yetersiz proje detayları	X	X		
11. Projelendirme hataları	X	X		

çıkarınız. Eğer korozyon kısa, sınırlı bölgede, aşınma, yenme ve oyulmalar oluşmuşsa ya da diğer çubukların içine bakan yanaklarında oluşmuşsa bu muhtemelen elektrolitik tesirlerdir. Eğer çürüme/korozyon elemanın tüm bünyesine genelde yayılmışsa bu muhtemel kimyasal korozyondur.

Daha sonra; bunun niçin oluştuğunu düşün. Eğer problem elektrolitik tesirler ise; neden olan serbest akımların kaynağı, nereden geldiği araştırılmalıdır. Mutlaka değerlendirmeye tabi tutulmalı yoksa sorun tekrar oluşur, tekerrür eder. Diğer taraftan, eğer korozyon kimyasal ise, bunun niçin oluştu diye araştırılması mevcudun sağlamlaştırılmasında ya da tekrar oluşmasının önlenmesinde bir fayda ya da değişiklik sağlamaz. Onarım işlemi olarak tavsiye edilen yöntem; donatı çubuklarının izole edilip kaplanmasıyla ileride oluşacak çürümelere karşı bir önlem oluşturmaktır.

Tanı konulduğu gibi, betondaki yoğunluk, rutubet emilme testi yapılarak incelenebilir ve uyu durumda olan yapının kesitlerinden alınacak numunelerle test sonuçları kıyaslanarak teknik durumları açığa çıkartılabilir. Eğer oluşan fark/değişiklik bir anlam ifade ediyorsa, beton kitlede iç bünyesinde oluşan ayrışıklıklarla, hacimlerle sorun inşaa aşamasında oluşmuştur ve tüm kontrol ve incelemeler bu ihtimal üzerinde yoğunlaştırılmalıdır.

b) Şok dalgaları/titreşimler: Eğer hasar henüz oluşmuşsa dolayısıyla izleri de harap durumda görünecektir. Çarpmadan ileri gelen şok dalgalarıyla oluşacak zarar buna örnektir. Betonarme kesitler genellikle kesiti saran donatan demir çubuklardan ayrılarak, koparak dökülecektir. Bu tür kırılmış, ezilmiş yüzeylerde bir tazelik ve atmosfer tesirlerine maruz kalınmamış intibası bırakan bir durum gözükür ve donatı elemanları koroze olmamıştır/çürümüştür. Keza, dökülme kesitte derinlemesine oluşmuş ve beton yüzeyde tabakalaşmaya ve sökülme kadar gitmiştir. Liman, demiryolu köprüsü gibi daima çarpmaya maruz kalınan yapılar bu tip yahu gurubunu oluşturabilir, dolayısıyla bu tip hasarlar böyle yapılarda beklenilmelidir. Şok dalgalarıyla karşı karşıya kalınmayan yerlerde eğer zarara neden olacak çok şiddetli bir dalga/titreşim olursa, yapının işletilmesinden ya da farklı kullanılmasından oluşacak

büyük davranış bozukluklarının üreteceği etkiler kaçınılmazdır ve bu tür sorunların oluşacağı yerler, çıkardığı problemine göre çok çabuk çözümlenmelidir.

Özet : Hadisenin akışı şöyle bir özetlenecek olursa; 1,2 ve 3. adımlarda sonuçların negatif/olumsuz çıktığını varsayarak, yetersiz tasarım/projelendirme korozyon ve şok dalgalarından oluşan üç ihtimali eylelim ve onbir temel etmenden oluşan orijinal listemizi bu şekilde sekize indirgemiş oluruz. Burada eğer temel belirtilerden bir tanesi parçalanma ise, ilgilenilecek üç ihtimal, dökülmeysse dört ihtimal ve eğer çatlama ise sadece altı ihtimal mevcuttur.

Adım 4 : Teferruatlı bir araştırma yap.

1. Yapının geçmişini araştır, ne zaman inşaa edildi ? Kim/hangi yüklenici tarafından ? hangi sezonda yapıldı ? Ne çeşit/cins çimento kullanıldı ? Kullanılan agrega çeşidi ve ocak/kaynak bilgisi, yapı inşaa yöntemi ne idi ? Beton pompalandı mı? Beton nasıl sertleştirildi/mukavemeti nasım ve ne şartlarda gerçekleşti. Bu gibi projelendirme ve inşaat ile ilgili konuları araştır ve oluşturacak gibi herhangi bir etken varsa, incele. Bu kazanılacak fikirler genellikle çok kıymetlidir.

2. Eğer yapının davranışında herhangi bir değişim varsa dikkate al ve incele. Düşey ve yatay istikametlerde incelemeni sürdür. Orijinal tasarımından bir farklılık arz ediyormu ? Eğer farklılık varsa, nasıldır ? İhtimal dahilinde olan tüm yüzeylerin basıklık ve yüksekliklerini kontrol et. Bunun tespiti çok zordur fakat bu inşaa aşamasında ya da yapıda bölgesel/kısmi çökmelerin/plastikleşmelerin olması durumunda formundaki belvermenin, yapının konumuna göre sehimin, tasmanın vb.i davranışa işaret eden değişiklikleri gösterebilir.

3. Bozulmanın tetkikini/incelemesini yap. Nerede oluşmuştur ? neresi ağır hasara/bozulmalara maruz kalmıştır/durumdadır ? Çatlakları işaretlerle, çizerek belirgin hale getir. Onlar herhangi bir şekil oluşturuyorlarmı ? Eğer bir şekil ifade ediyorsa, nedir ? Bu konuda araştırılan ve yukarıda sorunlarla irdelenen herhangi bir çatlak şekli meselenin çözümü için çok değerli

bir ipucudur.

Adım 5. Muhtemel emarelerin değerlendirilmesi:

Bu bölüm en zor ve en fazla muallakta kalınan kısımdır. Genel olarak, işlem aşağıdaki hatlarıyla oluşur :

a) Parçalanmanın oluştuğu yerler:

Yapılacak ilk şey sağlam olmayan elemanların/malzemenin saptanmasıdır. Bozulmuş malzeme örneklerinden al, maruz kalınan etkenin özelliklerini/karakterini laboratuvar şartlarında sapt. Eğer elemanı oluşturan öğelerden bir tanesi sağlıklı/uyumsuz olarak bilinenlerdence sonuç açığa çıkmış ya da ulaşılmış olunacaktır. Fakat durum böyle değil de hala kabul edilen standart şartlara/kaliteye uymuyorsa, yine yaklaşık ve tecrübesi mümkün bir sonuca ulaşılmış olacaktır. Eğer malzemeyi oluşturan öğeler sağlamsa, uygunsa o zaman eldeki üç etkenden başka sonuç/çözüm yoktur. Bunlarda kimyasal etkiler, atmosfer tesirleri veya aşınma'dır. Önce çevre şartlarını inceleyerek bunlardan hangisinin ilk planda etken olacağını araştır. Eğer çevre şartları sıcak, tropikal ya da tropikala yakın iklim kuşağına sahip olması sebebiyle yapının bozulmuş kısmının donma ve çözülme sirkülasyonuna maruz kalamayacağı kesinse o zaman bu yolla bozulma ihtimali dikkate alınmaz ve geriye kimyasal etki ve aşınma ihtimalleri kalıyor. Eğer bozulma rutubetli bir bölgede oluşmuyorsa o zaman yine atmosfer tesiri ihtimal dışıdır.

Aşınmayı değerlendirmeye çalışırsak bozulmuş kısmın bu türden bir etkiye maruz kaldığını ve agrega taneciklerinde bir erime, yenilme gibi aşınma ve parlaklık gibi belirtileri tespit edilirse ve eğer aşındıran etmen yüzeyin ani olarak atmosfer etkisinde kalması veya tekerlekli bir araç vurmasından oluşacak tahrip olma değilse, agrega parlak yüzey ve/veya yivli, çizgili bir yüzeyle görülecektir. Burada parçacıkların bahsedilen trafik etkileriyle (vurma/çarpma) ezilmeye, parçalanmaya ve kırılmaya uğramadığına dikkat edilecektir.

Şimdi, beton kitleye etkimiş zararın/hasarın ne kadar boyutta, derinlikte nüfuz ettiğini inceleyiniz. Eğer betondaki bozulma çok derinlere kadar etki-

mişse, yayılmışsa, o zaman problem muhtemelen kimyasal etkilerdir. Örneğin, bir çalışmada, sülfat etkilere maruz kalmış bir kıyı duvarı beton yüzeyinde 5,6 cm derinlikte kazınarak/eşelenerek incelenmelidir. Don, özellikle kitlede herhangi bir dökülmeye maruz bırakmadan derinlemesine nüfuz etmektedir. Yine diğer taraftan, eğer bozulmanın boyutu, derinliği bir kaç cm.nin içinde kalıyorsa nispeten sathi ise o zaman sorun kimyasal tesirlerden de olabileceği gibi atmosfer tesirleri de olabilir. Fakat yüzeysel bir bozulmaysa, bu daha çok atmosfer etkilerindendir.

Kimyasal etkilere maruz kalmış beton tarafından açığa çıkmış belirtileri araştır, dolayısıyla beton yüzeyden genelde daha ileri çıkmış, çıkıntılı tanecikler ve harçda gevşek sementasyon/çimentolaşmayla görülür. (Şekil 3.13 den 3.15'e kadar görünüz). Sonra, beton yüzeyinin sağlam ve bozuk olan kısımlarından birçok numuneler al ve bunları kimyasal ve petrografik/kayaç bilgisi analizlerine tabi tut ve sonuçları mukayese et. Eğer bozuk dediğimiz kısmın terkiibi, teşkil edilen bileşimi tamamsa, kimyasal atak ihtimal dışıdır. Eğer değişik ise veya yeni terkipler oluşmuşsa ya da mevcut bir yada daha fazla terkip yok olmuşsa veya dikkat çekecek şekilde tükenmekteyse, kimyasal etkilerden söz edilebilir. Bu değişimde oluşan yeni terkip mevcut oluşmuş reaksiyonlara karşı bir ipucu, bilgi oluşturur.

b) Betonda kabarma-şişme mevcutsa:

Bu 4.adımda düşünülebilirdi. Eğer mevcutsa üç tane muhtemel sebep vardır. Bunlar kimyasal reaksiyon, rutubetin beton tarafından emilmesi veya beton kitlenin ısısında yükselmedir. Bu üç etkenin aynı yapılarda faal olması durumunda, hangisinin faal etken olduğunu söylemek çok zordur. Burada yapının/betonun iç ısısını okumayı/tespit etmeyi dene. Bu sondaj deliğiyle mümkündür, bu üstünde mevcut delik varsa ya da matkapla açarak olur. Bu delik aynı zamanda kimyasal ve petrografik/kayaç bilgisi için analizlerde de elemanın iç bünyesini açığa çıkartmakta kullanılır ve yukarıda a şıkında açıklandığı gibi yapıdan alınan sağlam numunelerle mukayese edilir.

Çevreyi kontrol et, beton kitlenin doyurulması için su mevcut mu? Eğer değilse, rutubetin emilmesiyle şişmenin, kabarmanın oluşamayacağı aşikardır.

Yine çok önemli olan bir husus yapının değişik kısımlarında oluşan kabarmanın, şişmelerin miktarının çizilmesi/işaretlenmesi ve belirginleştirilmesidir. Muhtemel sebeplerle ve yapının çevre şartlarıyla bu bilginin doğrulanması gerekir.

Eğer hacim değişikliği çatlak şekillenmeleriyle oluşmuşsa, sağlam olmayan malzemelerin kullanımı ya da bazı benzer hadiseler sonucu oluşmuştur kimyasal reaksiyonlardan şüphe edilmelidir.

c) Betonda dökülme: (1 ve 3. adımda)

Yetersiz projelendirme ve donatıda çürüme değerlendirmeye tabi tutulup, elenmişti. Eğer dökülme mevcutsa; en büyük ihtimal sihhatsiz proje detaydır. Eğer böyle bir şey sebep ise; betondaki eksiklik ve sağlıksız detay muhtemelen beraber mevcut olabilir. Problemlili noktanın etrafındaki yapının detaylarını incele. Bir diğer ihtimal kimyasal ataktır. Alkalik agreganın varlığına veya benzer reaksiyonlara işaret eden erimiş atık donatı oluşup oluşmadığını kontrol et.

Eğer dökülme geneldeyse, büyük bir ihtimalle donatı korozyonundan ileri gelmiştir, dolayısıyla bir kere daha bu ihtimali değerlendirmek için iyice incele. Bununla beraber eğer bu kesinlikle korozyondan değilse, iç ısı değişimlerinden, atmosfer etkilerinden veya kimyasal ataklardan olabilir. Bu ihtimaller olduğu gibi kontrol edilmelidir ve yukarıda a ve b şıklarında açıklanan proses ile bunların ayırımı yapılır.

d) Çatlamadan ibaret olan bozulmalar:

Nemin emilmesi yüzünden oluşan betondaki kabarmalarla sorun açığa çıkarsa ki bu durum birçok aşamada görüldü ve yine dikkate alınmayabilir. Buna göre, değerlendirmenin bu aşamasında; beş tane ihtimal geriye kalmıştır. Bunlar; 1) İnşaa aşamasında imalatla oluşacak küçük hatalar, 2) Çekme büzülmelerinden oluşacak gerilmeler, 3) Isıdan oluşacak zorlanmalar, 4) Kimyasal reaksiyonlar ve 5) Yetersiz projelendirme/tasarım detayları.

İlk ilgilenilecek husus ısı ve çekme-büzülme gerilmeleridir. Çatlaman/çatlama ihtimali olan kiriş, döşeme vb. eleman ve yapıyı gözönünde canlandır. Ani değişikliklerin olduğu kesitlerde, açıklıklarda, geçmeli, manşonlu birleşimlerin bulunduğu boru gurublarında veya boru, oluk ve benzeri atık ya da yağmur suyu hattının açılımı olan yerlerde ya da yakın civarında yahut ta bu tür benzer yerlerde gerilimin/zorlanmanın olduğu bazı noktalarda kusurlar/hatalar yapılır mı? Oluşur mu? Eğer cevap evetse; ısıdan ve çekme büzölmelerinden oluşacak etkiler muhtemel sebeplerdir. Daha sonra ilgilenilecek husus; hatanın olduğu bölgeyle zorlanmanın yapıda yoğunlaştığı nokta arasında ilişki-bağıntı kurulmalıdır. Ne çeşit bir gerilme şekli ısı yükselmesi sonucu oluşabilir? Isıdaki düşme neticesinde çatlak nasıl davranışa girerdi? Gidişatı ne olurdu? Isı düşmeleri her zaman mevcuttur mu? Eğer ısı düşüşleri olsaydı yapıdaki herhangi bir kıvrılma,bükülme emareleri olur muydu? ya da öyle bir eğilim doğarmıydı?

Gerilmenin akış şeklini ya da yoğunlaşma gidişatını resimlersek, taslak olarak tariflersek, çatlaklar bu gerilme hattına dik mi oluşur? Isı düşmelerinden oluşan şekillenmelere yapı elemanında gözlenen kıvrılma ve bükölmeler uyuyormu? İntibak gösteriyor mu? Elemanda gözlenen bükölmelerle, şekil değişiklikleri yüzünden ya da bitişigindeki betonlamada zamanlama farklılığı yüzünden oluşan büzölmelerdeki farklılıktan kaynaklanacak gerilme ile bir intibak, bir uyuşum oluşabiliyormu? Eğer bunların cevabı evetse; sorun muhtemelen ısı ve büzölmedir ve alternatifi olarak yapıdaki zorlanan yerler iyileştirilir. Ya da öylece bırakılır. Bir sonraki sorun proje detaylarıdır. Yukarıda açıklandığı gibi detaylar ve kusurlar genellikle beraber oluşur. Dolayısıyla bir ilişki kurulabilir.

Büzölme gerilmesi ve ısı etkisine uyarak çatlaklar bir şekil oluşturuyorsa. inşaa aşamasında, oluşan kusurların çoğuyla ya da biriyle uyuşan, aynı prensiple davranın kısım ya da çatlak şekillenmelerle b şıkında açıklandığı gibi ilgilen, incele. Eğer merkezden dışarıya yayılan yıldız biçimli ya da eşeksenli çatlak şekillenmeleri varsa, oturma/çökme muhtemeldir. Bu

her tarafından yapının tamamen oturması yüzünden ya da inşaa esnasında tabanında oluşan bir çökmeden olabilir. Dördüncü adım ile ilintili olarak araştırma yapılırsa, muhtemelen düz beton yüzeyindeki bel vermeyi görürüz. Betonun sertleşmesi esnasında kalıpların muhtemelen oynaması/sallanması hususunda düşünülmesi gerekir. Yine çatlaklar yüzde paralel ve yüzeyselse, betonun sertleşmesi aşamasında kalıpların oynamış olması ihtimal dahilindedir. Üst donatı hasırının altından yatay bir yarıma sathı olarak çatlaklar oluşursa, betonda çökme mümkündür.

Eğer çatlaklar izole edilirse, harici yüklenmelerden ya da ısı ve çekme büzülmesi etkilerinden gelecek bazı aşırı pozitif gerilmeler olası etkileri oluşturabilir. O halde buna göre; ısı, büzülme veya bazı proje/tasarım kusurları incelenmelidir. Aşırı yüklenme çatlakları orijinal gerilme hattını takip eder. Bu çalışmalarda görülür ve nispeten ayırt etmek kolaydır.

İlgilenilecek Diğer Hususlar:

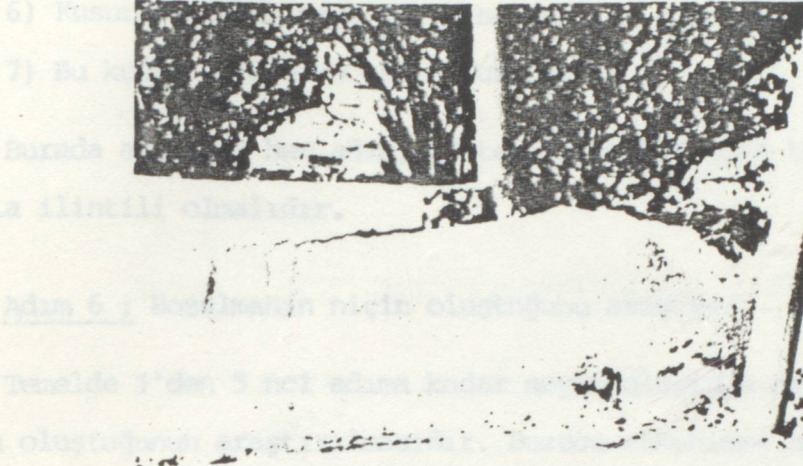
1) Sadece betonun çekme bölgesinde mi çatlaklar oluşmuştur yoksa basınç bölgesinde de var mıdır ?

2) Çatlaklar tüm kesite nüfuz etmiş midir ? Yayılmış mıdır ?

3) Çatlak derin midir yoksa yüzeysel midir ? İç bünyesinde dışta ya da her iki durumdan oluşmuştur.? Örneğin, eğer çatlak sadece içten ise, beton kütlede hacim değişikliğine sebep olan ısı, nem değişikliği ya da kimyasal reaksiyonlar gibi herhangi bir faktörden şüphelenileceği gibi kalıpların oynatılmış olmasından da şüphelenilmelidir. Buna benzer olarak yüzeyde oluşan çatlamlarda büzülme ihtimali de düşünülmelidir.

4) Çatlak kısım, şekillenen yüzeyinde donatı miktarında veya kesitindeki bazı değişimlerle uygunluk göstermekte midir ?

5) Çatlak hat, yapı kesitinde anlık da olsa dökülen ayrı beton harçlarının oluşturduğu tabakalaşmayla veya çok sonraki tarihte dökülen ilave gören yapı kesitindeki farklı betonla ya da kullanım değişikliğinden kaynaklanan veya işletme altındaki davranışıyla ilintilimidir ?



Şekil 3.36 a- Beton yapıda soğuğa maruz birleşimlerden bazı örnekler. İki ayrı harcın birleşmesine, kenetlenmesine hiç bir özen gösterilmeden inşaa edilmiş bir istinat duvarındaki soğuk birleşimin akibeti. Suyun nüfus etmesi ve donma duvar köşelerini dökmüştür.

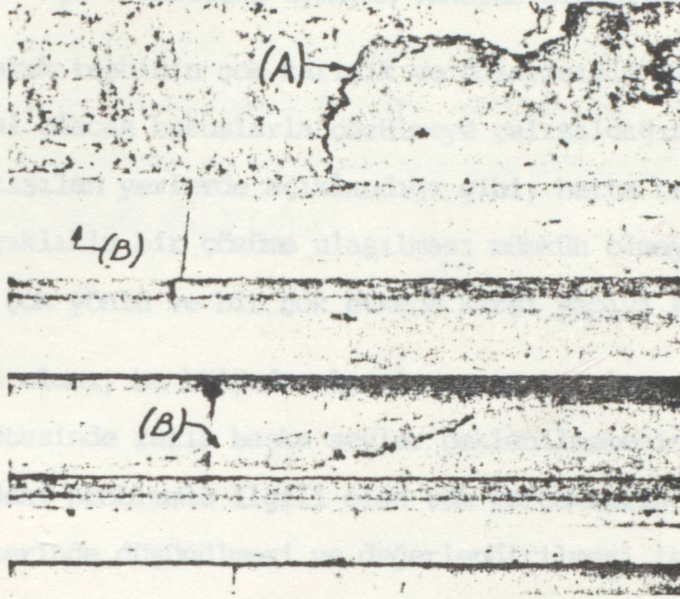
6) Kusur/esneklik yeni mi yoksa eski mi gözüküyor ?

7) Bu kusur nerede ve neden duracaktır ?

Burada atılacak her adım, gösterilecek her çaba bu hususlarla, sebeble, olayla ilintili olmalıdır.

Adım 6 : Bozulmanın niçin oluştuğunu araştır:

Temelde 1'den 5 nci adıma kadar neyin oluştuğu anlatıldı. Son aşama niçin oluştuğunun araştırılmasıdır. Bozucu etkenlere mücadele eden yapının oynadığı rol ya da tasarımı/projelendirilmesinde uygun yapılmayan nedir? Araştırmak için, soruna sebep oluşturacak araştırılan etmenin faaliyetinin önlenmesini açıklayan B kısmındaki açıklamalara müracaat et. Hangi hususların/ şartların ihlal edildiğini tespit et ve aynı hatanın onarım çalışmasında tekrar yapılmamasına dikkat et. Örnek olarak; 5.3'deki vakada olduğu gibi; esas hata deniz ortamında 3 nolu tip çimentonun kullanılmasıydı tabi bu betonda sülfat etkilerle kendisini göstermiştir ve dökülmüş bu betonun bir beton kılıfla örtülerek ceketlenerek onarıldığını düşününüz. Uygunluk hususu (bölüm 5) kılıf ameliyesinde 3 nolu çimento tipini kullanmayı açıkca iyi sonuç vermemesine rağmen talep ediyordu. Bu sebeble, burada uygunluk kuralı uygulanmamalıydı. İşte onarımda beton kılıflanmanın uygulanmamasının sebeblerinden biri de budur.



Şekil.3.36 b. Bir köprü döşemesinde bir diğer soğuk ek:

A tabliye kalınlığı boyunca ve b kirişinden çaprazlama yetersiz ekin/birleşimin nasıl gittiğine dikkat ediniz. Bu betonun iki döküm arasında nasıl bağlandığını gösteriyor. Ciddi bir şey olmamasına rağmen, eğer bu ekler yüksek kesme kuvvetlerinin olduğu kısımda olursa çok ciddi sonuçlar doğurur.

şekillenmelerine/görünümlerine uymayan vakalar oluşur.

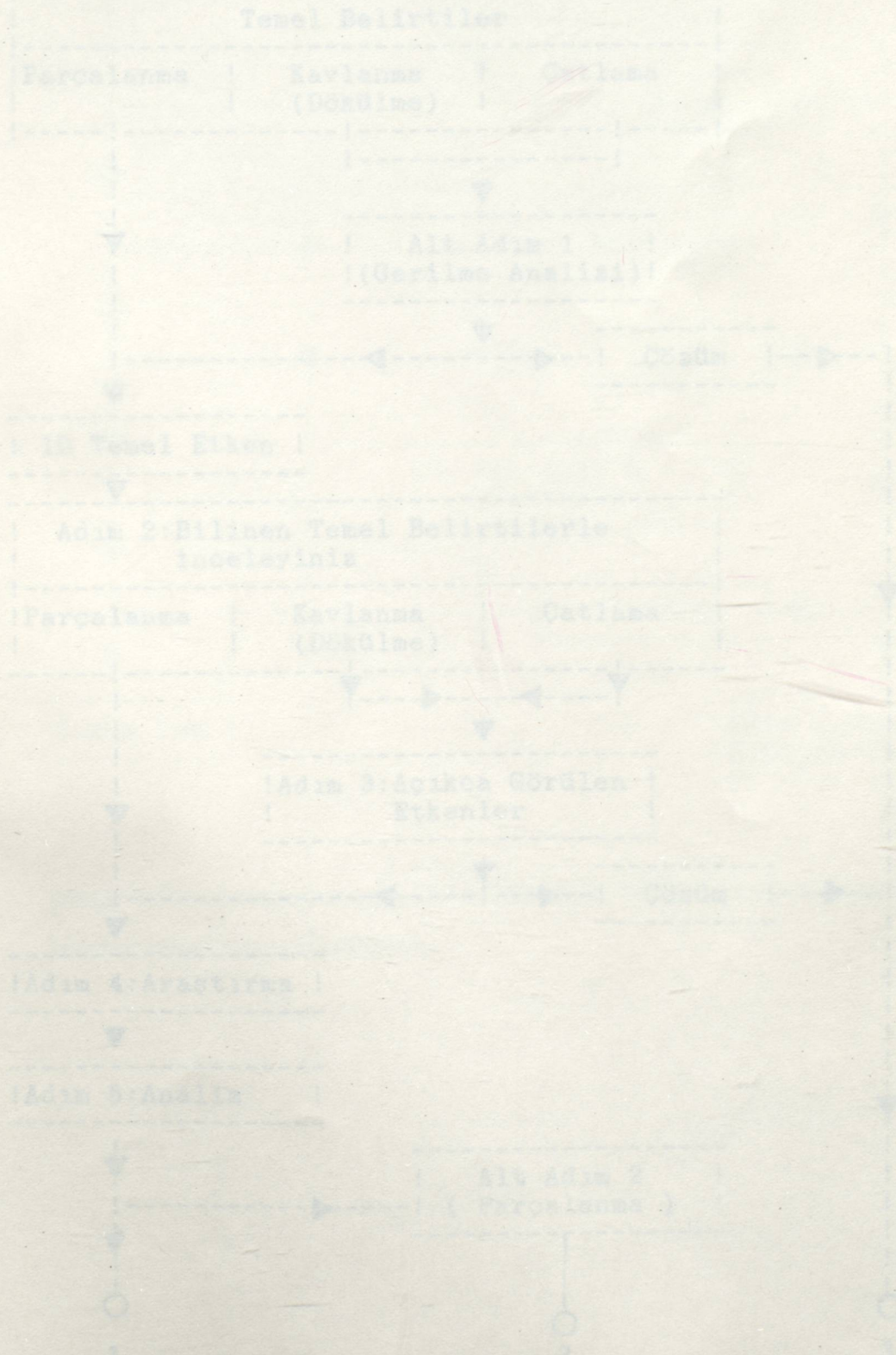
Sonuç olarak teşhisin çok karışık ve dolayısıyla olası olacak hususlardan çok ihtimal olacak hususlarla çözülmeye çalışıldığını söyleyebiliriz. Gerçekte; tartışılan yerlerde açıklandığı gibi, hatta basit gibi görünen vakalarda bile, açıklıkla bir çözüme ulaşılması mümkün olmayabilir. Bu sebeble onarım işlemi çok yönlü ve bir çok etkene karşı yapıyı korumak zorundadır.

En önemli olanı, bu bölümde ele alınan tartışılan yöntemin gerçeğe ilk yaklaşımının ötesinde fazla başka şeyler beklenilmemesinin açıklıkla anlaşılmasıdır ve eldeki problemle ilgili olan tüm gerçeklerin/emarelerin dikkatlice toplanması, üzerinde düşünülmesi ve değerlendirilmesi için kullanılacak, bu amaçla bu işlemlerin yerine geçen bir proses değildir. Aslında, ilk yaklaşımı temel almaktadır, dolayısıyla bilgi, veri kullanımındaki dikkatsizlikleri, şartların dışına çıkmak ya da olayın basitleştirilmesinin yardımdan çok yanlış neticelere vardırabileceği ilgilenenlere özellikle dikkat çekilmelidir. Eğer net ve pozitif bir sonuca ulaşılamazsa bu tetkik ve teşhis işlemi gözden kaçmış, önemsenmemiş ikincil derecede ya da yardımcı tahzipkar etmenlerin bazı ilgili sonuç ve zararlarının olmaması için sonuna kadar devam ettirileceği hatırlatılmalıdır. Bunlara ilaveten Birinci bölümde açıklanan referanslarda mevcut bozulmuş, hasarlı yapının mukavemetinin değerlendirilmesi için yöntemler açıklanmıştır. Görülen incelenen hasarların sebep ve tipi ne olursa olsun bu çeşit kontrol şarttır.

Teşhis için akış diyagramı: Bu çalışmada Şekil 3.37 ve 3.38'de açıklanan akış diyagramı bir başvuru ve anlaşılır açıklıkta olması için oluşturulmuştur. Şekil 3.37'de detaylara ve açıklamalara girilmeden sunulmuş olan akış diyagramı anlatılan/ileri sürülen prosese bir genel yaklaşımdır. Bu temel akış şeması yeni bir problemle karşılaşıldığında, problemin nedenine yönelme amacına yardımcı olacaktır.

Şekil 3.38'de detaylandırılmış bir akış diyagramı verilmiştir. Dikkat edilecek olursa, birazcık uzun ve karışıktır. Buna mukabil, hiçbir problemde basit değildir, bu sebeble tüm sorular açık ve kolay cevaplanmalı. Meselenin

özüne yönelinmek için kullanılan temel diyagram (3.37) den sonra teşhisin, incelemenin genişletilmesi ve anlaşılır hale gelmesi için detaylandırılmış akış diyagramı (3.38) kullanılır. Keza, atılmış bazı lüzumlu ya da ilgili olan adım veya açıklamaların gerçekleşebilme ihtimaline karşı bir kontrol listesi olarak da çok faydalıdır.



! 11 Temel Etken !

! Adım 1: Projelendirme Safhasında Muhtemel Olabilecek hataları dikkate alınız !

Temel Belirtiler

Parçalanma	Kavlanma (Dökülme)	Çatlama
------------	-----------------------	---------

! Alt Adım 1 !
! (Gerilme Analizi) !

! Çözüm !

! 10 Temel Etken !

! Adım 2: Bilinen Temel Belirtilerle inceleyiniz !

Parçalanma	Kavlanma (Dökülme)	Çatlama
------------	-----------------------	---------

! Adım 3: Açıkça Görülen Etkenler !

! Çözüm !

! Adım 4: Araştırma !

! Adım 5: Analiz !

! Alt Adım 2 !
! (Parçalanma) !

○

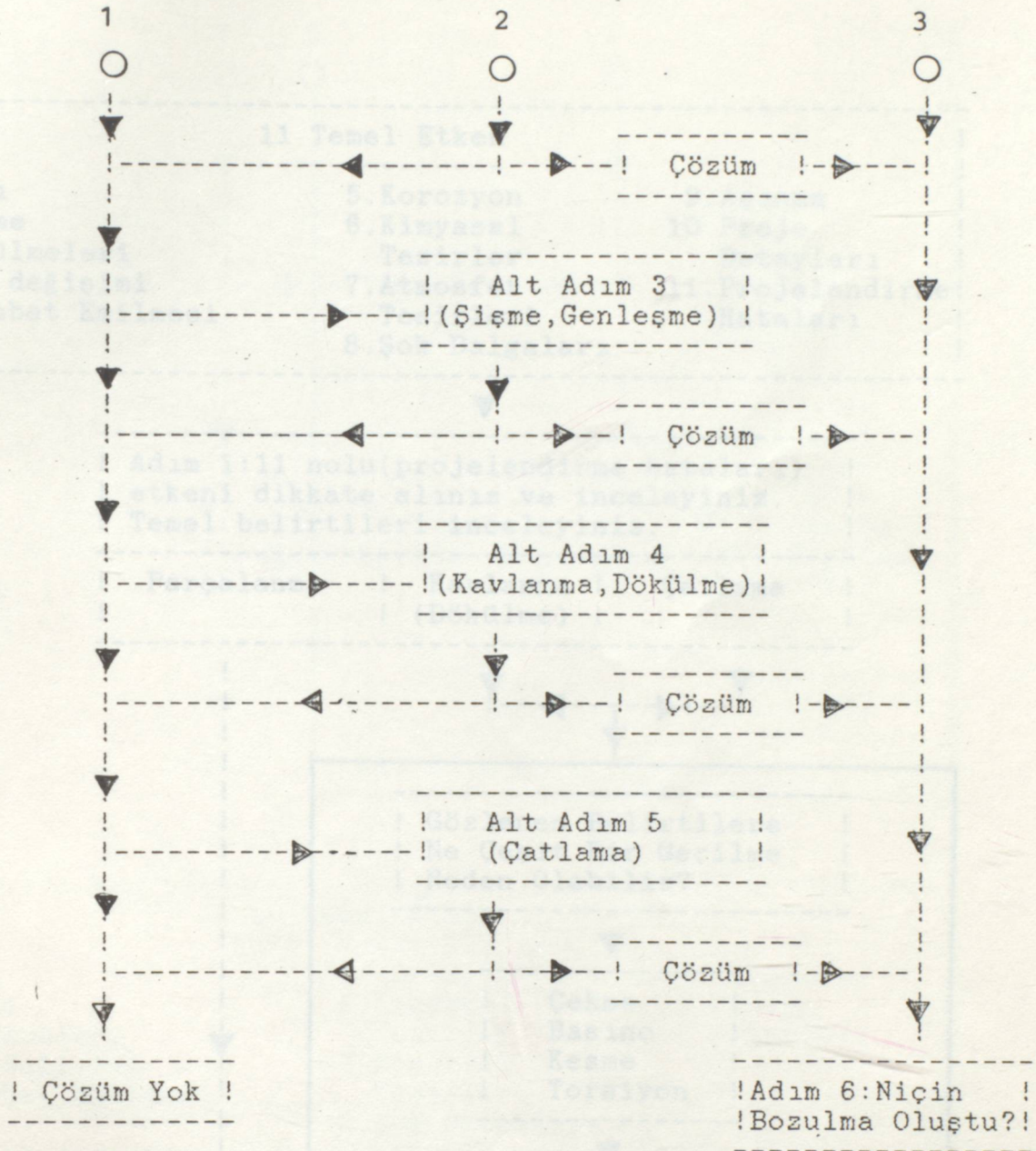
1

○

2

○

3



Şekil 3.37. Betonarme yapılar malzemenin bozulmasının sebeblerini içeren temel akış diyagramı.

11 Temel Etken

1.Yapı	5.Korozyon	9.Aşınma
2.Çekme	6.Kimyasal	10.Proje
Büzülmeleri	Tesirler	Detayları
3.İsı değişimi	7.Atmosfer	11.Projelendirme
4.Rutubet Emilmesi	Tesirleri	Hataları
	8.Şok Dalgaları	

! Adım 1:11 nolu(projelendirme hataları)
! etkeni dikkate alınız ve inceleyiniz.
! Temel belirtileri inceleyiniz.

! Parçalanma ! Kavlanma ! Çatlama !
! (Dökülme) !

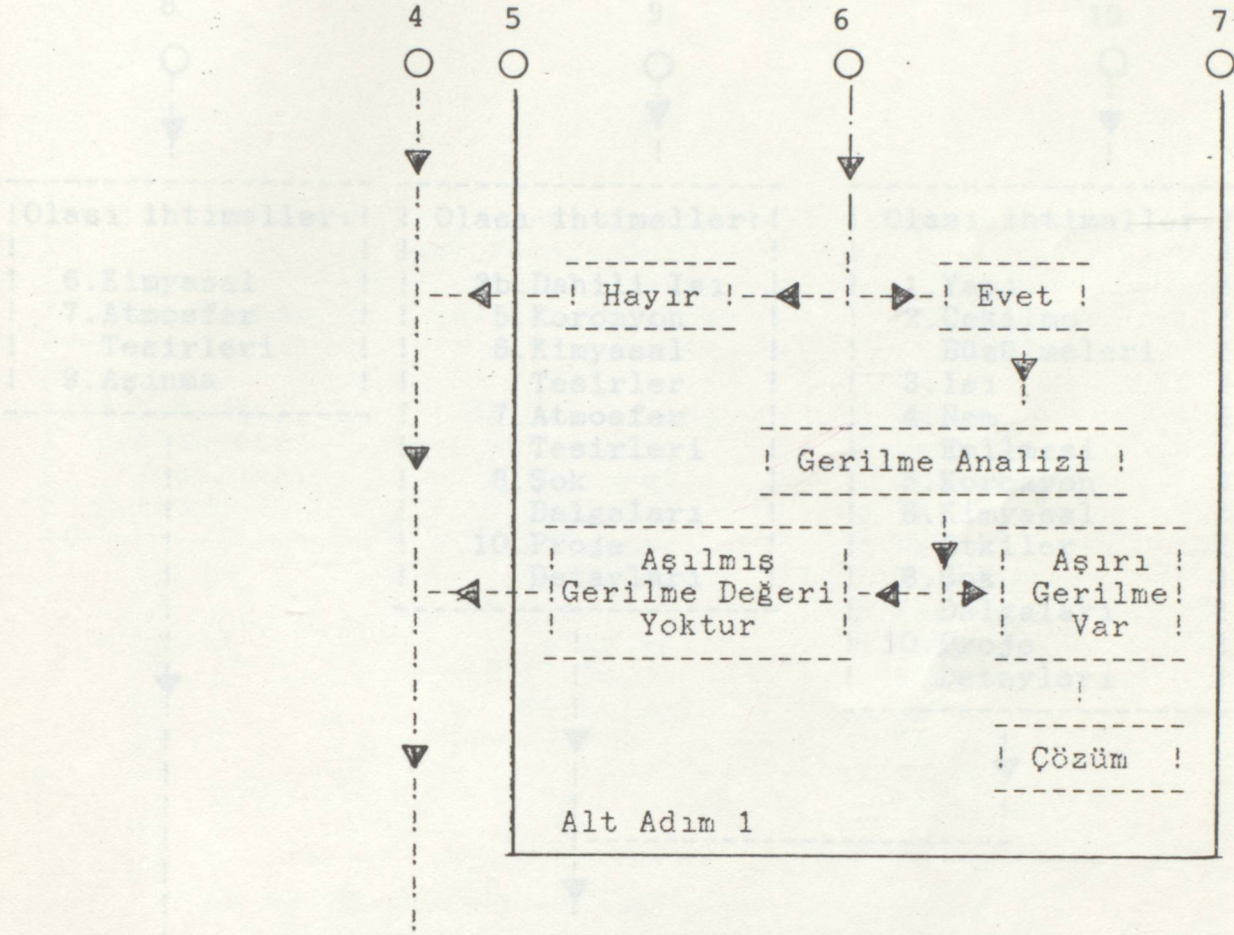
! Gözlenen Belirtilere
! Ne Çeşit Bir Gerilme
! Neden Olabilir?

! Çekme
! Basınc
! Kesme
! Torsiyon

! Bu Kuvvetler Kusurların
! Olduğu Yerlerle Bir
! Uygunluk Gösteriyor mu?

! Hayır ! Evet !

! Bu Gerilme/Kuvvet Tipleri!
! Hasarın Kaynağıyla
! Uyuşuyor mu?

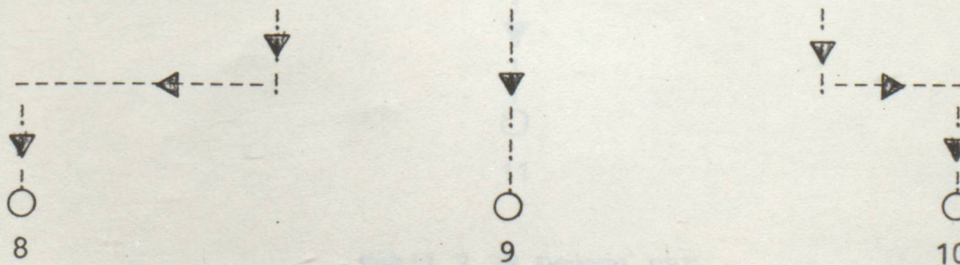


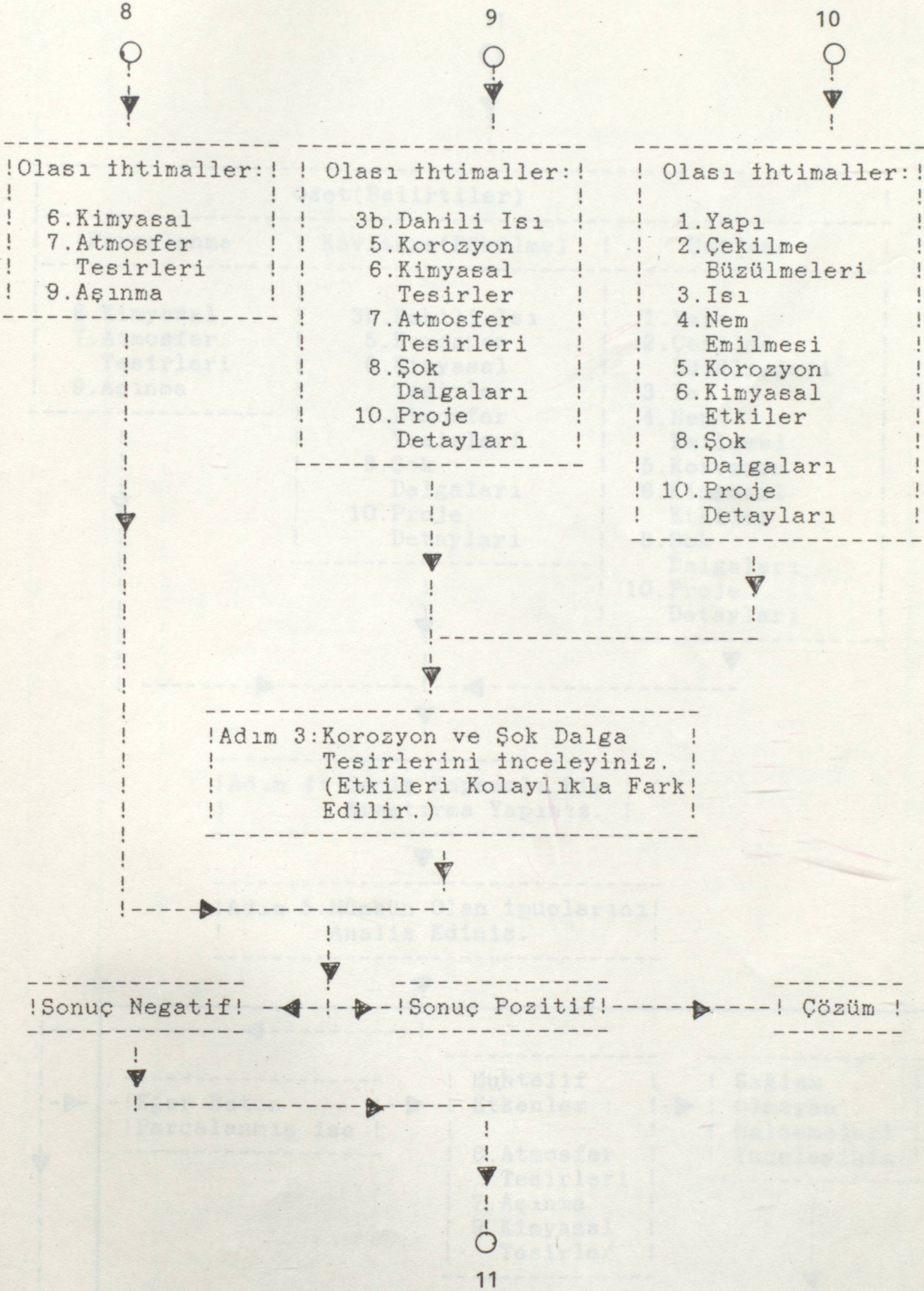
10 Temel Etken		
1.Yapı	5.Korozyon	9.Aşınma
2.Çekme	6.Kimyasal	10.Proje
Büzülmeleri	Tesirler	Detayları
3.Isı değişimi	7.Atmosfer	
4.Rutubet Emilmesi	Tesirleri	
	8.Şok Dalgaları	



Adım 2:Hasar ile Temel Belirtiler
Arasında ilgi Kurunuz.

Parçalanma Kavlanma Çatlama
(Dökülme)





Şekil 3.38.Devamı var

11



11

Özet(Belirtiler)

Parçalanma

Kavlanma(Dökülme)

Çatlama

6.Kimyasal
7.Atmosfer
Tesirleri
9.Aşınma

3b.Dahili Isı
5.Korozyon
6.Kimyasal
Tesirler
7.Atmosfer
Tesirleri
8.Şok
Dalgaları
10.Proje
Detayları

1.Yapı
2.Çekilme
Büzülmeleri
3.Isı
4.Nem
Emilmesi
5.Korozyon
6.Kimyasal
Etkiler
8.Şok
Dalgaları
10.Proje
Detayları

!Adım 4: Geniş Kapsamlı Bir !
! Araştırma Yapınız. !

!Adım 5:Mümkün Olan ipuçlarını!
! Analiz Ediniz. !

!Eğer Beton
!Parçalanmış ise !

Muhtelif
Etkenler :

6.Atmosfer
Tesirleri
7.Aşınma
9.Kimyasal
Tesirler

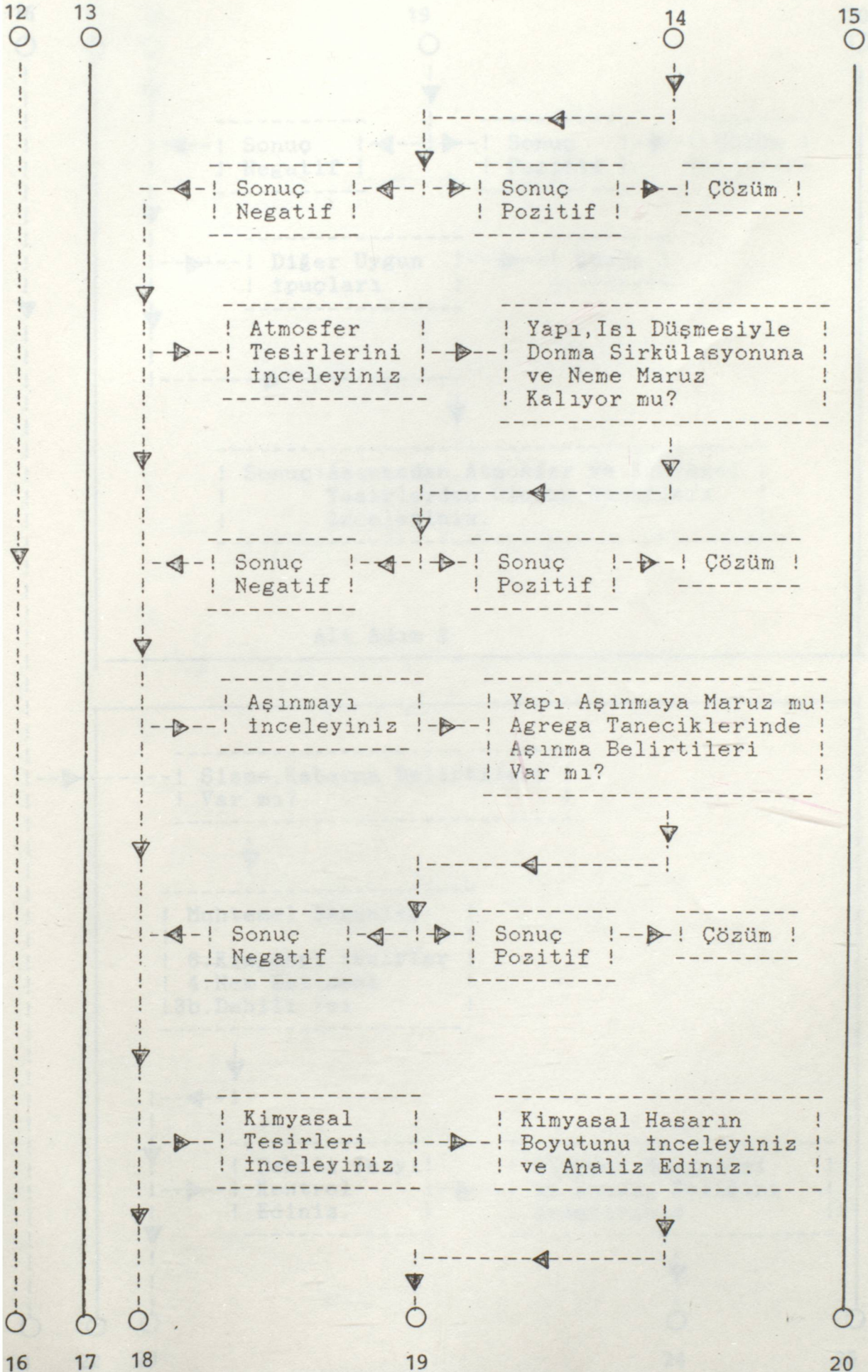
! Sağlam
! Olmayan
! Malzemeleri
! inceleyiniz. !

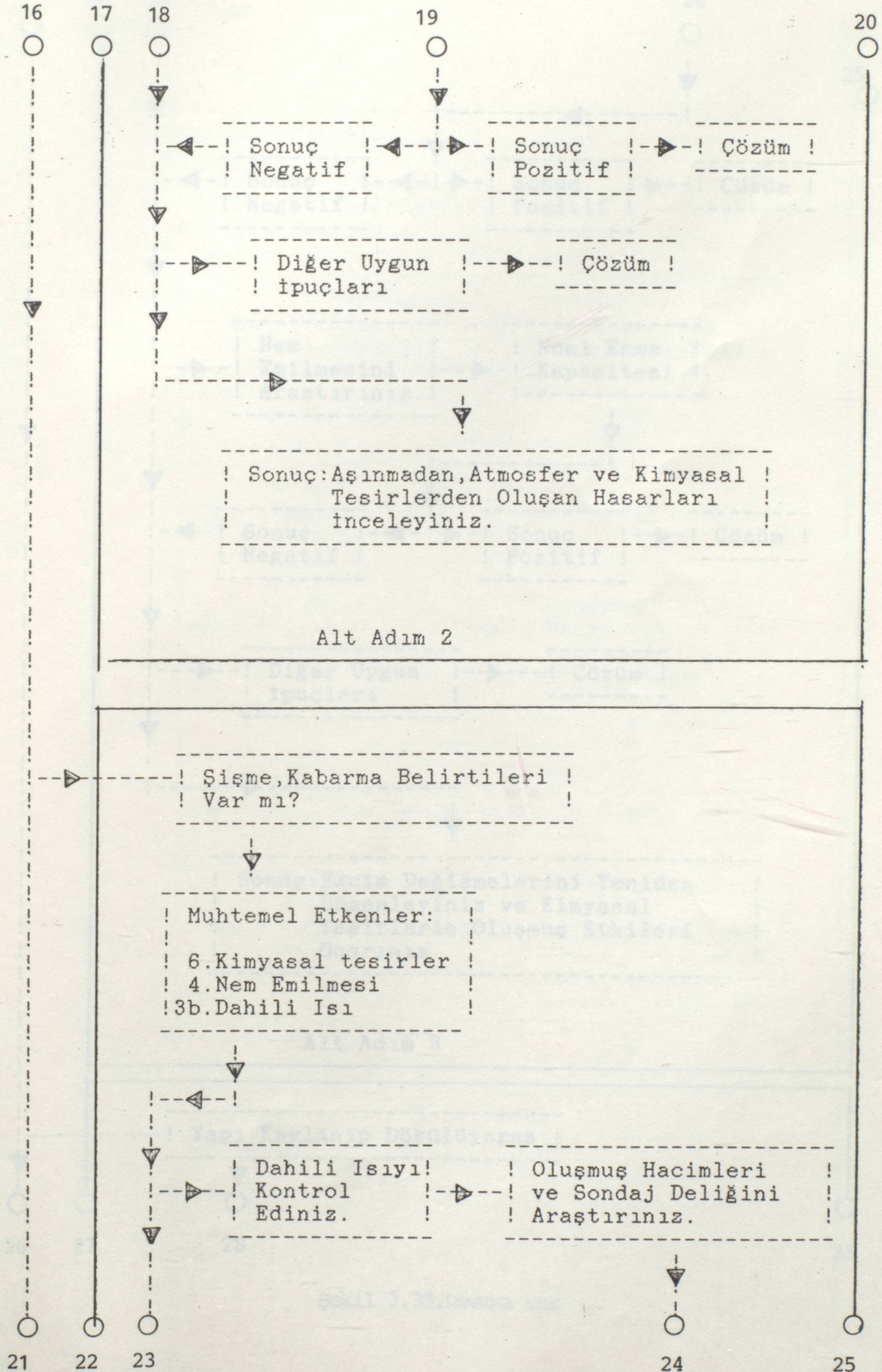
12

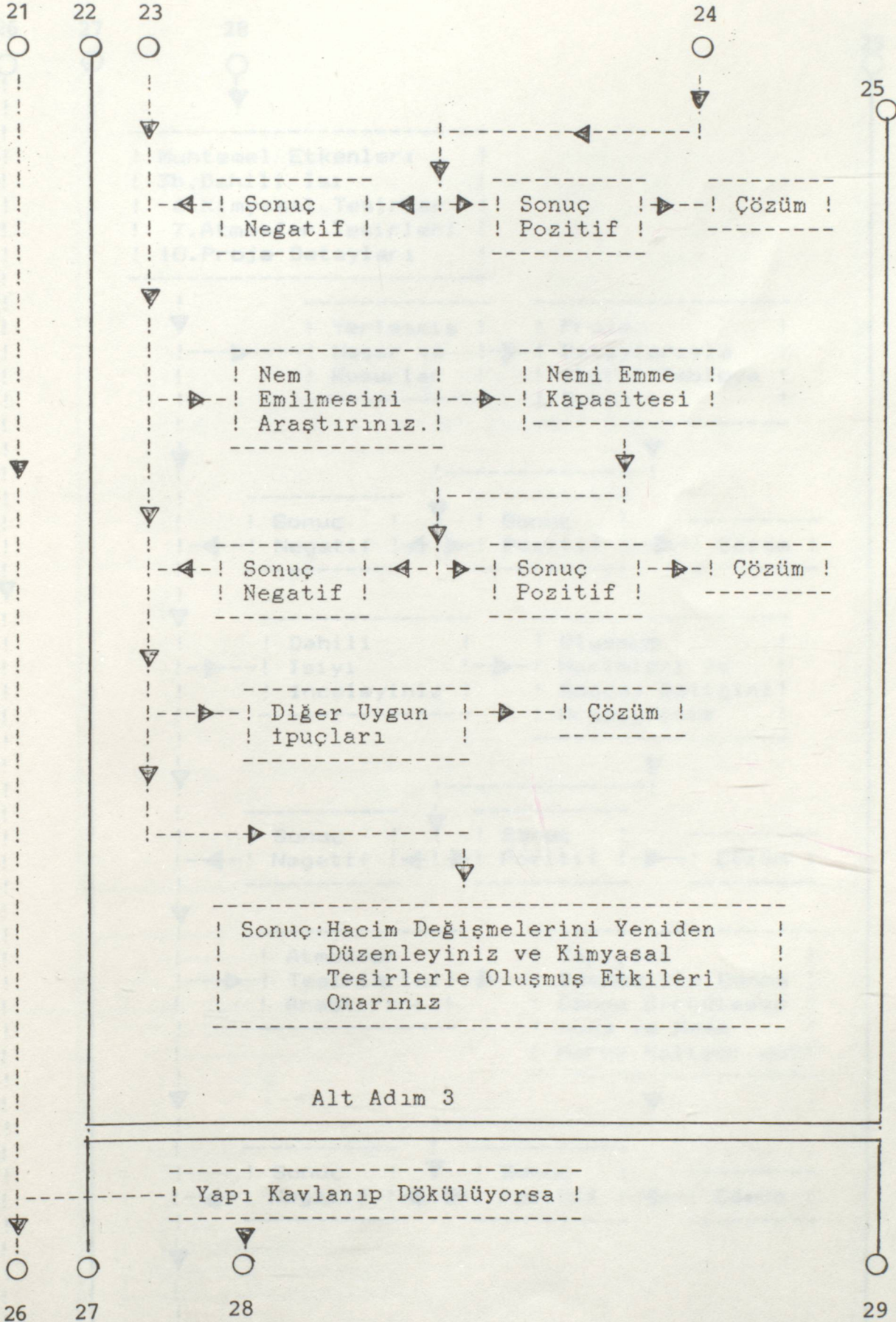
13

14

15







Şekil 3.38.Devamı var

26

27

28

29

! Muhtemel Etkenler: !
 ! 3b.Dahili Isı !
 ! 6.Kimyasal Tesirler !
 ! 7.Atmosfer Tesirleri !
 ! 10.Proje Detayları !

! Hasarın derinliği !
 ! Donatıda Kimyasal !
 ! Ataklarla Oluşan !
 ! Erime "Yitme"yi !
 ! İnceleyiniz ve !
 ! Analiz Ediniz. !

! Yerleşmiş ! ! Proje !
 ! Hasar ve ! ! Detaylarıyla !
 ! Kusurlar ! ! İlgili Tabloya !
 ! ! ! ! Bakınız !

! Sonuç ! ! Sonuç !
 ! Negatif ! ! Pozitif ! ! Çözüm !

! Dahili ! ! Oluşmuş !
 ! Isıyı ! ! Hacimleri ve !
 ! İnceleyiniz ! ! Sondaj Deliğini !
 ! ! ! ! Araştırınız !

! Sonuç ! ! Sonuç !
 ! Negatif ! ! Pozitif ! ! Çözüm !

! Atmosfer ! ! Yapı, Isı !
 ! Tesirlerini ! ! Düşmesiyle Donma !
 ! Araştırınız ! ! Donma Sirkülasyo !
 ! ! ! ! nuna ve Neme !
 ! ! ! ! Maruz Kalıyor mu?! !

! Sonuç ! ! Sonuç !
 ! Negatif ! ! Pozitif ! ! Çözüm !

30

31

32

33

31

32

33

! Kimyasal
! Tesirleri
! Inceleyiniz!

! Hasarın derinliği:
! Donatıda Kimyasal
! Ataklarla Oluşan
! Erime "Bitme"yi
! Inceleyiniz ve
! Analiz Ediniz.

! Sonuç
! Negatif

! Sonuç
! Pozitif

! Çözüm !

! Diğer Uygun
! İpuçları

! Çözüm !

! Sonuç:Dört Tesirle Oluşan Etkileri !
! ve Ortadan Kaldırınız !

Alt Adım 4

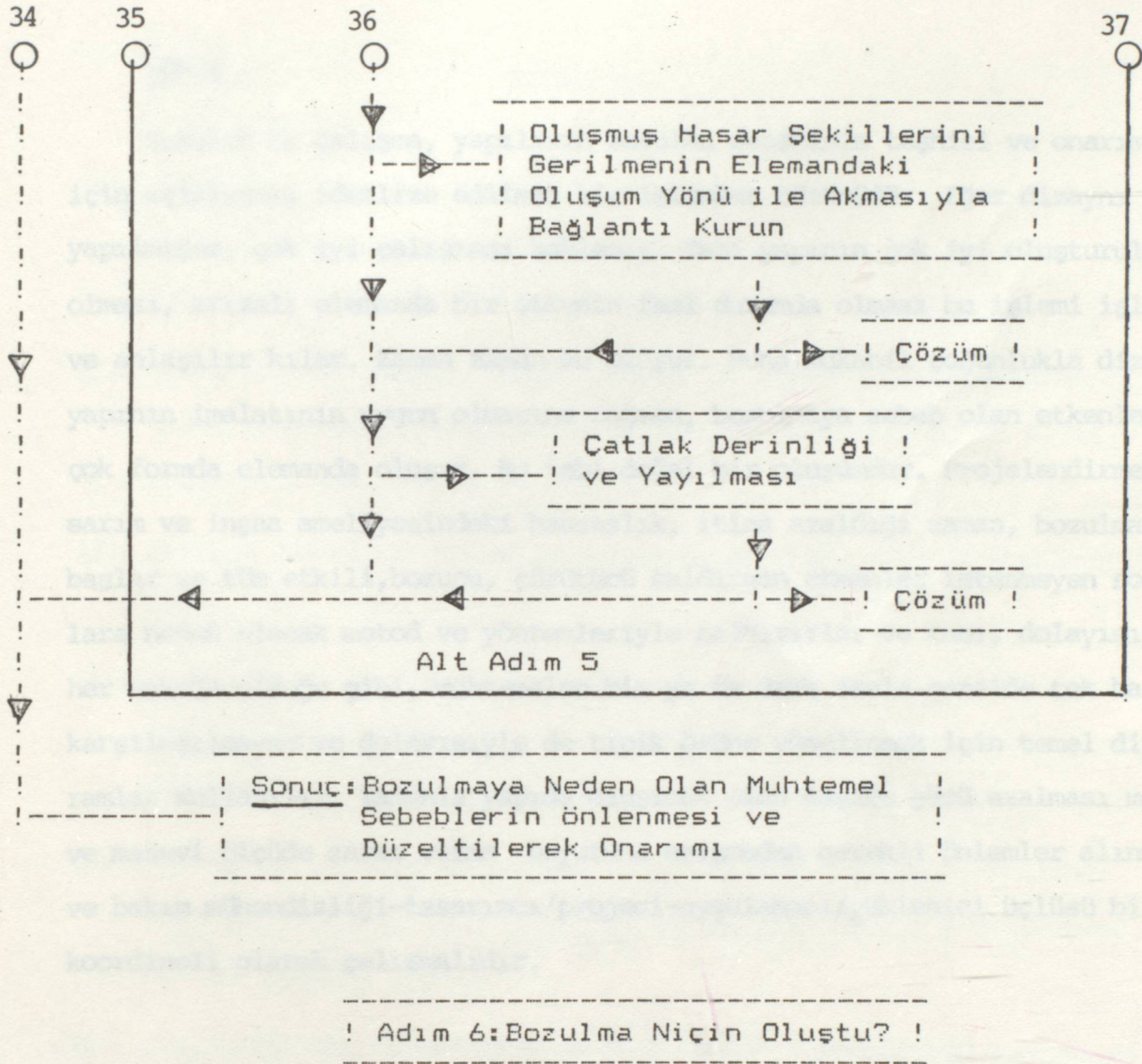
! Hasar (Kusur)
! Catlamadan
! İbaretle

! Muhtemel Etkenler:
! 1.Yapı
! 2.Cekilme Büzülmeleri
! 3.Isı
! 6.Kimyasal Tesirler
! 10.Proje Detayları

35

36

37



şekil 3.38. Betonarme yapılar bozulmanın sebeplerini gösterir detaylı akış diyagramı.

SONUÇ :

Sunulan bu çalışma, yapıların bozulma sebebinin teşhisi ve onarımı için açıklanmış idealize edilmiş bir işlemler bütünüdür. Eğer dizaynı iyi yapılmışsa, çok iyi çalışması beklenir. Tabi yapının çok iyi oluşturulmuş olması, arızalı elemanda bir etkenin faal durumda olması bu işlemi işler ve anlaşılır kılar. Zaman zaman bu oluşur. Buna mukabil çoğunlukla dizaynın, yapının imalatının uygun olmasına rağmen, bozulmaya sebep olan etkenler bir çok formda elemanda oluşur. Bu tabi doğal bir oluşumdur. Projelendirme/tasarım ve inşaa ameliyesindeki hassaslık, itina azaldığı zaman, bozulmalar başlar ve tüm etkili,bozucu, çürütücü saldırgan etmenler istenmeyen sonuçlara neden olacak metod ve yöntemleriyle saldırırlar ve tabi, dolayısıyla her vakada olduğu gibi, muhtemelen bir ya da daha fazla genelde tek başına karşılaşılmayan ve dolayısıyla de tipik özüne yönelinmek için temel diyagramlar kullanılır. Zamanla yapıda oluşacak olan taşıma gücü azalması maddi ve manevi ölçüde zarar verme boyutuna erişmeden gerekli önlemler alınmalı ve bakım mühendisliği-tasarımcı/projeci-uygulamacı/yüklenici üçlüsü birlikte koordineli olarak çalışmalıdır.

(6). J.S.B.Hilland, "Commentary on Load Tests" (published in a report prepared in connection with preparation of Building Code for City of New York)

(7). Fred. R. Speller, "Corrosion: Causes and Prevention" 2d. ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1931.

(8). E.J. Ryde, "Symposium on high-strength bolts: Part I", Engineering Conference, American Institute for Steel Construction, 1960.

(9). "Steel Structural Painting Manual," vols. I and II, Steel Structures Painting Council, Pittsburgh, Pa.

(10). "Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Buildings", American Institute for Steel Construction, adopted Apr. 17, 1963.

KAYNAKLAR

- (1). Elmer E. Gunnette, "Lessons Learned from Construction Failures" Proceedings of the National Engineering Conference, American Institute of Steel Construction, 1961.
- (2). Basil Surochnikoff, "Wind Stresses in Semi-rigid Connections of Steel Framework" Transactions of the American Society of Civil Engineers, vol.115, p.382. 1950.
- (3). Section C26-620.0 (d) of Buildings Laws of the City of New York, 1962.
- (4). "Field Study of a Cellular Bulkhead" Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, February, 1962, p.67, discussion by S.M. Johnson.
- (5). R.H.Wood, "Studies in Composite Construction" Part II, National Building Studies, Research Paper No.22, Her Majesty's Stationery Office, London, 1955.
- (6). J.S.B.Iffland, "Commentary on Load Tests" (Unpublished commentary prepared in connection with preparation of Building Code for City of New York)
- (7). Frank N.Speller, "Corrosion: Causes and Prevention" 3d. ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1951.
- (8). E.J.Ruble, "Symposium on High-strength Bolts; Part II", Engineering Conference, American Institute for Steel Construction, 1950.
- (9). "Steel Structures Painting Manual," vols.I and II, Steel Structures Painting Council, Pittsburg, Pa.
- (10). "Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Buildings", American Institute for Steel Construction, adopted Apr.17, 1963.

- (11). "Urethane and Polysulfides Help Protect Bridge Cables", Engineering News-Record, May 10, 1962, pp.54, 55.
- (12). J.F.Schaufele, "Erosion and Corrosion in Marine Structures, Elwood, California," Proceedings of the First Conference on Coastal Engineering, Council on Wave Research, University of California, p.326.
- (13). "The Durability of Lightweight Types of Steel Construction" American Iron and Steel Institute, 1958.
- (14). Lindsay M. Applegate, "Cathodic Protection" McGraw-Hill Book Company, New York, 1960.
- (15). "Pressure of Concrete on Formwork" Bulletin ST3 of Portland Cement Association, Structural Railways Bureau.
- (16). "Building Code Requirements for Reinforced Concrete" (ACI 318-56), Journal of the American Concrete Institute, Proceedings, vol.52, May, 1956.
- (17). "Shrinkage Control Cuts Deck Cost" Engineering News-Record, May 10, 1962, p.35.
- (18). S.Champion, "Failure and Repair of Concrete Structures" John Wiley Sons, Inc., New York, 1961.
- (19). J.F. Schaufele, "Erosion and Corrosion in Marine Structures, Elwood, California" Proceedings of the First Conference on Coastal Engineering, Council on Wave Research, University of California.
- (20). "Recommended Practice for Selecting Proportions for Concrete" American Concrete Institute (ACI 613).
- (21). "Recommended Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete" American Concrete Institute (ACI 613A)
- (22). "Durability of Concrete in Service" Report of Committee 201, Journal of the American Concrete Institute, vol.59, no.12, pp.1771 et seq., December, 1962.

- (23). H.Lossier, "The Pathology and Therapeutics of Reinforced Concrete" National Research Council of Canada, Technical Translation 1008.
- (24). J.Feld, "Failures of Concrete Structures" Journal of the American Concrete Institute, Proceedings, vol.54, p.449, December, 1957; and discussions, vol.29, no.12, June 1958.
- (25). S.Rosenhaupt, and G.Mueller, "Openings in Masonry Walls on Settling Supports" Journal of the Structural Division, ASCE, vol. 89, no.ST3, June, 1963.
- (26). Calvin C.Oleson, "Abnormal Cracking in Highway Structures in Georgia and Alabama" Journal of the American Concrete Institute, vol.60, no.3, March, 1963.
- (27). "Specialist on Sick Structures Speaks Out" Engineering News-Record, November 9, 1961, pp.50-53.
- (28). G.E.Monfore and G.J.Verbeck, "Corrosion of Prestressed Wire in Concrete" American Concrete Institute Journal, Proceedings, vol.57, no.5, pp.491-515, November, 1960.
- (29). I.L.Tyler, "Long-time Study of Cement Performance in Concrete, Chapter 12, Concrete Exposed to Sea Water and Fresh Water" American Concrete Institute Journal, Proceedings, vol.56, no.9, pp.825-836, March, 1960.
- (30). P.D.Miesenhelder, "Effect of Design and Details on Concrete Deterioration" American Concrete Institute Journal, Proceedings, vol.56, no.7, pp. 581-590, January, 1960.
- (31). B.Tremper, J.L.Beaton, and R.F.Stratfull, "Corrosion of Reinforcing Steel and Repair of Concrete in a Marine Environment, Part II", Bulletin 182, Highway Research Board, 1958, pp.18-41.
- (32). Bryant Mather, "Factors Affecting Durability of Concrete in Coastal Structures" Tech. Memorandum no.96, Beach Erosion Board, June, 1957.

- (33). S.Halstead, and L.A.Woodworth, "The Deterioration of Reinforced Concrete Structures under Coastal Conditions" Transactions, South African Institution of Civil Engineers, vol.5, no.4, pp.115-134, April, 1955.
- (34). L.B.Mercer, "General Characteristics of Concrete Cracking" Crushed Stone Journal, vol.28, no.4, pp.6-12, December, 1953.
- (35). E.M.Rensaa, "The Cracking Problem in Reinforced Concrete Buildings" The Engineering Journal, vol.36, no.11, pp.1429-1434, November, 1953.
- (36). "Recommended Practice for the Application of Mortar by Pneumatic Pressure (ACI 805-51)" American Concrete Institute Journal, Proceedings, vol.47, no.9, pp.709-719, May, 1951.
- (37). F.M.Lea and N.Davey, "The Deterioration of Concrete in Structures" Journal of the Institution of Civil Engineers, vol.32, p.248 et seq., 1949.
- (38). N.Tremper, "The Corrosion of Reinforcing Steel in Cracked Concrete" American Concrete Institute Journal, Proceedings, vol.43, no.10, pp.1137-1151, June, 1947.
- (39). W.H.Price, "Erosion of Concrete by Cavitation and Solids in Flowing Water", Journal of the American Concrete Institute, vol.43, 1947.
- (40). K.A.Adamchik, "Causes and Prevention of Deterioration of Concrete in Marine Structures in the Zone of Fluctuating Water Level", Corrosion of Concrete and its Prevention, Academy of Sciences of the USSR, published by the Israel Program for Scientific Translations.
- (41) *Sidney M.Johnson "Deterioration, Maintenance, and repair of Structures" 1965.



ÖZGEÇMİŞ

1963 Kayseri Doğumluyum. İlkokul öğrenimimi Anadoluhisarı ilkokulu (1970-1974), Ortaöğrenimimi Anadoluhisarı Ortaokulunda (1974-1977), Lise öğrenimimi Kabataş Erkek Lisesinde (1977-1980), Üniversite öğrenimimi İ.T.Ü.İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği bölümünde (1981-1985) yaptım. 1985-1986 Öğretim yılında Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Yapı yüksek lisans programına girdim.

