

## BÖLÜM 2

### HASAR ÇALIŞMALARINDA ANA İLKELER

#### 2.1 Hasara yol açan nedenler

Bir yapının hasar görmesi sonucu onarılması büyük masraflara yol açar ve sürekli uğraşmayı gerektirir. Problemi iki ana grupta toplamak mümkündür: Önlemek ve tedavi etmek.

Burada bir Fransız atasözünü hatırlamak yerinde olur. " Prévenir vaut mieux que guérir". "Hastalığı önlemek tedavi etmekten yeğdir". Ama ne var ki bugün tıp alanında dahi koruyucu hekimlik ikinci plandadır. Benzer olarak biz mühendisler de önlemek konusuna pek dikkat etmediğimizden sonunda hasar ve yıkılmalarla uğraşmak zorunda kalırız.

Yıkılmaların ve hasarların nedenlerini şöylece sıralayabiliriz:

#### . Bilgi eksikliği

- a- Proje, uygulama ve kontrol kuruluşlarındaki kişilerin bilgisizliği (betonarme elemanlarda konstrüktif detayları bilmemek, uygulamamak gibi),
- b- Bakım ve denetim personelinin bilgisizliği (döşemeyi taşıyabileceğinden fazla yükü yüklemek gibi),
- c- Hayati bir sorumluluk konusunu yeterince değerlendirebilecek kapasitede olmamak (projede önerilen malzemeyi, o anda elde bulunan fakat yetersiz bir başka malzemeyle değiştirmek gibi),

- d- Ön bilgi yoksunluğu (yapı sisteminin daha önce kullanılmamış ve sakıncalarının ortaya çıkmamış olması gibi),
- e- Gerekli ön bilgilerin yetersizliği (temel etüdünün yerel kalması, tüm yapı altını kapsamaması gibi).

Bunlardan a, b, ve c maddeleri kişilerde olan bilgi ve bilinç eksikliğini, d ve e maddeleri ise konularda olan bilgi eksikliğini belirtir.

#### . Ekonomi yapma eğilimi

- İlk maliyette ekonomi (dilatasyon derzlerinin azaltılması gibi),
- Bakım sırasında ekonomi (saçak derelerinin temizlenmemesi gibi).

#### Unutkanlıklar ve dikkatsizlikler

- Yapının bazı detaylarının uygulanmasında dikkatsizlik (bazı kolonlarda özel çevreleme kuşaklarının unutulması gibi),
- Uygulamadan sorumlu mühendisin (TUS) denetime lüzum görmemesi (kalıp ve iskelede payandaların unutulması gibi),
- Projeler üzerinde yeterli koordinasyonun sağlanmaması (sıhhi tesisat, elektrik tesisatı vb. hususların mimari projelerde belirtilmemesi, uygulayıcıya açıklanmaması gibi).

#### . Beklenmeyen doğa olayları (deprem, büyük fırtına, yangın, sel gibi)

## **2.1 Yıkılmalar ve diğer hasarların saptanmasında ve bunların onarımında izlenecek yol**

Bu bölümün başında problemin önlemek ve tedavi etmek olduğunu söyledik.

Önlemek, projelendirme, uygulama ve bakım sırasında alınacak pek çok önlem kapsar. Projelendirme safhasında küçümsenen bazı detaylar sonradan çok önemli sakıncalar doğurur. Projelendirmede malzeme seçimi, uygun detay seçimi ve inşaat sırasında iyi bir kontrol, önlemenin ana prensipleridir. Bunları uygulayacak mühendisin bozulma ve hasarları, bunların hangi sebeplere dayandığını ve bunlardan kaçınılmasını bilmesi lazımdır.

Şu halde tedavi konusunda değineceğimiz konular ve bunların nedenleri aynı zamanda önleme için de gerekli bilgileri kapsar.

Tedavi etmek konusunun incelenmesi birkaç bölüme ayrılarak ele alınmalıdır, bunlar:

- Hasarı saptama ,
- Sebebi belirleme,
- Güncel durumuna göre yapının mukavemetini değerlendirme,
- Onarıma ve onarım türüne karar verme,
- Onarım için bir yöntem seçme ve uygulamaya geçme.

Bu aşamalar aşağıda tek tek ele alınmıştır.

### **2.1.1 Hasarı saptama**

Hasarın, yapının güvenliğini büyük tehlikeye düşürmeden belirlenmesi lazımdır. Çatlamalar, oturmalar, aşırı sehimler gözle görülen belirtilerdir. Ancak bazı durumlarda saptama bu denli seçik olmaz. Özellikle metal ve ahşap yapılarda böyle seçik olmayan, gözle görülmeyen durumlarla karşılaşılır. Ahşap dış görünüşü itibarıyla tamamen sağlam görünebilir ancak

içten çürüme, özellikle deniz yapılarında, kargirle temasta olan bölgelerde rastlanan bir durumdur ve ani göçmelere yol açar. Çelik yapıların genellikle boyanarak paslan korundukları bilinir. Ancak zor erişilen, görünmeyen yerler genellikle iyi boyanmaz ve asıl paslanan yerler de buralardır. Bakımla görevli mühendisin nereye, nasıl ve ne zaman bakacağını bilmesi, bozulmanın erken saptanmasını sağlar.

### **2.1.2 Sebebi belirleme**

Bu aşama en güç ve en önemli aşamadır. Genellikle bir yıkılmanın incelenmesi sonucunda pek çok faktörün etken olduğu görülür. Bir bilirkişi raporunda bu faktörler sıralanır ve hemen hemen aynı faktörler her defasında tekrarlanıp sayılır. Önemli olan bu faktörler arasında asıl nedeni ortaya çıkarmaktır. Genellikle asıl neden seçiklikle ortaya çıkmayınca onarım tüm faktörler dikkate alınarak yapılır, bu da tabiatıyla maliyeti yükseltir.

Her bozulma ve yıkılma hali kendine özgüdür. Bunları sistemleştiren bir yöntem önerilemez. Burada mühendisin görgüsü önemlidir; ama bazı genel prensipler söylenebilir, örneğin temel oturmaları genellikle eğimli çatlakları oluşturur, donatı paslanması sonucu oluşan çatlaklar donatıları izleyen ve pas rengi gösteren çatlaklardır, sülfat etkisine maruz kalan beton beyazlaşmış, renk atmış olur.

Burada bazı önerileri dikkate almalıyız: Yapı iyice incelenmelidir, buna bol zaman ayrılmalıdır. Yapı yağışlı, kuru, soğuk, sıcak havalarda gözlenmeli, çevredeki yapılarla karşılaştırılmalıdır. Mühendisi kısa zamanda karar ve rapor vermeye zorlayacak adli makamlara karşı itidalli olunmalı ve acele etmemelidir.

### **2.1.3 Güncel durumuna göre yapının mukavemetini değerlendirme**

Hasar görmüş bir yapı genellikle servis yükleri altındadır. Bu bakımdan yapının taşıyıcı özelliğinin ve güvenliğinin süratle belirtilmesi gereklidir. Bu inceleme sonunda yapıyı olduğu gibi bırakmaya, derhal veya belirli bir sürede takviyeye veya boşaltmaya karar vermek lazımdır.

Bazı bozulmaların derhal bir takviyeyi (güçlendirmeyi), gerektirmediği söylenebilir, örneğin bir betonarme kolonun donatısı dışında kolon betonunun kopması (donatı paslanmadığı sürece), dilatasyon derzlerindeki bozulmalar, döşemelerde ve kaplamalarda kalan ve esas taşıyıcılara taşmamış bozulmalar, sürekli maksimum yük altında çalışmamakta olan depo, garaj gibi yapılarda gözlenen bozulmalar örnek gösterilebilir. Aslında problem yapıdaki taşıma gücünün yeterli olup olmadığının araştırılması şeklinde ortaya çıkar.

Probleme şu metotlarla yaklaşmak mümkün olur.

### **2.1.3.1 Değeri önceden saptanan bir yüzdeye göre güvenliği incelemek**

Önceden tüm taşıyıcı elemanlar için bir kayıp yüzdesi saptanır. Bu genellikle %15'tir. Sonra taşıyıcı elemanlar tek tek incelenerek mukavemetlerindeki düşüşler bozulma dereceleri dikkate alınarak hesaplanır. Mukavemet düşüşü, saptanan yüzdenin altına inen elemanların değiştirilmesine veya onarımına karar verilir.

Yüzdenin tespiti mühendisin görgüsüne, bilgisine ve sağduyusuna kalmıştır. Bunda ilk hesapların elastik veya plastik teorilere göre yapılmış olması, fazla donatı, aşırı servis yükü öngörülmüş olması etken olur. Ancak bu basit yöntemde yapının mükemmel ve projesine uygun inşa edildiği kabulü vardır ki bu genellikle kesin değildir.

### **2.1.3.2 Yapıdaki hakiki gerilme durumunun incelenmesi**

Birinci şıkta açıklanan yöntem basittir, ancak yeterli olmayabilir. Büyük bir onarım projesini gerektiren durumlarda daha detaylı araştırmalara girişmek zorunlu olabilir. Bu, özellikle mukavemetleri saptanan yüzdenin altına düşen elemanlar üzerinde yapılır, amaç bunların gerçek yüklemeye daha düşük zorlamalara maruz kalmadıklarının araştırılmasıdır. Bu işlemler uzun hatta bazen hatalı olabilir, ancak sağlayacağı ekonomik yararlar karşısında bu işlemlere girişmekte yarar vardır.

Hakiki gerilmelerin analizi, ilk projede dikkate alınmayan bazı ek, yedek taşıma gücünü arttıran parametrelerin hesaba katılması ile olur. Bu parametreleri daha yakından görelim.

-Bazen taşıyıcı elemanlar basit şemalar üzerinde basitleştirmeler yapılarak hesaplanır. Genellikle bu basitleştirmeler emniyetli yöndedir, örneğin kirişin sürekliliği sonucu oluşan azaltmalar dikkate alınmaz, kirişlerin tümü basit kiriş olarak çözümlenmiş olabilir, halbuki bunlar sürekli kiriş olabilir,

-Maksimum zorlamalara göre hesaplanan tüm kesitler, işletme sırasında maksimum zorlamaya maruz kalmaz, örneğin kalıpları standartlaştırmak için çerçevenin tüm kiriş ve kolonları maksimum kesitte yapılmış olabilir,

-Yapılar genellikle elastik yöntemle hesaplanır, halbuki kırılma teorisine ve taşıma gücü teorisine göre yapılan bir hesapta momentlerin plastik olarak dağılımı bazı momentlerin daha düşük değerlerde kalmasına yol açabilir.

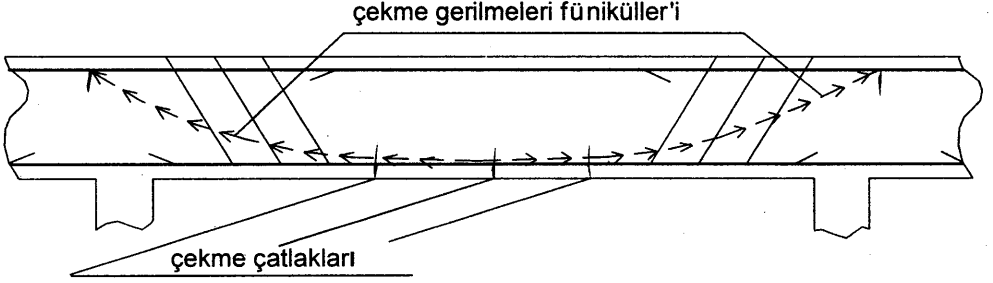
-Hesaplarda öngörülen yayılı yükler, tamamen yüklenmemiş olabilir, daha detaylı bir yükleme hesabı, örneğin  $350\text{kg/m}^2$  olarak alınmış ilk yük dağılımının  $200\text{kg/m}^2$  olduğunu ortaya koyabilir.

-Bir çelik yapıda deformasyonları kısıtlamak dileğiyle atalet momentinin daha yüksek seçilmiş olması mümkündür. Bu durumda eleman daha büyük zorlamaları taşıyabilir.

-Beton zamanla bir mukavemet artışı gösterir, çeliklerde ise pekleşme olayı vardır. Montaj sırasında bu pekleşmenin geliştiği bilinmektedir. Yapılardan çıkan numunelerde bu olay görülmüştür. Bu taşıma gücü artışları hesaba katılmaz.

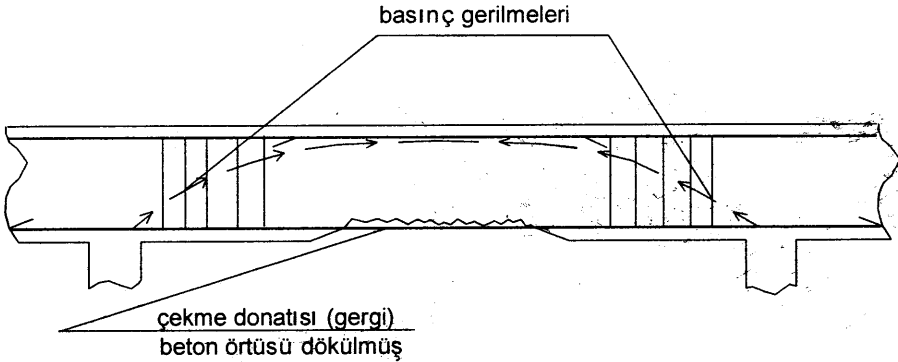
-Yük dağılımı ilk hesaplardaki kabullere uymayan şekilde olabilmektedir. Basit eğilmeye göre boyutlandırılan kirişlerde, etken aslında sadece eğilme değildir. Zorlamanın bir kısmı teşekkül eden çekme finiküleri

vasıtası ile aktarılır ve bu föniküler pliyelerin ve negatif moment donatısının yörüngelerini izler. Bkz. Şekil 2.1



Şekil 2.1- Pliye içeren bir sürekli kirişin çatlaması halinde çekme gerilmelerinin mesnedin üst kısmına aktarılabilmesi.

Keza yüksek kirişlerde alt donatının açığa çıkması ve yerel olarak kiriş açıklıklarında aderansını kaybetmesi halinde gergili kemer davranışı oluşabilir. Tabiatı ile bunun olabilmesi için mesnet ankrajlarının mükemmel olması gerekecektir. Bkz. Şekil 2.2



Şekil 2.2- Pliye içermeyen, çekme donatısı çok iyi ankre edilmiş bir kirişte, çekme bölgesi betonunun dökülmesi halinde gergili kemer davranışı oluşması.

-Bir istinat duvarının hesabında arkadaki dolgunun su durumu dikkate alınmamış olabilir. Suyun drene edilmesi halinde duvara gelen etki zayıflayabilir, keza duvar arkasındaki dolgunun kemerlenmesi duvara olan etkiyi hafifletebilir.

Bu söylenen durumlara daha başkaları da ilave edilebilir. Her özel durumda bunların gözden geçirilmesi ve hesaplanması mümkündür.

Hakiki gerilme durumunun incelemesi sonunda onarımdan vazgeçilecekse veya yerel bir onarıma gidilecekse aşağıdaki şartların gerçekleşmesi zorunludur:

-Yapının mukavemeti halihazırda taşıdığı yüklerden daha fazlasını taşıyacak kadar yüksek olmalıdır, yani belirli bir güvenlik derecesine sahip olmalıdır.

-Bozulma sonucu oluşan ek gerilmelerin değerlerinin de saptanması gereklidir. Çünkü bazen ortaya çıkan ek gerilmeler stabilitenin bozulmasına, flambaj oluşmasına yol açabilir.

-Yapıda yedek taşıma güçlerinin doğmasına yol açan tüm deformasyonlar dikkate alınmış olmalıdır, ancak bu deformasyonların da aşırı bir görünüm arz etmesi, dilatasyon derzlerinin kapanması, donatının dışa çıkması gibi ikincil etkilere yol açmaması da gereklidir.

-Yararlanılan yedek taşıma kapasitesinin hakiki ve sürekli olması lazımdır. Örneğin bir toprak kitlesinin güvenliği arttırdığı varsayılan olumlu etkisi yok olacaksa, hesaba katılmamalıdır,

-Kritik elemanlar ileride olabilecek tüm bozulmalara karşı kesin olarak korunmalıdır.

-Eğer yedek taşıma kapasiteleri ilk hesaplarda ve projelerde düşünülmüş parametrelere bağlanmışsa hesapların yeniden yeni şartlara göre yapılması gereklidir. Yeni şartların geçerliliği de böylece ispatlanmalıdır.



### 2.1.3.3 Yükleme deneyi

Şüpheli elemanlardaki taşıma gücü yedeğini belirlemede başvurulacak üçüncü yol yükleme deneyine başvurmaktır. Ancak bu deneylere hesapların yeterli bir güvenliğin varlığını göstermeleri halinde başvurmak doğrudur. Aksi halde yapının yıkılma riski yükselir.

Yükleme deneyleri sonunda bulunan gerilmeler genellikle teorik hesaplarda bulunan gerilme değerlerinden farklı olurlar. Yükleme deneylerinde gerilmeler ölçülemez, ölçülen büyüklükler sadece deformasyonlardır. Daha sonra yükleme sırasında ölçülen deformasyonlara dayanılarak gerilmeler hesaplanır bunların gerçek değerlerden farklı olması doğaldır. Farklılıkları doğuran nedenler şöylece sıralanabilir:

-Yapının gerçek davranışı, özellikle ahşap ve beton yapılarda elastik değildir, halbuki hesaplarda yapının deforme olmuş şekli bulunurken daima elastik kabullere dayanılır,

-Esas yapıda yükleme uzun sürelidir ve dış şartlar daha değişkendir. Bu nedenle rötre, sıcaklık değişimi, kimyasal etkiler ve sünme, kısa süreli deneylerde ortaya çıkmazlar,

-Çerçeveler genellikle düzlemsel olarak çözülürler, halbuki davranışlar uzaysaldır. Bu ise zorlamaların farklı dağılımlarına yol açar.

-Döşemeler kirişlerin çalışmalarına katılırlar. Bu katılma tablalı kiriş anlamından da geniş manada olur ve sisteme rijitlik verir,

-Duvarlar, özellikle taşıyıcı olmayan duvarlar aslında bir miktar yük aktarırlar,

-Plastik mafsalların belirmesi moment dağılımını etkiler, bu mafsallar taşıma gücündeki kırılma momentinin yarı değerinden itibaren etken olmaya başlarlar, tabiatı ile bu, yapıdan yapıya değişir. Şu halde yapının deforme şekli ile taşıma gücü momenti arasında basit bir bağıntı kurmak kolay değildir,

-Beton ve ahşap için elastisite modülleri (E) rutubetin fonksiyonudurlar. Genellikle yapı kurudur ve bu nedenle E modülleri hesaplarda kabul edilen değerlerden yüksektir ve taşıyıcı sistem teorik modelden daha rijit davranır,

-Betonarme elemanlarda donatının durumu, sayısı, tipi, çapı, yapının deformasyon yeteneğini büyük ölçüde etkiler.

Bu durumda eski bir yapının yedek direncini açığa çıkarmak amacı ile yapılan yükleme testlerinde hiç olmazsa yükün 1'den büyük bir katsayı ile çarpılarak uygulanması, uzun süre yapı üzerinde tutularak davranışın zaman içindeki gidişinin de incelenmesi gereklidir. Yükleme deneyleri için hazırlanmış şartnamelerde bu hususların tümü dikkate alınmamıştır.

#### **2.1.4 Onarıma ve onarım türüne karar verme**

Yapıdaki arızanın sebebi ve yapıdaki yedek taşıma kapasiteleri ile yapının güvenilir taşıma gücü saptanınca problem onarıma karar vermeye gelir. Genellikle aşağıdaki durumlar söz konusudur:

-Bozulmanın devamını sakıncalı bulmayıp önlem almamak,

-Güçlendirmeye gitmeden, halihazır durumu koruyacak şekilde önlemler almak,

-Yapıyı güçlendirmek,

-Hasar çok ilerlemişse, yapıyı terk etmek ve yeniden inşa etmek gerekebilir. Bu durumda güvenlik, ekonomi ve estetik faktörler birlikte ele alınır.

Birinci durum: Analiz sonucu yapının mukavemetinin yeterli olduğu görülmüştür:

Eğer dış görünüş güven verici değilse veya ilerideki bozulmalar güven vermeyen bir görünüşe yol açacaksa derhal onarıma gitmelidir. Eğer görünüşte aşırı kötü bir durum yoksa, bozulmanın izlenmesi gerekir,

bozulma (örneğin çatlama) kararlılık kazanmışsa yapı olduğu gibi bırakılabilir, eğer bozulma devam ediyorsa ve kararsızsa onarıma gidilmelidir. Burada onarımın hemen, sonra veya kısım kısım yapılması daha ziyade bir ekonomi problemidir: Onarımın geciktirilmesinin ilerideki onarımların daha büyük ve masraflı olmasına yol açabileceği, bina amortismanı, hayat pahalılığı, önleyici onarımların son onarım maliyetine ekleneceği hesaba katılmalıdır ve bunlar birleşik faiz yöntemi ile hesaplanmalıdır.

İkinci durum: Analiz sonucu yapıda yedek bir mukavemetin bulunmadığı saptanmıştır. İlk sorulacak şey tabiatı ile yapının veya yapı elemanının gerekliliği olacaktır. Belki endüstriyel yapıların ömürleri uzundur, ama bütün konutlarda nispeten kısa bir ömrün varlığını kabul ediyoruz. Öte yandan yapıların bazı elemanlarından vazgeçmek de o denli zor değildir. Örneğin bir terası kiremitle kapatıp terası kullanmaktan vazgeçmek, yatay kornişleri sökmek anlamsız davranışlar olmayabilir. Çok kaba bir yaklaşımla onarım ve güçlendirme masrafı yapı maliyetinin %50'sini aşarsa, yıkıp yeniden yapmak düşünülebilir. Bu arada inşaat sırasında yapıdan yararlanılamayacağı da unutulmamalıdır.

### **2.1.5 Onarım için yöntem seçme ve uygulamaya geçme**

Ekonomik, etkili ve çabuk bir yöntem seçmek lâzımdır.

Ekonomik çözüm, ilk yatırımlar, onarım yatırımları, faizler, ilerideki bakım masrafları düşünülerek araştırılır.

Etkili bir çözüm için iyi düşünmek ve özenli bir uygulamaya gitmek şarttır. Onarımı geciktirmek onarım masraflarını arttıran bir faktördür, ancak acele etmek ise kötü ya da etkisiz bir onarıma sebep olabilir:

-Eğer hasar yerel ise, onarım da yerel olur, ancak onarılacak kısımlar çoğalırsa, bu takdirde onarım tüm bina için ele alınmalıdır. Onarımın ileride olabilecek hasarı önleyebilecek tarzda yapılması şarttır, eğer bundan emin olunamıyorsa onarımın belirli bir güvenlik fazlası ile ele alınması gerekir.

-Estetik problemi çıkıyorsa, yapılan onarımın kamufle edilmesi gerekecektir. Bu kamuflejin hasarı örtmemesi, gizlememesi ve hasarlı bölgeye girişi önlememesi lazımdır.

-Onarım sırasında genellikle binaların kullanılmasına devam edilir. Onarımın kullanımı engellememesi için önlemler alınması gerekir. Bu önlemler hatalı uygulamalara, zaman kaybına yol açabilir. Bu sakıncaların önceden hesaba katılmaları gereklidir.

-Onarımlar genellikle bir kesit artması şeklinde ortaya çıkarlar. Kesit artması ise sistemin rijiditesini değiştirecek, yük dağılımını etkileyecektir. Ayrıca yükler de değişecektir. Bu yeni konumun hesaplanması lazımdır.

-Onarım sırasında ve sonucunda drenajları, akıntı deliklerini tıkamamak, bir higro-termik geçirimsiz perde oluşturarak rutubeti bina içine hapsedmemek, dilatasyon derzlerini yok etmemek, bakım geçitlerini kapatmamak vb. düşünülmesi gereken hususlardır.

Genel kural olarak bir onarım sırasında onarım yöntemine karar verdikten sonra onarım projeleri, detay planları ve şartnameleri hazırlanır. Her işte olduğu gibi dokümanlar tamamlanmadan işe başlamamalıdır.

## **2.2 Onarım uygulamasında ana prensipler**

Onarım, ilk yapıdaki yetersizlikler sonucu ortaya çıkan aksaklıkları, hasarları gidermek amacını taşıdığına göre, aynı aksaklıkların, eksikliklerin onarımdan sonra tekrarlanmaması şarttır.

Seçilen onarım yöntemi uygulama alanında güçlükler ve zaman kaybı doğurabilir. İş kolaylaştırmak için mühendis, uygulama sırasında yöntem değiştirebilir. Yeni yöntemin de yeterli olduğunun ispatlanması şarttır; aksi takdirde ekonomik ve pratik problemlerin onarımın amacını saptırması olasıdır.

Boya onarımı, sıva onarımı, yer döşemesi değiştirilmesi gibi basit işlerde bir ön uygulama yapılması yararlıdır. Bu işi tabiatı ile büyük onarımlarda yapmaya imkan yoktur.

Onarımı üstlenen müteahhidin ve ustaların tecrübelerine güvenmemek gerekir. Bunun için uygulanacak yöntem hakkında kesin direktifler önermek, alet ve araçları sıhhatli belirtmek ve onarımı sürekli ve detaylı bir şekilde kontrol etmek gerekir.

Şartnamelerde usta kalitesini kesinlikle belirtmek, onarım sırasında da bu maddenin yerine getirilmesinde titizlikle direnmek lazımdır. Şartnamelerde montaj, demontaj gibi ara işlemler için de fiyatlar ve ödemeleri düşünmek bu ara işlemlerin istenildiği biçimde yaptırılmasına imkan verir.

Son olarak yapılması sıkıcı ve önemsiz görünümlü bazı detay işlerini titizlikle uygulamalıdır. Örneğin bir eski çelik yapının boyanmasında, tel fırça ile temizleme, zımparalama, bir eski beton tabakanın üzerine dökülecek yeni betondan önce yüzeydeki sertleşmiş çimento şerbetinin kazınması, yüzeyin pürüzlendirilmesi ve betonun sulanması gibi.