

BÖLÜM 5

BETON HASARLARINI TEŞHİSTE YÖNTEM

Bu bölümde beton yapıların hasarlarındaki ana nedeni saptamak üzere geliştirilen bir yöntem açıklanmıştır. Yöntemin esası eliminasyondur; yani hasara yol açabilecek olan nedenleri metodik bir sırayla elimine ederek (inceleme dışı bırakarak) ana nedene varmaktır.

Önerilen eliminasyon beş aşamadan oluşmaktadır:

- Projede hatalar aramak
- Belirgin hasar nedenlerini elemek
- İleri ve detaylı incelemelere girişmek
- Eldeki tüm verileri değerlendirmek
- Sentez

Her aşamada yapılacak analizlerle sonuca varmak veya sonuç çıkaramamak mümkündür. Beşinci aşama olan sentez, önceki analizlerin tümünün değerlendirilmesidir, bu aşama sonunda da ana nedene varamamak olasıdır.

5.1 Projede hatalar aramak

Projelerin hatalı oluşu sonucu meydana gelen hasarlar genellikle yüklenme sonucu ortaya çıkan aşırı zorlamalardan doğar. Önce saptanan arızaların (semptomların) hangi tür gerilmeler tarafından oluşabileceği incelenmelidir.

Tekil çatlaklar genellikle çekme gerilmelerinin varlığına bağlıdır. Basınç ve kayma gerilmelerinin yoğunlaştığı bölgelerde ise çok sayıda, nispeten paralel çatlaklara rastlanır, bu durumda parça atmaları ve ayrılmalar da meydana gelebilir. Salt basınç gerilmeleri durumunda çatlakların paralellliği gerilme

yönündedir. Ancak bölgede basınç ve kayma gerilmeleri birlikte mevcutsa asal basınç gerilmelerinin yönünü bulmak gerekir, zira çatlaklar büyük asal basınç gerilmelerine paralel olarak gelişir.

Projedeki hata, çatlakların olduğu yerde ve yönde aşırı gerilme durumunun veya gerilme birikmesinin dikkate alınmadığı şeklinde değerlendirilebilir, bölgede gerilme yığılmasını (birikmesini), karşılayacak donatının eksikliği ilk akla gelen yorumdur.

Çatlak ve parça atmaları dışında yüzeysel bir ayrışmanın varlığı ise aşırı gerilme değerlendirmesinin doğruluğunu büyük ölçüde tartışılır hale getirir. Basınç, çekme ve makaslama gerilmelerinin nerelerde maksimum olabileceği tahmin edilebilir. Mesela bir kirişte açıklıkta çekme gerilmeleri alt başlıkta, basınç gerilmeleri üst başlıkta maksimum değerler alırlar, tabii mesnetlerde durum tersine gelişir, makaslama (kayma) gerilmeleri ise kirişlerin ortalarında, tarafsız eksenler üzerinde maksimum olurlar. Moment alan kolonları da benzer şekilde değerlendirmek mümkündür. Nervürlü veya asmolon döşemeleri tek taraflı taşıyan dış kirişlerde de burulma momentleri oluşur. Burulma momentlerinin dikdörtgen kesitli elemanlarda meydana getirdiği kayma gerilmeleri kirişin orta kesitinde maksimum olur ve kiriş eksenini ile 45° yapan asal çekme ve basınç gerilmeleri meydana gelir. Sonuçta kiriş ortalarında 45° eğimli çekme çatlaklarına rastlanır. Burulmanın helisel merdivenlerde, bunların oturduğu kirişlerde sorun yarattığı hatırlanmalıdır.

Çatlaklarla gerilmelerin uyuşmaması durumunda aşırı yükleme ve aşırı gerilme olasılığı elimine edilebilir.

Aşırı gerilme ve gerilme yığılması sorunlarının, daha ziyade hesapları yönünden belirsizlik gösteren köşe, kesit değişmesi ve bağlantı noktaları gibi yerlerde oluşacağı dikkate alınmalıdır.

Hasar durumu aşırı gerilme olabilecek yerlerle uyuşuyorsa, çatlakların binanın genel konumuyla birlikte incelenmesi yararlıdır. Bu incelemede rötre, sıcaklık gibi yükten bağımsız çatlak nedenleri dikkate alınmaz, ancak temel oturmalarının doğurduğu gerilmeler dikkate alınır.

Hasarın gerilme durumuyla uyuşmaması halinde birinci aşamadan diğer aşamaya geçilir. Ancak tüm inceleme, sentez sonucunda çözüm getirmezse bu konuya tekrar dönmekte yarar vardır.

5.2 Belirgin hasar nedenlerini elemek

Bazı hasar semptomlarını gözlemlere dayanarak bir nedene bağlamak mümkündür. Bunlar donatı paslanmasına bağlı çatlamlar ve şok dalgaları sonucu oluşan parça atmalarıdır. Bu iki sorunu bu aşamada tekrarlamak uygun olacaktır.

5.2.1 Donatının paslanması

Donatı paslanması sonucu donatıyı izleyen bir çatlağın meydana geldiği, paslanma ilerleyince bu çatlağın pas rengi ile kirlendiği ve daha sonra pas payı betonun kopup düşerek donatının açığa çıktığı açıklanmıştır. Paslanmaya yol açan nedenin elektrik akımı veya kimyasal ağırlıklı olup olmadığını saptama önemlidir. Özellikle akıma bağlı bir neden varsa ve onarım sırasında bu neden ortadan kaldırılmamışsa yapılan onarım tamamen anlamsızdır. Bu durumda elektrik akımının kesilmesi veya elektrolitik ortamın nötrleştirilmesi onarımın esasını teşkil edecektir.

Hava ve rutubete bağlı kimyasal ağırlıklı paslanmada ise paslanan çelikler temizlendikten sonra donatı çevresinin su geçirmeyen polimerle modifiye edilmiş bir harçla doldurulması yeterli olur. Tabii paslanmanın donatıda büyük bir kesit azalmasına yol açmamış düzeyde kalmış olması, bu çözümden aranacak en önemli koşuldur.

Paslanmanın yerel mi, yoksa yapının tüm betonlarına özgü bir yetersizliğinden mi kaynaklandığı araştırılmalıdır. Eğer beton üretiminde büyük hatalar yapılmış ve tüm betonlar kötü üretilmişse onarım geniş kapsamlı olacaktır. Gözlenen kısıtlı sayıdaki paslanma hasarları, yaygın bir paslanmanın varlığını da düşündürür, böylece ileride oluşacak kapsamlı bir hasar oluşmasını önlemeye olanak sağlar. Yapı betonunun kalitesi hasarlı ve hasarsız bölgeden alınacak beton numunelerinin yoğunluğu saptanarak incelenebilir.

5.2.2 Şok dalgaları hasarı

Şok dalgalarının parça kopması hasarlarına yol açtığı açıklanmıştır. Hasarın yeni ve eski olması sorunu vardır. Yeni hasarlarda kopma yüzeyleri temizdir, donatı açığa çıkmışsa, donatı yüzeyinde de paslanma azdır veya yoktur, parça kopmaları derindir, kabuk şeklinde yüzeysel değildir.

Yapının sürekli olarak bu tür etkilere maruz kalması incelemeyi kolaylaştırır. Ancak şok etkisi bir kaza sonucu meydana gelmiş olabilir, bu durum kişilerin hafızasında yer etmiştir, şahit dinleyerek olay açığa çıkarılabilir.

5.3 İleri ve detaylı incelemelere girişmek

İleri ve detaylı incelemeler gerekli dataların toplanması ile başlar. Bu tıpdalındaki anamnez çalışmalarına benzer. İncelemeleri üç bölümde özetlemek mümkündür:

- Yapının tarihçesi,
- Genel görünüşteki aykırılıklar,
- Hasarın genel durumu.

Yapının tarihçesi saptanırken aşağıdaki sorular yanıtlanmaya çalışılır :

- Yapı hangi tarihte inşa edildi? Kim tarafından inşa edildi? Hangi mevsimde inşa edildi? İklim koşulları ne idi?
- Yapı betonlarındaki malzemeler nelerdi? Çimento türü, agrega kökeni neydi?
- İnşaat yöntemi nasıldı? Betonyer, vibratör kullanıldı mı? Hazır betondan , pompa betonundan yararlandı mı? Beton üretiminde ağırlık veya hacim esaslarından hangisi, hangi düzeyde kullanıldı? Betonun kür işlemine ne denli özen gösterildi?

Bu bilgilerin toplanmasının ne kadar güç ve hatta imkansız olduğunu herkes bilir, gene de olabildiğince sormak, araştırmak büyük yarar sağlar.

Yapının genel görünüşündeki aykırılıklar da şunlardır:

- Bina düşey midir? Kat düzeylerinde döşemeler yatay mıdır?
- Binada tadilat yapılmış mıdır? İlave kat, ilave blok var mıdır? Bina bitişik nizamda mıdır? Bitişik bina önce mi sonra mı yapılmıştır? İlk mimari projeye oranla ne tür değişiklikler vardır?

Hasarın genel durumunun saptanması sırasında yapılacak çalışmaları ise aşağıdaki gibi sıralayabiliriz :

- Hasar binanın nerelerinde olmuştur? Hangi bölümlerde, cephelerde, katlarda hasarın şiddeti daha yüksektir?
- Hasarın semptomlarını metodik olarak belirlemek, hangi bölgelerde hangi tür hasarların hangi şiddette oluştuğunu saptamak gereklidir.

5.4 Eldeki tüm verileri değerlendirmek

Bu dördüncü aşama karar vermeye imkan sağlaması açısından çok önemlidir, ayrıca düşünme ve irdeleme tekniği açısından ilginçtir. Mühendis sonuca, bilgisi, tecrübesi, sağduyusu ve metodik çalışma bilinciyle varabilir.

Bölüm 4' de beton yapı hasarları için belirtilen 11 neden hatırd tutularak ve sıra ile elimine edilerek (elenerek) sonuca yaklaşılmaya çalışılır. Aşağıdaki Tablo 5.1' de bu 11 neden, hasar semptomları dikkate alınarak ve hasarın kararlı veya aktif karakterleri vurgulanarak verilmiştir. Parça kopması semptomu parça kopması (a) ve kabarma-şişme (b) gibi iki türe ayrılarak belirtilmiştir.

Tablo-5.1- Hasar nedeni ve semptomları arasındaki bağlantılar.

Hasar Nedeni	Bulgulanan Hasar Semptomu			Hasarın Durumu
	Çatlama	Parça kopma (a) (b)	Ayrışma	
1. İnşaat sırasında olagelen hatalar	X	-	-	I
2. Sertleşmiş beton rötresi	X	-	-	I
3. Termik gerilmeler				
a-Hava sıcaklığı değişmesi	X	-	-	
b-İç sıcaklık değişmesi	X	X (a,b)	-	I veya II
4. Betonun su emmesi	X	X (b)	-	II
5. Donatı paslanması	X	X (a)	-	II
6. Kimyasal reaksiyon	X	X (a,b)	X	II
7. Atmosferik etkiler	-	X(a)	X	II
8. Şok dalgalar	X	X (a)	-	I
9. Aşınma	-	-	X	II
10.Hatalı detaylar	X	X		I veya II
11.Projelendirme hataları	X	X (a)	-	I veya II

Not: I = kararlı, II = aktif, a = parça atma, b = kabarma, şişme.

Tablo 5.1'in ışığında aşağıda açıklanan irdelemeleri aşama aşama yapmakla hasar ana sebebini teşhiste bir yöntem geliştirilebilir.

I .*Beton yapıda gözlenen hasar semptomları yüzeysel ayrışmalar* ise hasarın nedeni kimyasal reaksiyonların varlığında, atmosferik etkilerde (donma-çözülme, güneş, yağmur vb.) ve aşınma probleminde aramak gerekir.

Kimyasal reaksiyonların varlığı için önce beton yapımında kullanılan malzemenin zararlı olarak nitelendirilen ögeler içerip içermediği araştırılır. Bunlar, sülfat yüzdesi veya serbest kireç ve magnezyum oranı yüksek, alkali oksitleri ($Na_2 O$, $K_2 O$) fazla çimentolar, aktif silisli (kalseduvan, opal, kristoballit, riolit, andezit) agregalar; agregaların içinde düşük dayanımlı, su alınca şişip dağılan parçalar, kömür kül, yanma artıkları, organik maddeler, kil gibi maddelerdir. Çok önceden üretilmiş bir betonda bunların saptanması kolay olmaz. mamafih betondan numuneler alıp testler yaparak, hatta gözlemlerle agregalar hakkında yaklaşık bilgiler elde edilebilir. Alkali-silis reaksiyonları iç yapıdan kaynaklanan bir hasar türü olduğundan betonun bileşenlerinin incelenmesi zorunludur, bu hasar türünde yüzeysel ayrışmadan önce ağ düzeninde çatlakların meydana geleceği dikkate alınmalıdır. Sülfat hasarında ise dış ortamın kimyasal yapısı, betonun bileşenlerinin zararlı oranda SO_3^{2-} içermesinden daha çok etkili olur. Bu bakımdan betonla temas halindeki suyun ve zeminin kimyasal birleşiminin araştırılması gerekir. Agregas-silis reaktivitesinin agrega tanelerinde ve bunların çimento fazına yakın yüzeylerinde, sülfat etkisinin ise çimento fazında hasara neden olduğu unutulmamalıdır. Alkali-silis hasarının, donma çözülme, sülfat etkisi, çiçeklenme gibi hasarlardan ayırt edilmesi için beton yüzeyine uranil asetat sürülmesi ve ultraviyole ışığına tutulması yöntemi kullanılır. Hasar sonucu oluşan jel bu ışık altında yeşil, sarı bir renk alır.

Ayrışma semptomuna bağlanabilen ikinci hasar türü donma-çözülme olarak gösterilmiştir. Çevrenin iklim koşulları incelenerek donma-çözülmenin hasar nedeni olup olmadığına karar vermek mümkündür. Ancak çevrenin donma-çözülme hasarıyla birlikte kimyasal hasara da yol açması olasıdır. Bu yüzden iki hasarı ayırt etmek gerekebilir. Kimyasal etki daha derin bölgelere yayılır, buna karşı donma-çözülme sonucu ayrışma yüzeyseldir, ayrıca kimyasal etki çimento hamur fazını bozar ve bu faz adersans niteliğini kaybeder. Donmanın

etkisi tamamen fizikseldir. Sağlam ve hasar görmüş kısımlardan çıkarılacak numunelerde yapılacak kimyasal analizler bu iki hasar nedenini ayırt etmeye olanak verir, zira hasarlı kısımda çimento hamurunun kimyasal yapısı reaksiyon sonucu değişmiştir.

Yüzeysel ayrışma semptomunun bağlanabildiği üçüncü hasar nedeni olan aşınma hasarı diğerlerinden oldukça farklıdır, genellikle yol, hava alanı pistlerinde gözlenen bu hasarda agrega yüzeyleri parlaktır, trafik yönüne ve virajlara uyan aşınma çizgileri de oluşmuştur. Sürtünmeyi artıran döküntü tozların ve/veya aşınma sırasında betondan sökülerek oluşan tozların varlığı ayrıca önemli bir kanıttır.

II. *Betonda kabarma-şişme şeklinde gözlenen semptomlar* da Tablo 5.1'de betonun su emmesi, kimyasal reaksiyonlar sonucu bozulması veya kütlelerinin sıcaklığının artması gibi üç hasar nedeni ile ilişkilendirilmiştir.

Kabarma-şişme olayında beton bazı durumlarda çatlamadan kabarmabilir, ancak çoğunlukla kabarmada çatlamanın varlığı da gözlenir. Yoğun çatlama durumunda kimyasal etkileri ve özellikle alkali-silis reaksiyonunu öncelikle ele almak doğrudur. Çatlakların tekil ve seyrek bir görünüş arzemesi iç sıcaklık değişmelerine bağlı olabilir, bu durum genellikle termik rötreinin etkinleştiği büyük hacimli kütle betonlarına özgüdür.

Betonun su emerek genleşmesi daha sonra kuruyarak büzülmesi de çatlaklı bir kabarmaya yol açar. İstinat duvarlarında, galerilerde, barajlarda su emmeye bağlı kabarmalara oldukça sık rastlanır. Hasar yeriyle suyun girdiği yer arasında bağıntı kurmak oldukça güçtür, zira su en kısa yolu değil, en kolay geçebildiği yolu tercih eder. Bina içlerinde çatı derelerinin altındaki duvarlarda, temiz veya pis su tesisatının geçtiği bölümlere yakın duvarlarda kabarma-şişme hasarları meydana gelir. Bu hasarlar daha ziyade sıvanın kabarması, dökülmesi şeklindedir. Çiçeklenmenin varlığı suyun kökenini saptamada yararlı olur.

III. *Yapıda parça kopması semptomunun hasar nedenleri* Tablo 5.1'de 7 adettir. Bunlar arasındaki donatı paslanması ve şok dalgaları incelemenin ilk aşamasında belirgin bulgular arasında elimine edilmiş, proje hatalarından

doğan aşırı gerilme durumu da incelenmiştir. Bu durumda hasar nedenleri 4'e indirilmiş olmaktadır.

Eğer hasar yerel ise, hasarın olduğu yerde hatalı detay incelenmesine girişmek uygundur, ancak yerel kimyasal etki olasılığı da gözden uzaklaştırılmamalıdır.

Eğer hasar genel ise paslanma olasılığına tekrar dönmek ve nedenin kesinlikle bu olmadığına karar vermek gerekir. Bu nedenin olmadığı saptanırsa hasar sebepleri aşağıdakiler olabilir:

- . İç sıcaklık yükselmesi,
- . Atmosfer etkisi,
- . Kimyasal reaksiyon.

Bunlar arasında yapılacak seçimin kıstasları yukarıda yüzeysel ayrışma konusunda ele alınmıştır.

IV. *Çatlama semptomlarının hasar nedenlerinin* araştırılması oldukça uzun irdelemeleri gerektirebilir. Betonun kabarma-şişme hasarında gözlenen çatlakların değerlendirilmesi önceki aşamada yapıldığına göre bu hasar türünün tartışmaya katılmasına gerek yoktur; bu takdirde çatlama semptomunun nedenini aşağıdaki hasar türlerinde aramak uygundur:

- . Rötne gerilmeleri,
- . Sıcaklık değişmesi sonucu oluşan genleşme, büzülme gerilmeleri,
- . İnşaat sırasında veya akabinde yapılan hatalar,
- . Hatalı detaylar,
- . Kimyasal reaksiyonların etkileri.

Öncelikle rötre ve sıcaklık değişimleri faktörleri üzerine eğilmek doğrudur. Bunlar için tüm yapı ve yapı elemanı gözden geçirilmelidir. Bu incelemede dikkat edilecek hususları hatırlamakta yarar vardır.

Çatlamlar rötre ve sıcaklık değişmelerinin gerilme birikimine yol açabileceği yerlerde oluşurlar. Örneğin kapı, pencere boşluklarının köşeleri, ankastre döşenmiş elektrik ve su borularının geçtiği yerler, tesisat kanallarının çevreleri, kesit değişmelerinin bulunduğu bölgeler. Sıcaklık değişmelerinin esas neden olduğunu kanıtlamak, basit genleşme hesapları yapmakla mümkündür. Sıcaklık farkları ve kesit bilindiğine, termik genleşme katsayısı ve beton veya harcın elastisite modülü de tahmin edilebildiğine göre bu hesaplar kolaydır. Eğer bir termik gradyan oluşumu ihtimali varsa, incelenen elemanda peşlenme ve kabarmalar da meydana gelebilir. Böyle bir ek bulgunun tespiti, sıcaklık değişiminin ana hasar nedeni olduğu kanıtını destekler.

Bu arada çatlama yapı elemanındaki gerilme ve termik gradient yayılışlarını şematik biçimde çizmek ve çatlaklarla karşılaştırmak yararlıdır. Çatlakların basınç izostatiklerine dik olması, peşlenmelerin termik gradient'i izlemeleri, yargıları kuvvetlendiren delillerdir. Peşlenmeler farklı zamanlarda dökülmüş, farklı malzemelerle üretilmiş katmanlı elemanların farklı rötreleri ve genleşmelerine bağlı olarak da meydana gelirler.

Esas nedenin rötre veya sıcaklık olduğuna kesinlikle karar verilince onarım aşamasında yapılacak fazla bir şey olamaz. Olayın şiddetine göre, estetik kaygılar da dikkate alınarak ya bir şey yapılmaz, ya da olay sırasında ortaya çıkan gerilmeleri serbest bırakacak önlemler alınır.

Rötre ve sıcaklık faktörlerinin etkinlik taşımamaları durumunda inşaat sırasında yapılmış hatalara yönelinir. Beton kalıplarının yerel çökmeleri, kalıp kanatlarının ayrılması, kalıpların şişmesi, yan kalıpların erken alınması sonucu genç betonun kendi veya taşıdığı döşemenin ağırlığı ile yanal genişlemesi, vb. türdeki olaylar özel nitelikte çatlamalara yol açabilir. Bkz. Bölüm 4.11.

Tekil çatlamlar durumunda rötre ve sıcaklık faktörleri elimine edildiğine göre dış yüklemeler ve yetersiz proje konusuna tekrar dönülmelidir. Yetersiz proje faktörü, gerilme yayılımının çatlaklarla karşılaştırması yapılarak kesinlikle incelenebilir.

Çatlak incelemesi sırasında aşağıdaki soruları sormak ve cevaplamak gereklidir:

- 1) Çatlak sadece kirişin çekme bölgesinde mi kalmıştır, yoksa tarafsız eksenini aşarak basınç bölgesine geçmiş midir?
- 2) Çatlak kirişin tüm kesitini mi katetmektedir, yoksa bir tarafında mı kalmaktadır?

Bu iki soru kiriş üzerindeki yükün sakıncalı sınırı aşp aşmadığını, yüklemenin ve/veya donatının simetrisini belirlemeye yarar.

- 3) Çatlak yüzeysel midir? Derin midir? Hem derin, hem yüzeysel çatlaklar var mıdır? Yüzeysel çatlaklar rötreye, iç çatlaklar kalıp oynamasına, iç ve derin çatlaklar sıcaklık, rutubet değişmesine, kimyasal etkilere bağlanabilir.
- 4) Çatlaklar kirişlerde çekme donatısının kesildiği, pliye olarak büküldüğü yere mi rastlamaktadır? Çatlaklar etriyelerin bulunduğu kesitlerde mi? Bu sorular donatılarda yetersiz boy nedeniyle yetersiz aderansa yol açıldığını, pas payının ince olduğunu belirler.
- 5) Çatlak ağı betonlama sırasındaki soğuk inşaat derzlerine, sonradan ilave edilmiş bir kısma mı rastlamaktadır? Bu kesit ilk projeden farklı bir yüklemenin uygulandığı kesit olabilir.
- 6) Hasar yeni mi, yoksa eski mi görünüşlüdür? Bu sünme ve yorulma olaylarını düşünmeye imkan veren bir yaklaşımdır.
- 7) Hasar nerede son buluyor? Neden?

5.5 Sentez

Eliminasyon yöntemiyle aşamalarla yapılan araştırmalar, olayı ortaya koymak ve analiz etmek olanağını sağlamıştır. Bundan sonra bu inceleme sonuçlarını sentez halinde toplamak ve hataların tekrarını önleyecek bir onarım yöntemi önermek gerekir. Hataların tekrarı konusu bir örnekle açıklanmıştır: Portland çimentosu ile üretilen deniz etkisine maruz bir iskelenin betonarme ayakları korozyona uğramıştır. Hasarı gören betonların sökülmesi, donatıların paslarının temizlenmesi ve kolonların daha sonra mantolanması ile onarım yapılması istenmektedir. Ancak mantolamada Portland çimento kullanılırsa eski hasar tekrarlanacaktır, farklı bir çimento kullanılması durumunda ise eski ve yeni betonlar uyuşmayacaktır. Mantolamadan vazgeçilmesi veya deniz suyuna dayanıklı çimento ile eskisinin uyumunun sağlanması veya eski çimento kullanılması ancak mantolanan bölümün dıştan korunmaya alınması gerekecektir.

Analiz çalışmalarının sentezi pek çok sayıda etkenin varlığını da belirtecektir. Bu durumda onarım sadece ana hasar nedenine dayandırılarak planlanmayacak, daha kapsamlı, ikincil etkenleri de dikkate alan bir projelendirmeyle gerçekleştirilecektir.

Tablo 5.2'de önerilen hasar teşhis yönteminin aşamaları ve yapılan analizler bir akış diyagramı şeklinde verilmiştir.

Tablo 5.2 Hasar teşhis yöntemi akışı

Birinci aşama	Projelendirme hatalarını dikkate alma. 11 (*).
	Etkin semptomlar: Çatlama, parça kopma.
	Analiz: Yüklemeden doğan gerilmeler ve şekil değiştirmelerin hesabı, çatlak ve parça atmaların yerleri.
İkinci aşama	Belirgin hasar nedenlerinin eliminasyonu 5,8 (*)
	Etkin semptomlar: Çatlama, parça kopma.
Üçüncü aşama	İleri ve detaylı incelemelere girişme
	Analiz: Veri toplama, yapının tarihçesi, genel görünüş, hasar türleri ve yerleri.
Dördüncü aşama	Verilerin değerlendirilmesi
	Analiz: Semptom türüne göre hasar saptaması.
	Ayrışma: 6,7,9 (*)
	Kabarma, şişme: 3,4,6 (*)
	Parça kopma: 3,6,7,10 (*); Birinci ve ikinci aşamadan 5,8,11
	Çatlama: 1,2,3,6,10 (*); Birinci ve ikinci aşamadan 5,8,11
Beşinci aşama	Sentez

Not: (*) Bu sayılar Tablo 5.1'deki hasar nedenlerini göstermektedir.

Birinci ve ikinci aşamalar somut bir sonuca varmaya imkan verebilirler. Ancak üçüncü aşama çalışmaları yapılıncaya ilk iki aşamaya rağmen incelemeye devam etmek veya etmemek konusunda bir karar vermek durumunda kalınabilir. Bu bakımdan üçüncü aşamanın öncelikle yapılması doğrudur. Dördüncü aşamaya gelindiğinde semptom türüne göre yapılacak her değerlendirme gerçek hasar nedenini tespit etmekte olumlu veya olumsuz bir sonuca götürür. Birinci, ikinci ve dördüncü aşamadaki tüm sonuçlar negatif olursa sentez de negatif olacaktır. Böylece hasarın asıl sebebi nedir sorusu yanıtızsız kalacaktır. Bu durumda onarım, gözlenen semptom türlerinin tümünü dikkate alan, başarısız bir yöntemin uygulanmasına dönüşür.