

BÖLÜM 3

ÇELİK YAPILAR

İnşaat mühendisliğinde en yaygın taşıyıcı metal olarak çelik kullanılır. Bu nedenle bu bölümde sadece çelik yapılar üzerinde durulmuştur.

Çelik yapılarda zamanla meydana gelen bozulmaların yıkılmalara yol açtığı pek görülmemiştir. Keza inşaatı bitirilmiş bir çelik yapının fırtına, temel çökmesi gibi etkenler dışında yıkıldığı da nadirdir. Bunlarda yıkılma daha çok inşaat sırasında vuku bulur.

Çelik inşaatlarda hasar problemini bu bakımdan iki farklı yönde ele almak lazımdır: Yıkılmalar ve bozulmalar.

3.1 Çelik yapılardaki yıkılmalar

Yıkılmalar konusunda yukarıda da belirtildiği gibi inşaat sırasındaki olaylar önemli rol oynarlar. Fabrika üretimi olan çelikte malzeme kusurlarının varlığı ve hasara yol açması, bir yıkılmada daha sonra düşünülecek faktörler arasındadır.

Çelik yapılardaki yıkılma nedenleri şu gruplarda toplanabilir:

- Yan bağlantı eksiklikleri,
- İnşaat sırasındaki ikincil etkilerin dikkate alınmaması sonuca ortaya çıkan yıkılmalar,
- Güvenli bir payandalama eksikliği, kuşaklama sisteminin yokluğu,
- Kafes kirişin aşırı yüklenmesi, farklı yük alması,
- Kolonlarda eksantrik yük meydana gelmesi.

Bu nedenler aşağıda biraz daha yakından incelenmiştir

Bilindiği gibi kirişlerde üst başlıklar basınca alt bölüm çekmeye çalışırlar. Bir kafes kirişte basınç ve çekme başlıklarını bağlayan ortam sürekli değildir. Basınç başlığı narin bir kolon gibi çalışmak durumundadır. Çubuklardaki gerilmeler düğüm noktaları çevresinde hesaplanır ve çubuklar böylece boyutlandırılır. Üst başlığın tüm uzunluğunca gerçek davranışı burkulma yönünden, hesaplara oranla daha olumsuzdur. Bunu yanal bağlantılarla önlemek mümkündür. Yanal bağlantılar ana makasa oturan aşıklar gibi genellikle bu fonksiyona göre düşünülmezler, ve yerleştirilmelerinde gecikilir, halbuki bu konuda rolleri küçümsenmeyecek ölçüde önemlidir.

Yanal bağlantıları yeterli olmayan bir sistemde yanal stabilite, düğüm noktalarındaki bağlantı levhaları ile sağlanır, bu da levhaların aşırı zorlanmaları anlamına gelir. Bu levhalardaki ani bir yırtılma, tüm üst başlığın stabilitesini kaybetmesine yol açar, yıkılma aniden meydana gelebilir.

Yeterli bir payandalama ve diyagonal desteklemenin eksikliği genellikle yapının yükselmesi sırasında rastlanan durumlardandır. Montaj sırasında geçici de olsa payandalamaya önem verilmelidir. Kopacak bir fırtına, yapının bir yerinde olabilecek bir iç kazası bu dönemde tüm yapının devrilmesine yol açabilir. Bazen bir kargir duvarın örülmemiş olması, benzer etkiye yol açar, bu duvarların yapıya yanal rijidite sağladığı unutulmamalıdır.

Kafes kirişlerin, montaj sırasında kendisine taşıttrılan bir kreyn, veya malzeme depolanması nedenleriyle projelerde öngörüldüğünden fazla ve farklı yüklenmeleri mümkündür. Aynı durum kolonlar için de geçerlidir. Bu hesaplanmayan ve önemsenmeyen aşırı ve farklı yüklemelerin eksantrik yüklemelere, ek momentlere ve burkulmalara yol açtığı durumlar olmuştur. Çelik iskeletlerde yerel olarak meydana gelen bu burkulmaların tüm sistemin göçmesine sebep olabileceği de unutulmamalıdır. Bunun örnekleri vardır, ancak bu tarz olaylar bilinen, anlatılanlardan daha da çoktur, zira ölümle

sonuçlanmayan, gazetelere aksetmeyen kazalar üzerinde düşünülmeden geçip gidilir. ama nedenler benzerdir. aynıdır.

3.2 Çelik yapılardaki bozulmalar

Bu bozulmalar şu gruplar içinde toplanabilir:

- Korozyon
- Aşınma
- Bağlantıların gevşemesi
- Yorulma
- Sadme

Bunların her birinin semptomları, sakıncaları, önlenmeleri ve onarım imkanları aşağıda kısaca anlatılmıştır.

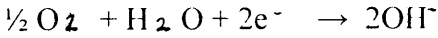
3.2.1 Korozyon

Korozyon çelik yapılardaki bozulmaların en sık rastlanana ve belki de en önemlisidir. Halk dilinde paslanma adı verilen korozyon, çeliğin ana maddesi olan demirin demir oksit haline dönüşmesi ve pul pul dökülmesi olayıdır. Böylece taşıyıcı çelik elemanın kesiti azalır. doğal olarak maruz kaldığı gerilme değerleri artar. Sonuçta aşırı yüklenen çelik elemanlar kırılabilir ve yapı taşıma gücünü yitirir. Özellikle yorulmaya maruz köprü kirişleri gibi elemanlarda korozyon yıkılmalara sebep olmaktadır.

Korozyon elektro-kimyasal bir süreçtir. Elektrolitik bir sıvıya daldırılan nötr yapıdaki bir metal atomu elektron kaybederek pozitif elektrik yüklü bir iyon (katyon) haline dönüşür. Bu dönüşüm bir oksitlenme olayıdır ve anot reaksiyonu olarak adlandırılır. Anot reaksiyonu sonunda oluşan metalin katyonu elektrolitik sıvı içinde çözülür; böylece anotta yani katyona dönüşen metalde bir malzeme kaybı meydana gelir. Ancak bu kaybın sürekli olması metal çevresindeki açığa çıkmış elektronların uzaklaşması ve metalin henüz

iyona dönüşmemiş bölümünün de böylece sürekli iyonlaşarak sıvı içinde çözünmesine bağlıdır. Elektronların azaltılması diğer bir deyişle sarfedilmesi bir redüksiyon reaksiyonu ile mümkündür. Bu reaksiyon katot olarak nitelenen bir bölgede gerçekleşir ve korozyon teknolojisinde katot reaksiyonu adını alır.

Korozyon sürecinin meydana gelmesi için gerekli koşullar, yukarıda anlatılan basitleştirilmiş açıklamalar ışığında belirlenebilir. Korozyonun başlaması ve sürekli olması için anot ve katot reaksiyonlarının her ikisinin de oluşması zorunludur. Anot reaksiyonu ancak metalin elektrolitik bir sıvı ortamla teması halinde meydana gelir. Katot reaksiyonunun gerçekleşmesi ise açığa çıkmış elektronların katot bölgesine iletilmesi ve orada redüklenmesi ile mümkündür. Elektronlar doğal olarak bir elektrik iletkeni vasıtası ile katoda taşınacaktır ve bunun için de katot ve anot arasında akım oluşmasına olanak veren bir elektrik potansiyel farkı bulunmalıdır. Katot reaksiyonu genellikle oksijen, su ve elektronların bileşmesi ile meydana gelir:



Çok düşük negatif potansiyel farklarında hidrojen iyonlarının hidrojen gazına dönüşmesi ile de katot reaksiyonu oluşabilmektedir. Ancak oksijen redüklenmesi daha yaygındır.

Çeliğin korozyonu bu genel yaklaşıma dayanılarak ve pratikteki durum ele alınarak açıklanabilir. Anot reaksiyonu için gerekli elektrolitik sıvı ortam, su veya rutubettir. Katot reaksiyonu için ise oksijen yani hava bulunması yeterlidir. Anot ve katot aynı çelik elemanın veya birbirine yakın iki çelik elemanın üzerindedir; anot ve katot bölgelerinin oluşumu ve bunlar arasında bu potansiyel farkının doğuşu çevrelerindeki su ve oksijen içeriğinin fonksiyonu olarak ortaya çıkar. Elektronları iletecek iletken ise çeliğin kendisidir. Anotta çözünen demir katyonu ise katot reaksiyonu sırasında elde edilen OH^- hidrosilleri ile bileşerek pası oluşturur ve gene anot bölgesinde çöker, ne var ki anottaki çeliğin görünen hacmi artmakla beraber asıl taşıyıcı bölümü daralmış, küçülmüştür.

Elektropotansiyelikleri farklı metallerin yanyana getirilmesi durumunda, örneğin demir-çinko gibi, havaya gerek kalmadan katot ve anot teşekkül eder ve anottaki düşük elektropotansiyelli metal korozyon hasarına uğrar. Bu iki metal aslında bir pil oluştururlar ve bu tür korozyona da galvani pili korozyonu adı verilir. Pratikte gemilerde, petrol ve doğal gaz iletim borularında uygulanan katodik koruma sistemlerindeki harcanan (sacrificed) anot yöntemi bu esasa dayanır. Çelik üzerine monte edilen çinko, magnezyum parçacıkları anot teşkil ederler, korozyon hasarına uğrayıp tükenirler ve katot durumundaki çelik paslanmaktan kurtulur.

Korozyon genellikle erişilemeyen ve iyi boyanmayan, pislik tutan bölgelerde, deniz yapılarında, suya ve toprağa gömülü tanklarda, yeraltı borularında oluşur. Bu bakımdan metalin bulunduğu ortamın kimyasal durumu, özellikle elektrik nakline müsait bir ortamda, asit ortamda (turba, çamur, organik maddesi yüksek toprak) bulunması korozyonu artırır. Tamamen suya gömülü çelikte paslanma olmayabilir, ancak su içinde çözülmüş oksijen bulunması da korozyona yol açar. Burada sudaki oksijen miktarının ölçülmesi ve benzer yapılarla durumun karşılaştırılması gerekir. Korozif ortamın değişmesi yani oksijenin yenilenmesi de korozyonu arttırıcı etkendir. Sıcaklığın yüksek olması bir diğer arttırıcı faktördür.

Bazı gömülü yapılarda toprak içinde kaçak elektrik akımlarının varlığı korozyona yol açar. Mesela tramvay hatları altına rastlayan boruların, tankların korozyonu gibi.

Bazı mantarlar da benzer olarak korozyonu arttırmaktadırlar. Bu daha çok tropik ülkelerde rastlanan bir durumdur.

Deniz yapılarında korozyon, su kesiminde ve su çirpıntılarının fazla olduğu kesimlerde fazladır. Midye, istiridye gibi hayvan kabuklarının da arttırıcı etkisi vardır. Ancak bu etki yenilenme sırasında daha seçik olur. Bu hayvanların oksijen alışverişi ve asitli dışkıları zararlıdır. Ancak kesif bir tabakalaşma halinde bu alışveriş iç kısımlara intikal etmez ve bir bakıma koruyucu bir özellik alır. Diğer taraftan bazı durumlarda koyu yeşil renkte ve boşluksuz bir hidroksit tabakası yüzeye çökerek koruyuculuk görevi yapar.

bu tabakanın rengi bilinen pas renginden farklıdır, bakım sırasında korunması yararlı olur.

Korozyona karşı korunmada aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

-Yapı temiz tutulmalıdır. pislik ve özellikle endüstriyel bölgelerdeki pislik, korozyonu davet eden faktördür.

-Boyama, en eskiden beri bilinen ve uygulanan yöntemdir. Boyanan yüzeyin iyice temizlenmiş olması, eski boya ile yenisinin uygunluğu, çok kat yerine ince boya sürülmesi, boşluk bırakılmaması, fırça boyasının diğer yöntemlerden üstün olduğunun bilinmesi lazımdır.

-Boya dışında kullanılan bitümlü kaplamalar zemin içine gömülen tank ve borularda yararlı olmaktadır. Bitümün cam elyaflı iç takviye ile donatılması daha uzun ömürlü olmasını sağlamaktadır. Galvanizleme diğer bir yöntemdir, sıcak banyolu galvanizleme daha kalın bir tabaka sağladığından daha sağlıklıdır.

-Kılıflama yöntemi en çok uygulanan ve ince tabakalara oranla daha geçerli bir yöntemdir. Kılıflama, betonla, bitümle, plastik maddelerle, demirsiz madenlerle yapılır. Betonla kılıflamada ağırlık probleminin düşünülmesi lazımdır. Deniz yapılarında, yeraltı kanallarında, tüp şeklindeki taşıyıcıların iç bölgelerinde kullanılır. Fabrika dumanlarına maruz yerlerde uygundur. Betonla kılıflama, çelik elemanı kalıpla çevirip betonlamak veya püskürtmekle yapılır.

Uygulama tekniği ilerideki bölümlerde ele alınacaktır. Ancak şu hususları hemen belirtmekte yarar var; betonun en az BS20 kalitesinde, boşluksuz ve çeliğe aderansının mükemmel olması şarttır. Aderans için çeliğin yüzeyi pisliklerden ve pastan temizlenmiş olmalıdır. Püskürtme halinde beton çelik tel kafesle donatılmalıdır. Beton kılıfın kaçak cereyan sonucu oluşan korozyonu önlemeyeceği bilinmeli ve özel topraklama ile önlem alınmalıdır.

Bitümle kılıflama daha ziyade yeraltı yapılarında, bataklıklarda, istinat duvarı ankrajlarında başarı ile kullanılır. Ancak bu kılıfın tuğla veya briketle korunması gerekir. Killi toprak içine yatırılmış olan bitümlü kılıfın bu toprağın rötresi sonucu yırtılması ihtimaline karşı bu önlem alınmalıdır.

Kılıflamada plastik malzeme olarak poliüretan köpüğü dolgu, polisülfitle geçirimsiz kılınarak kullanılıyor. Püskürtme yoluyla polivinil reçinelerinden de yararlanılmaktadır.

Yapının bakır-nikel alaşımlarıyla kaplanması deniz yapılarında yararlanan bir diğer kılıflama yöntemidir, tabiatıyla pahalı bir çözümdür.

Kılıflama dışındaki diğer koruma yöntemleri kısaca şunlardır: inoksidabl (paslanmaz) alaşımlar kullanmak (bakırlı, silisyumlu, nikelli, kromlu alaşımlar gibi), metale statik hesapların öngördüğünden daha kalın bir kesit vermek, katodik korunma uygulamak. Bunların hepsinin özel bir ihtisaslaşma gerektireceği aşikardır.

Burada yapı detaylarının öneminden bahsetmek gerekir. Olumsuz detaylar, eksik uygulamalar çelik yapıların korozyonunu arttıran etkenlerdir, bunlardan bazıları aşağıda sayılmıştır:

-Yapının her tarafına gidebilmek mümkün olmalı.

-Seçilen profiller minimum yüzeyli olmalı; H yerine kutu kesit, çift korniyer yerine T kesit gibi (kutulu kesit için sorun çıkartması mümkündür).

-Suyun akmasını sağlayacak kanalcıklar, delikler düşünülmeli; suyun birikmesine yol açacak cepler, akıntısız detaylardan kaçınılmalıdır.

-Kolon ayakları betona gömülmeli ve betonlar subasman seviyesine kadar yükseltilmeli, aderansı azaltmakla beraber, betona gömülen kolon uçları boyanmalı veya bitümlenmelidir.

-Sırt sırta korniyer kullanılıyorsa bunları sürekli dikiş kaynakla birleştirmelidir (bu tür uygulamalarda %90 korozyon olabilmektedir).

-Eğer suyun birikmesi önlenemeyen yerler varsa, buralar betonla tıkanmalı, doldurulmalıdır.

-Pil teşkili ile korozyona meydan vermemek için farklı metalleri yan yana kullanmamalı, bu durumda aralar çinko kromat boya ile ayrılmalı veya çinko kromatla boyanmış rondelalar kullanılmalıdır.

3.2.2 Aşınma

Metallerde korozyon dışında rastlanan bir başka bozulma türünün aşınma olduğunu söyledik. Kum gibi katı danelerin sürekli sürtünmeleri sonucu olagelen aşınma, kesit kaybına yol açar. Sahildeki yapılarda kumun hareketi, bacalarda duman içindeki kül, aşınma nedenleridir. Kumluk ve çöl bölgelerde bu tür hasara sık rastlanır.

Aşınan yüz parlaktır. Ancak aşınma korozyonla birlikte gelişebilir. Bu durumda aşınmayı korozyondan ayırt etmek güçleşir. Ancak aşınan bölgelerde bir incelme vardır, bu ayırt edici bir faktör olarak düşünülebilir. Aşınmaya karşı korunmada yuvarlak profiller seçmek ve betonla kılıflamak en etkin çarelerdir.

3.2.3 Bağlantıların gevşemesi

Sadme ve şoka maruz yapılarda veya başka bir deyişle değişken yüklere maruz yapılarda (köprüler gibi) bağlantı perçin ve bulonlarında belirli aralıklarla gevşemeler olur. Bunlar küçümsenmeyecek oranlara varırlar. Bu gevşeme, düğüm noktalarının labilleşmesine, bunun sonucu tüm sistemin aşırı deformasyonuna, farklı yük dağılımına hatta yıkılmalara yol açabilir.

Gevşeyen perçinlerin yenileriyle değiştirilmesi gerekir. Bulonlar sıkılabilir, ancak yüksek mukavemetli bulonlar sıkılamaz, bunları da değiştirmek yerinde olur. Aslında yüksek mukavemetli bulonlarda bu tür gevşemeler nispeten az olmaktadır.

3.2.4 Yorulma

Yorulma olayı da gevşeme gibi değişken yüklere maruz köprü, makine temeli, vinç gibi yapılarda ortaya çıkar. Gerilme yönüne dik kılcal buruşmalara rastlanabilir. Ama bunları teşhis etmek, görebilmek her zaman mümkün değildir. Özellikle düğüm noktalarında perçin ve bulon başlarına yakın yerlerde, düğüm plakalarında yorulma tehlikesi vardır. Yıkılmanın ani ve belirsiz oluşu yorulmanın ne denli sakıncalı olduğunu söylemeye yeter. Bu bakımdan yapının çok daha ileri yöntemlerle incelenmesi, kontrole tabi tutulması (ültrason, röntgen) gerekir. Yorulmuş elemanın onarımı güçlendirme ile olur, kesite eski değerinin iadesine çalışılır.

3.2.5 Sadme

Örtülmemiş, çıplak çelik elemanlar, düşen, kopan, uçan katı cisimlerin sadme etkisine maruz kalabilirler. Bu sadme etkisi daha çok profillerin flanşlarında oluşur. Yerel ve dalga boyu kısa eğilmeler bu tür etkilerle oluşmuştur. Ancak flambaj sonucu oluşan buruşmalar da bazen benzer görünüş gösterirler. Bunları ayırt etmek lazımdır. Zira flambaj önemli bir kusurdur ve yapının tümünün gözden geçirilmesini gerektiren bir hata, bir hasardır. Halbuki sadme yerel tamirlerle giderilebilen önemi az bir hasardır.

Flambaj buruşmalarında dalga boyu daha uzundur, profilin her iki yanında olur ve özellikle basınç çubuklarında meydana gelir. Bazı durumlarda gene de karıştırma olasılığı vardır. Bu taktirde şahitlerin ifadesi alınır, güvenlik yönünden kesin karar verilemediği taktirde hasarın flambaj olduğunu kabul etmek akıllıca bir davranış olur.

Sadme hasarı plakajla, kılıflama ile takviye yapılarak giderilebilir.

3.3 Onarım

Beş grupta (korozyon, aşınma, bağlantıların gevşemesi, yorulma, sadme) özetlenen çelik yapıların hasarlarını hemen hemen aynı yöntemlerle onarma yoluna gidilir. Bunlar arasında yapının güçlendirilmesi en önemlisidir, güçlendirme işleri ayrı bir bölüm olarak, tüm yapı cinslerindeki hasarlar gözden geçirildikten sonra ele alınacaktır. Ancak aşağıda kısaca açıklanan

yöntemler de kısmen güçlendirme yönteminin kapsamına girmektedir. Bunlara değiştirme ve kılıflama yöntemleri de katılır, ileri bölümlerde bu iki yöntem detaylı olarak incelenecektir.

3.3.1 Plakaj

Korozyona, aşınmaya uğramış, peşlenmiş, çatlamış, kısmen kırılmış elemanları plakaj yöntemiyle onarmak mümkündür. Plakajda gövde veya flanşlara ek levhalar, hasar durumuna ve alacağı yük durumuna göre kaynaklanır. Eski yapının iyice temizlenmesi, plakaların rektifiye edilmesi, plakaların ileride bir korozyona yer vermeyecek şekilde sürekli detaylanması lazımdır. Eğer bir estetik, mimari problem oluşacaksa bu taktirde plakaj yerine değiştirme yöntemine baş vurulur.

3.3.2 Bağlantı noktalarının, mesnetlerin onarımı

Bağlantı noktalarının ve mesnetlerin onarımı, özel bir problem olarak ortaya çıkar. Gevşeme halinde yapılacaklara yukarıda değinildi.

Bazen paslanma perçinlerde, bulonlarda veya sıkıştırma rondelalarında olur. Bu taktirde paslanan kısımları sökmek, delikleri genişletmek daha kalın perçin ve bulonlar ile onarıma girişmek gerekir, tabiatıyla azalan taşıyıcı kesitin dikkate alınması, büyütülerek takviye edilmesi gerekir.

Bazen mesnetlerin oynadığı, kaydığı görülür, bu taktirde ya mesnet kaydırılır bunun için özel taşıyıcı ayaklar, konsollar öngörmek gerekir veya mesnet üzerindeki kirişe ek berkitme levhaları kaynatılır.

Kayıcı mesnetlerin paslanması, sıkışması, dilatasyon derzlerinin sıkışması durumlarında, yapının ölü ağırlığı ve adaptasyon yeteneği olanak verirse, bu mesnetlerin sökölüp temizlenmesi, rektifiye edilmesi ve araya levhacıklar konarak boşluğun alınması yollarına başvurulur.