

YORULMA DENEY FÖYÜ

Yorulma, herhangi bir malzemeye tek sefer yük uygulandığında herhangi bir hasar meydana getirmeyecek seviyede olan, ancak tekrarlı şekilde uygulandığında çatlak veya kırılma şeklinde hasar meydana gelme durumudur. Diğer bir ifade ile, değişken gerilmeler altında malzemenin iç yapısında meydana gelen değişimlerdir [1].

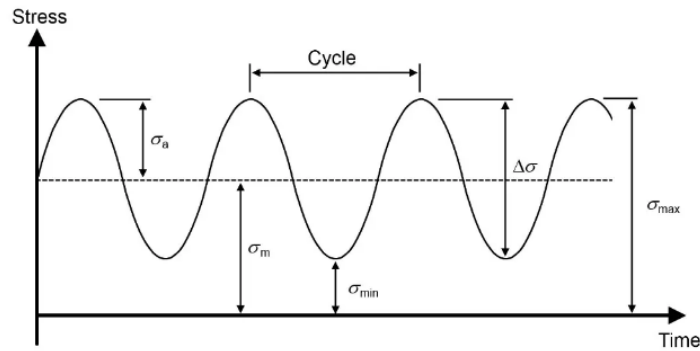
Çevrimsel yüklere maruz kalan yapıların hasara uğramasına malzeme yorulması denir. Yapı üzerindeki gerilme genliği statik malzeme mukavemetinin çok altındaysa bile yorulma hasarı oluşabilmektedir. Mekanik yapıların hasara uğramasının ardındaki en yaygın sebep yorulmadır.

Tekrarlanan yükleme esnasında bir yapının hasara uğrayıncaya kadar olan süreç üç aşamaya bölünebilir:

1. Yüksek sayıdaki çevrimlerde mikroskobik seviyede hasar oluşur ve makroskobik bir çatlak oluşana kadar büyür.
2. Makroskobik çatlak kritik bir uzunluğa ulaşana kadar her çevrimde büyümeye devam eder.
3. Çatlayan yapı uygulanan en yüksek yükü taşıyamadığından dolayı kırılır [2].

YORULMA DEĞİŞKENLERİ

Sabit olmayan bir dış yükün etkisi altında, malzemedeki durum da zamanla değişmektedir. Malzemenin bir noktasındaki durum, gerilme, şekil değiştirme veya enerji dağılımı gibi birçok farklı değişkenle tanımlanabilmektedir. Gerçek hayatta tüm çevrimlerin genliği genellikle aynı olmamaktadır. Bununla birlikte yüzeysel bir inceleme yapabilmek için yorulmayı kontrol eden değişkenin her bir yük çevriminin başında ve sonunda aynı değere sahip olduğu varsayılmaktadır. Elastik malzemelere uygulanan periyodik yük, periyodik-çevrimsel gerilme tepkisine neden olmaktadır. Bu gibi durumlarda, yük çevrimi kolayca tanımlanabilmektedir. Aşağıdaki şekilde yorulmaya sebep olan gerilmenin zamanla değişimi gösterilmektedir:



Gerilme, bir yük çevrimi sırasında maksimum (σ_{max}) ve minimum (σ_{min}) değerler arasında değişir. Yorulma hesaplamalarında, gerilmenin değişimi genellikle gerilme genliği (σ_a), ve ortalama gerilme (σ_m) kullanılarak tanımlanmaktadır. Ayrıca, gerilme aralığı ($\Delta\sigma$) ve R-değeri de bir gerilme çevrimini tanımlamak için sıklıkla kullanılmaktadır. Farklı yorulma değişkenleri arasındaki ilişki aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

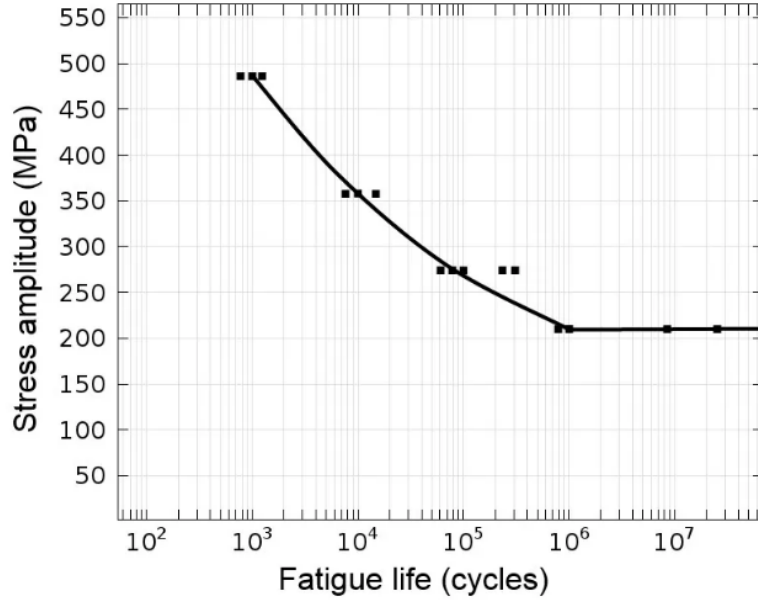
$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$$

$$\Delta\sigma = \sigma_{max} - \sigma_{min}$$

$$R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$$

Yorulma hasarının en önemli parametresi gerilme genliğidir. Bununla birlikte, detaylı bir yorulma analizi için ortalama gerilme de hesaba katılmalıdır. Ortalama gerilme, çekme gerilmesi ise yorulmaya karşı duyarlılık artarken, basma gerilmesi olduğunda yapı daha yüksek gerilme genliklerine dayanabilmektedir [2].

Yorulma alanındaki araştırmalar ilk olarak 19. yüzyılda başlamış ve yorulma tahmini için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Klasik modellerden biri, S-N eğrisinin kullanıldığı modeldir. Bu eğri, tek eksenli yüklemde hasar oluşuncaya kadar olan çevrim sayısını (N) gerilme aralığı (σ_a) ile ilişkilendirmektedir. Bu yöntemle göre, uygulanan gerilme genliği azalırca yorulma ömrü artmaktadır. Genellikle, uygulanan gerilme genliğindeki %10'luk bir azalma, malzemenin ömrünü %50 oranında arttırabilmektedir. Bazı malzemelerde belirli bir çevrim sayısında bir sınır görülebilmektedir. Yorulma sınırı (endurance limit) olarak bilinen bu eşğin altındaki gerilme genliklerinde yorulma hasarı görülmez ve yapılar sonsuz ömürlü kabul edilir. Ancak her malzemede bu yorulma sınırı görülmemekte ve bu nedenle bu malzemeler, düşük gerilme genliği seviyelerinde dahi yorulma sebebi hasara uğrayabilmektedirler [2].



YORULMAYA ETKİYEN FAKTÖRLER

Yorulma mukavemetine etki eden faktörler iyi bilinmelidir.

Yorulma deneyinin sonuçlarını yorumlamak için bilinmesi gerekir.

1- Malzemenin özellikleri

a) Malzeme cinsi

b) Malzemenin piyasaya sunuluş durumu (levha, çubuk, döküm)

c) Eritme ve döküm şartları

d) Son mekanik işlemler

e) Kimyasal bileşim

f) Yüzey durumu ve kalitesi

2- Deney çubuğunun şekil ve boyutları

3- Deney cihazının çeşidi, çalışma prensibi ve deneyin yapılışı esnasında uygulanan gerilme (çok eksenli veya ortalama gerilme) ile frekansı

4- Deneyin yapıldığı ortamın koşulları, çevrenin kimyasal etkisi (korozyon) ve sıcaklık (sıcaklık genellikle mukavemeti azalttığından yorulma mukavemetini de azaltır)

Son zamanlarda özellikle önemli parçaların yorulma özelliklerini elde edebilmek için standart bir deney çubuğu yerine parçanın kendisi özel cihazlarda çalışma şartlarına benzer şartlarda deneye tabi tutulmaktadır. Böylece daha güvenilir sonuçlar elde edilmektedir. Çok eksenli gerilme hali yorulma mukavemetine etki eder. Özellikle değişken kesitli parçalarda çok eksenli gerilme hali doğar. Parçanın mukavemetini azaltan bu tür gerilme yığılmalarını önlemek için kesit değişmelerine mümkün olduğu kadar büyük eğrilik yarıçapı verilir ve ani kesit daralmalarından kaçınılır [3].

Yorulma deneyinde kullanılan cihazlar çok çeşitli olmalarına rağmen, bu cihazları numuneye uyguladıkları gerilme türü açısından 4 ana grupta toplamak mümkündür [3].

1- Eksenel çekme-basma gerilmeleri uygulanan cihazlar

2- Eğme gerilmesi uygulayan cihazlar

3- Burma gerilmesi uygulayan cihazlar

4- Bileşik gerilme uygulayan cihazlar

DENEYİN YAPILMASI

Yorulma dayanımı normal olarak Wöhler yöntemiyle saptanır. Bu yöntemde, deney numuneleri farklı seviyelerde zorlanarak kırılmanın olduğu çevrim sayıları saptanır. Bir deney serisinde aynı özellikte çoğunlukla 6-8 adet numune kullanılır. Wöhler yönteminde bir deney serisinde tüm parçalar için ortalama gerilme (σ_{ort}) veya alt gerilme (σ_{alt}) sabit tutularak her deney için ayrı gerilme genliği (σ_g) seçilir. İlk deney numunesi üst gerilme, genellikle akma sınırına yakın olacak şekilde yüksek düzeyde zorlanır. Daha sonraki deney numunelerine ise azalan şekilde zorlama uygulanarak kırılma çevrim sayısının çok yüksek değerlere ulaşması sağlanır. Bir deney serisi sonunda uygulanan gerilme genlikleri ve kırılmanın görüldüğü çevrim sayılarının bir eğri olarak çizimi ile Wöhler eğrisi (S-N, Gerilme-Ömür eğrisi) elde edilir. Sonsuz çevrim sayısında kırılmanın görülmediği en büyük gerilme genliği yani eğrinin asimtotuna karşılık olan değer, yorulma dayanımı olup σ_y veya τ_y ile gösterilir. Diğer yandan belirli bir çevrim sayısından sonra (N_s : sınır çevrim sayısı) eğri sonsuz çevrim sayısına yaklaşıyor kabul edilebilir. Sınır çevrim sayısı oda sıcaklığında ve düşük sıcaklıklarda çelikler için 10×10^6 , ağır ve hafif metaller ile yüksek sıcaklıklarda çelikler için 100×10^6 alınabilir. Deney süresinin kısaltılması amacıyla çelik için 2×10^6 ve hafif metaller için $10 \times 10^6 - 50 \times 10^6$ sınır çevrim sayıları da kullanılmaktadır. Deney numunesi, yorulma deney makinasının çenelerine salgısız dönecek şekilde bağlanır. Deney numunesi, akma gerilmesinin altında farklı gerilmelere tabi tutulmakta ve gerilme değeri deney süresince sabit kalmaktadır. Periyodik yükleme sonucunda kırılmanın olduğu, N tekrar sayısı ölçülür. Bu şekilde P, yükü dolayısıyla σ_g değiştirilerek $\sigma_g - N$ eğrisi çizilebilir. Elde edilen bu eğriye Wöhler eğrisi adı verilir [3].



KAYNAKLAR

- [1] <https://yasincapar.com/tr/yorulma-nedir/>
- [2] <https://www.serdarkorkut.com/2017/07/03/yorulma-nedir/>
- [3] https://cdn.hitit.edu.tr/mf/files/89610_20471920831.pdf