

Molet ve

Molet Saplama Lari

MUKAVEMET Hesabi

(inceleme)

- XII -

Kemal İnanç

• M_{Mmax} . montaj max. sıklama momenti,

$F_{Mmax} = 179747 \text{ N}$ montaj max. sıklama kuvveti ile Sayfa: 219 dan faydalanarak, montajda gerekli olan max. sıklama momenti;

$$M_{Mmax} = 179747 \left[\frac{52,428}{2} \cdot (1,91 + 11,3) + 0,12 \cdot (97,56) \right]$$

$$M_{Mmax} = 1951560 \text{ Nmm}$$

$$\parallel \underline{M_{Mmax.}} \approx 1952 \text{ Nm}$$

bulunur ki, bu değer 10.9 kalite saptama için elde edilen $M_{Smax} = 13123 \text{ Nm}$ değerinden çok daha küçüktür. (Daha düşük kalitede saptama malzemesi düşünülebilir mi?)

Bu şartlarda,

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{Mmax.} (= 179747 \text{ N}) < F_{\text{ön.max.}} \text{ sınır } (= 1208720 \text{ N}) \\ \underline{M_{Mmax.}} (= 1952 \text{ Nm}) < M_{Smax.} \text{ sınır } (= 13123 \text{ Nm}) \end{array} \right.$$

Saptama çok çok emniyetlidir.

Bilindiği gibi, saplama mukavemet hesabında emniyet katsayısı $S=12$ (Sayfa: 165) olarak alınmıştır.

Hesaplanırsa :

- Eşdeğer gerilme ;

$$\sigma_v (= 92,6 \text{ N/mm}^2) < \sigma_{vem} (= 810 \text{ N/mm}^2) \quad (\text{Sayfa: 173})$$

- Gerilme genliği ;

$$\sigma_p (= 6,5 \text{ N/mm}^2) < \sigma_{pem} (= 26,7 \text{ N/mm}^2) \quad (\text{Sayfa: 182})$$

- Üst gerilme (Genlik mukavemet eğrisinde, $\sigma_m = 72,5 \text{ N/mm}^2$ ortalama gerilmeye karşılık gelen) ;

$$\sigma_{\ddot{u}} (= 112,5 \text{ N/mm}^2) < \sigma_D (= 480 \text{ N/mm}^2) \quad (\text{Sayfa: 183})$$

Yani saplama sürekli mukavemet bölgesinde çalışır (Şekil 45 ve 46)

Görüldüğü gibi, saplama için hesaplanan gerilme değerleri çok küçük dolayısıyla, rahatlıkla dinamik zorlanmalar da kullanılacak saplama kalitele-
rinin en düşüğü olan 6. kalite malzeme

yeterli olabilir mi ?

-223-

Fok uzattım ama, örneğin 6.6 kalitesindeki ($\sigma_{Ak} = 360 \text{ N/mm}^2$) saplama malzemesi olarak σ_{1030} (Alaşımsız istah çeliği veya yalın karbon çeliği) ü düfünelim ve kontrol hesaplarını yeniden kısa yoldan yapalım.

Saplama montaj şeması Şekil 44, imalat resmi de Şekil 47 de verilmiştir.

$$(F_{\text{ön.max}})_{10.9} = 1208720 \text{ N} \quad (\text{Sayfa: 219})$$

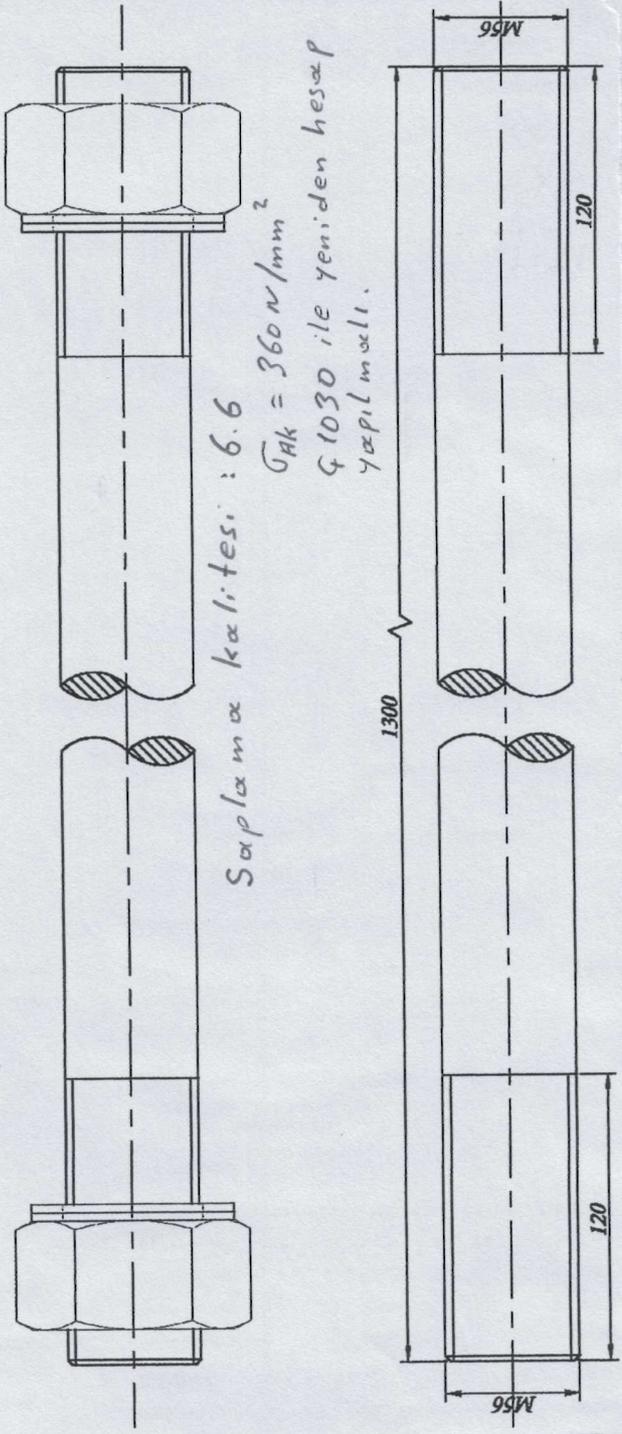
$$(F_{\text{ön.max}})_{6.6} = \frac{1208720}{900} \cdot 360$$

$$\underline{\underline{\downarrow (F_{\text{ön.max}})_{6.6} = 483488 \text{ N}}}$$

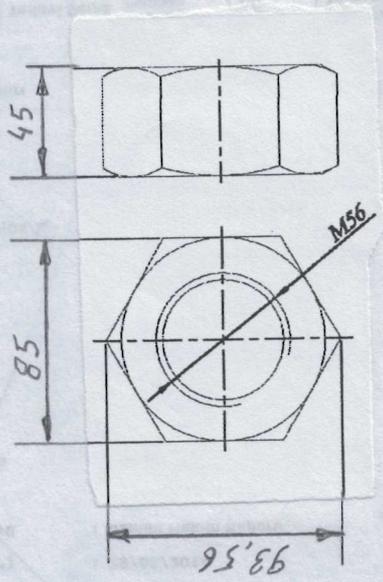
$$(M_{S_{\text{max}}})_{10.9} = 13123 \text{ Nm} \quad (\text{Sayfa: 219})$$

$$(M_{S_{\text{max}}})_{6.6} = \frac{13123}{1208720} \cdot 483488$$

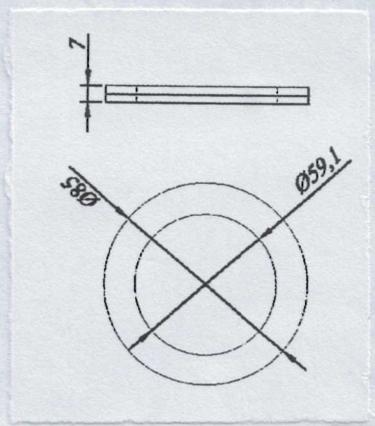
$$\underline{\underline{\downarrow (M_{S_{\text{max}}})_{6.6} = 5249 \text{ Nm}}}$$



Saplamaya kalitesi: 6.6
 $\sigma_{HK} = 360 \text{ N/mm}^2$
 G1030 ile yeniden hesap
 yapılmışlı.



Altıköfe somun
 EN ISO 4032-M56-6



Rondela M56
 Şekil 47- Saplamaya imalat resmi

Bu şartlarda,

$$F_{M_{max.}} (= 179747 N) < F_{\sigma n_{max.} 6.6} (= 483488 N)$$

$$M_{M_{max.}} (= 1952 Nm) < M_{S_{max.} 6.6} (= 5249 Nm)$$

Max. montaj çekme kuvveti ve max. montaj sıkma momenti yönünden 6.6 kalitede ki saplama emniyetli görülmektedir.

Şu halde M56 ölçüsünde 6.6 kalite saplama kullanılacak olursa, montajda gerekli olan max. sıkma momenti:

$$M_{M_{max}} = 1952 Nm$$

olmalıdır.

Bu saplamayı seçtiğimizi farz edelim ve gerilme değerleri ile emniyet katsayısını gözden geçirelim.

$$\sigma_{\xi} = \frac{F_{top.}}{A_s} \leq \sigma_{em.} \quad (\text{Sayfa: 168})$$

$$\sigma_{em.} = \frac{\sigma_{AK}}{S} \quad (\text{Sayfa: 165})$$

$$F_{top} = 149789 \text{ N} \quad (\text{Sayfa : 168})$$

$$A_s = 2030 \text{ mm}^2 \quad (\text{Sayfa : 169})$$

$$\sigma_{AK} = 360 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Sayfa : 223})$$

bilinenler yerlerine konularsa, emniyet kat-

sayısı;

$$\frac{149789}{2030} = \frac{360}{S}$$

$$\| \underline{S = 4,88 \approx 5}$$

bulunur.

Eşdeğer gerilme,

$$\sigma_v = 92,6 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Sayfa : 173})$$

$$\sigma_{vem} = 0,9 \cdot \sigma_{AK} \quad (\text{Sayfa : 173})$$

$$\sigma_{vem} = 0,9 \cdot 360$$

$$\| \underline{\sigma_{vem} = 324 \text{ N/mm}^2}$$

$$\| \underline{\sigma_v (= 92,6 \text{ N/mm}^2) < \sigma_{vem} (= 324 \text{ N/mm}^2)}$$

uygundur.

ÖZET

Seçilen M56 saplama için:

- 10.9 (42 CrMo4 - 4140) malzeme kullanılırsa;

$$S = 12 \quad (\text{Sayfa : 165})$$

$$F_{\text{ön.max.}} = 1208720 \text{ N} \quad (\text{Sayfa : 219})$$

$$M_{S\text{max.}} = 13123 \text{ Nm} \quad (\text{Sayfa : 219})$$

$$F_{M\text{max.}} = 179747 \text{ N} \quad (\text{Sayfa : 220})$$

$$M_{M\text{max.}} = 1952 \text{ Nm} \quad (\text{Sayfa : 221})$$

- 6.6 (41030) malzeme kullanılırsa;

$$S = 5 \quad (\text{Sayfa : 226})$$

$$F_{\text{ön.max.}} = 483488 \text{ N} \quad (\text{Sayfa : 223})$$

$$M_{S\text{max.}} = 5249 \text{ Nm} \quad (\text{Sayfa : 223})$$

$$\left. \begin{array}{l} F_{M\text{max.}} < F_{\text{ön.max.}} \\ M_{M\text{max.}} < M_{S\text{max.}} \end{array} \right\} \quad (\text{Sayfa : 225})$$

$S = 5$ emniyet katsayısı ile 6.6 (41030) malzeme M56 saplama için kullanılabilir. $M_{M\text{max.}} = 1952 \text{ Nm}$ dir.

Seçilen M24 civata için;

- 10.9 (42CrMo4 - F4140) malzeme kul-
- lanılırsa ;

$$S = 3 \quad (\text{Sayfa : 193})$$

$$F_{\text{ön. max}} = 210000 \text{ N} \quad \left. \vphantom{F_{\text{ön. max}}} \right\} (\text{Sayfa : 210})$$

$$M_{S \text{ max.}} = 950 \text{ Nm}$$

$$F_{M \text{ max.}} = 60000 \text{ N} \quad (\text{Sayfa : 213})$$

$$M_{M \text{ max.}} = 283 \text{ Nm} \quad (\text{Sayfa : 214})$$

$S=3$ emniyet katsayısı ile 10.9 malzeme

M24 civata için kullanılabilir.

$$M_{M \text{ max.}} = 283 \text{ Nm} \text{ dir.}$$

Доброго

215AO

V - Ekler ;

1-) Ek-1 : Yorulma Hasarları (Şekil ve Resimler)

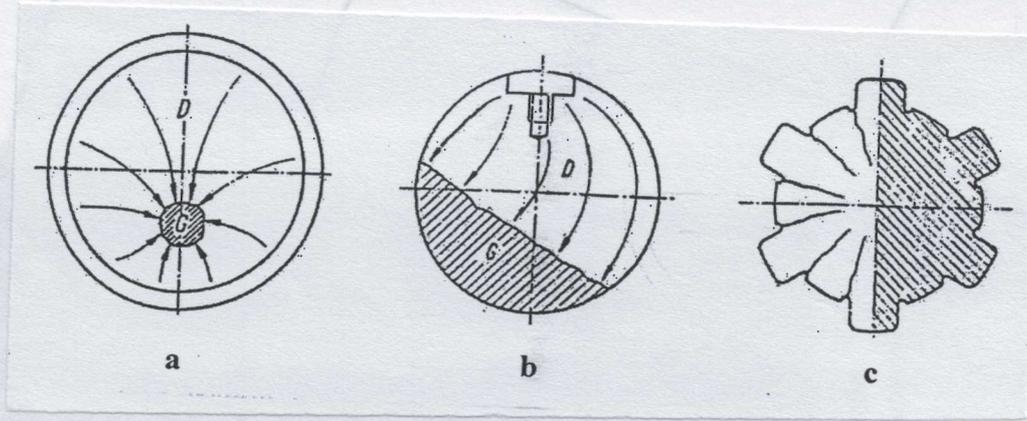
Bu konuda literatürlerden alınan kısa-bılgiler verilecektir.

• Mustafa SAVCI - Alaeddin ARPACI [1] :

Değişken yüklerle zorlanan veya dönen ve dönerken zorlanma sonucu kesitlerinde ortaya çıkan gerilmeleri zamana göre değişen konstrüksiyon elemanlarının geometrik düzgin-süzüklere sahip yerlerinde, uygun bir boyutlandırma yapılmaması halinde yorulma olayı ve sonuçta yorulma kopması ortaya çıkabilir.

Yorulma olayı genellikle parçanın dış yüzeylerindeki çok küçük çatlaklarla başlar. Çatlakların başlangıç yerleri, genellikle gerilme yoğunluklarının olduğu çentiklere sahip bölgelerdir. Çatlaklar, kesitlerde sürekli olarak veya adım adım yayılır ve büyür. Yorulmanın adım adım ilerleyerek parçayı kopardığı kopma yüzeylerinde çok ince duraklama çizgileri görülebilir. Çatlaklar ve dolayısıyla

Yorulma olayı çok ilerleyince, seriyeye katılan kesit artık yükü taşıyamaz ve yorulma kopması gerçekleşir. Kopma yüzeyinin görünüşü yorulma hakkında bir fikir verebilir. Yüzeyde ince taneli pürüzsüz bir kopma yüzeyi D ve kaba taneli, derin yarıklı son kopma yüzeyi G diye ayrılmış olarak görülebilir (Şekil 48).



Şekil 48 - Yorulma kopması yüzeyleri [L1].

Şekil 48 a da bir elektrik motoru milinde oluşan yorulma kopması yüzeyi görülmektedir. Yorulma olayı, mil fakturasından başlamıştır. Son kopma yüzeyi G nin küçük olması, nominal gerilmenin düşük bir düzeyde olduğunu ve büyük çentik etkisinin mevcut olmadığını göstermektedir. Şekil 48 b de bir redüktör milinde ortaya çıkan yorulma kopması yüzeyi görülmektedir.

Yorulma kopması, feder tespit civatası için asılan vidalı delikten başlamıştır.

Şekil 48 c de bir kamalı milde oluşan yorulma kopması yüzeyi görülmektedir. Yorulma çatlakları, keskin köşelerden başlamıştır.

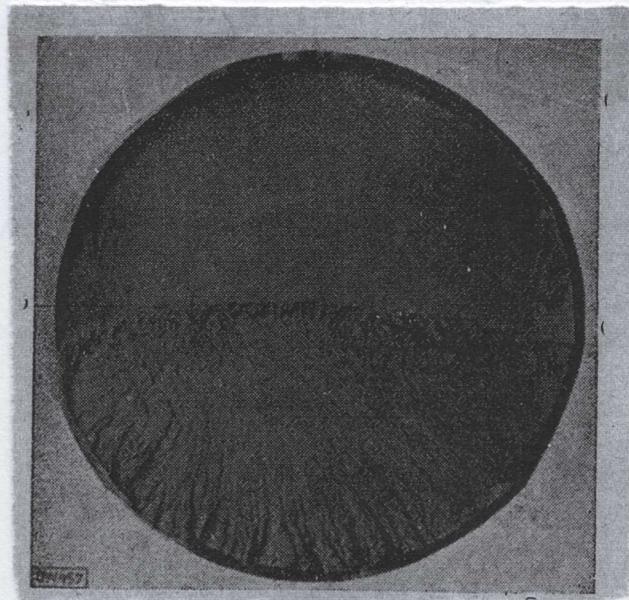
- Mustafa AKKURT - Malik KENT. [L 27] :
Değişken zorlanmada kopma, iş bünyede hafta bulunan veya dış yüzeydeki zayıf bir noktadan başlar. Bu nokta civarındaki malzeme önce yorulur, bir çatlak meydana gelir, zamanla bu çatlak pittikçe derinleşir ve en sonunda çatlak dışındaki bölgede gerilme, mukavemet sınırını aşınca, artık malzeme yükü kaldıramaz olur ve burada birdenbire kırılır. İşte bu gibi kopma yüzeylerinde birbirinden çok farklı iki bölge göze çarpan. Yüzeyin bir kısmı mat ve düzdür, bu bölge önceden meydana gelen ve zamanla büyüyen çatlakları gösterir. Diğer bir kısmı ise parlak ve tanelidir. Bu bölge de birdenbire kopan kısımdır (Şekil 49).



Şekil 49- Yorulma kopma yüzeyi
[L 27].

• Hilmi İLERİ [L 5] :

Değişken tesire maruz bulunan malzemelerin kopması, belirli bir uzama olmaksızın olur. Kopma yüzeyinin görünüşü de adi çekme deneyindeki kopma yüzeyinden farklıdır. Şekil 50 de, sürekli mukavemet deneyi ile koparılmış bir civatanın kopma yüzeyi görülmektedir.



Şekil 50- Bir civatanın kopma yüzeyi [L 5].

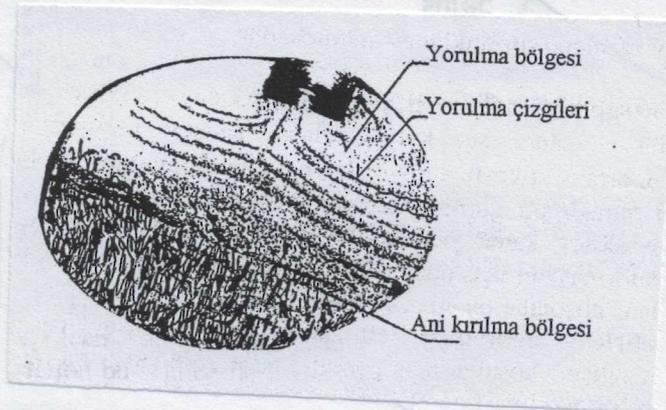
Mat kısımlar (Şeklin üst yarısı) kırılma başlangıcındaki ilk çatlakların bulunduğu yerlerdir. Alt yarıdaki koyu renkli kısım, en sonra ve birdenbire kırılan kısımdır. En dıştaki koyu renkli halka şeklindeki kısım, zorlanmaya iştirak etmemiş olan vüda dişinin yüzeyini gösterir. Değişken tesir ile kırılma olayına bazen "Yorulma" adı da verilir.

• Atilla BOZACI [L 26] :

Statik yükleme koşullarında kullanılabilen statik mukavemet değerleri dinamik (değişken) yükler altında çalışan makina elemanlarının boyutlandırılmasında kullanılamazlar. Çünkü statik koşullarda "ayrılma kırılması", dinamik koşullarda "yorulma kırılması" söz konusudur. Bu iki kırılma tarzı oluşum mekanizması itibarı ile birbirinden çok farklıdır. Ayrılma kopması (kırılması) elemanın kesitine gelen gerilme kopma sınırının üstüne çıktığı zaman ($\sigma > \sigma_k$) gerçekleşir. Yani eleman kaldıramıyacağı kadar büyük bir yükte yüklenmiş demektir. Ayrılma kırılması akma, kesit büzülmesi ve kopma şeklinde gelişip sonuçlanır.

Yorulma kırılması ise tamamen farklıdır.

Yükün şiddeti akma sınırının çok çok altında olsa bile, yükün defalarca tekrar etmesi sonucu malzeme yorulmaktadır. Malzemenin en çok zorlanan lifleri en erken yorulur ve bu noktalarda ilk küçük çatlaklar başlar. Eleman çalışmaya devam ettikçe çatlaklar derinleşir. Bu esnada çatlak yüzeyleri birbirine sürtündüğü için törpülenme olur ve eğer yüzeye doluşan kir vs. temizlenirse bu kısım parlak görünür. Çatlakın bu şekilde ilerlemesi sonucunda iyice zayıflayan kesit, çentik etkisi ile, aniden kırılır. Bu gelişme tipik bir "yorulma kırılması"dır. (Şekil 51).



Şekil 51- Yorulma kırılması [L26].

Her deneyimli mühendis kırılan kesite bakarak yorulma çizgileri ile çevrelenmiş parlak halkalardan oluşan (yüzey temizlenmeli) ve adeta

şaklların ilerleme aşamalarını yansıtan yorulma bölgesini ve törpülenme olmadığı için mat ve martenzit iğnelerinden ötürü pürüzlü olan ani kırılma bölgesini net bir şekilde görebilir.

• Mustafa İNAN [12] :

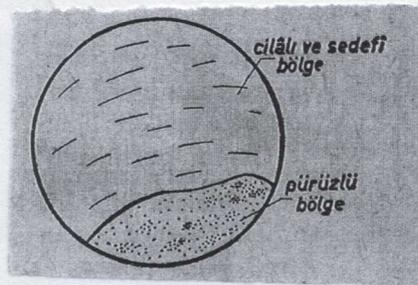
Malzeme bir defaya mahsus yavaşça artan yükler altında denendiği zaman belirli bir sınır perilmeye mukavemeti sona ermekte ve kopmaktadır. Buna gerçin statik mukavemeti diyoruz.

Hal böyle olmakla beraber deneyler gösteriyor ki, yükü belirli iki düzey arasında tutarak, periyodik olarak değiştirmek ve değişimin sayısını yeter derecede - yüzbinlerce - arttırmakla bir malzemeyi statik sınırların çok altında da harap etmek kabildir. Yükleme ve boşaltmanın periyodik olarak çok tekrarını, cisim içinde husule gelen termik ve mekanik olaylar yüzünden bünyede çözülme, yıpranma ve ayrılmalar doğurmaktadır. Buradan kopma ve ayrılmaların ilk nedeni, yükün şiddetinden çok, onun periyodik olarak uzun bir süre değişmesidir. İç mekanizması çok

kırıksık olan bu olaya kısaca "malzemenin

yorulması" denmektedir. Yorulmada kopma, çok defa, yüksek perimeli veya iç bünyede hata bulunan bir noktadan başlar, yükleme ve boşaltmanın tekrarlanmasıyla bu çevşek yerde ilerler, yıpranma yavaş yavaş bütün keside yayılır, cisimde, statik denemede olduğu gibi büyük ve haber verici bir uzama ve büzülme görülmez. Yıpranarak ayrılma yeter derecede ilerledikten sonra, kesitin peri kulan kısmı, yükü taşıyamaz hale gelir ve birdenbire bir kopma olur, son ayrılma zorla hasil olmuştur.

Periyodik değişen yüklerden ileri gelen kopmalarda kopma kesidi ileri çekicidir. Şekil 52 de böyle bir kesit şematik olarak gösterilmiştir. Kesitte birbirinden çok farklı



Şekil 52 - Kopma kesiti [L 12].

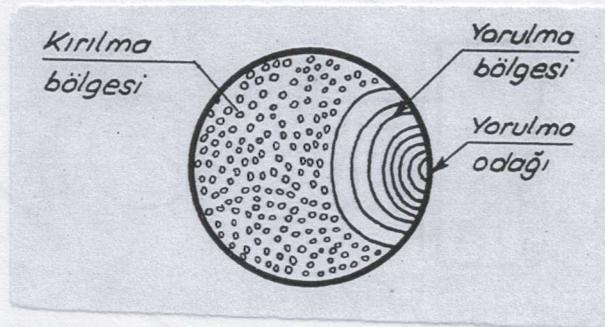
iki bölge çöze çarpar, biri zamanla yıpranma dan doğan ayrılmaya ait cilalı ve sedefi

olan bölge, diğeri ise sonunda zorla kopmanın meydana getirdiği pürüzlü bölgedir.

Yorulmayı yapan sınır yükler azaltıldığı zaman cismin kopmaması için perikli yük değişim sayısı artmaktadır. Değişim sayısı ne kadar çok olursa olsun, hiçbir zaman kopma hasil etmeyen yükün ekstrem değerlerine cismin sürekli mukavemet sınırları denir. Tatbikat yönünden bu mukavemet sınırları çok önemlidir.

• Orhan ÜNSAÇ [L28]:

Yorulma ile kopan bir kesit incelenecek olursa, görünüş olarak birbirinden farklı iki bölge görülür (Şekil 53). Bunlardan biri:

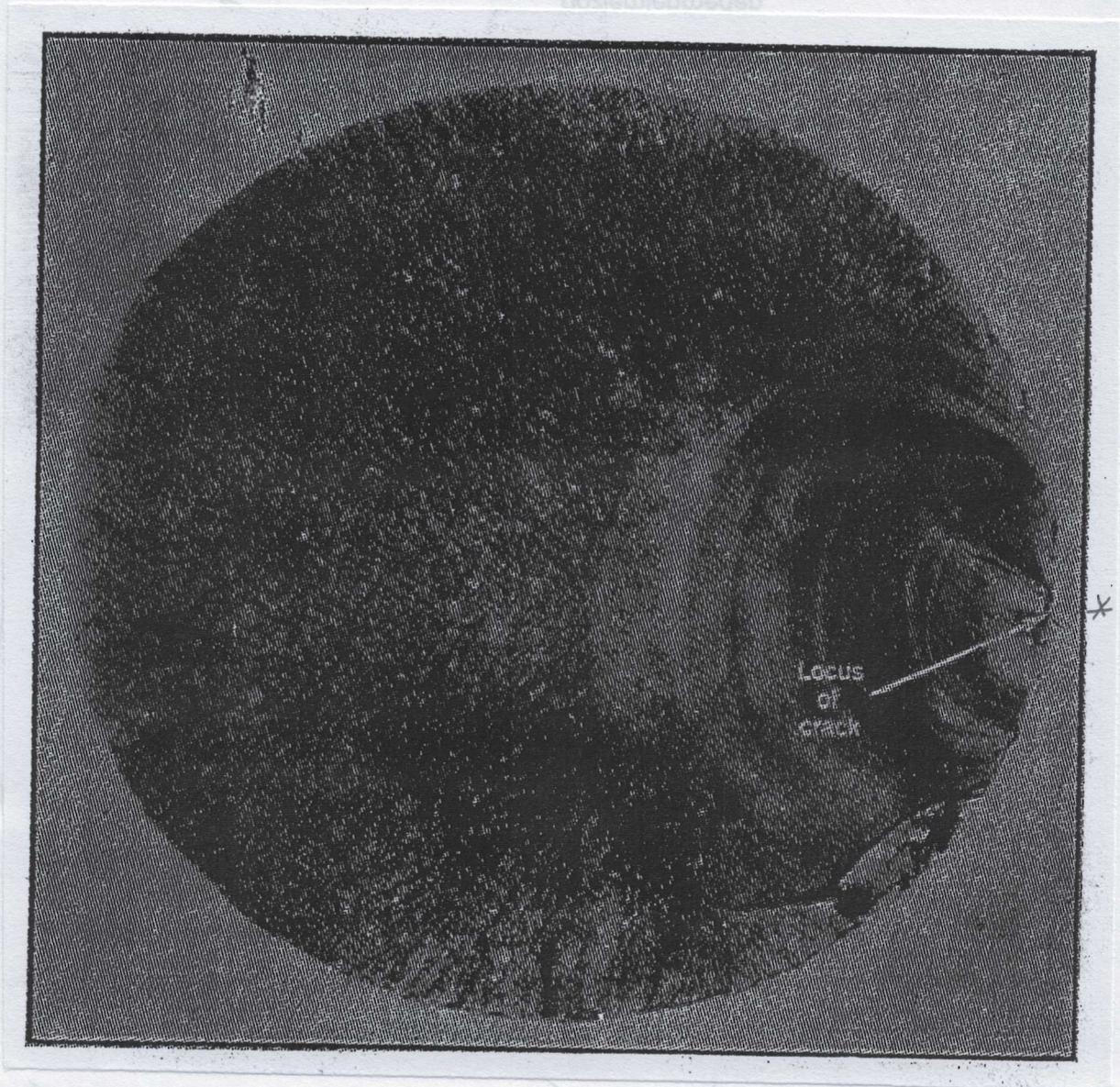


Şekil 53. Kopma yüzeyi [L28].

ince taneli ve donuk bir manzara gösterir ki bu yorulma bölgesinden ibarettir.

Diğer bölge ise iri taneli ve parlak görünüştür. Bu kısım, yorulma tesiri ile ayrılan

birinci kısmın harap olmasıyla beraber kesitin daha büyük bir ortalama perilme altında perilme tekrarına uğraması ve sonunda perilmenin σ_B (Kopma mukavemeti) ye erişmesi ile meydana gelen kopmayı göstermektedir (Şekil 54).



Şekil 54 - 255 mm çapında bir piston kolunun basınç - çekme sonunda yorulma kırılması [L28]
* : Fatlak yeri (Yorulma odağı)

Esas olarak yorulma ile kırılma iki tipte incelenebilir.

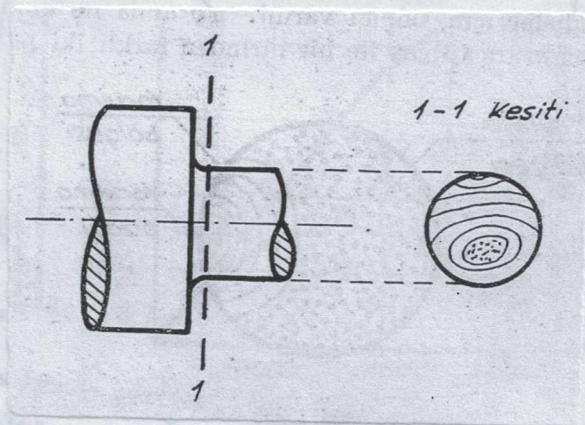
a) Gerilme birikmesi olmayan haller,

b) Bu hallerde yorulma, kesit içerisinde "Yorulma odağı" denen bir noktada başlıyarak içeri doğru yayılır (Şekil 53 ve 54).

b) Gerilme birikmesi olan haller

Yorulmaya maruz elemanda gerilme birikmesi mevcut ise, yukarıda adı geçen kopma odağı, kesit içinde bir noktada bulunur ve yorulma ile harap olan bölgeler

Şekil 55 te görüldüğü gibi, kesit içinde bir adacık teşkil ederler. Bu adacık ince

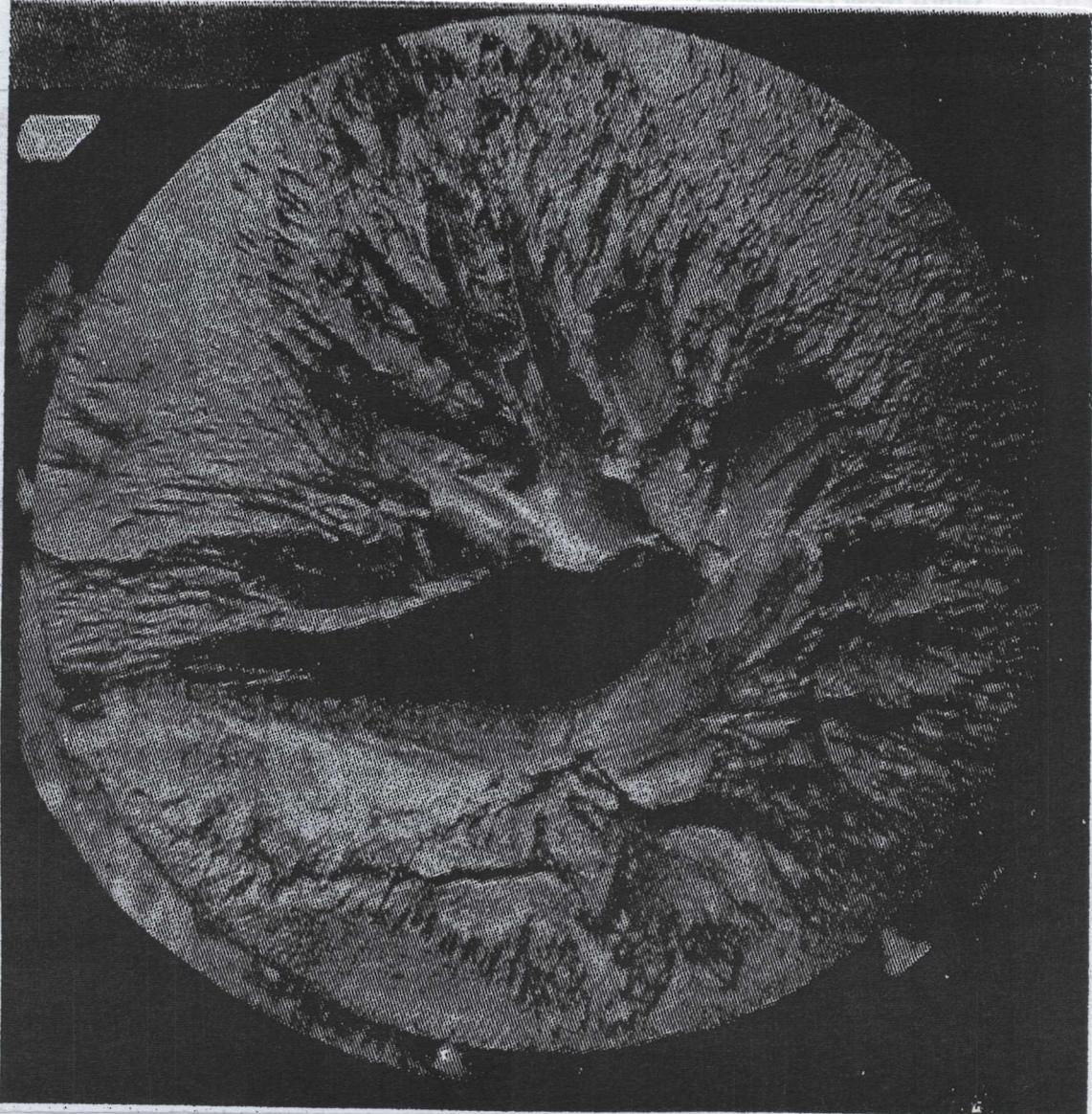


Şekil 55 - Yorulma kesiti [L28].

tanekli donuk manzaralı bir bölgedir. Gerilme birikmesinin durumuna göre bu adacık çeşitli konumlarında çıkar.

Yorulma ile kopmaya ait bazı fotoğraflar, aşağıda verilmiştir.

Bunlardan Şekil 56 da, bir Diesel elektrik takımında, büyük jeneratör milinin yorulma ile kopmuş kesiti görülmektedir.



Şekil 56- Diesel elektrik takımı büyük jeneratör milinin yorulma kırılması [L28]

Bu mil kesiti 330 mm çapında olup, 280 mm çapındaki bir mülle birleziyordu.

Şekil 57 de bir demiryolu arabası dımpilindeki kırılma görülmektedir. Bunlardan üstte