

## Yaylı Tek ve Çift Kıvrımlı Kültivatör Ayaklarının Dinamik ve Statik Yüklenme Dayanımlarının Araştırılması

Yaşar KARAGÖZ<sup>1</sup>Galip KEÇECİOĞLU<sup>2</sup>

Geliş Tarihi : 18.03.1999

**Özet:**Değişik tipteki kültivatör ayakları,denemeye tabi tutulanların içinde en idealinin tespiti için,dinamik ve statik yüklenme deneylerine tabi tutulmuşlardır. Statik ve dinamik yüklenme denemelerine tabi tutulan kültivatör ayakları 60SiMn5 yay çeliğinden yapılmışlardır. Ayaklar 33x13 ve 45x9 mm dikdörtgen kesitlidir. Deneylere tabi tutulan ayakların üç adedi çift kıvrımlı (Rau tipi), 6 adedi tek kıvrımlıdır. Çift kıvrımlı ayaklar dinamik yüklenme deneylerinde,bu konudaki dünya standart sınırı olan 200 000 titreşimde kırılmamışlar; statik yüklenme deneylerinde de yaylanma değerlerinin 217 mm gibi büyük değerde olduğu görülmüştür. Tek kıvrımlı ayaklar ise çok düşük değerlerde kırılmışlar;statik yüklenmelerdeki yaylanmalarının da çok düşük değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Denemelerin sonucuna göre kültivatör ayaklarının,engellere takıldıklarında deformasyona uğramamaları ve kırılmamaları için çekme dayanımları 100 kg/mm<sup>2</sup> den büyük,yüksek dayanımlı çelikten; deformasyona uğramamaları için de yay çeliğinden,özel biçimde yapılmış olmaları gerektiği saptanmıştır

**Anahtar Kelimeler:** Kültivatör, dinamik, statik, çelik

### A Research on Dynamic and Static Strength of Single and Double Crimped Spring Cultivator Legs

**Abstract:**Various type of cultivator legs are exposed to dynamic and static loading trials in order to determine the ideal case.The cultivator legs which were exposed to static and dynamic loadings are made of 60SiMn5 spring steel.The legs are rectangular in cross section and sized 33x13 mm and 45x9 mm. The three of them are double crimped (rau type) and six of them are single crimped.In dynamic loading trials the double crimped legs had not been broken at the 200 000 vibration which is the limit of world standarts.In static loading trials, the roching values were deturmined as high as 217 mm. The single crimped legs were broken, however, at verh low levels.It was also determined that the roching of them was also very low at static loadings.According to the results of the trials.It was determined that they must be made of high strength steel having a pulling strength hig her than 100 kg/mm<sup>2</sup> in order nat to be broken when they are teased to obstacles.They also must be made of spring steel specially, in order not to be deformed.

**Key Words:** Cultivator, dynamic, static, steel, cultivator leg, spring

#### Giriş

Ülkemizde tarımsal üretim milli ekonomimiz ve dolayısıyla gayrisafi milli hasıla içinde %25 lik bir oran ile en büyük paya sahiptir (Mutaf 1974). Gittikçe artan Ülke nüfusunu besleyebilmek için tarımsal özgül verimin artırılması gerekmektedir. Özgül verimin artırılması yeni ve ileri üretim teknolojilerinin kullanılmasıyla mümkün olabilir. Bu teknolojiler içinde mekanizasyon ayrı bir özellik göstermektedir. Mekanizasyon tarımsal üretimde alet,makine ve tesislerin ileri tarım tekniğine uygun olarak kullanılması ve Ülkemiz tarımının modern tarımsal araç ve gereçlerle donatılması demektir (Öz 1979).

Tarım sektörünün gelişmesinde tarım alet ve makine imalatçılığının önemi büyüktür. Bu imalat kolunun gelişebil-mesi için, kolay kazanç yollarına kaçmadan, hilesiz taklitçilik-ten uzak, dünya standartlarına ve Ülkemiz şartlarına uygun imalat yapmak en önemli husustur. Şu anda Ülkemiz tarım makinaları sanayi sektöründe tarım makinaları genellikle orijinalini taklit etme yöntemi ile imal edilmektedir. Çoğunlukla AR-GE üniteleri bulunmayan

tarım makinaları imalat sektöründe bu yöntemle imâl edilen tarım makinalarının organlarında, tarla çalışmaları sırasında kırılma, aşınma ve eğilme gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu sorunların ortaya çıkmaması için imal edilecek makinaların organlarının imalattan önce bilimsel ve teknik deneme ve incelemelere tabi tutulmaları; malzemelerinin seçimlerinin, biçimlerinin, boyutlarının ve ısıl işlemlerinin tespitinden sonra imâl edilmeleri gerekmektedir (Keçecioğlu 1967).

#### Literatür Özeti

Makinaların organları bazen aşırı zorlanma ile bazen de bir kuvvet, gerilim ve titreşim altında uzun zaman çalışma sonucunda, yorulma nedeniyle, kırılmaktadırlar (Ersümer 1972).

Makinaların organlarının kırılmaları çok eski yıllardan beri bilim adamlarını meşgul etmiştir. Bilim adamlarının bu konudaki düşünceleri şunlardır:

<sup>1</sup> Ege Üniv. Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği Bölümü-İzmir

<sup>2</sup> Ege Üniv. Ziraat Fak. Tarım Makinaları Bölümü-İzmir

Rankine (1843)' nin bildirdiğine göre, 1676 da Hook "Zorlama, hasıl ettiği şekil değiştirme ile orantılıdır" demiştir. 1822' de Londra' da Tredgold, "Dökme Demir v. b.

Metallerin Kuvveti" adlı ünlü yapıtının giriş kısmında "Bir konstrüksiyonun stabilitesi yapımcısının bilimi ile ters orantılıdır; yapımcı ince hesaplar sonucu makinasını küçük kesitli yapıyor, o da kırılıyor" demiştir.

Gilchrist (1900), yaptığı denemeler sonucunda, malzeme üzerinde delik ve keskin köşe gibi süreksizlikler vasıtasıyla meydana getirilen yüksek bölgesel gerilmelerin malzemelerin kırılma mukavemetini aşabileceğini ve sonuçta mikroskobik bir çatlak meydana gelebileceğine dair bir hipotez ileri sürmüştür.

Ewing ve Humfrey (1903), metalürjik mikroskop kullanarak yaptıkları ilk metalografik çalışmaları, birkaç gerilim tekrarlarından sonra, kristal içinde kayma çizgilerinin meydana geldiğini gözlemişler ve yorulma çatlaklarının kayma ile ilgili olduğunu bulmuşlardır.

Griffith (1920)' nin bildirdiğine göre, Neober' in yaptığı çalışmalarda, yorulma sınırının altında ve üstündeki gerilmelerde, ilk safhalarda statik ve yorulma kırılmalarının benzer özellikler gösterdiği, tekrarlı yükler altında bundan sonraki zorlamaların yorulma çatlakları meydana getirdiği saptanmıştır.

Tomlinson ve ark. (1939), yaptığı çalışmalarda, büyüklüğü ne olursa olsun, kayma meydana geldiğinde hasarın meydana geleceğini, kayma genişliğinin büyümesiyle de artacağını göstermiştir.

Thompson ve ark. (1956), Elektron mikroskobu yardımıyla parlatılmış ve dağlanmış, çentiksiz bakır numunelerin yüzeylerinde yaptıkları deneylerde, yüzeyden 2µ talaş kaldırıldığında kayma bantlarının çoğunun yok olduğu, çok azının görülebilir şekilde kaldığı; yorulma çatlaklarının, kalıcı kayma bantları olarak isimlendirilen bu çatlaklardan meydana geldiğini bulmuşlardır.

Cottrell ve Hull (1957), yorulmaya maruz bakır numunelerle yaptıkları deneyler sonunda, kayma bantları boyunca ekstrüzyonlarla birlikte intrüzyonların da meydana geldiğini görmüşler; yorulma çatlaklarının kaynağı olduğu düşünölen bu ekstrüzyon ve intrüzyonların oluşumuyla ilgili olarak, gerilme tekrarının çekme ve basma sırasında kesişen iki kayma düzleminin çalıştığının farzedilmesiyle, atomların tamamen mekanik hareketine bağlı bir model ileri sürmüşlerdir.

Mann (1958)' e göre, 1858-1870 yılları arasında Almanya' da Frankfurt' taki Niederschlesisch-Markische tesislerinde mühendis olarak çalışan August Wöhler tarafından yapılan çalışmalar sonucunda Wöhler, "Malzemelerdeki keskin köşeler kırılmaya uygun yerlerdir, keskin köşelerden dolayı malzemenin mukavemetinde %25-33 oranında azalma olmaktadır, keskin köşelerin

kırılma niteliğini yok etmek için buraların kavisli yapılması gerekir" demiştir.

Scarlett (1960), Kaymayı önlemenin mümkün olmadığı durumlarda sürtünme katsayısını azaltmanın iyi sonuçlar verebileceğini, farklı gresler kullanarak yapılan deneylerde göstermiştir. Molibden disülfid gibi kuru yağlayıcılarının aşınma-yorulma dayanımında %20' ye varan iyileştirmeler meydana getirdiğini tespit etmiştir.

Esin (1980), Aynı numuneler için farklı deney makinalarından elde edilen yorulma eğrilerinin oldukça farklı olduğunu; değişken ve dönmeli eğilmeye maruz numunelerin yorulma dayanımlarının itme-çekme ve yüklemeye maruz aynı numunelerin dayanımlarından daha büyük olduğunu görmüştür.

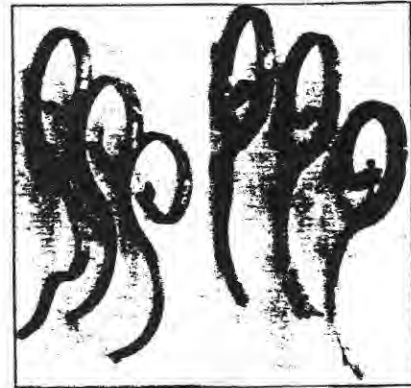
## Materyal ve Yöntem

Denemelerin yapılabilmesi için, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nün Mekanik Atelye olanaklarıyla, aynı Bölümün Deneme Laboratuvarında statik ve dinamik yüklemeye deney aparatları yapılmıştır. Deneme aparatlarında statik ve dinamik yüklemeye denemelerine tabi tutmak üzere çift ve tek kıvrımlı, yurtiçi ve yurtdışı yapım ayak temin edilmiştir (Şekil 1).

Denemeye tabi tutulan ayaklar 33x13 mm ve 45x8 mm dikdörtgen kesitli ayaklardır. Ayakların malzemesi 60SiMn5 yay çeliğidir.

Statik ve dinamik yüklemeye denemelerine tabi tutulan kùltivatör ayakları biçim bakımından çift kıvrımlı ve tek kıvrımlı olmak üzere iki çeşittir.

Kùltivatör ayaklarının yapımında yüksek mukavemetli (çekme dayanımı 100 kg/mm<sup>2</sup>'den daha büyük) silisyum-manganez alaşımli çelik kullanılmıştır. Kullanılan çeliğin tanımlanması 60SiMn5 şeklindedir (Kaya 1949 , Çelik 1990).



Şekil 1. Denemelere tabi tutulan değişik tip kùltivatör ayakları

Kültivatör ayaklarının yapımında kullanılan yay çeliklerinde aşağıdaki özelliklerin olması istenir:

1.Yüksek elastikiyet sınırı,eğer elastikiyet sınırı belli değilse,yüksek akma sınırı,

2.Özgül titreşimlerin ve aşırı yüklerin karşılanabilmesi için yüksek zaman mukavemeti ve sürekli mukavemet değerleri,

3.Suverip sertleştirme işleminden önceki soğuk şekillendirmeyi mümkün kılacak yeterli plastik şekil değiştirme özelliğinin gerçekleştirilmesi için yüksek uzama ve büzülme özelliği (İnan 1973).

Bu özellikler çeliklerde yüksek karbon yüzdesi ve Si, Cr, Mn ve V gibi alaşım elemanlarıyla sağlanır. Manganez çeliğin karbon ile birleşerek karbür meydana getirir. Bileşiminde manganez bulunan çelikler, çatlamamaları için, sertleştirilirken yağda soğutulmalıdır. Onun için bu çeliklere yağ çelikleri de denilir (Önel ve Aksoy 1985).

Silisyum maden olmayıp, fosfor ve kükürt gibi bir madensidir. Fosfor ve kükürdün etkileri çeliğe zararlı olduğu halde, silisyumun etkisi tıpkı bir maden gibidir. Silisyum gama alanını daraltır ve kapar. Silisyumdan dolayı çeliğin mukavemeti ve akma sınırı yükselir; buna karşılık uzaması düşer. Silisyum kritik soğutma hızını oldukça büyük ölçüde düşürür. Bundan dolayı silisyum çelikleri tamamen sertleşirler. Çeliğin içindeki silisyum miktarı arttıkça çelik iri taneli olur (Gücer 1970, Tekin 1984).

Yay çeliklerinin şekillendirilmeleri soğuk veya sıcak olarak yapılabilir. Bu işlemlerden sonra, artık gerilmeleri gidermek için, imal edilen parça bir ısıtma işlemine; sonra, kum ve sert metal parçacıklarla püskürtmeye tabi tutulabilir veya taşlanabilir. Bu son iki işlem sonucunda mamulün üst yüzeylerindeki oksit tabakası kalkar ve yayların değişken zorlanmalara karşı mukavemeti artar. İyi bir yay çeliğinin yüksek elastikiyet modülüne ve sınırına, yüksek yorulma mukavemetine sahip olması gerekir. Yay çelikleri 900 °C' a kadar tavlaniıp yağda soğutulularak sertleştirilirler; menevişlen-meleri 455 °C de yapılır (Higgins 1975, Tekin 1984).

Yay çelikleri özelliklerine göre,

1. Kalite çelikleri,
2. Asal çelikler olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar.

Denemeye tabi tutulan kültivatör ayaklarının yapıldıkları gerecin bileşimi Çizelge 1' de belirtilmiştir.

Çizelge 1. Kültivatör ayaklarının yapıldıkları gerecin bileşimi

Malzem Nr	Tanımlama DIN	C %	Si	Mn %	P %	S %
1.0903	60SiMn5	0.60	1.15	1.00	0.050	0.050

## Kültivatör ayaklarının statik yüklenme deneyleri

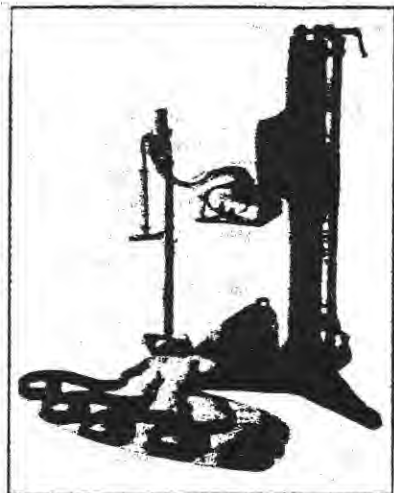
### Statik yüklenme deney aparatının tanıtımı

Deneylerin yapılabilmesi için, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü' nün Tarım Alet ve Makinaları Laboratuvarında, Bölümün olanaklarıyla yapılan statik yüklenme deney aparatı kullanılmıştır (Şekil 2).

Aparat üç ayaklıdır; ayakların zemine dengeli bir şekilde oturmasını sağlayan ayar civataları vardır. Aparatın borudan yapılmış silindirik gövdesi, gövdenin yanında trapez dişli hareket mili vardır. Ayrıca, birbirlerine 90° açılı duran, yassı iki plaka malzemeden yapılmış taşıyıcı sehpa bulunmaktadır. Taşıyıcı sehpa ayar vidası ile aşağı yukarı hareket ettirilebilmektedir. Ayrıca, ayakların uçlarının, yük-lenme başı ve sonundaki yer düzleminden olan yükseklik ölçümlerinin tespiti için milimetrik cetveli bir ölçüm sehpa yapılmıştır.

### Statik yüklenme deneylerinin yapılışı

Bu deneylerde değişik biçim ve kesitte üç adet ayak kullanılmıştır. Deney sırasında önce, statik yüklenme deney aparatına bağlanmış olan ayağın, yüklenecek ucunun, yüklenmeden önceki yer düzleminden olan yüksekliği ölçülmüştür. Sonra, ayağın ucuna takılan yüklenme demirine önce 20, sonra 40, daha sonra 60 olmak üzere, 20 şer kg artırılarak, 120 kg' a kadar yük yüklenmiştir. Ayağın ucuna her 20 kg yük yüklendiğinde ucun yerden olan yüksekliği ölçülüp kaydedilmiştir. Yükleme ardından boşaltma yapılmıştır. Boşaltma işlemi, ayağın ucuna eklenen ağırlıklardan 20 şer kg alınarak yapılmıştır. Her 20 şer kg' lık ağırlık azaltılmasında ayağın yüklenen ucunun yerden yüksekliği ölçülüp kaydedilmiştir. Bu işleme, ayağın ucuna takılı yüklenme demirinde ağırlık kalmayınca kadar devam edilmiştir. Yükleme-boşaltma denemeleri sonucunda elde edilen değerlerle, her bir ayak için, yüklenme-boşaltma diyagramları çizilmiştir.



Şekil 2. Statik yüklenme deney aparatı

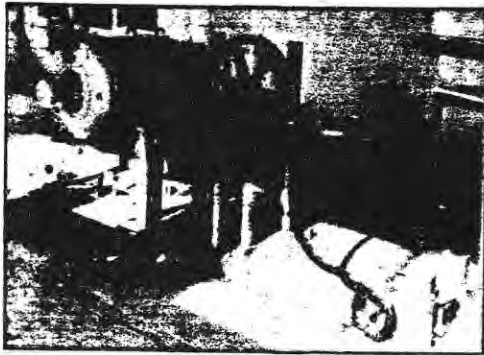
### Kùltivatör ayaklarının dinamik yüklenme deneyleri

#### Dinamik yüklenme deney aparatının tanıtımı

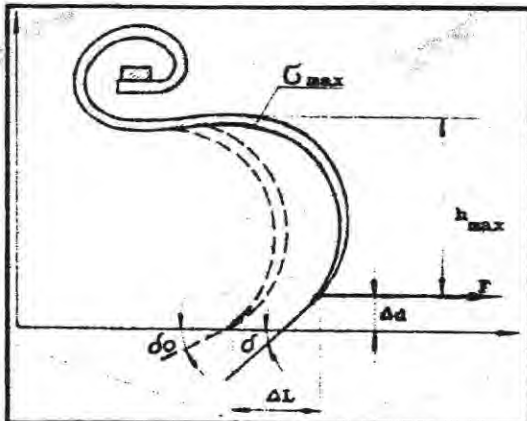
Bu araştırmalar için önce yorulma deney makinası plânlanmıştır. Bunun için, Ege Üniversitesi Ziraat Fakùltesi Tarım Makinaları Bölümü, Tarım Alet ve Makinaları Deneme Lâboratuvarında bulunan, 24KW gücündeki, hızı ayarlana-bilen elektrik motorundan yararlanılmıştır. Bu motordan kayış-kasnak düzeni ile dairesel hareket alınıp, bu hareket ile eksantrik döndürölmüş, eksantriğe bağlı manivelâ aracılığıyla düzgün dairesel hareket alternatif doğrusal harekete dönuştürölmüştür. Denemeye tabi tutulacak ayak, kùltivatör gövdesine bağlandığı kısımdan döşeme betonu kanallarına civatalarla bağlanan U ana profilinin üzerinde oluşturulan, dikdörtgen kutu profillerden yapılmış ayak bağlama çatısına, civatalarla bağlanmıştır. Ayağın boşta kalan, uç demiri takılan kısmı ise, özel yapılmış mafsallı pabuç ve civatalarla, aparatın manivelasının ucu ile birleştirilmiştir. Bu durumda, motor çalıştırıldığında ayağın salınım hareketi yapması sağlanmıştır (şekil 3).

#### Dinamik yüklenme denemelerinin yapılışı

Dinamik yorulma deneylerinde her ayak geriye doğru (F) kuvveti ile çekilmiştir (şekil 4).



şekil 3. Dinamik yüklenme deney aparatı



şekil 4. Kùltivatör ayağı dinamik yorulma deneyi değerleri

Deney sırasında tesbit edilen değerler şunlardır:

$\Delta d$  - Ayak ucunun derinlik değişimi (cm)

$\Delta L$  - Ayak ucunun geriye doğru esnemesi (cm)

$h_{max}$  - Maksimum gerilme noktasının yüksekliği (cm)

$\Delta \delta = \delta - \delta_0$  - Dalma açısı değişimi (Max 30° olmalıdır.)

C - Yay sabitesi (Max 60 N/cm olmalıdır)

Denemede uygulanan karakteristik değerler Çizelge 2' de belirtilmiştir.

Bu araştırmada 7 adet deneme yapılmıştır. Bu denemelerde değişik biçim ve kesitlerdeki kùltivatör ayakları dinamik yorulma denemelerine tabi tutulmuşlardır. Bu denemelerde ayaklar uçlarından itilmiş ve çekilmişlerdir. Bu itme-çekme sayıları, ayak kırılincaya kadar, bir numaratorle tespit edilmiştir. Ayak, bu tip denemelerin dünya standart sınırı olan 200 000 harekette kırılmadığı taktirde, Wöhler Diyagramına göre sürekli mukavemete ulaştığı kabul edilmiştir (Mohsenin 1956, Nieman 1969).

### Bulgular ve Tartışma

#### Kùltivatör ayaklarının statik ağırlık yüklenme deneylerinden elde edilen bulgular

Statik yüklenme deneyine üç adet ayak tabi tutulmuştur. Bunlar,

1. Kesiti 33x13 mm olan çift kıvrımlı (Rau) ayak,
2. Kesiti 33x13 mm olan tek kıvrımlı ayak,
3. Kesiti 45x9 mm olan tek kıvrımlı ayaktır.

şekil 5' te, kesiti 33x13 mm olan çift kıvrımlı ayak, Çizelge 3' te bu ayağın statik yüklenme değerleri, şekil 6'da yüklenme-boşaltma diyagramı gösterilmiştir.

Çizelge 2. Kùltivatör ayaklarının dinamik yorulma deneyleri karakteristik değerleri

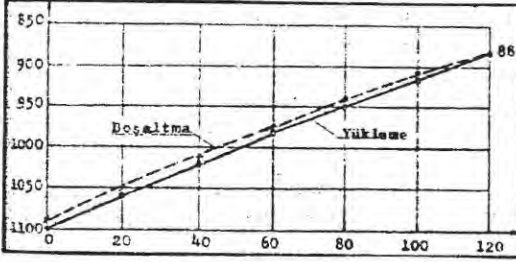
Eksantrik devri (dev/dak)	Kurs (mm)	$\Delta L$ (mm)	$\Delta d$ (mm)	$h_{max}$ (mm)	$h_{min}$ (mm)
100	100	100	45	540	495



şekil 5. Çift kıvrımlı ayak

Çizelge 3. Kesiti 33x13 mm olan çift kıvrımlı ayağın statik yükleme değerleri

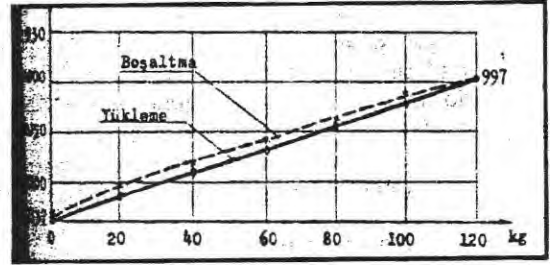
Yükleme			Boşaltma		
No	Ağırlık (kg)	Yerden yükseklik (H mm)	No	Ağırlık (kg)	Yerden yükseklik (H mm)
1	00	1100	1	120	883
2	20	1059	2	100	909
3	40	1019	3	80	941
4	60	982	4	60	975
5	80	949	5	40	1011
6	100	913	6	20	1050
7	120	883	7	00	1091



Şekil 6. Çift kıvrımlı ayağın yükleme boşaltma diyagramı

Çizelge 4. Kesiti 33x13 mm olan tek kıvrımlı ayağın statik yükleme değerleri

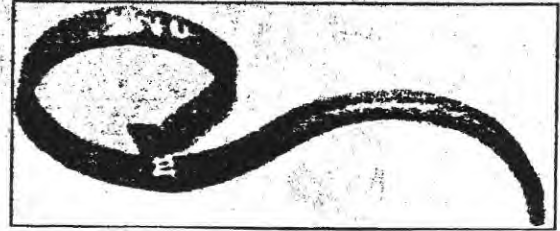
Yükleme			Boşaltma		
No	Ağırlık (kg)	Yerden yükseklik (H mm)	No	Ağırlık (kg)	Yerden yükseklik (H mm)
1	00	1137	1	120	997
2	20	1113	2	100	1014
3	40	1089	3	80	1036
4	60	1067	4	60	1057
5	80	1043	5	40	1081
6	100	1020	6	20	1102
7	120	997	7	00	1131



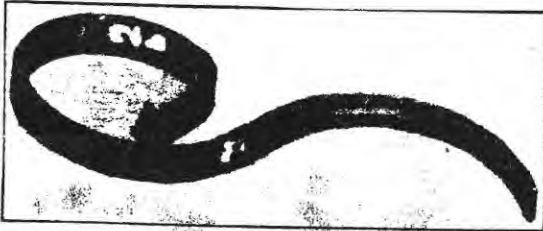
Şekil 8. Tek kıvrımlı ayağın yükleme-boşaltma diyagramı

Şekil 7'de kesiti 33x13 mm olan tek kıvrımlı ayak, Çizelge 4' te bu ayağın statik yükleme-boşaltma değerleri, Şekil 8'de ise yükleme-boşaltma diyagramı gösterilmiştir.

Şekil 9' da kesiti 45x9 mm olan tek kıvrımlı, yabancı yapım ayak, Çizelge 5' te bu ayağın statik yükleme-boşaltma değerleri, Şekil 10' da ise yükleme-boşaltma diyagramı gösterilmiştir.



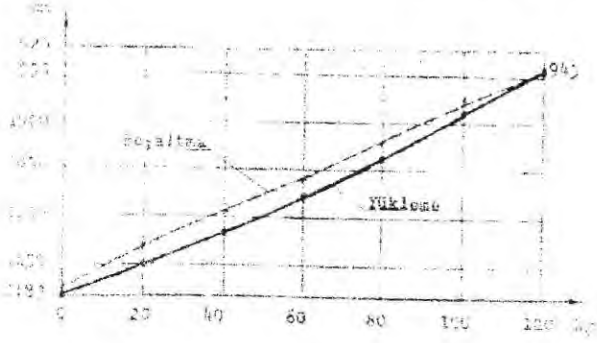
Şekil 9. Tek kıvrımlı yabancı yapım ayak



Şekil 7. Tek kıvrımlı ayak

Çizelge 5. Kesiti 45x9 mm olan, tek kıvrımlı, yabancı yapım ayağın statik yükleme değerleri

Yükleme			Boşaltma		
No	Ağırlık (kg)	Yerden yükseklik (H mm)	No	Ağırlık (kg)	Yerden yükseklik (H mm)
1	00	1183	1	120	945
2	20	1150	2	100	975
3	40	1116	3	80	1018
4	60	1077	4	60	1058
5	80	1036	5	40	1095
6	100	989	6	20	1132
7	120	945	7	00	1173



Şekil 10. Tek kıvrımlı yabancı yapım ayağın yüklenme-boşaltma diyagramı

### Kültivatör ayaklarının dinamik yüklenme deneylerinde elde edilen bulgular

Bu denemede, 33x13mm ve 45x9 mm dikdörtgen kesitli, tek ve çift kıvrımlı 7 adet ayak, sıfır konumundan 100 mm'ye kadar, salınım hareketine maruz bırakılmışlardır.

#### Çift kıvrımlı ayağın dinamik yorulma deneyi

##### 1. Deneme

Denemeye tabi tutulan ayak 33x13 mm dikdörtgen kesitli ve çift kıvrımlı (Rau Tipi) ayaaktır. Ayak 930° C' de yağda sertleştirilmiştir. Sertleştirme sonu sertliği 56 HRC' dir. Ayağa 300° C de meneviş verilmiştir. Meneviş sonu sertliği 50 HRC' dir. Denemeye tabi tutulan bu ayak dikdörtgen kesitli ve çift kıvrımlıdır. Ayak 930° C' de yağda sertleştirilmiştir. Sertleştirme sonu sertliği 55 HRC' dir. Ayağa 450° C' de meneviş verilmiştir. Meneviş sonu sertliği 45 HRC' dir. Bu denemede ayak kırılıncaya kadar denemeye devam edilmesi kararlaştırılmıştır. Ayak 254860 salınım hareketinde kırılmıştır. Şekil 11' de kırılan çift kıvrımlı ayak ve kırılan kısmın kesiti görülmektedir.



Şekil 11. Denemeye tabi tutulan çift kıvrımlı ayak ve kırılan kısmın kesiti

#### Tek kıvrımlı ayakların dinamik yorulma deneyleri

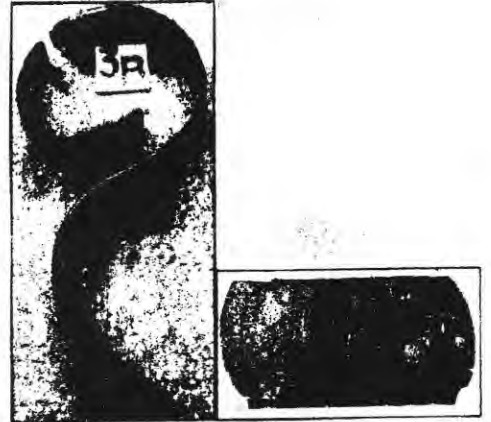
Bu denemelere dört adet 33x13mm dikdörtgen kesitli ve tek kıvrımlı ayak tabi tutulmuştur. Denemelerin sonuçları aşağıda açıklanmıştır.

##### 1. Deneme

Denemeye tabi tutulan ayak 930° C' de yağda sertleştirilmiştir. Sertleştirme sonu sertliği 56 HRC' dir. Ayağa 300° C' de meneviş verilmiştir. Meneviş sonu sertliği 50 HRC' dir. Ayak 71 805 salınım hareketinde kırılmıştır. Ayağın kırılan yeri ve kesiti Şekil 12' de görülmektedir.

##### 2. Deneme

Denemeye tabi tutulan ayak 930° C' de yağda sertleştirilmiştir. Sertleştirme sonu sertliği 56 HRC' dir. Ayağa 420° C' de meneviş verilmiştir. Meneviş sonu sertliği 42 HRC' dir. Ayak 134 721 salınım hareketinde kırılmıştır. Kırılan yer 1. denemedekinin aynıdır. Ayağın kırılan yeri ve kesiti Şekil 13' te görülmektedir.



Şekil 12. Denemeye tabi tutulan tek kıvrımlı ayak ve kırılan kısmın kesiti



Şekil 13. Tek kıvrımlı ayağın kırılan yeri ve kesiti

### 3. Deneme

Denemeye tabi tutulan ayak 930°C' de suda sertleştirilmiştir. Sertleştirme sonu sertliği 60 HRC' dir. Ayağa 470° C' de meneviş verilmiştir. Meneviş sonu sertliği 40 HRC' dir. Ayak 126 411 salınım hareketinde kırılmıştır. Kırılan yeri ve kesiti Şekil 14' te görülmektedir.

### 4. Deneme

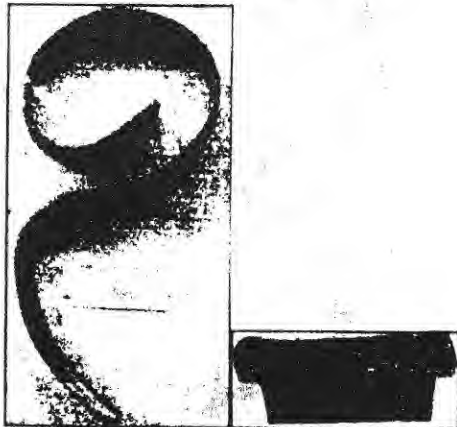
Denemeye tabi tutulan ayak 45x9mm dikdörtgen kesitli, Rus yapımı orjinal ayaktır. Çeliğinin bileşimi yerli ayakların aynısıdır; sertliği 45 HRC'dir; ısıtım işlem değerleri bilinmemektedir. Ayak 48350 düşük salınım hareketinde kırılmıştır. Kırılan yer ve kesiti Şekil 15' te görülmektedir.

Bu araştırmada,

1. Dikdörtgen kesitli kültivatör ayaklarının statik yüklemeye deneyleri,
2. Dikdörtgen kesitli kültivatör ayaklarının dinamik yüklemeye deneyleri olmak üzere iki ayrı deneme yapılmıştır.



Şekil 14. Tek kıvrımlı ayağın kırılan yeri ve kesiti



Şekil 15. Yabancı yapım tek kıvrımlı ayağın kırılan yeri ve kesiti

### Statik yüklemeye deneyleri sonuçları

Kültivatör ayaklarının statik yüklemeye deneylerinde üç tip ayak kullanılmıştır. Bunlar,

1. 33x13mm dikdörtgen kesitli, çift kıvrımlı ayak,
2. 33x13mm dikdörtgen kesitli, tek kıvrımlı ayak,
3. 45x9mm dikdörtgen kesitli, tek kıvrımlı ayaktır

120 kg' a kadar yüklemeye ve boşaltma denemelerine tabi tutulan çift ve tek kıvrımlı kültivatör ayaklarının yaylanma miktarları ve kalıcı deformasyon değerleri Çizelge 6' da belirtilmiştir.

### Dinamik yüklemeye deneyleri sonuçları

Dinamik yüklemeye denemelerine tabi tutulan 7 adet kültivatör ayağının deney sonuçları Çizelge 7' de belirtilmiştir. Sonuçlara göre en çok yaylanan 45x9 mm dikdörtgen kesitli, genişliği fazla, kalınlığı az lâma çelikten yapılan yabancı yapım ayak olmuştur. Bu ayaktaki yaylanma 238 mm gibi büyük değerdedir.

### Tartışma

Statik ve dinamik yüklemeye deneylerine tabi tutulan kültivatör ayakları çift ve tek kıvrımlı ayaklardır. Statik yüklemeye deneylerinde 33x13 mm kesitli, çift kıvrımlı ayağın, 120 kg. lık yüklemeye ile 217 mm yaylanmasına karşılık, tek kıvrımlı ayak ancak 140 mm yaylanmıştır. Dinamik yüklemeye deneylerine tabi tutulan 3 adet çift kıvrımlı ayak 200 000 salınım hareketinde kırılmadıkları halde, denemeye tabi tutulan 4 adet tek kıvrımlı ayağın dördü de 200 000 salınım hareketinin altında kırılmışlardır.

Denemelerin sonuçlarına göre çift kıvrımlı ayaklar, toprak işleme görevleri sırasında köke veya taşla takıldıklarında, statik yüklemeye sonuçlarına göre, büyük yaylanma kapasiteleriyle bunlardan kurtulabilecekleri gibi; bu yaylanma sırasında fazla bir deformasyona da uğramayacaklardır. Dinamik yüklemeye sonuçlarına göre de, işlevlerini uzun zaman, kırılmadan sürdürebileceklerdir. Bu nedenle, kültivatör imal eden firmaların imal ettikleri makinalarda tek kıvrımlı ayak yerine çift kıvrımlı (Rau Tipi) ayak kullanmaları uygun olacaktır.

Çizelge 6. Çift ve tek kıvrımlı ayakların statik yüklemeye deneyleri sonuçları

Adı	Sertlik HRC	Kesit (mm)	Max yaylanma (mm)	Kalıcı deformasyon (mm)	Deney no
Çift kıvrımlı (yerli)	45	33x13	217	9	1
Tek kıvrımlı (yerli)	45	33x13	140	6	2
Tek kıvrımlı (yabancı)	42	45x9	238	10	3

Çizelge 7. Yaylı kültivatör ayaklarının dinamik yüklenme deneyleri sonuçları

Adı	Şekil	Gereç	Sertlik (HRc)	Kesit (mm)	Tabi tutulduğu salınım hareketi	Deney sonucu	Deney no
Tek kıvrımlı ayak		60 SiMn5	50	33x13	298 525	Kırılmadı	1
		60 SiMn5	45	33x13	240 577	Kırılmadı	2
		60 SiMn5	42	33x13	254 860	Kırıldı	3
Tek kıvrımlı ayak		60 SiMn5	50	33x13	72 805	Kırıldı	4
		60 SiMn5	42	33x13	134 721	Kırıldı	5
		60 SiMn5	40	33x13	126 411	Kırıldı	6
		60 SiMn5	45	45x9	48 350	Kırıldı	7

### Kaynaklar

- Cottrell, A. H. and Hull, D. 1957. Extrusion and Intrusions by Cyclic Slip in Copper. Proc. Roy. Soc. Ser.A. vol.242, P.211.
- Çelik, F. 1990. Çelik El Kitabı, İzmir.
- Duggan, T. V. and Byrne, J. 1977. Fatigue as a Design Criterion the Macmillan Press Ltd. London.
- Ersümer, A. 1972. Makine Teknolojisi Malzeme Bilgisi, İ.T.Ü. Makine Fakültesi Sayı 69, İstanbul.
- Esin, A. 1980. A Method for Correlating Different Types of Fatigue Curve, Int.J.Fatigue, P.153.
- Ewing, J. A. and Humfrey, J. C. W. 1903. The Fracture of Metals under Repeated Alternations of Stress Phill. Trans. Roy. Soc., Ser.A. vol.200, P.241.
- Gilchrist, J. 1900. On Wöhler's Laws, Engineer, Vol.90, P.203.
- Griffith, A. A. 1920. The Phenomena of Rupture and Flaw in Solids, Phil. Transactions Royal Society of London V.221, p.163.
- Gücer, D. 1970. Malzeme Bilgisi, İ.T.Ü. Sayı 872, İstanbul.
- Higgins R. A. 1975. Engineering Metallurgy, Part I, Applied Physical Metallurgy, London.
- İnan, M. 1973. Cisimlerin Mukavemeti, Ofset Matbaacılık Ltd.Şt., İstanbul.
- Keçecioğlu, G. 1967. Toprak Kanalında Çeşitli Toprak İşleme Aletleri Üzerinde Bir Araştırma, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi No:93, Bornova, İzmir.
- Kaya, H. 1949. Malzeme, As. Fb. Basımevi, Ankara Linnert, E.G.1967. Welding Metallurgy, Carbon and Alloy Steels Vol. 1 and II N.Y.
- Mann, J. Y. 1958. The Historical Development of Research on the Fatigue of Materials and Structures, the Journal of the Australian Institute of Metals, vol.11, No:3, 22-241.
- Mohsennin, N. 1956. Wear Tests of Plow Material Agricultural Engineering 37 No:12, 816-820.
- Mutaf, E. 1974. Tarım Alet ve Makinaları, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No:218, Bornova/İzmir.
- Nieman, G. 1969. Makine Elemanları, (Tercüme eden: Ç. G. Harzadin), İstanbul.
- Önel, K ve Aksoy, T. 1985. Metalik Malzemeler, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayını, İzmir.
- Öz, İ. H. 1979. Tarım Makinaları. İ.T.Ü. no.1141, İstanbul.
- Rankine, W. J. M. 1843. On the Causes of Unexpected Breakage of the Journals of Railway Axyes. Proc. Inst. Civil. Engrs. Vol.2, 105.
- Scarlett, N. A. 1960. Greases to prevent Fretting Corrosion Engineering, Vol.189, 424.
- Tekin, A. 1984. Çelik ve Isıl İşlem, Hakan Ofset, Küçük Ayasofya Caddesi No: 82/2, İstanbul.
- Tomlinson, G. A., Thorpe, P. L. and Thorpe, H. J. 1939. The Fretting Corrosion of Closely Fitting Surfaces, Proc. Insth. Mech. Engrs. Vol.141, 223.
- Thompson, N., Wadsworth, N. J. and Lova, N. 1956. The Origin of Fatigue Fracture in Copper. Phil. Mag. V.1, 113.