

TAŞIYICI HALATLARIN DENEYSEL GERİLME ANALİZİ*

C. Erdem İMRAK**

*Prof. Dr., İTÜ. Makina Fakültesi
Gümüşsuyu 34437, İstanbul*

Özlem SALMAN

*Ar.Gör.İTÜ. Makina Fakültesi
Gümüşsuyu 34437, İstanbul*

ÖZET

Helisel sarımlı halatlar, geniş ve önemli bir mühendislik eleman sınıfı oluşturur. Eksenel mukavemet ve rijitlik sağlayacak düzenli bir geometrik formda helisel olarak bir araya getirilmiş tellerden oluşurlar. Bu elemanların en önemli özelliği büyük eksenel yükleri düşük eğilme ve burulma rijitliği ile taşımalarıdır. Çelik tel halatlar, normal malzeme numunelerinden farklı kesit ve yapıya sahip olduğundan klasik yöntemlerle testlerin yapılması mümkün değildir. Bu nedenle, farklı yöntemler denenerek çekme testleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada çelik tel halatlara ve bileşenlerine (demet, öz, tel) çekme deneyi yaparken kullanılacak en uygun aparatın seçimi ve bu deney neticelerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tel halatlar, demet, test prosedürü, deneysel gerilme analizi

Experimental Stress Analysis Of Hauling Ropes

ABSTRACT

Helical wire ropes constitute a wide class of important engineering component. They comprise groups of wires spun helically together in a regular geometric pattern to form an integral unit to provide axial strength and stiffness. It is well known that a major advantage of such elements is their capacity to support large axial loads with comparatively small bending or torsional stiffness. It is not possible that tensile test achieve with conventional method because of the wire ropes have different section and composition in comparison with regular material. Therefore, tensile tests are realized by using the different methods. It is aimed to investigate the most appropriate apparatus for tensile tests of steel wire ropes and its components (core, wire, strand).

Keywords : Wire ropes, strand, test procedure, experimental stress analysis

** İletişim yazarı

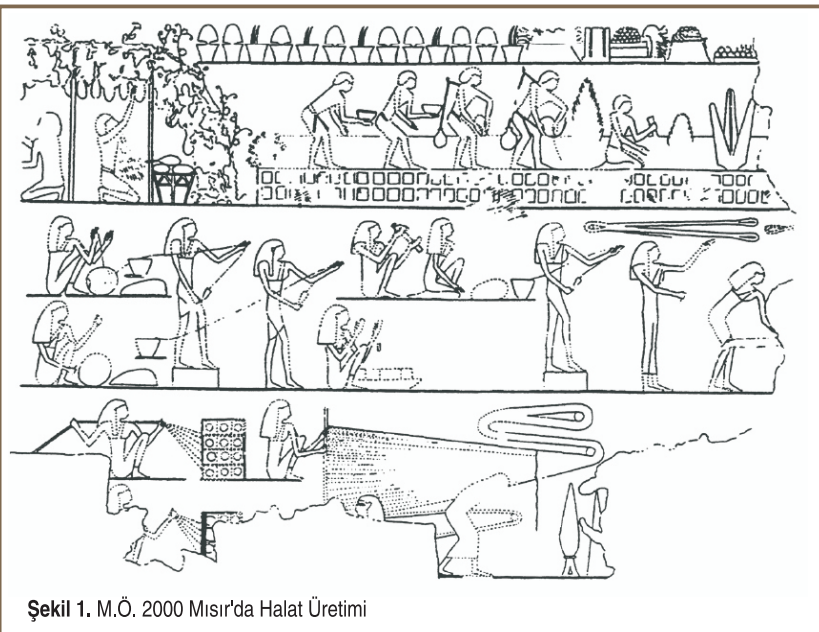
* Bu makale, 21-23 Mayıs 2010 tarihlerinde TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası ve Makina Mühendisleri Odası tarafından İzmir'de düzenlenen Asansör Sempozyumu'nda bildiri olarak sunulmuştur.

GİRİŞ

İnsan uygarlığının ilk kazanımlarından olan halatlar sac ya da bitki malzemelerinden yapılmıştır. Halatların en eski örneklerine yaklaşık M.Ö. 2000'den 9000 yılına kadar olan tarihlerde rastlanır. Finlandiya'da bulunan halatların kalıntılarının Mezolitik dönemden (M.Ö. 9000-3000) kaldığı, Mısır'da bulunan ve devetüyünden yapılanların ise 4000 yıldan daha eski olduğu varsayılıyor. Mısır'daki bazı duvar resimleri (M.Ö. 2000) halatların üretiminin papirus, deri ya da palmiye elyafından yapıldığını gösteriyor (Şekil 1) [1].

Çelik tellerden yapılan tel halat, transport makinalarının en fazla zorlanan önemli bir elemanıdır. Tel halatların geliştirilmesi sonucu daha önceleri kullanılan zincirler bugün için vinç imalatında kullanılmamaktadır.

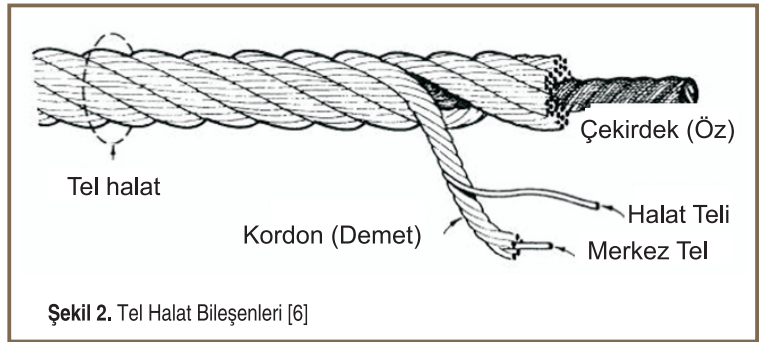
Çalışma sırasında ortaya çıkan aşınma ve korozyon olayının dışında yorulma ve nemin etkisi ile mukavemetlerinden pek bir şey kaybetmemektedirler. Yükün halat içindeki çok sayıda tele dağılması nedeniyle işletme emniyeti oldukça yüksektir. Tel halatlar yüksek çalışma hızlarında çalıştırılabilirler, kendi ağırlıkları ile taşıma kapasiteleri arasında uygun bir oran mevcuttur ve büyük bir elastik uzama miktarına sahiptirler. İşletme sırasında kolaylıkla gözle kontrol edilmeleri mümkündür. Tel halatların taşıma kapasiteleri ve çalışma özellikleri düşük sıcaklıklarda değişmemektedir. Yalnız lif çekirdekli halatlarla 100°C, çelik çekirdekli halatlarla ise 250°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda çalışılmamalıdır. Alçak ve yüksek sıcaklıklarda halat ucu bağlantısının kontrolü çok dikkatli yapılmalıdır [2-4].



Şekil 1. M.Ö. 2000 Mısır'da Halat Üretimi

TEL HALATLARIN YAPISI

Tel halatlar yüksek mukavemetli ince çelik tellerden yapılırlar. Bu tür elemanların en önemli avantajı oldukça küçük eğilme ve burulma rijitlikleri sayesinde büyük aksenal yükleri taşıma kapasiteleridir. Kullanma amacına göre bu teller çeşitli şekillerde örülerek veya bükülerek halat şekline getirilir. Kordonlu halatlarda teller bir veya birkaç çekirdek tel etrafında yine bir veya birkaç katlı olmak üzere helis şeklinde bükülür ve bir kordon teşkil eder. Daha sonra kordonlarda bitkisel (Manila veya sisal, daha az önemli amaçlar için kendir) öz etrafında yine helis şeklinde bükülürler ve bütün bir halat şeklinde bağlanırlar. Bir halatı oluşturan parçalar Şekil 2'de gösterilmiştir [5].



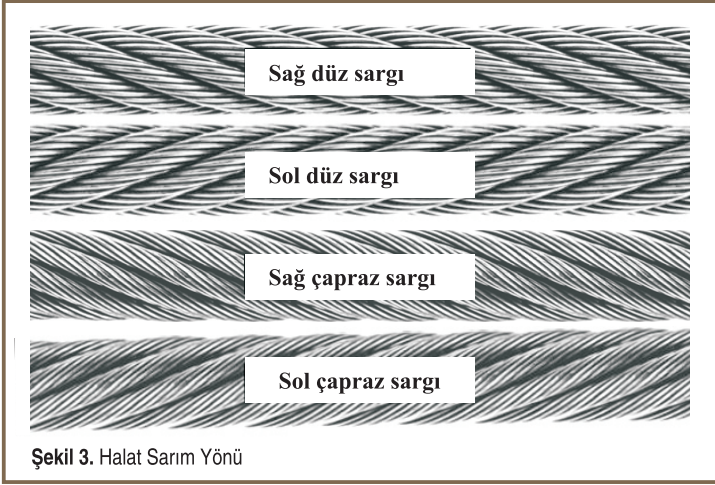
Şekil 2. Tel Halat Bileşenleri [6]

HALAT SARIM YÖNÜ

Dış kordonların helis yönü, halatın sarım yönü olarak isimlendirilir. Standartlarda dış kordonların halat üzerine sarılışında helis yönünün sağ dönüşlü olduğunu belirtmek için 'Z' harfi, sola dönüşlü olduğunu belirtmek için ise 'S' harfi kullanılmaktadır. Ayrıca kordonların sarılışında helis yönü sağa sarılış için 'z' ve sola sarılış için 's' harfi ile gösterilmektedir. Kısa gösterilişte 'ZZ' ve 'SS' sarılışına düz sargı, 'zS' ve 'sZ' sarılışına çapraz sargı denir. Başka bir ifadeyle, çapraz sargıda kordonları meydana getiren tellerle, halatı meydana getiren kordonların sarım yönleri birbirlerine terstir. Şekil 3'te halat sarımında meydana gelen dört ayrı durum gösterilmiştir.

Düz sargılı halatların eğilme kabiliyetleri daha fazladır. Makaraların ve tamburların yivlerine daha iyi otururlar. Bu bakımdan basınçlar, bütün yiv çevresine dağılmış olduğundan, aşınmada dağılmış ve halatın ömrü uzamış olur. Fakat düz sargılı halatlar, tellerin ve kordonların aynı tarafa olan sarılışları nedeniyle, eğer uçlarından tutulmayacak olursa, hemen kendi üzerlerinde dönmeye çalışırlar. Onun için yalnız kılavuzlanmış yükler haline, mesela asansörlerde olduğu gibi gayitler arasında çalışma haline uygun gelirler.

Çapraz sargılı halatlarda ise, dönme kabiliyeti az olduğundan, kren tesislerinde yalnız bunlar kullanılır [2,5,7].



Şekil 3. Halat Sarmı Yönü

HALAT DENEYİ VE KRİTERLERİ

Çelik tel halatlar, normal malzeme numunelerinden farklı kesit ve yapıya sahip olduğundan, konvansiyonel yöntemlerle testlerin yapılması mümkün değildir. Bu nedenle, uygun yöntemin belirlenmesi için bilinen yöntemler tek tek değerlendirilmiş, en uygunu seçilmiştir.

Deneylerin geçerli sayılabilmesi için literatürde belirtilen kriterlere uyulmuştur. Bu kriterler aşağıda detaylıca açıklanacaktır. Başlıklar hariç en küçük serbest deney uzunluğu Çizelge 1'e göre olmalıdır.

Deney parçası makineye halatın bütün tellerinin deney sırasında uygulanan kuvvete maruz kalacağı bir şekilde

Çizelge 1. Deney Uzunlukları

Halat anma çapı, d (mm)	Demetli halatta en küçük deney uzunluğu (mm)
6 dahil 6'ya kadar	300
6'dan 20'ye kadar (20 dahil)	600
20'den 60'a kadar	30xd
60 ve üzeri	3m

yerleştirilmelidir. Standartlarda belirtilen en küçük kopma kuvvetinin ($F_{en\ az}$) %80'i uygulandıktan sonra uygulanan kuvvet, saniyede en küçük kopma kuvvetinin %0.5'inden fazla olmayacak şekilde artırılmalıdır.

Ölçülen kopma kuvveti değerine (F_m), uygulanan kuvvetin daha fazla artırılmasının mümkün olmadığı ve halatın koptuğu anda ulaşılır.

Kavrama veya halat sonundan halat çapının 6 misli bir mesafe içerisinde kırılmalar olursa ve en küçük kopma kuvvetine erişilemez ise deney geçersiz sayılır [8].

Demetler için ayrı bir deney kriteri tanımlanmıştır. Deney uzunluğu en az çapın 60 katı kadar olmalı, bu çalışmada deney uzunlukları 200mm alınmıştır. Hız ise, 8 mm/dk alınmıştır [9].

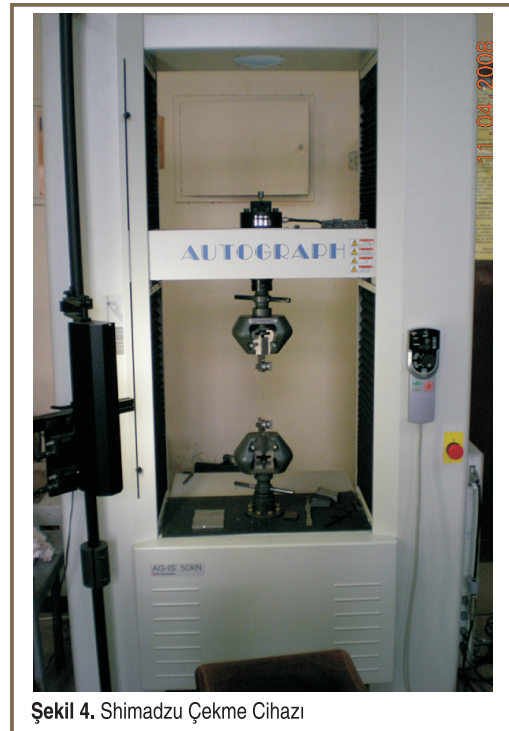
Teller için de deney kriterleri ayrıca tanımlanmıştır. Teller mikrometre yardımıyla ölçülmeli ve her çap için hassasiyet minimum 0.002mm olmalıdır. Test makinesinin çeneleri arasındaki mesafe 203mm'den daha az olmamalıdır. Deney makinesinin hızı 3 mm/dk'yı aşmamalıdır. Eğer tel numunesi çenelere 25.4 mm uzaklıkta herhangi bir noktadan koparsa deney geçersiz sayılır [10].

YAPILAN DENEYLER

Deneylerde kullanılan çelik halat numuneleri, Ø6 mm çapında (6x7) kompozisyonunda, Ø8 mm çapında (6x7) kompozisyonunda ve Ø 10 mm çapında (6x7) kompozisyonunda halatlardan seçilmiştir. Halatları oluşturan çelik teller, kordonlar ayrı ayrı mekanik deneye tabi tutulmuştur.

Deneylerde Kullanılan Test Cihazları

Bu deneyler gerçekleştirirken kullanılan 50 kN kapasiteye sahip Shimadzu marka çekme cihazı Şekil 4'te gösterilmektedir. Bu cihazla halat telleri ve demetlerinin çekme testleri gerçekleştirilmiştir. Hem bu cihazın çenelerine uygun, hem de numunelerin standartlarda belirtilen yerlerden



Şekil 4. Shimadzu Çekme Cihazı

kopmasını sağlayacak deney aparatları tasarlanmış ve imal edilmiştir. Denenmiş tüm deney aparatları ilerleyen bölümde açıklanacaktır.

Halat Telleri İçin Hazırlanan Deney Aparatları

Tel çekme deney aparatı tasarlanırken dikkat edilen ilk husus, çekme deney makinasının çenelerine uygun gövde tasarlanmasıydı. O nedenle tasarım yaparken belli ölçü kısıtları dikkate alınmıştır. (İki çene arası açılabilen maksimum mesafe, çene ile aparatın temas edeceği yüzeyin alanı). Diğer önemli nokta ise, makara çapının büyüklüğüdür. Büyük çaplı makara, aparatın ağırlığını da artıracak ve deney numunelerinin makaraya sarılması sırasında daha yorucu bir işlem olacaktı. O nedenle öncelikle küçük çaplı makaraya sahip aparatlar tasarlanmıştır. Şekil 5'te denenmiş ilk aparatın resmi gösterilmiştir. Tel numuneleri özel olarak hazırlanan tel çekme test aparatına sarılmış ve hazırlanan test aparatı Shimadzu test cihazına yerleştirilerek çekme testi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5. Halat Teli Çekme Aparatı Prototip 1

Yapılan tekrarlı deneyler neticesinde görülmüştür ki, tel numuneleri makara üzerinden bir noktadan kopuyor ve standartlara göre bu deneyler geçersiz sayılıyordu.

İkinci olarak düşünülen yöntem ise makara yiv formunu değiştirmektir. İlk yöntemde sivri olan makara yivinin bu kez ufak bir radius ile yuvarlatılmış halini içeren mevcut tel çekme aparatı Şekil 6'da üzerinde birkaç deney yapılmıştır ve tel numunelerinin yine makara üzerinden koptuğu görülmüştür. Bu deney neticesinde, yiv formunun

yuvarlatılmasının deneyde herhangi bir olumlu iyileştirme getirmediği görülmüştür. Standartlara göre bu aparat ile yapılan deneyler de başarısız sayılmıştır.



Şekil 6. Halat Teli Çekme Aparatı Prototip 2

Bu durumda tel çekme aparatlarında yapılabilecek iki çeşit iyileştirme vardı. Bunlardan biri, teli birkaç makara üzerinden dolamak suretiyle, tel numunesi ile makaralar arasında oluşabilecek sürtünme yüzeyini azaltmak ve teli çok fazla bükmek zorunda kalmadan aparata bağlayabileceğimiz bir tasarım yapmak. Bu yöntemin sakıncası tel çekme aparatı birkaç makara içereceğinden gövdesinin çekme cihazı çeneleri arasına sığamayacak kadar büyük ve ağır olmasıydı. Şekil 7'de üçüncü olarak denenilen tel çekme aparatının resmi görülmektedir. Bu yöntemde yapılan deney, aparatın ağırlığı nedeniyle çekme cihazı çenesinden kaymaya başlamıştır. Deney sonuçlanmadan iptal edilmiştir.

İkinci olarak yapılabilecek iyileştirme ise, tel numunesini tek ve daha büyük çaplı bir makara üzerine dolamaktır. Çap büyüyeceğinden tel numunesi makara üzerinde dolanırken daha az bükülmüş olacak ve makara üzerinden kopmalar engellenmiş olacaktı. Bu nedenle tel numunesi 60 mm çapındaki makara üzerine sarılarak yapılan deneylerde, gerilme yığılması azaldığından, başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 8'de tel çekme aparatının resmi görülmektedir.

Halat teli çekme aparatının makara yivi genişletildiğinde, üzerine kordonların sarılması mümkün hâle gelmiştir (Şekil 8). Böylece yeni bir tasarıma ihtiyaç duymaksızın aynı aparat ile hem tel numuneleri hem de demet numuneleri çekilmiş ve başarılı sonuçlar alınmıştır.