

AĞAÇ MALZEMENİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Ali Rıza Uluata (1)

Özet

Günümüzde kullanılma alanı oldukça geniş olan ağaç malzemenin yapılarda en ekonomik bir şekilde kullanılması kaçınılmaz bir zorunluluktur. Bu nedenle ağaç malzemenin çeşitli deney yöntemleriyle saptanan teknik özelliklerine, göre kullanılması gerekmektedir. Ağaç malzemenin mekanik özellikleri saptanırken, bu özelliklere çeşitli faktörler etki etmekte ve bu faktörlerin göz önünde bulundurulmasıyla elde edilen sonuçlar olumsuz ve çok az güvenilir olmaktadır.

Bu yazımızda ağaç malzemenin mekanik özellikleri saptanırken, bu özelliklere etki eden önemli faktörler çeşitli literatürlerin ışığı altında açıklanmıştır.

Giriş

İnsanlar, yapı malzemesi olarak ağaçtan çok eski çağlardan beri yararlına gelmiştir. Gerek dünyadaki, gerek ülkemizdeki ormanların tahrip olması, çağlar boyunca süren düzensiz kesilmeler, hayvan olatmalar, ve yangın gibi afetler ile aşırı nüfus artışı neden olmaktadır. Ülkemizdeki kırsal yapıların %27-80'ini ağaç malzeme oluşturmakta olup, kentlerdeki yapıların önemli bir bölümünde de ağaç malzeme kullanılmaktadır (Özçelik 1965). Bu kısa açıklamalardan da anlaşılacağı gibi, eski çağlardan beri yapı malzemesi olarak kullanılan ağaç malzeme, önemini hiç bir zaman kaybetmemiştir. Özellikle bu malzemenin yerini başka bir malzemenin alamayışı veya kısmen alması, ağaç malzemenin önemini bir kat daha artırmaktadır.

Doğal bir malzeme olan ağaç malzemin özellikleri pek çok değişmektedir. İklim, toprak, vb. faktörlerin etkisiyle aynı cins ağaçlardan elde edilen malzeme bile farklı özellikler gösterebilir. Bu nedenle ağaç malzemenin kullanılma uygunluğunun belirlenmesi ve saptanması için öncelikle mekanik özelliklerinin bilinmesi gerekir.

(1) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü, Erzurum.

Ağaç malzemenin günümüz koşullarına göre ekonomik olarak kullanılması, malzeme fiyatlarının yüksek oluşu nedeniyle zorunlu hale gelmiştir. Bu bakımdan ağaç malzemenin bütün özelliklerinin ve bu özelliklere etki eden faktörlerin bilinmesinde yarar vardır.

Ağaç malzemenin mekanik özellikleri, bu malzemenin dış etkenlere karşı koyma uygunluğunun bir ölçüsüdür. Dış etkenlerden, ağaç malzemenin şeklini değiştirmeye zorlayan kuvvetler anlaşılmalıdır. Şekil değişiklikleri bazen ağaç malzemenin bünyesinde oluşabilir. Bu durum malzemenin mekanik özellikleriyle ilgili olmayıp, doğrudan doğruya fiziksel özellikleriyle ilgilidir (nemli bir ortamda oluşan şekil değişiklikleri gibi). Mekanik özellikler, ağaç malzemenin yapı ve inşaat amaçları için kullanılma yerlerine uygunluğunu belirlemektedir (Bozkurt, 1966).

Ağaç malzemenin mekanik özellikleri, kullanıldığı yerlerde yapılan deneylerle saptanabildiği gibi, genellikle laboratuvar deneyleriyle de saptanabilir. En ideal ve ekonomik olanı, laboratuvar deneyleriyle saptanan mekanik özelliklerdir. Çünkü anizotrop özelliğe (yani özellikleri çeşitli doğrultularda değişebilen) sahip olan ağaç malzemenin mekanik özelliklerinin laboratuvar deney yöntemleri ile saptanması, zamandan ve deney malzemesinden artırımın yanında, uygulamadan farklı olarak daha fazla yük (kuvvet) uygulanmasıyla malzemede oluşabilecek en büyük ve en küçük değişimlerin ve bu değişimlere neden olan etkenlerin ortaya çıkması olanaklarını artırır (Bozkurt, 1966).

Ağaç malzemenin en önemli mekanik özellikleri basınç, çekme, eğilme, makaslama, sademe ve yarılma gerilmeleri ile elastikiyet modülü ve sertliktir (Türk Standartları Enstitüsü, 1962). Ağaç malzemenin mekanik özellikleri Türk Standartları Enstitüsü tarafından hazırlanmış olan TS 53 "Haşep nümune alma ve muayene metodları" isimli standart da yer alan yöntemlerle belirlenmektedir. Ancak bu malzemenin mekanik özelliklerinin tam olarak belirlenmesi için mekanik özelliklere etki eden faktörlerin bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle bu yazıda, malzemenin mekanik özelliklerine etki eden faktörler açıklanacaktır.

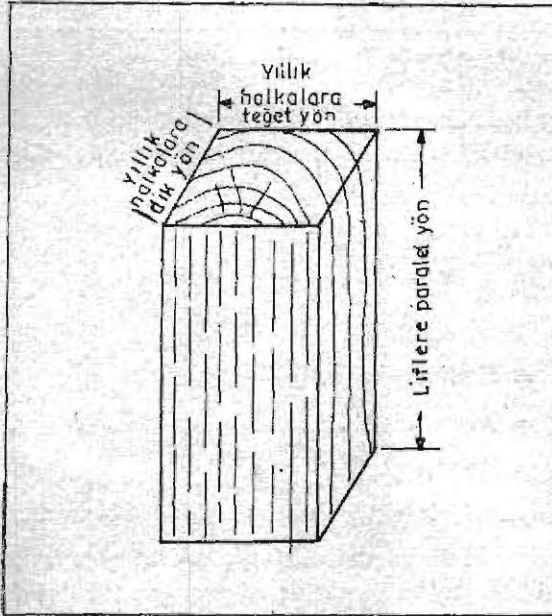
Mekanik Özelliklerin ve Bu Özelliklere Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesinde Bilinmesi Gereken Genel Hususlar

Canlı bir organizma olan ağacın oluşturduğu lifli, heterojen ve anizotrop bir dokusu olan çeşitli yapı malzemesi ahşap veya ağaç malzeme olarak tanımlanmaktadır (Artel, 1969). Tanımdan da anlaşılacağı gibi anizotrop özelliğe sahip olan ağaç malzemenin mekanik özelliklerinin ve bu özelliklere etki eden faktörlerin daha kolay anlaşılmasını sağlamak amacıyla, aşağıdaki hususların açıklanmasında yarar vardır.

Ağaç Malzemenin Yapı Eksenleri

Ağaç malzemenin yapısı diğer yapı malzemelerinden (metal, taş, beton, vb.) tamamen farklı bir özellik gösterir. Her yönde aynı mekanik ve elastik özellikler

gösteren yani izotropik bir malzeme olan çelik gibi malzemeye benzemeyen ağaç malzeme, birbirine dik üç yönde farklı özellikler olan yönlerdir (Şekil 1). Ağaç malzemenin mekanik ve elastiklik özellikleri her üç yönde farklılık gösterir. Genellikle liflere paralel yöndeki mekanik özellikteki değişimler pek önemli değildir. Ancak yıllık halkalara dik ve teğet yöndeki mekanik özellikteki değişimler önemli olmaktadır. Nitekim kızıl çam (*Pinus brutia*) üzerinde yapılan teknolojik araştırmalarda daralma yüzdesi, liflere paralel yönde % 0,5 yıllık halkalara dik yönde % 4,9 ve yıllık halkalara teğet yönde ise % 6,8 olarak saptanmıştır (Berkel, 1957).

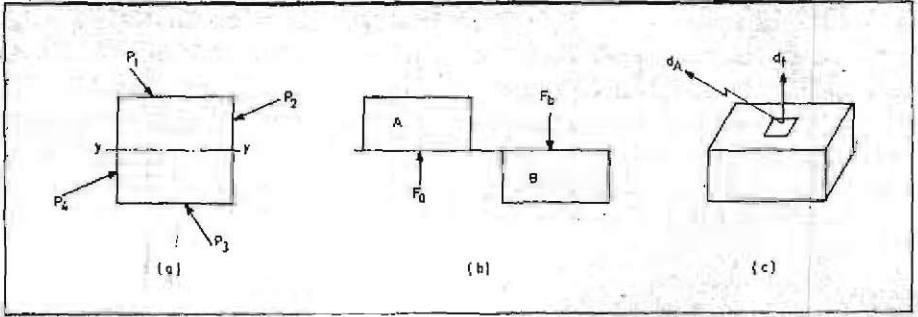


Şekil 1. Ağaç malzemenin yapı eksenleri (Bozkurt, 1966)

Gerilmeler

Dış kuvvetler etkisi altında dengede olan herhangi bir cisim düşünelim. Bu cismi y-y düzlemi ile A ve B parçalarına ayıralım. Bu parçaların dengede olabilmesi için A parçasına F_a ve B parçasına da bir F_b kuvvetinin etki etmesi gerekmektedir (Şekil2) (Kocataşkın, 1967).

Şekil 2'de görüldüğü gibi F_a ve F_b kuvvetleri mutlak değer olarak birbirine eşit fakat zıt yöndedir. Bu şekilde cismin kestine etki eden kuvvetler iç kuvvetler olarak bilinmektedir. Bu kuvvetler her bir parçanın içerisinde yayılmış kuvvetler durumunda bulunur. Şekil 2 b' deki A parçasının dengesini sağlayan F_a kuvveti, parçanın kesit alanı içerisinde yayılmış olan iç kuvvetlerin bileşkesinden başka bir şey değildir.



Şekil 2. Malzemedeki gerilmeler (Kocataşkın, 1967).

A parçasının kesit alanı üzerinde küçük bir d_f içi kuvveti etkisinde bir d_A alanını düşünelim (Şekil 2 c). Bu alan üzerindeki bir (0) noktasındaki gerilme (Kocataşkın, 1967):

$$\sigma = \lim_{d_A \rightarrow 0} \frac{d_f}{d_A}$$

Burada;

$$\sigma = \text{Gerilme (kg/cm}^2\text{)},$$

$$d_A = \text{Alanı (cm}^2\text{)},$$

$$d_f = \text{Kuvvet (kg)'dır.}$$

Sonuç olarak GERİLME bir vektör olup, bunun şiddeti birim alana düşen kuvvettir.

Dış kuvvetlerin etki durumuna ve cismin şekline göre iç kuvvetler, değişken ve düzgün bir şekilde yayılmış olabilir. Şayet gerilme değişken ise (Şekil 3 a) iç kuvvet $F = N = \int_A \sigma \cdot dA$ 'dır. Gerilmenin düzgün yayılmış olduğu özel durum

(Şekil 3 b) için iç kuvvet $= F = N = \sigma \cdot A$ veya gerilme $= \sigma = N/A = F/A$ 'dır. Ağaç malzemenin mekanik özelliklerinin saptanmasında gerilmelerin düzgün yayılmış durumu uygulanmaktadır.

Şekil Değişmeleri (Deformasyonlar)

Herhangi bir ağaç malzemeye dışarıdan yeterli miktarda bir yük (kuvvet) uygulandığında, malzemede şekil değişmesi oluşmaktadır. Dış etki basınç selinde ise malzemenin boyunda bir kısalma ve yan kısımlarda genişleme (Şekil 4); çekme şeklinde ise malzemenin boyunda uzama ve yanlarda daralma oluşur. Her iki durumda oluşan genişleme ve daralma miktarlarının önemsenmeyecek kadar az olmasına karşılık, kısalma ve uzama miktarları önemli derecede fazladır. Dış etkinin malzemeyi eğmeye zorlaması durumunda deformasyon ekseniden uzaklaş şeklinde ortaya çıkmaktadır. (Bozkurt, 1966).

Şekil değişmesinin veya deformasyonun birim değerine, birim şekil değişmesi veya sadece şekil değişmesi adı verilmektedir.

Ağaç Malzemenin Elastikiyet Modülü

Elastik cisimlerde, gerilme kuvveti etkisiyle görülen birim uzamasının birbirine oranı malzeme çeşidine göre değişir. Malzemede görülen bu husus ilk defa 1676 tarihinde Robert Hooke tarafından ele alınmış olup, bu ilgi Hooke kanunu olarak bilinmektedir. Bu kanuna göre gerilme ile birim uzama (şekil değişmesi) arasındaki ilgi şu şekilde ifade edilmektedir (Postacıoğlu, 1966 ve 1968, Alkan, 1971): Gerilme / Birim uzama = $E = \sigma/\epsilon$ veya $\sigma = E \cdot \epsilon$ 'dir. yukarıdaki ifadede de E bir sabite olup, genellikle ağaç malzemenin elastikiyet modülü olarak gösterilmekte ve birimi kg/cm^2 'dir.

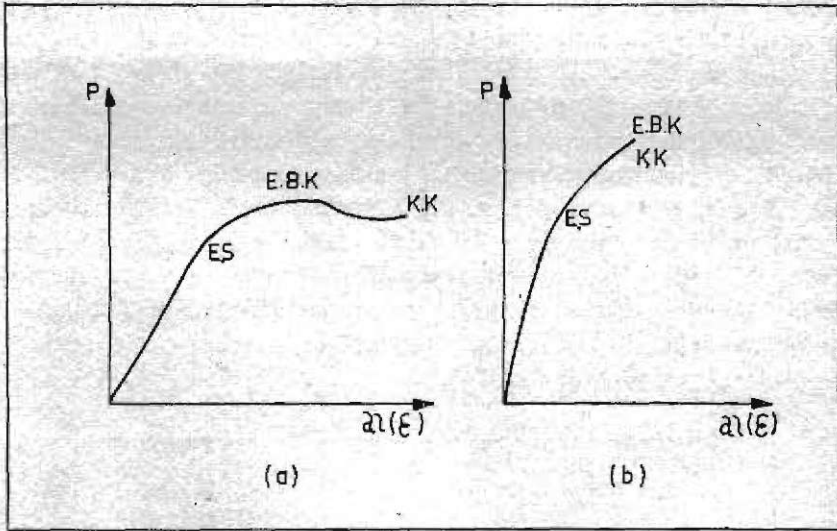
Elastikiyet modülü, dış kuvvetler tarafından etki altında bulundurulmuş bir sistemde; onu, doğal büyüklük ve şeklini koruması için zorlayan ve yük kaldırıldığı anda tekrar orijinal durumuna ulaştırılmasına neden olan bir özelliktir.

Ağaç malzemeye herhangi bir kuvvet uygulandığında, gerilme ve deformasyon arasındaki doğru orantı belirli bir noktaya kadar geçerlidir. Bu noktaya malzemenin elastikiyet sınırı denilmektedir. Şayet bu noktadan sonra kuvvet uygulanmasına devam edilirse, malzemedeki şekil değişmesi kırılmaya neden olmakta ve $\sigma = E \cdot \epsilon$ eşitliği bozulmaktadır. Yani ağaç malzemeye uygulanan kuvvet kaldırıldığında malzeme eski şekline ve hacmine dönememektedir. Bu durumda elastik deformasyon plastik deformasyona dönmüştür. Plastik deformasyondan sonra kuvvet uygulanmasına devam edilirse ağaç malzeme, bir noktada bu kuvvete dayanamıyarak kırılır. Kırılma anında saptanan kuvvete en büyük kuvvet (maksimum yük) denir. Kırılmadan sonra, malzeme uygulanan kuvvete biraz karşı korsa da, bir süre sonra tamamen kırılır. Bu kuvvete de kırılma kuvveti (kırılma yükü) denir. En büyük kuvvet daima kırılma kuvvetinden büyüktür. Fakat bu yükler her zaman söz konusu olmaz. Şöyleki, Şekil 5 a'da görüldüğü gibi yaş bir ağaç malzemeye kuvvet uygulandığında, en büyük kuvvetten sonra kırılma olmaz ve malzeme bir süre daha dayandıktan sonra kırılır. Kuru ağaç malzeme ise en büyük yük, kırılma yükü birbirine eşittir (Şekil 5 b).

Yukarıda belirtilen elastikiyet modülü formülündeki sembollerin eşitliklerini yerine koyacak olursak, bu durum formül aşağıdaki şekli alır:

$$E = \sigma/\epsilon = \frac{N/A}{dl/l_0} = N \cdot l_0 / A \cdot dl$$

Bu formül incelendiğinde, ağaç malzemenin uzunluğuna ve enine kesiti sabit kalmak koşuluyla, uygulanan kuvvet ve oluşan şekil değişmesinin orantılı olduğu ve birinin artması durumunda diğerinin de artacağı görülecektir.



Şekil 5. Liflere paralel basınçta (a) yaş ve (b) kuru ağaç örneklerinde oluşan kuvvet (yük) deformasyon eğrileri (P = kuvvet, de = deformasyon, E.S. = elastikiye sınırı, E.B.K. = en büyük kuvvet ve K.K. = kırılma kuvveti) (Bozkurt, 1966).

Ağaç malzemenin elastikiyet modülü büyüdükçe, malzemenin sertliği artmakta ve elastiklik derecesi azalmaktadır. Yani birim kuvvet altındaki deformasyon daha az olmakta, fakat elastikiyet sınırına daha erken varılmaktadır. Ayrıca elastikiyet modülü ağaç malzemenin esasını oluşturan liflerin yönüne göre değişmekte ve liflere paralel yönde daha büyük, liflere dik yönde ise daha küçük değerler almaktadır.

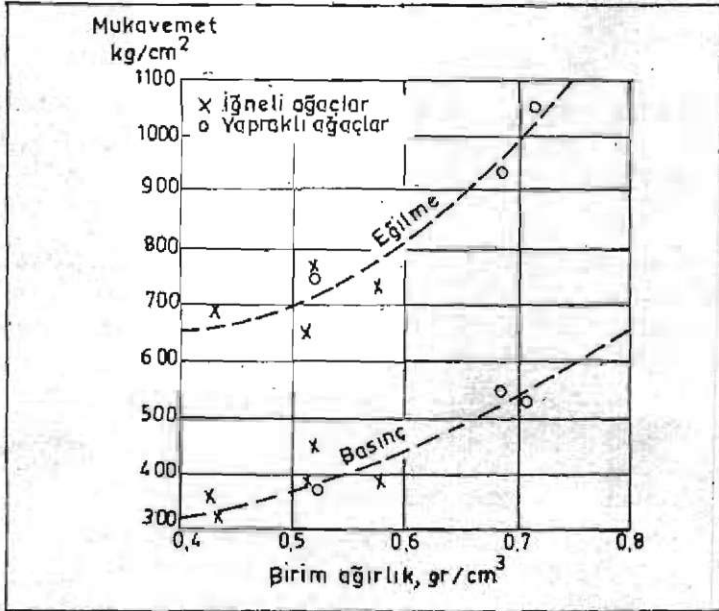
Ağaç Malzemenin Mekanik Özelliklerine Etki Eden Faktörler

Ağaç malzemenin mekanik özelliklerisaptanırken bu özelliklere etki eden faktörlerinde göz önünde bulundurulması gerekir. Aksi drdurumda saptanan mekanik özellikler ve varılan sonuç yanlış kararların alınmasına neden olabilir. Bunun için ağaç malzeme özelliklerinin saptanmasından önce bu malzemenin mekanik özelliklerine etki eden faktörlerin öncelikle bilinmesi gerekmektedir. Ağaç malzemenin mekanik özelliklerine etki deden faktörler; ağaç malzemenin ve kusurlar-ın etkisi, lif doğrultusunun etkisi, su miktarının etkisi, yükleme süresinin etkisi ve sıcaklığın etkisi başlakları altında açıklanacaktır (Kocataşkın, 1966;.

Ağaç Malzemenin ve Kusurlarının Etkisi

Ağaç malzemenin esası olan odun, bitkisel hücrelerden oluşan bir dokudur. Bu dokunun esas unsurları hücre zarım oluşturan selüloz (% 50-60), lignin (%

25-30) ve hemiselüloz (%10-15) denilen maddelerden oluşmaktadır. Kimyasal bileşimleri bakımından birbirine benzeyen bu maddeler, ağaç cinslerine göre farklı oranlarda bulunmakta ve malzemenin özelliklerine önemli derecede etki etmektedirler. Ağacın hücre yapısının farklı oluşu da mekanik özellikleri değiştirmektedir. Yapılan araştırmalara göre, odunu oluşturan lif maddesinin birim ağırlığı 1,54 gr/cm³'tür. Buna karşılık ahşap cinslerinin birim ağırlıkları 0,431-0,720 gr/cm³ arasında değişir. Ağırlıklardaki bu farklar, hücrelerin boyutlarındaki ve hücre ceplerlerinin kalınlıklarındaki farklardan ileri gelmektedir. Birim ağırlık odun içindeki gerçek ahşap lifi miktarının bir ölçüsü olarak kabul edilebilir. Bu görüş altında bir ahşap parçasının mukavemeti (dayanımı), onu oluşturan ahşap liflerinin miktarına bağlı olacağı için mukavemetin birim ağırlıkla orantılı olacağı beklenebilir (Şekil 6).



Şekil 6. Ağaç malzemenin mukavemetinin birim ağırlıkla değişmesi (Kocataşkın, 1966).

Ağaç malzemedeki kusurların miktarı (budak, çatlak ve yarıkların sayısı) ile liflerin eğiklik derecesi de mekanik özellikleri önemli derecede değiştirebilir. Genel olarak kusurlu bir ahşap parçasından çıkarılmış küçük ve kusursuz bir örnek, parçanın bütününe oranla daha yüksek mukavemet gösterir.

Lif Doğrultusunun Etkisi

Ağaç malzeme gerilim şekline göre farklı mekanik özellikler gösterir. liflere dik yönde yapılacak bir basınç kuvvetinin etkisiyle, boru şeklindeki liflerin

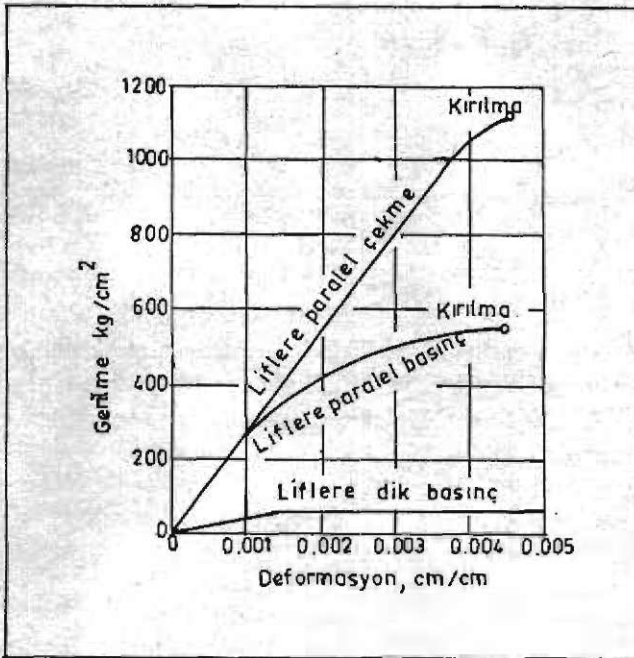
çeperleri ezileceğinden, malzemenin mukavemet değeri çok küçük olacaktır. Kuvvet, liflere paralel ve basınç şeklinde uygulandığında, boru şeklindeki lifler kolon görevini göreceğinden malzemenin mukavemeti yüksek olacaktır. Kuvvetin liflere paralel ve çekme şeklinde oluşu durumunda, lifler çekmeye karşı mukavemet göstereceği gibi lifleri birbirine bağlayan maddeler de çekmeye karşı bir mukavemet gösterecektir. Sonuçta bu şekildeki gerilim altındaki malzemenin mukavemeti daha fazla olacaktır (Şekil 7).

Su Miktarının Etkisi

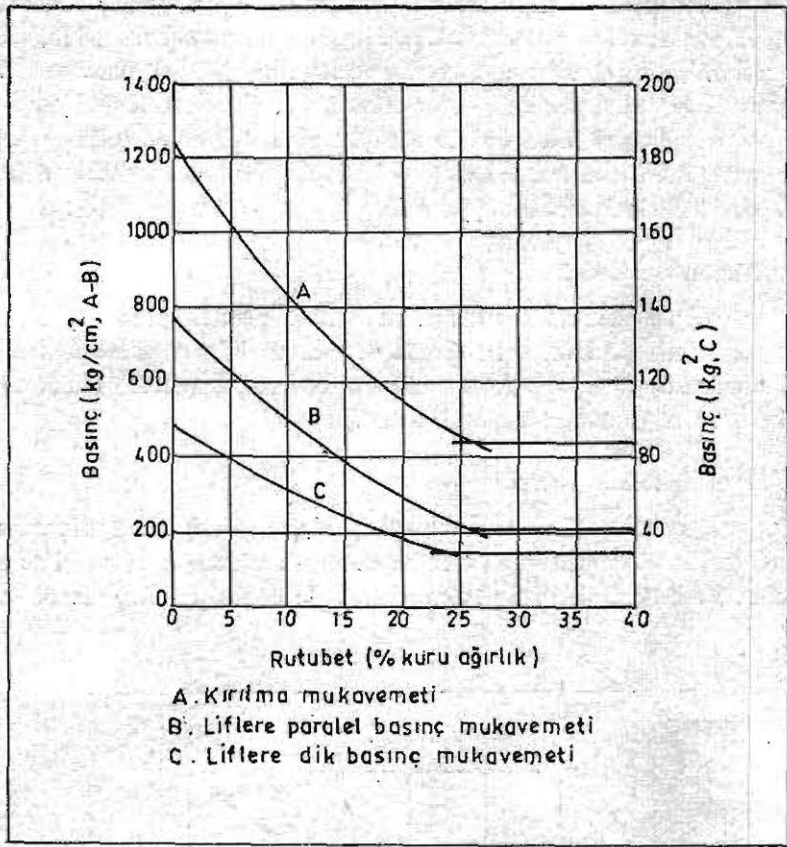
Ağaç malzemedeki su oranı arttıkça basınç, çekme, eğilme ve makaslama mukavemeti azalmakta ve malzemedeki su miktarı lif doyuma noktasına gelince sabit kalmaktadır (Şekil 8). Ağaç malzemenin sademe (darbe) mukavemeti ise su miktarı ile doğru orantılı olarak artmaktadır.

Yükleme Süresinin Etkisi

Ağaç malzemenin eğilme mukavemeti, yüklenme süresiyle ters orantılıdır. Yani belirli bir yükün yüklenme süresi ne kadar az olursa, eğilme mukavemeti de o kadar fazla olur. Şekil değişmesi ise yüklenme süresi ile doğru orantılı olarak artmaktadır.



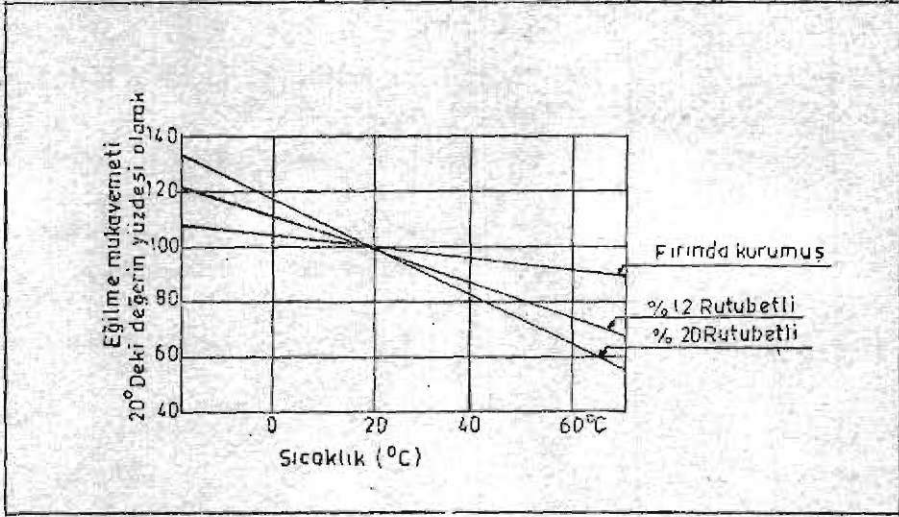
Şekil 7. Yükün karakterine ve liflere göre olan doğrultusuna bağlı olarak ağaç malzemedeki gerilme -deformasyon ilgileri (Kocataşkın, 1966)



Şekil 8. Ağaç malzeme mukavemetinin su miktarı (rutubet) ile değişmesi (Murphy, 1957).

Sıcaklığın Etkisi

Ağaç malzemenin mekanik özelliklerinin tümü, sıcaklık arttıkça azalmakta ve sıcaklık azaldıkça artmaktadır. Yapılan deneyler ağaç malzemenin 65 °C'ı aşan yüksek sıcaklıklara uzun bir süre dayanamadığını ve mukavemetinin kaybolduğunu göstermiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Ağaç malzemenin eğilme mukavemeti üzerine sıcaklığın etkisi (Kocataşkın, 1966).

LİTERATÜR

- Alkan, Z., 1971. Statik ve Mukavemet Ders Notları (teksir), Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü, Erzurum. 325 s.
- Artel, T., 1969. Yapı Malzemesi, Osman Yalçın Matbaası, İstanbul. 496 s.
- Berkel, A., 1957. Kızılçamda teknolojik araştırmalar, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri, A, Cilt 7, Sayı 1: 22-68.
- Bozkurt, Y., 1966. Ağaç malzemenin mekanik özellikleri, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri b, Cilt 14, Sayı: 42-60.
- Kocataşkın, F., 1966. Yapı Malzemesi Olarak Ahşap, İ.T.Ü Kütüphanesi, Sayı 655, İstanbul, 54 s.
- Kocataşkın, F., 1967 Yapı Malzemesi Bilimi (kısım 2), A.1 Kitapevi Matbaası, İstanbul, 117 s.
- Murphy, G., 1957. Properties of Engineering Materials (third edition), International Textbook Company, Scration, 475 pp.
- Özçelik, N., 1965. İnşaat Bilgisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları No. 102, İstanbul, 358.
- Postacıoğlu, B., 1966. Yapı Malzemesi Esasları, İ.T.Ü. Yayınları No. 637, İstanbul, 461 s.

Postacıoğlu, B., 1968 Yapı Malzemesi Deney ve Problemleri, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Ders Notları, No. 536, İstanbul, 87 s.

Türk Standartları Entitüsü, 1962. Haşep Nümune Alma ve Muayene Metodları, (TS 53), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 20 s.