EFFECT OF DIFFERENT WOOD TYPES AND FIBER DIRECTIONS ON DYNAMIC FLEXURAL STRENGTH

FARKLI AĞAÇ TÜRÜ VE LİF YÖNLERİNİN DİNAMİK EĞİLME DİRENCİNE ETKİSİ

Hasan Özgür İmirzi[a], Nihat Döngel[b], Ramazan Bülbül[c], Nurettin Gökbulut[d]
[a] Gazi Üniversitesi , Ankara, Türkiye, E-posta: himirzi@gazi.edu.tr
[b] Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, E-posta: ndongel@gazi.edu.tr
[c] Gazi Üniversitesi , Ankara, Türkiye, E-posta: ramazanbulbul@gazi.edu.tr
[d] Uludağ Üniversitesi , Ankara, Türkiye, E-posta: nurettingokbulut@uludag.edu.tr

Özet

Dinamik eğilme şok direnci (gerilmesi), ağaç malzemenin ani (şok) tesir eden kuvvetlere karşı gösterdiği gerilmelerdir/dirençlerdir. Uygulamada, merdiven, spor aletleri, alet sapları, rüzgar ve su yükleri, taşıt araçlarında kullanılan ahşaplar (deniz, kara ve uçak), inşaatta kullanılan bazı ahşap yapı elemanları, ağaç malzemenin maruz kaldığı örnekler olarak verilebilir. Genellikle kullanım durumlarına göre ağaç malzemeler dinamik şok neticesinde kırılmalara maruz kalmaktadır. Bu çalışmada, ağaç işleri ve mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan ağaç türlerinden; Sarıçam (Pinus sylvestris), Sapsız Meşe (Quercus petraea), Doğu Kayını (Fagus orientalis Lipsky), Kestane (Castanea sativa) ve Dişbudak (Fraxinus excelsior) ağaç malzeme örneklerinin, farklı lif yönlerinde teğet, radyal ve en kesitte yaklaşık 45 derece açılı olarak hazırlanmış deney örneklerinin dinamik eğilme, dinamik şok değerlerinde kJ/m^2 meydana gelen mekanik değişim davranışları incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda, 5 farklı ağaç türü, 3 farklı lif yönünde teğet, radyal ve 45° ve her numuneden tekerrür sayısı 10 adet tekrar olacak şekilde toplamda 150 adet deney örneği TSE standardına uygun olarak hazırlanmıştır. Deney örnekleri 20°C sıcaklık ve %65 bağıl nem ortam şartlarında iki hafta süre ile bekletilmiş ve istenilen rutubet şartlarına getirilerek, ISO 13061-10 standardına göre dinamik şok/impact eğilme test cihazında dinamik eğilme (şok) testlerine tabi tutulmuş ve deney örneklerinin kJ/m^2 değerleri elde edilmiştir. Deney sonuçları değerleri, Ormancılık ve Ağaç işlerinde sıklıkla kullanılan Mstat-c adlı istatistik programında çoklu varyans analizine tabi tutularak istatistiksel anlamda farklılıkları belirlenmiş ve en küçük önemli farklılık testleri için LSD değerleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak, en yüksek dinamik eğilme direnci değeri liflere dik-teğet yönde hazırlanan Meşe ağaç türünde elde edilirken, en düşük dinamik eğilme direnci değeri ise enine kesitte 45 derece açılı olarak hazırlanmış Dişbudak ağaç türü örneklerinde elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Ağaç malzeme, dinamik eğilme direnci, Şok direnci

Abstract

Dynamic bending strength is the stress of the wood material against shock forces. In practice, ladders, sports equipment, tool handles, wind and water loads, wood used in vehicles, some wooden construction elements used in construction can be given as examples of wood material exposure. Generally, wood materials are subject to breakage as a result of dynamic shock, depending on their use. In this study, wood species commonly used in woodworking and furniture industries; Scotch Pine, Oak, Eastern Beech, Chestnut and Ash wood material samples were tangentially, radially and approximately 45 degree angled in different fiber directions. The dynamic bending and dynamic shock values of kJ/m2 mechanical change behavior of the prepared test samples were investigated. For this purpose, a total of 150 test samples were prepared in accordance with the TSE standard, with 5 different wood species, tangential radial and 45

degrees in 3 different fiber directions, and 10 repetitions from each sample. The test samples were kept at 20°C temperature and 65 relative humidity ambient conditions for two weeks and brought to the desired humidity conditions and subjected to dynamic bending (shock) tests in a dynamic shock/impact bending test device according to ISO 13061-10 standard and the test samples were kJ/ m2 values are considered. The values of the test results were subjected to multiple variance analysis in the statistical program called Mstat-c, which is frequently used in Forestry and Woodworking, and statistical differences were determined and LSD values were calculated for the least significant difference tests. As a result, the highest dynamic bending strength value was obtained in Oak tree species prepared in the perpendicular-tangential direction to the fibers, while the lowest dynamic bending resistance value was obtained in Ash tree species prepared at an angle of 45 degrees in cross section.

Keywords: Wood material, dynamic bending strength, Shock resistance

1. Giriş

Tarih boyunca ahşap (ağaç) malzemeyi günlük hayatımızda, alet yapmak, yapı inşa etmek ve günümüzde de mühendislik ürünü ahşap ürünler üretmek için kullanıyoruz. Ahşap malzemeler, sürdürülebilir kaynaklar kullanarak modern üretim yöntemlerine olanak sağlaması sebebi ile önemli ve avantajları olan bir malzemedir. Her ne kadar sıradan görünse de, ahşap malzemeyi benzersiz fiziksel ve mekanik özelliklere sahip son derece karmaşık bir kompozit malzeme olarak değerlendirebiliriz. Ahşaptan tam olarak yararlanabilmek için ahşap malzeme ve bu malzemelerden elde edilecek ürünlerin fiziksel ve mekanik yapısını-özelliklerini anlamak ve buna bağlı olarak da mekanik davranış özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Tokluk, kısa bir zaman aralığında bir kuvvet etkisi ile ahşap malzemenin mukavemetini belirleyen bir mekanik özelliktir ve dinamik eğilme-darbe testi ile belirlenir. Ağaç malzemelerin çeşitli uygulamalarda darbe kuvvetlerine karşı direnç göstermesi beklenir.

Şok şeklindeki dinamik etkilere karşı ağaç malzemenin gösterdiği direnç çoğunlukla 'pandüllü çekiç ' ile denenmektedir. Pandül şeklindeki çekicin ağırlığı ve hareket halinde aldığı yol belirli olduğundan, deney numunesinin ortasına çarpma anında taşıdığı enerji veya iş miktarı da bellidir. Deney örneği, bu çarpma ile kırılması esnasında eğilmek suretiyle bir miktar enerjiyi bünyesine alarak bertaraf eder. Deney örneği tarafından absorbe edilen ve bertaraf edilen bu enerjiye veya iş miktarına 'kinetik enerji' adı verilmektedir. Deney örneği kırıldıktan sonra pandüllü çekiçte bir kısım serbest enerji ve iş miktarı kalmaktadır. Pandüllü çekicin çarpma anında içerdiği genel iş miktarı ile deney örneğinin kırılmasından sonra pandüllü çekicin taşıdığı iş miktarı arasındaki fark deneme örneğinin bünyesine alarak bertaraf ettiği iş miktarıdır ki, bu iş miktarı Kgm/cm^2 olarak ifade edildiği takdirde, dinamik eğilme direncini göstermektedir. Böylece, fiziksel bakımdan bir cismin şok şeklindeki kuvvetlere karşı gösterdiği karşı koyma veya direncin yüksekliği, çarpma anında mevcut enerjiyi bünyesine alma, eğilerek, şekil değiştirmek suretiyle bu enerjinin bir kısmını yok etme, sarf etme kabiliyetine bağlıdır. Ne kadar fazla enerji veya iş absorbe edilirse, o cismin şok şeklindeki kuvvetlere karşı o kadar fazla direnç gösterdiği anlaşılmaktadır. Eğilme kabiliyetinde olan cisimler bu bakımdan gevrek cisimlere nazaran daha üstündür. Kırılma esnasında deney örneği tarafından bertaraf edilen iş miktarı, kırılmadan sonra pandullü çekicin taşıdığı serbest enerji veya iş miktarı dolayısıyla daire üzerindeki yoluna devam ederek yükselme miktarı ile ilgili bulunmaktadır [1].

2. Genel Bilgiler

Kollmann ve Côté bir darbenin neden olduğu gerilimin kısa bir zaman aralığında etki ettiğini tanımlamaktadır. Darbe direnci, bir numune tarafından absorbe edilen enerji olarak ifade edilir [2]. Bodig ve Jayne tokluğu, bir numunenin tamamen bozulmasına neden olmak için gereken enerji olarak ifade eder. Numunenin darbe dayanımı ne kadar büyükse, tokluk değeri de o kadar büyük olur [3]. Literatürde yapılan bir çalışmada, Okaliptüs (E.grandis) odununun dinamik eğilme direncini 0.544 kgm/cm^2, tam kuru yoğunluk değerini 0.482 gr/cm^3 ve dinamik kalite değeri bakımından yapılan değerlendirmede ise "iyi kalite" sınıfı odun grubunda olduğu rapor edilmiştir [4]. Başka bir çalışmada ise, Doğu Akdeniz Yöresinden alınan Okaliptüs (Eucalyptus grandis) ve Kavak (Populus usbekistanica) odunlarında diri odun ve öz odunlarının

dinamik eğilme direnci değerleri araştırılmıştır. Sonuçlara göre, ağaç malzemenin kullanımı sırasında diri ve öz odunlar arasında oluşan farklılıkların dikkate alınmasının önemi vurgulanmıştır [5]. Bu çalışmada, ağaç işleri ve mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan ağaç türlerinden; Sarıçam (Pinus sylvestris), Sapsız Meşe (Quercus petraea), Doğu Kayını (Fagus orientalis Lipsky), Kestane (Castanea sativa) ve Dişbudak (Fraxinus excelsior) ağaç malzeme örneklerinin, farklı lif yönlerinde teğet, radyal ve en kesitte yaklaşık 45 derece açılı olarak hazırlanmış deney örneklerinin dinamik eğilme, dinamik şok değerlerinde kJ/m^2 meydana gelen mekanik değişim davranışları incelenmiştir.

3. Malzeme ve Yöntem

3.1. Ağaç malzeme

Bu çalışmada, ağaç işleri ve mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan ağaç türlerinden; Sarıçam (Pinus sylvestris), Sapsız Meşe (Quercus petraea), Doğu Kayını (Fagus orientalis Lipsky), Kestane (Castanea sativa) ve Dişbudak (Fraxinus excelsior) ağaç malzeme örnekleri kullanılmıştır. Dinamik eğilme direnci deney örnekleri (20×20×300 mm) hazırlandıktan sonra %12 hava kurusu rutubet derecesi için, 20 oC ±2 ve % 65±5 bağıl nem ortamında iklimlendirme odasında bekletilmiştir. Deney örnekleri en kesitte teğet yön (lifler dik) (90°), radyal (en kesitte lifler paralel) (180°) ve yine en kesitte yaklaşık 45° olarak, 5 ağaç türü ve 3 farklı lif yönü ve her numuden 10 tekrar (tekerrür) olacak şekilde toplamda 150 adet deney numunesi hazırlanmıştır.

3.2. Yöntem

Bu çalışmada, deney örneklerinin üretildiği ağaç malzemelerin malzemelerin rutubet, yoğunluk ve dinamik eğilme direnci değerleri tespit edilmiştir. Deney numuneleri, deneylerden önce TS ISO 3129 standartlarına göre 20±2 °C sıcaklık ve % 65±5 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme dolabında değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir [6]. Deneyler Ağaçişleri Endüstri Mühendisliği mekanik test laboratuvarında bulunan 50 joule kapasiteli " Charpy- Darbe Test Cihazı" kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deney örneklerinin rutubet (*r*) kontrolü TS ISO 13061-1 [7], yoğunluklarının belirlenmesinde ise TS ISO 13061-2 [8] standartlarında belirtilen esaslara göre yapılmıştır. Dinamik eğilme (şok) direnci deneyleri, TS ISO 13061-10 esaslarına göre yapılmıştır [9].

Deney örnekleri, pandüllü çekiç ile ortasından kırılmış ve makinadan elde edilen iş miktarı değerleri formülde yerine konularak hesaplanmıştır (Resim 3.1). Dinamik-şok eğilme direnci değerleri Eşitlik 1'e göre belirlenmiştir.

$$A_W = \frac{1000 \times Q}{b \times h} \qquad (1)$$

Burada; A_W: Dinamik eğilme şok direnci (kj/m^2), Q: Deney örneğinin kırıldığı andaki iş miktarı (J), b: örnek genişliği (mm), h: örnek yüksekliği (mm) dir.



Resim 3.1. Deney örneği ve dinamik eğilme şok direnci cihazı

3.3. Verilerin değerlendirilmesi

Ağaç türlerinin dinamik-şok eğilme direnci üzerindeki etkisi deneyler sonucunda elde edilerek, elde edilen verilerin ortalamaları alınmak suretiyle Mstat-c istatistik programında değerlendirilmiştir. Ağaç türleri ve lif yönlerinin farklılıklarının, deney örneklerinin dinamik-şok eğilme direnci performansı üzerindeki etkisi " Varyans Analizi " ile belirlenmiş, farklılıkların $p < 0,05$' e göre istatistiksel anlamda farklı çıkması halinde bu farklılıkların gruplar arasındaki önemi için "En Küçük Önemli Fark" (LSD : Least Significant Difference) testi kullanılmıştır.

4. Bulgular

4.1. Rutubet ve yoğunluk değerleri

Rutubet ve yoğunluk değerleri ağaç malzemelerin bir çok fiziksel, mekanik ve işleme özelliklerini etkilemektedir. Deneye tabi tutulan ağaç türlerinin rutubet ve yoğunluk değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Ağaç malzemelerin rutubet ve yoğunluk değerleri

Ağaç Türleri	Rutubet Değerleri Ort. (%)	Hava Kurusu Yoğunluk (g/cm^3)
Sarıçam	7,96	0,564
Meşe	7,57	0,671
Kestane	8,52	0,615
Dişbudak	7,74	0,563
Doğu Kayını	8,50	0,595

4.2. Dinamik eğilme şok direnci

Ağaç malzemeler için dinamik eğilme şok direnci değerleri ortalamaları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Ağaç malzemelerin dinamik eğilme şok direnci ortalama değerleri

Ağaç Türleri	Liflere Dik (kJ/m^2)	Liflere Paralel (kJ/m^2)	45° açılı (kJ/m^2)

Sarıçam	42,84	30,38	42,91
Meşe	66,12	52,87	50,88
Kestane	44,21	66,37	77,04
Dişbudak	39,16	38,57	37,89
Doğu Kayını	71,11	68,33	46,20

Ağaç türleri ve lif yönünün, dinamik eğilme şok direnci değerleri üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Ağaç türü ve lif yönünün dinamik eğilme şok direnci etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	Hata İhtimali $p < 0.05$
Ağaç Türü	4	17620,765	4405,191	11,3672	0,0000
Lif Yönü	2	81,732	40,866	0,1055	
Ağaç türü*Lif Yönü	8	11675,794	1459,474	3,7660	0,0005
Hata	135	52317,319	387,536		
Toplam	149	81695,610			

Buna göre; ağaç malzeme türlerinin dinamik eğilme şok direnci değerlerine etkisi yüzde 0,05 yanılma olasılığı için istatistiksel anlamda önemli, lif yönü ise kendi içinde istatistiksel anlamda önemsizdir. Diğer yandan ağaç türü ve lif yönü ikili etkileşimi de yüzde 0,05 yanılma olasılığı için istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır. Ağaç türlerinin, dinamik eğilme şok direnci etkilerine ait ortalamaları LSD değeri ve homojenlik grupları 10,04 kJ/m^2 için karşılaştırılması Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Ağaç türünün LSD değerleri ortalamaları

Ağaç Türü	X(kJ/m^2)	HG (Homojenlik Grupları).
Sarıçam	38,71	B
Meşe	56,63	A
Kestane	62,54	A
Dişbudak	38,54	B
Doğu Kayını	61,88	A

Ağaç türü ve lif yönü ikili etkileşiminin, dinamik eğilme şok direnci etkilerine ait ortalamaları LSD değeri ve homojenlik grupları 17,40 kJ/m^2 için karşılaştırılması Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Ağaç türü ve lif yönü ikili etkileşimi LSD değerleri ortalamaları

Ağaç Türleri	Lif Yönleri		
	Liflere Dik (kJ/m^2)	Liflere Paralel (kJ/m^2)	45° açılı (kJ/m^2)

	X	HG	X	HG	X	HG
Sarıçam	42,84	DE	30,38	E	42,91	DE
Meşe	66,12	ABC	52,87	BCD	50,88	CD
Kestane	44,21	DE	66,37	ABC	77,04	A
Dişbudak	39,16	DE	38,57	DE	37,89	DE
Doğu Kayını	71,11	A	68,33	AB	46,20	DE

5. Sonuçlar

Yük uygulama hızının son derece hızlı olduğu dinamik eğilme şok yükleme, malzemenin tokluğunu veya darbe direncini belirlemek için gerçekleştirilir. Bu çalışmada, ağaçişleri ve mobilya endüstrisinde kullanılan bazı ağaç türlerinin rutubet, yoğunluk, ve dinamik eğilme şok direnç değerleri araştırılmıştır. Deney sonuçlarına göre; ağaç türlerinin yoğunlukları yaklaşık 0,55-0,67 gr/cm^3 değerleri arasında elde edilmiş olup, rutubet değerleri ise yaklaşık % 7-8 olarak bulunmuştur. Dinamik eğilme şok direnci ortalama değerleri 5 farklı deney gurubunda yaklaşık 38 ile 62 kJ/m^2 değerleri arasında elde edilmiştir. Ağaç türü ve yıllık halka kesit türü etkileşimine göre en iyi sonuçlar liflere dik yönde yani teğet yönde çarpma etkisine maruz kalan Doğu Kayını örnekleri ile 45 derece açı lif yönüne sahip kestane ağaç türü örneklerinde elde edilirken, dişbudak ağaç malzeme örnekleri üç lif yönünde de en düşük değerleri vermiştir. Bu durum gevrek yapısı durumundan kaynaklanabilir. Diğer yandan literatürde dinamik kalite değerinden bahsedilmektedir. Dinamik kalite değeri direnç/yoğunluk oranı, ağaç malzemenin diğer materyaller ile kıyaslanmasında önemli bir kriter olarak kabul edilmektedir [10]. Dinamik eğilme şok direnci ile yoğunluk arasındaki ilişkinin ortaya konması amacı ile ağaç türlerinin dinamik kalite değerlerine bakıldığında; sarıçamda 68 (kJ/m^2) / (gr/cm^3), meşe ağaç türünde 84 (kJ/m^2) / (gr/cm^3), kestane ağaç türünde 101(kJ/m^2) / (gr/cm^3), dişbudakda 68 (kJ/m^2) / (gr/cm^3) ve Doğu Kayını ağaç türünde 104 (kJ/m^2) / (gr/cm^3) olarak elde edilmiştir. Literatürde ağaç türlerine ait dinamik eğilme şok direnci değerleri Sarıçam için 40 kJ/m^2, Meşe için 60 kJ/m^2, Kestane için 50-59 kJ/m^2, Dişbudak için 68 kJ/m^2 ve Doğu Kayını için ise 45 kJ/m^2 dir. [11]. Bu çalışmada ise dişbudak haricinde diğer ağaç türlerinin dinamik eğilme şok direnci değerleri literatürdeki değerlere yakın sonuçlar vermiştir. Şok direnci genellikle iğne yapraklı ağaç türlerinde teğet yöne göre daha düşük sonuçlar vermiştir. Bu durum literatür ile orantılıdır. Diğer bir çalışmada ise, yıllık halka genişliği ile şok direnci arasında belirli ilişki bulunmadığı tespit edilmiştir. Çok geniş yıllık halkalı iğne yapraklı ağaçlarda yıllık halka genişledikçe şok direncinin azaldığı görülmüştür. Bunun sebebi çok geniş yıllık halkalı iğne yapraklı ağaçlarda özgül ağırlığın azalmasıdır. Halkalı trahelilerde yıllık halka genişlemesi özgül ağırlığı arttırır ve buna bağlı olarak şok direnci değerini artırabilir. Kaide olarak 1 mm'den dar yıllık halkalı dişbudakta odun gevrektir. Dağınık traheli kayın odununda 1 mm'nin altındaki yıllık halka genişliklerinde yüksek şok direnci tespit edilmiştir. Bununla birlikte iğne yapraklı ağaçlarda ince çeperli traheidler, yapraklı ağaçlarda fazla sayıda trahe ve paranşim hücreleri veya ince çeperli libriform lifleri gevrekliğe sebep olurlar [10]. Yapraklı ağaçlarda trahe, traheid ve paranşim hücrelerinin odun yapısındaki iştirak oranının çok yüksek olması ve libriform lifleri çeperlerinin ince oluşunun dinamik eğilme şok direncini düşürücü bir etki yaptığı belirtilmektedir [1].

Kaynaklar

Berkel, A., Ağaç Malzeme Teknolojisi, İstanbul, (1970).

Kollmann, F. F. P.; Côté, W. A. Principles of wood science and technology: solid wood. Berlin: Springer-Verlag, (1968).

Bodig, J.; Jayne, B. A. Mechanics of wood and wood composites. Malabar: Krieger Publishing Company,

(1993).

Bektaş İ., Alma M.H., Bal B.C., Ayata Ü., "Okaliptüs (E.grandis) odununun dinamik eğilme direncinin belirlenmesi ve bazı ağaç türleriyle karşılaştırılması", 1.Ulusal Okaliptüs Semp., Tarsus, 274-280, (2008).

Bektaş, İ., Gültekin, G., Tutuş, A., Kılıç Ak, A., "Odun Türünün Dinamik Eğilme Direnci Üzerine Etkisi" El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi, 5(2); 576-581, (2018).

TS ISO 3129, Odun - Küçük kusursuz odun numunelerinin mekanik ve fiziksel muayenesi için genel gerekler ve numune alma yöntemleri, (2021).

TS ISO 13061-1, Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri - Bölüm 1: Fiziksel ve mekanik deneyler için nem muhtevasının belirlenmesi, (2021).

TS ISO 13061-2, Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri – Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri - Bölüm 2: Fiziksel ve mekanik deneyler için yoğunluğun belirlenmesi, (2021).

TS ISO 13061-10, Odunun fiziksel ve mekanik özellikleri - Kusursuz küçük ahşap numunelerin deney yöntemleri - Bölüm 10: Çarpmaya karşı eğilme mukavemetinin tayini, (2021).

Bozkurt. Y. ve G. Yener, "Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi", İ.Ü. Orman Fakültesi yayınları, No: 3944/436, İstanbul, (1996).

Bozkurt, Y., Erdin, N., Ağaç Teknolojisi, (2011).