

Mobilya Üretiminde Kullanılan Çeşitli Bağlantı Elemanlarının Mekanik Davranış Özellikleri

Hasan EFE, H.Özgür İMİRZİ
Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü
06500 Teknikokullar, ANKARA

Araştırma Makalesi

ÖZET

Mobilya elemanlarının birleştirilmesi için çeşitli bağlantı elemanları geliştirilmiştir. Bağlantı elemanlarının çokluğuna karşın bunların mekanik özellikleri hakkındaki sayısal veriler sınırlıdır. Bu çalışmada mobilya endüstrisinde sık kullanılan masif ve kompozit ağaç malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri ile T-tipi birleştirmelerin performans özellikleri araştırılmıştır. Denemelerde masif ağaç malzemelerden, sarıçam (*Pinus sylvestris Lipsky*) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis Lipsky*), kompozit ağaç malzemelerden ise, yongalevha, kaplamalı yongalevha, yönlendirilmiş yongalevha (OSB), kalıplanmış yongalevha (werzalit), sentetik reçinelerle kaplanmış yongalevha (suntalam), orta yoğunlukta lif levha (MDF) ve okume (*Aucoumea klaineana*) kontrplak kullanılmıştır. Mekanik bağlantı elemanlarından, eksantrik bağlantı elemanı (blum), trapez, minifix, yıldız ve alyan başlı vidalar ve ağaç kavela kullanılarak birleştirme örnekleri hazırlanmıştır. Denemelerde her bir birleştirme tekniği için bir bağlantı elemanı kullanılmıştır. Deneysel ASTM-D 1037 standardında belirtilen esaslara göre statik yük altında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma mobilya tasarımcıları ve üreticileri için mobilya mukavemeti hakkında teknik bilgiler içermektedir.

Anahtar Kelimeler : Ağaç malzeme, odun esaslı kompozit malzeme, fiziksel ve mekanik özellikler, mekanik bağlantı elemanları.

Mechanical Behaviour Properties of Various Fasteners Used in Furniture Production

ABSTRACT

Some fasteners were developed to join the furniture members. Although these fasteners are a lot, numerical data of these elements is so limited. In this study, physical and mechanical properties of solid wood and wood based materials (composite) and performance properties of T-type joints were investigated. Scotch pine (*Pinus sylvestris Lipsky*) and beech (*Fagus orientalis Lipsky*) were used as solid wood, particleboard, veneered particleboard, oriented strand board (OSB), werzalit, impregnated paper veneered particleboard (chipboard), medium density of fiber board (MDF) and okoume (*Aucoumea klaineana*) plywood were used as wood composites in the tests. Test specimens for joints were prepared by utilizing cam fitting (blum), trapezium, minifix, metal screws as mechanic fasteners and dowel as wood fastener. One fastener was used for each joint technique for the specimens. Tests were performed under static loads according to ASTM-D 1037 standard. This study has included technical information about furniture strength for furniture designers and manufacturers.

Key Words : Solid wood material, wood based composite material, physical and mechanical properties and mechanic fasteners.

1. GİRİŞ

Ağaç malzeme ve odun esaslı malzemeler, mobilya olgusunun, dolayısı ile mobilya konstrüksiyon tasarımının önemli bir bileşenini oluşturmaktadır. Mobilya ürününün oluşumunda yer alan malzemelerin, fiziksel ve mekanik etkilere karşı davranış biçimlerinin önceden bilinmesi, tasarımcı, üretici ve kullanıcılara teknik, estetik ve ekonomik yararlar sağlamaktadır. Gerek tasarım gerekse buna dayalı bilimsel çalışmalarda; malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri ile birleştirmelerinin dirençlerine ait veriler kullanılmaktadır (1).

İstatistiksel olarak demonte mobilya pazarının her yıl %10 büyümekte olduğu belirtilerek, yakın gelecekte panel halinde üretilmiş demonte (montaja hazır)

mobilyaların üretim, montaj, sevkiyat kolaylıkları nedeniyle özellikle seri üretim yapan firmalarda daha fazla tercih edileceği vurgulanmıştır. Dünya pazarında Asya ve Pasifik ülkelerinin %25'inin, Kuzey Amerika ülkelerinde %24'ünün ve geriye kalan ülkelerin ise %5'inin bağlantı elemanlarını kullandığı, Avrupa ülkelerinde ise bu oranın %46 olduğu açıklanmıştır (2).

Efe (1992), soket vida tutma mukavemeti üzerinde, soket vida boyunun doğru, çapının ters orantılı etkisi olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, ön delik çapı ve vida dış adımı ile dış yüksekliği soket vida tutma mukavemeti üzerinde etkili olmuştur (3).

Efe ve İmirzi (2001), Doğu kayını, sarıçam ve meşe odunlarından hazırlanan çerçeve konstrüksiyonlu

mobilya T-tipi birleştirmelerde, Doğu kayınının en başarılı malzeme olduğunu, demonte birleştirmelerin tutkallı birleştirmelere üstünlük sağladığını bildirmişlerdir (4).

Efe, (1992), ahşap levha türlerinin soket-vida tutma direncine yoğunluğunun, soket-vida bakımından ise vida uygulama boyu, diş sayısı, diş yüksekliğinin doğru, diş adımı aralığının ise ters orantılı etkisi olduğunu belirtmiştir (5).

Özen ve Efe (1993), çam, kayın ve meşe odunlarında farklı soket vidalarla yapılan birleştirmelerin direnci üzerinde, soket – vida boyunun doğru, çapının ters orantılı etkiye sahip olduğunu, ayrıca öndelik çapı ve vida diş adımı ile diş yüksekliğinin de soket vida tutma direnci üzerinde etkili olduğunu bildirmişlerdir (6).

Efe ve diğerleri (2003), Doğu kayını, sarıçam ve meşe odunlarından elde edilen T-tipi iki vidalı birleştirmelerde, eğilme momentinin (M); tek vidanın çekme kuvveti (F) ile iç moment kolunun (d) çarpımı ile tahmin edilebileceğini bildirmişlerdir (7).

Güntekin (2003), montaja hazır mobilya birleştirmelerinin performans özelliklerini araştırmıştır. 18mm kalınlığındaki MDF ve yongalevhalarından mekanik bağlantı elemanları ve kavala kullanılarak köşe birleştirme örnekleri hazırlanmış, her bir köşe birleştirme için bir bağlantı elemanı kullanılmıştır. Araştırma sonucunda mekanik bağlantı elemanları ile yapılan birleştirmelerin kavala ile yapılan birleştirmelere göre daha az dirençli ve daha esnek olduklarını ve malzeme ve bağlantı elemanı tipinin esneklik ve direnci etkilediğini bildirmiştir (8).

Erdil ve Eckelman (2001), kavelanın kontrplak ve yönlendirilmiş yonga levha (OSB) ile tutma mukavemeti hakkında gerekli temel verileri sağlamaya çalışmışlardır. Test sonuçlarını sayısal formüller haline getirerek ürün tasarımcılarının kavala tutma mukavemetini kavala çapı, derinliği ve kompozitin yoğunluğunun fonksiyonu olarak tahmin etmelerini amaçlamışlardır (9).

Eren (1999), kutu mobilyalarda kullanılan eşitli birleştirme teknikleri ve bağlantı elemanlarının performansını denemiştir. Deney sonuçlarına göre; köşe birleştirmelerdeki kırılma mukavemetinin hem levha yüzeyine dik çekme, hem de eğilme direnci özelliklerinde yaklaşık karekök oranında artış göstermiştir. Vida ile tutkal kullanımının çekme direncini, hem MDF hem de yongalevhada artırdığını belirtmiştir (10).

Smardzweski ve Prekrad (2002), metal konstrüksiyonlu trapez bağlantılı demonte birleştirmelerin direnç özelliklerini araştırmışlardır. Çalışmaları sonucunda bu tip birleştirmelerin avantajlarını ortaya koymuşlardır (11).

Akkılıç (2002), farklı yüzey malzemeleri ile kaplanan yongalevhaların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin kullanılan yüzey kaplamasına göre nasıl

bir etkilenme gösterdiğini tespit etmiş, yüzey malzemeleriyle kaplanan yongalevhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin yüzey kaplama malzemesine bağlı olarak iyileştğini bildirmiştir (12).

Göker ve diğerleri (2002), ülkemizde orta yoğunlukta lif levha (MDF) üretimi yapan firmaların ürettiği genel amaçlı MDF'lerin teknolojik özelliklerini tespit ederek, standardın öngördüğü değerlerle karşılaştırmak suretiyle levhaların kalitelerini ortaya koymuş ve daha kaliteli üretim için öneriler sunmuşlardır (13).

Akbulut ve diğerleri (2002), endüstriyel bazı OSB ve kontrplak levhalarının fiziksel ve mekanik özelliklerini tespit etmişler, OSB levhaların kontrplak yerine kullanılma durumunu belirlemeye çalışmışlardır. OSB levhalarının direnç değerleri kontrplaklardan düşük çıkmasına rağmen, ambalaj sandığı, döşeme, döşeme altı, çatı kaplama ve duvar bölmesi gibi kullanım alanlarında yapısal kontrplak yerine kullanılabilirliğini bildirmişlerdir (14).

Mobilya üniteleri çok amaçlı kullanıldıkları için; kullanımı sırasında etkisinde kalacakları yüklerin büyüklükleri ve nitelikleri çok değişken yapıdadır. Bunlar, bazı durumlarda çok hafif yüklerin etkisinde kalırken, bazı durumlarda ise; çok aşırı yüklerin de etkisinde kalabilirler. Mobilyaların yük altındaki kararlılığı ve mukavemeti; elemanların birleştirme tekniklerine, üretilmiş oldukları malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerine bağlıdır.

Sonuç olarak; hangi malzemenin nerede kullanılacağı ve hangi bağlantı tekniğinin hangi malzeme üzerinde uygulanacağı, bu teknolojik araştırmadan elde edilecek sayısal verilerle, daha güvenli olarak belirlenebilecektir. Mobilya gibi bir ürünün oluşumunda yer alan malzemelerin, fiziksel ve mekanik etkilere karşı davranış biçimlerinin önceden bilinmesi, tasarımcı, üretici ve kullanıcılara teknik, estetik ve ekonomik yararlar sağlayacaktır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Ağaç malzemeler

Deneylerde masif ağaç malzeme olarak, ülkemizde yayılış alanlarının genişliği ve mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanımları göz önüne alınarak I. sınıf Doğu kayını ve sarıçam odunları kullanılmıştır. Kompozit ağaç malzeme olarak ise, 18mm kalınlığında, yongalevha, kaplamalı yongalevha, yönlendirilmiş yonga levha (OSB), kalıplanmış yongalevha (werzalit), sentetik reçinelerle kaplanmış yonga levha (suntalam), orta yoğunlukta liflevha (MDF) ve okume kontrplak kullanılmıştır.

2.2. Tutkal

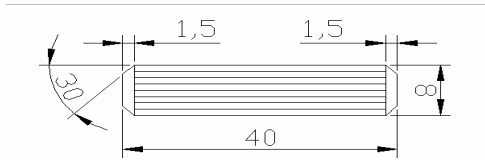
Soğuk olarak kullanılması, kolay sürülmesi, çabuk sertleşmesi, kokusuz ve yanmaz olması gibi özellikleri nedeniyle polivinilasetat (PVAc) tutkalı kullanılmıştır. Tutkal birleştirme yerlerine, kavelalara ve kavala deliklerine ortalama 150 ± 10 gr/m² hesabıyla sürül-

müştür. Kullanılan tutkalın özellikleri üretici firma tarafından yoğunluk $1,1 \text{ g/cm}^3$, viskozitesi 160-200 cP, Ph = 5,00, kül miktarı % 3 olarak verilmiştir (15).

2.3. Bağlantı Elemanları

2.3.1. Kavela

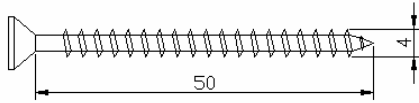
Kavela uygulamada düz ya da yivli gövdeli, değişik çap ve boylarda kullanılabilir. Deneylerde 8mm çapında, 40mm boyunda, yivli gövdeli TS 4539(16)'da belirtilen özelliklerde kayın odunundan hazırlanan kavelalar kullanılmıştır (Şekil 1).



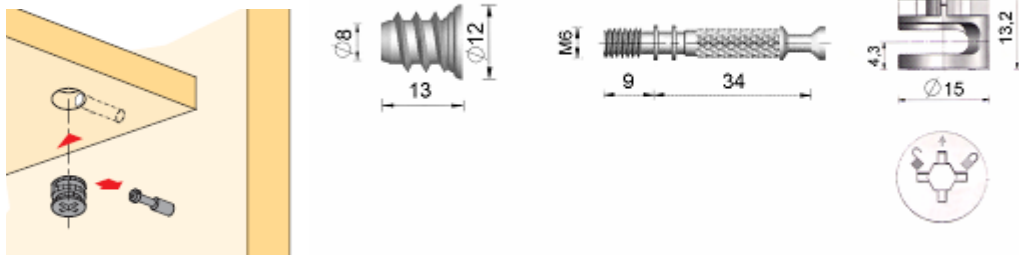
Şekil 1. Deneylerde kullanılan kavela örneği (ölçüler mm).

2.3.2. Vida

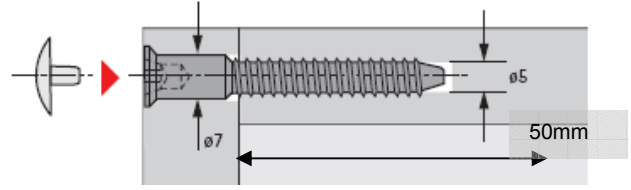
Deneylerde özellikle odun kompoziti levhalardan üretilen mobilya birleştirmelerinde bağlantı elemanı olarak kullanılan, TS 61 (17) standartlarına uygun 4mm çapında ve 50mm boyunda yıldız başlı vidalar (Şekil 2) ile 6mm çapında ve 50 mm boyundaki alyan başlı vidalar kullanılmıştır (Şekil 3).



Şekil 2. Deneylerde kullanılan 4x50 boyutlarındaki yıldız başlı vida (ölçüler mm).



Şekil 3. Minifix tipi bağlantı elemanı (ölçüler mm) (19).



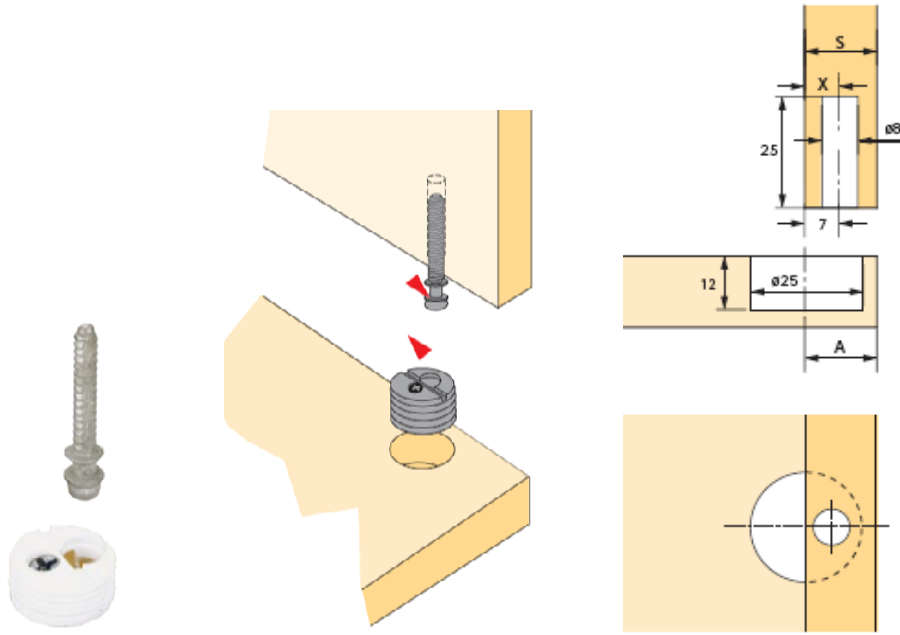
Şekil 2. Deneylerde kullanılan 6x50 boyutlarındaki alyan başlı vida (ölçüler mm).

2.3.3. Silindirik-eksantrik bağlantı elemanı (minifix)

Merkezden kaçırılmış noktaların meydana getirdiği kavisli bir çizgiden oluşan silindirik bir elemanın bir ucu vidalı diğer ucu özel form veya şekilli bir başka elemanı sıkması esasına göre çalışan galvanizli metal yada çeşitli alaşımlardan yapılan bağlantı gereçleridir (1). Deneylerde kullanılan minifix'e ait bir örnek Şekil 3'de verilmiştir.

2.3.4. Eksantrik bağlantı elemanı (blum)

Eksantrik kafa plastik bir kalıp içerisine gizlendirilmiş olup plastik kalıbın etrafına da yatay yönde belirli aralıklarla kanallar açılmış, böylece çizgiyi andıran plastik fazlalıklar oluşturulmuştur. Açılacak yuvanın çap büyüklüğüne bu fazlalıklar dahil edilmeden yuva içerisine sıkıştırılması amaçlanmıştır. Eksantrik bağlantı elemanının diğer bir parçası olan dişli mil için ise bağlantısı yapılacak olan öteki iş parçasına milin dişli çapından daha küçük ve mil boyuna uygun bir delik delinir. İş parçaları bir araya getirilip klasik bir tornavida ile bağlantı yapılır (Şekil 4) (18).

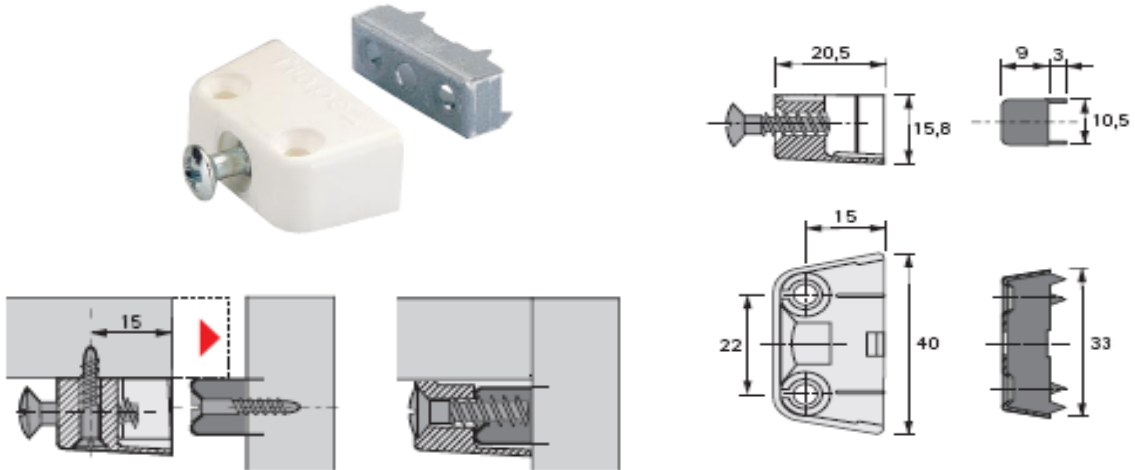


Şekil 4. Eksantrik bağlantı elemanı (blum) (ölçüler mm) (19).

2.3.5. Trapez bağlantı elemanı

Trapez tipi bağlantı elemanları komple metal veya çelik/plastikten üretilebilen daha çok kutu tipi büyük hacimli demonte mobilyaların bağlantısında uygulanan mobilya birleştirme gereçleridir (Şekil 5). Deneylerde çelik/plastik den üretilen trapez bağlantı elemanları kullanılmıştır

çalışmada da birleştirmelerin performans deneylerinden önce, kullanılan malzemelerinin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri ASTM-D 1037'de (21) belirtilen esaslara göre belirlenmiştir. Bu özellikler; yoğunluk, rutubet oranı, liflere veya yüzeye paralel çekme direnci, levha yüzeyine dik çekme direnci, eğilme direnci ve elastikiyet modülüdür.



Şekil 5. Trapez bağlantı elemanı (ölçüler mm) (19).

2.4. Deneylerde Kullanılan Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Mobilya mühendislik tasarımında ilk adım, üretimde kullanılacak malzemelerin, gerekli fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesidir. Buna göre bu

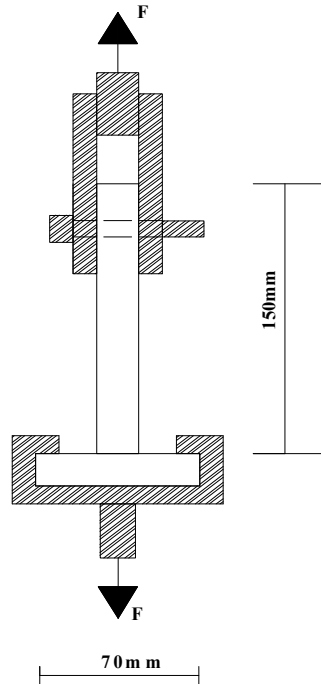
2.5. Deneylerin Yapılışı

Deney örnekleri, deneylerden önce TS 2470 (20) ve ASTM-D 1037 (21) standartlarına göre 20 ± 2 °C sıcaklık ve % 65 ± 5 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme dolabında değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletil-

miştir. Tüm deneyler 5 ton kapasiteli ‘Üniversal Test Cihazı’ kullanılarak, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi mekanik test laboratuvarında yapılmıştır. Tüm deneylerde yükleme hızı 2mm/dak. Olarak sabit tutulmuş ve deformasyon anındaki kuvvetler N cinsinden kaydedilmiştir.

2.5.1. T-Tipi Birleştirmelerin Kavela Çekme Performansı

T-tipi birleştirmelerde kullanılan 8 mm çapındaki yivli gövdeli kayın kavelalar, malzemelere yüzeyden 13 mm etkili boyu (girme derinliği) olacak şekilde tutkallanarak preslenmiştir. Tutkal hem kavela deliklerine hem de kavelalara sürülmüştür. Arakesit yüzeylerine tutkal sürülmemiş, yüzeylere bulaşan tutkaldan dolayı bir yapışma olmaması amacıyla araya yağlı kağıt koyulmuştur. 70x70x18 mm ölçülerinde, hazırlanan örnekler statik yük altında test edilmiştir (9). Kavela çekme ve diğer birleştirme deneylerinin kolay yapılabilmesi amacıyla 150x70x18 mm ölçülerinde yük uygulama takozları kullanılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. T-tipi birleştirmelerde genel görünüm ve yükleme biçimi

2.5.2. T-Tipi Birleştirmelerin Vida Çekme Performansı

Birleştirmelerde 4 mm çap ve 50 mm uzunluğunda yıldız başlı, 6mm çap ve 50 mm uzunluğunda alyan başlı vidalar kullanılmıştır. Vidaların uygulana-

cağı yerlere önceden 3 mm ve 5mm çapında ve 32 mm derinliğinde ön delikler açılmıştır. Literatürde verilen bilgiye göre; ağaç vidası, uygulanan yükten daha büyük bir çekme direncine dayanabilecek kesite sahip olmalıdır. Zorlamalar karşısındaki tahribat vidadan çok ağaç malzemede oluşmalıdır. Genel olarak yivli kısım için ön delik çapı yumuşak odunlarda vida kök çapının %70’i sert odunlarda ise vida kök çapının %90’ı olmalıdır (22). Daha sonra vidalar, malzemelerin içerisine kenar kısımlardan olmak üzere 32 mm derinliğinde vidalanmışlardır.

2.5.3. Minifiks Tipi Birleştirmelerde Vida(Dübel) Çekme Performansı

Birleştirmelerde 10 mm çap ve 13 mm uzunluğunda minifiks dübeli kullanılmıştır. Dübelin uygulanacağı yerlere önceden 8.5 mm çapında ve 13 mm derinliğinde ön delikler açılmıştır. Daha sonra dübeller, malzemelerin içerisine kenar kısımlardan olmak üzere 13 mm derinliğinde vidalanmışlardır.

2.5.4. Eksantrik Bağlantı (Blum) Tipi Birleştirmelerde Vida Çekme Performansı

Birleştirmelerde 5 mm çap ve 25 mm uzunluğunda vida kullanılmıştır. Vidanın uygulanacağı yerlere önceden 4 mm çapında ve 25 mm derinliğinde ön delikler açılmıştır. Daha sonra vida, malzemelerin içerisine kenar kısımlardan olmak üzere 25 mm derinliğinde vidalanmıştır.

2.5.5. Trapez Tipi Birleştirmelerde Vida Çekme Performansı

Birleştirme yüzeylerinde 3 mm çap ve 25 mm uzunluğunda 2’şer adet vida kullanılmıştır.

2.6. Verilerin Değerlendirmesi

T-tipi birleştirmelerde bağlantı elemanının çekme performansı üzerindeki etkisi varyans analizi ile belirlenmiştir. Farklılıkların anlamlı çıkması halinde, bu farklılıkların değişim kaynakları arasındaki önemi için en küçük önemli fark (LSD: Least Significant Difference) testi uygulanmıştır.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Deneylerde Kullanılan Ağaç ve Odun Esaslı Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Bu çalışmada kullanılan malzemelerin deneyler ile belirlenen bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir

Çizelge 1. Kullanılan malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri

Malzeme	Yoğunluk (gr/cm ³)	Rutubet (%)	Liflere veya yüzeye paralel Çekme direnci (N/mm ²)	Levha yüzeyine dik çekme direnci (N/mm ²)	Eğilme Direnci (N/mm ²)	Elastikiyet Modülü (N/mm ²)
Doğu kayını	0,65	8,24	86,23	-	131,37	13592,2
Sarıçam	0,37	8,7	65,74	-	80,24	9416,56
Okume kontrplak	0,56	8,7	42,17	0,93	55,85	6631,44
MDF	0,69	6,3	8,70	0,41	28,62	2780,20
OSB	0,62	6,9	8,25	0,32	20,15	2414,26
Suntalam	0,63	6,8	6,71	0,28	14,11	2566,88
Kaplamalı yonga levha	0,69	7,8	7,50	0,36	26,34	3005,20
Yonga levha	0,58	7,2	5,75	0,36	11,58	2022,57
Werzalit	0,73	7,7	7,65	0,86	28,42	3995,04

3.2. T-tipi Birleştirmelerin Çekme Performansı

Masif ağaç ve odun esash malzemelerden hazırlanmış T-tipi birleştirmelere uygulanan çekme deneyleri sonucunda elde edilen ortalama kuvvet değerleri ve varyasyon katsayıları (v) Çizelge 3.2' de verilmiştir.

Birleştirme çeşidi ve malzeme türünün, T-tipi birleştirmelere uygulanan çekme deneyleri sonucunda elde edilen ortalama kuvvet taşıma performansına etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 2. Çekme deneyleri sonucunda elde edilen kuvvet taşıma değerleri (N)

Malzeme	Bağlantı Elemanı	N (Örnek Sayısı)	Fmax (N)	V (%)
Doğu kayını	Kavela	10	2338	15,06
	Yıldız Vida	10	2855	16,29
	Alyan Vida	10	2456	13,05
	Minifiks	10	2456	15,30
	Blum	10	767	10,21
	Trapez	10	2134	10,37
Sarıçam	Kavela	10	1643	21,02
	Yıldız Vida	10	873	9,98
	Alyan Vida	10	1055	17,38
	Minifiks	10	1189	13,96
	Blum	10	632	16,61
	Trapez	10	740	20,40
Okume kontrplak	Kavela	10	2329	5,96
	Yıldız Vida	10	1623	10,38
	Alyan Vida	10	2079	13,77
	Minifiks	10	1696	13,53
	Blum	10	748	10,54
	Trapez	10	1373	14,74
MDF	Kavela	10	1497	10,70
	Yıldız Vida	10	1406	10,04
	Alyan Vida	10	1297	10,92
	Minifiks	10	1126	7,01
	Blum	10	781	12,25
	Trapez	10	1179	24,26
OSB	Kavela	10	1461	20,63
	Yıldız Vida	10	1290	8,51
	Alyan Vida	10	1482	14,73
	Minifiks	10	1065	19,35
	Blum	10	678	16,13
	Trapez	10	975	23,16

Suntalam	Kavela	10	1065	12,87
	Yıldız Vida	10	1345	9,07
	Alyan Vida	10	1246	6,98
	Minifiks	10	963	14,88
	Blum	10	512	14,69
	Trapez	10	759	24,11
Kaplama yonga levha	Kavela	10	1218	11,01
	Yıldız Vida	10	719	9,70
	Alyan Vida	10	731	14,82
	Minifiks	10	696	17,18
	Blum	10	561	16,92
	Trapez	10	1041	9,33
Yonga levha	Kavela	10	1077	17,03
	Yıldız Vida	10	890	5,94
	Alyan Vida	10	802	11,11
	Minifiks	10	699	10,97
	Blum	10	549	16,76
	Trapez	10	707	20,30
Werzalit	Kavela	10	1986	14,04
	Yıldız Vida	10	1982	12,35
	Alyan Vida	10	2399	11,72
	Minifiks	10	1758	10,23
	Blum	10	645	13,10
	Trapez	10	1422	14,33

Çizelge 3. Birleştirme çeşidi ve malzeme türünün çekme direnci değerleri üzerindeki etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali p< 0.05
Malzeme Türü	8	102311979,674	12788997,459	335,1901	0,0000
Birleştirme Çeşidi	5	55248381,701	11049676,340	289,6038	0,0000
Malzeme Türü-Birleştirme Çeşidi	40	29323340,340	733083,508	19,2136	0,0000
Hata	486	18543066,764	38154,458		
Toplam	539	205426768,479			

Çizelge 4. Malzeme türüne göre kuvvet taşıma değeri ortalamalarının karşılaştırma sonuçları

Malzeme Türü	Kuvvet (N)	
	(X)	HG
Doğu Kayını	2168	A
Werzalit	1699	B
Okume Kontrplak	1642	B
MDF	1214	C
OSB	1159	C
Sarıçam	1022	D
Suntalam	982	D
Kaplama yonga Levha	828	E
Yonga Levha	787	E

LSD ± 70,05 N

HG : Homojenlik grubu

Malzeme türü ve birleştirme çeşidinin çekme direnci değerleri üzerindeki etkileri 0,05 yanılma olasılığı için önemli bulunmuştur. Yapılan ikili etkileşimlerden malzeme türü-birleştirme çeşidi etkileşimleri 0,05 hata payı ile önemli çıkmıştır.

Malzeme türü ve birleştirme çeşidi dikkate alınarak malzeme türünün, birleştirmelerin kuvvet taşıma değerlerine etkilerine ait ortalamaların LSD değeri 70,05N için karşılaştırılması Çizelge 4'de verilmiştir.

Yapılan karşılaştırmalar sonucunda, kullanılan malzemeler arasında başarı sıralaması; Doğu kayını, werzalit ve okume kontrplak, MDF ve OSB, sarıçam ve suntalam, kaplama yongalevha ve yongalevha şeklinde çıkmıştır. Birleştirme çeşidinin kuvvet taşıma performansı üzerindeki etkilerine ilişkin ortalamaların LSD değeri 57,20N için karşılaştırılması Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. Birleştirme çeşidine göre kuvvet taşıma değeri ortalamalarının karşılaştırma sonuçları

Birleştirme Çeşidi	Kuvvet (N)	
	(X)	HG
Kavela	1624	A
Vidalı (alyan)	1505	B
Vidalı (yıldız)	1443	C
Minifiks	1295	D
Trapez	1148	E
Blum	653	F

LSD \pm 57,20 N

HG : Homojenlik grubu

Deneylerde kavelalı birleştirmeler başarılı bulunmuştur. Bunu sırasıyla; alyan vidalı, yıldız vidalı, minifiksli, trapez ve blum bağlantılı birleştirmeler izlemiştir. Birleştirme çeşidi ve malzeme türü ikili karşılaştırma sonuçları LSD değeri 171,6N için Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Malzeme türü-Birleştirme çeşidi ikili etkileşimi ortalama sonuçlarının karşılaştırılması

Malzeme Türü-Birleştirme Çeşidi	Kuvvet (N)	
	(X)	HG
Doğu kayını-yıldız vida	2855	A
Doğu kayını-alyan vida	2456	B
Doğu kayını-minifix	2456	B
Doğu kayını-kavela	2338	B
Werzalit-alyan vida	2399	B
Kontrplak-kavela	2329	B
Doğu kayını-trapez	2134	C
Kontrplak-alyan vida	2079	C
Werzalit-kavela	1986	C
Werzalit-yıldız vida	1982	C
Werzalit-minifix	1758	D
Kontrplak-minifix	1696	D
Sarıçam-kavelalı	1643	DE
Kontrplak-yıldız vida	1623	DEF
MDF-kavela	1497	EFG
OSB-alyan vida	1482	EFG
OSB-kavelalı	1461	FGH
Werzalit-trapez	1422	GH
MDF-yıldız vida	1406	GHI
Kontrplak-trapez	1373	GHIJ
Suntalam-yıldız vida	1345	GHIJK
MDF-alyan vida	1297	HIJKL
OSB-yıldız vida	1290	HIJKL
Suntalam-alyan vida	1246	IJKLM
K.Yongalevha-kavelalı	1218	JKLMN
Sarıçam-minifix	1189	KLMNO
MDF-trapez	1179	KLMNO
MDF-minifix	1126	LMNOP
Yongalevha-kavela	1077	MNOP
Suntalam-kavela	1065	NOP
OSB-minifix	1065	NOP
Sarıçam-alyan vida	1055	NOPQ
K.Yongalevha-trapez	1041	OPQR
OSB-trapez	975	PQR
Suntalam-minifix	963	QRST
Yongalevha-yıldız vida	890	QRST
Sarıçam-yıldız vida	873	RSTU
Yongalevha-alyan vida	802	STUV
MDF-blum	781	TUV
Doğu kayını-blum	767	TUV
Suntalam-trapez	759	TUV

Kontrplak-blum	748	TUV
Sarıçam-trapez	740	TUV
K.Yongalevha-alyan vida	731	TUVW
K.Yongalevha-yıldız vida	719	TUVWX
Yongalevha-trapez	707	UVWX
Yongalevha-minifix	699	VWX
K.Yongalevha-minifix	696	VWX
OSB-blum	678	VWXY
Werzalit-blum	645	VWXY
Sarıçam-blum	632	VWXY
K.Yongalevha-blum	561	WXY
Yongalevha-blum	549	XY
Suntalam-blum	512	Y

LSD \pm 171,6 N

Birleştirme çeşidi-malzeme çeşidi etkileşimi sonucunda en yüksek kuvvet taşıma değerlerini, sırasıyla vidalı birleştirilmiş Doğu kayını, okume kontrplak ve werzalit malzeme deney örnekleri, en zayıf kuvvet taşıma değerlerini bloom birleştirmeli yongalevha ve suntalam malzeme örnekleri vermiştir.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmanın esas amacı mobilya birleştirmelerinin çekme deneyleri sonucunda elde edilen kuvvet taşıma performansı özelliklerinin araştırılmasıdır. 2 farklı ağaç malzeme, 7 farklı odun esaslı malzeme türünden toplam 9 farklı malzeme ve 6 farklı birleştirme çeşidi ile oluşturulan deney örnekleri eksenel çekme kuvveti deneylerinde grupları itibari ile farklı mekanik davranış özellikleri göstermiştir. Çalışma sonucunda, deney örneklerinin kuvvet taşıma performansı açısından en uygun ağaç türü belirlenmiş olup birleştirmelerle etkileşimleri incelenmiştir.

Kullanılan ağaç malzemelerin ortalama rutubeti %8 iken bu rakam odun esaslı malzemelerde ortalama %6-7'dir. Yani kullanılan odun esaslı malzemeler istenilen denge rutubetinden daha düşük bir rutubete ulaşmıştır. Bunun sebebi kullanılan tutkal ve bu malzemelerin üretim sırasında maruz kaldığı yüksek sıcaklık olabilir (8).

Yoğunluk; ağaç ve odun esaslı malzemelerin birçok fiziksel, mekanik ve işleme özelliklerini etkilemektedir. Uygulamada genel olarak, yoğunluğu düşük ancak direnç özellikleri yüksek olan malzemeler tercih edilmektedir. Denemeye tabi tutulan malzemelerin birim hacim ağırlıkları 0,37-0,73g/cm³ aralıklarındadır. Bu değerler standartların öngördüğü değerlere uyum sağlamaktadır. Örneğin MDF'nin özgül ağırlığı 0,69gr/cm³ iken yongalevha'da bu değer 0,58gr/cm³ olarak belirlenmiştir. Deneyler sonucunda da MDF'nin mekanik özellikleri Yongalevha'ya göre daha yüksektir, bu MDF'nin daha yüksek özgül ağırlıkta olmasından kaynaklanabilir.

Levha yüzeyine paralel yönde çekme direnci bazı kullanım alanlarında (asma çatı ve kafes giriş sistemleri) önemli bulunmaktadır (14). Ağaç ve odun esaslı malzemelerin liflere veya yüzeye paralel çekme direnci ortalamalarına göre; en yüksek değer Doğu kayını'nda

elde edilmiş bunu sırasıyla sarıçam, kontrplak, MDF, OSB, werzalit, kaplamalı yongalevha, suntalam ve yongalevha izlemiştir. Örneğin levha yüzeyine paralel yönde çekme direnci bakımından kontrplaklar MDF ve OSB levhalardan yaklaşık olarak %80 daha yüksektir. Kontrplaklarda levha boyunca kesintisiz bir yapı, yüzeye paralel çekme direncinin yüksek çıkmasına neden olmuştur (14).

Levha yüzeyine dik yönde çekme direnci levhanın ayrılma ya da yarılmaya karşı olan direncini ifade eder. Yüksek yüzeye dik çekme direnci mobilya ve aksesuar üretimi için ve özellikle levhaların mekanik araçlarla kenarlarının birleştirilmesinde çok önemlidir. Aynı zamanda tutkalın yapışma dayanımı hakkında bilgi verir (13). Literatürde yüzeyden kavela tutma mukavemetinin, kullanılan malzemenin iç yapışma direnci ile ilişkili olduğunu bildirilmiştir. Örneğin yüzeye dik yönde çekme direnci ortalama değeri, 12-19 mm arası kalınlıklardaki MDF levhalar için TS 64-5 standardının öngördüğü minimum $0,55\text{N/mm}^2$ değerinin altında çıkmıştır. Bu değer deneylerde MDF için $0,41\text{N/mm}^2$ dir. Bu durum tutkallamanın ve/veya presleme şartlarının üretim süreci içerisinde aynı şekilde sürdürülemediğini ifade etmektedir (13). Levha yüzeyine dik çekme deney sonuçlarına göre en yüksek direnç kontrplaktaki yapışma direncidir ($0,93\text{N/mm}^2$). Bunu sırasıyla werzalit $0,86\text{N/mm}^2$, MDF $0,41\text{N/mm}^2$, yonga levha $0,39\text{N/mm}^2$, kaplamalı yonga levha $0,34\text{N/mm}^2$, OSB $0,32\text{N/mm}^2$ ve suntalam $0,28\text{N/mm}^2$ izlemiştir. Günümüzde, özellikle kutu konstrüksiyonlu mobilya üretiminde sıklıkla kullanılan yonga levhaların yüzeye dik çekme direnci, mobilya mühendislik tasarımı açısından oldukça önemlidir. Genellikle ağır yüklere maruz kalan raf sistemlerinde kullanılacak yonga levhaların yüzeye dik çekme direnci ile vida tutma direnci, kavela tutma direnci ve diğer bağlantılar arasında doğrudan ilişki vardır. Bu nedenle yüzeye dik çekme direnç değerlerine göre birleştirme yerlerindeki konstrüksiyon şeklinin belirlenmesi ve buna göre tasarımın yapılması gereklidir.

Eğilme direnci deney sonuçlarına göre ağaç malzemelerde Doğu kayını $131,37\text{N/mm}^2$ ve sarıçamda $80,24\text{N/mm}^2$ dir. Odun esaslı malzemelerde ise eğilme direnci ortalamaları kontrplakta $55,85\text{N/mm}^2$ bunu sırasıyla MDF $28,62\text{N/mm}^2$, werzalit $28,42\text{N/mm}^2$, kaplamalı yongalevha $26,34\text{N/mm}^2$, OSB $20,15\text{N/mm}^2$, suntalam $14,11\text{N/mm}^2$ ve yongalevha $11,58\text{N/mm}^2$ izlemiştir. Örneğin kaplamalı yonga levhadan üretilen deney örnekleri, yongalevha deney örneklerinden %56 daha başarılı bulunmuştur. Bu sonuç yongalevhaların kaplanarak kullanılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Eğilmede elastikiyet modülü, levhaların dolap, raf gibi eğilmeye maruz kalan yerdeki deformasyonunda önem arz etmekte ve bu gibi yerlerde elastikiyet modülünün yüksek olması istenmektedir. Elastikiyet modülü levhanın elastik bölgesindeki direncini ifade etmekte olup, eğilme direncini etkileyen faktörler elastikiyet modülünü de paralel şekilde etkilemektedir. Elastikiyet

modülü arttıkça levhanın elastik bölgesindeki direnci de yüksek olmaktadır (23). Eğilmede elastikiyet modülü değerleri de eğilme direncinde olduğu gibi en yüksek kayın ağaç malzemedeki 13592N/mm^2 tespit edilmiş bunu sırasıyla sarıçam 9416N/mm^2 , kontrplak 6631N/mm^2 , werzalit 3995N/mm^2 , kaplamalı yongalevha 3005N/mm^2 , MDF 2780N/mm^2 , suntalam 2566N/mm^2 , OSB 2414N/mm^2 ve yongalevha 2022N/mm^2 değerleri izlemiştir.

Kavela çekme kuvveti deney sonuçlarına göre en iyi sonuç Doğu kayınında elde edilmiş, bunu sırasıyla kontrplak, werzalit, sarıçam, MDF, OSB, kaplamalı yongalevha, suntalam ve yongalevha deney örnekleri izlemiştir. Örneğin kavelalı birleştirmeler MDF ile kullanıldığında yonga levhaya göre daha dirençlidir (%28). Bunun sebebi MDF'nin yüksek yoğunluğu olabilir. Aynı zamanda kavela delikleri karşılaştırıldığında MDF'de daha prüzsüz yüzey söz konusudur. Yüzeyin prüzsüz olması prüzlü olanlara göre daha fazla tutkallama alanı sağlamaktadır (8). Kavelalı birleştirmelerde kavelalar genel itibari ile kırılmıştır. Deney süresi diğer birleştirmelere göre daha kısa sürede tamamlanmıştır.

Yıldız vida tutma mukavemeti deneyi sonuçlarına göre en yüksek direnç Doğu kayınında elde edilmiş bunu sırasıyla werzalit, kontrplak, MDF, suntalam, OSB, yonga levha, sarıçam ve kaplamalı yonga levha deney örnekleri izlemiştir. Vidalı birleştirmeler kavelalı birleştirmelere oranla daha uzun bir süre almıştır. Vida çıkma süresi ortalama olarak kavelalı birleştirmelerde 45-60 sn arasında, vidalı birleştirmelerde ise 90-120 sn arasında değişmiştir. Vidalı birleştirmelerde, birleştirme yerleri yavaş yavaş açılmış ve vida başı genellikle gömülmüştür. Alyan vidalı birleştirmelerde ise vida tutma direnci ortalamaları yine Doğu kayınında en yüksek 2456N , bunu sırasıyla werzalit 2399N , kontrplak 2079N , OSB 1482N , MDF 1297N , suntalam 1246N , sarıçam 1055N , yongalevha 802N ve kaplamalı yongalevha 731N izlemiştir. Örneğin kontrplakların vida tutma mukavemeti MDF'ye göre %38 oranında OSB'ye göre ise %28 daha dirençlidir. Fakat kontrplak, OSB ve MDF levhaları arasında eğilme direnci, yüzeye dik çekme direnci ve yüzeye paralel çekme direncindeki kadar büyük fark, vida tutma gücünde ortaya çıkmamıştır.

Tutkallama tekniğindeki gelişmelerle birlikte levhaların vida ile birleştirilmesi kısmen önemini kaybetmektedir. Fakat, marangozlukta prefabrike konutlarda, yapı elemanlarında malzemelerin vida ile tutturulması halen yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. MDF'lerde vida çekme direnci, vidanın boyutlarına, levhanın özelliklerine ve vidayı çıkarmak için uygulanan kuvvetin hızına bağlı bulunmaktadır (13).

Bu değerlendirmelerin ışığında ilk bakışta kontrplakların, OSB levhalarından fiziksel mekanik özellikler bakımından çok üstün bir levha ürünü olduğu söylenebilir. Ancak kontrplak, yonga levha, MDF, OSB gibi levha ürünlerinde fiziksel ve mekanik özellikleri

etkileyen pek çok faktörü birlikte dikkate almak gerekir. Bu faktörler; kullanılan ağaç türü, tutkalın türü miktarı ve uygulaması; soğuk ve sıcak presleme şartları (sıcaklık, süre, basınç), levhanın yoğunluğu, kullanılan soyma kaplama veya yongaların boyutları ve kalitesi şeklinde sıralanabilir (23,24).

Minifiks tutma mukavemet değerleri karşılaştırıldığında en yüksek performansı 2456 N ile doğu kayınında elde edilmiş, bunu sırasıyla werzalit, kontrplak, sarıçam, MDF, OSB, suntalam, yongalevha ve kaplamalı yongalevha izlemiştir. Minifiksli birleştirmede karşılık olarak yatay levhaya gömülen dübel, vida etkisi göstermektedir ve dübelin parçadan ayrılması söz konusudur. Burada dikkat edilmesi gereken önemli husus karşılık elemanın gömüleceği yerdeki boşluğun dübel malzeme ile tutarlılık göstermesidir. Minifiks tipi bağlantı elemanı demonte mobilya üretiminde en önemli bağlantı gereci olarak kullanılmaktadır. ABD’de beş ağaç türü üzerinde yapılan bir araştırmada bu tip bağlantı elemanlarının tutkallı bağlantılardan yüksek direnç ve esnekliğe sahip olduklarını göstermiştir (25). Ülkemizde yapılan bir araştırmada minifiks eksantrik sıkmalı mobilya bağlantı elemanı, multifiks çok amaçlı mobilya bağlantı elemanı ve geleneksel birleştirme tekniklerinden kavelalı ve zıvanalı birleştirmeler çerçeve konstrüksiyon tasarımı kapsamında karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak minifiks bağlantı elemanları ile yapılan birleştirmeler daha uygun sonuçlar vermiştir (26).

Blum tipi birleştirmelerde çekme mukavemeti sonuçları en yüksek MDF’de gözlenmiş bunu sırasıyla Doğu kayını, kontrplak, OSB, werzalit, sarıçam, kaplamalı yongalevha, yongalevha ve suntalam izlemiştir. Bloom tipi bağlantı elemanlarının ağaç malzemelerde kullanılması istatistiksel olarak farklı dirençlere sebep olmamıştır. Bunun sebebi bu bağlantı elemanlarının bir parçasının plastik yapıda olmasından kaynaklanmış olabilir. Çünkü birleştirmede genellikle plastik dübelden çıkma söz konusu olmuştur.

Malzemelerin trapez bağlantı tutma mukavemeti sonuçlarına göre en yüksek direnç Doğu Kayınında elde edilmiş bunu sırasıyla, werzalit, kontrplak, sarıçam ve MDF, kaplamalı yongalevha, OSB, suntalam ve yongalevha izlemiştir. Örneğin MDF trapez bağlantılı birleştirme yonga levhalı trapez birleştirmeye göre %12 daha yüksektir. Literatürde benzer bir çalışmada lif levhalar ile yapılan birleştirmeler, çekmeye çalışan kuvvetlere karşı yonga levha ile yapılan birleştirmelerden %20 oranında daha dirençli çıkmıştır (27).

Malzeme türü ve birleştirme çeşidi dikkate alınarak malzeme türünün, birleştirmelerin kuvvet taşıma değerlerine etkilerine ait LSD testi yapılmıştır. Sonuçta malzeme türüne göre başarılı sıralaması en yüksek Doğu kayınında elde edilmiş, bunu sırasıyla kontrplak ve werzalit, MDF ve OSB, sarıçam ve suntalam, kaplamalı yonga levha ve yonga levha izlemiştir. Sonuç olarak malzeme türlerine göre istatistiksel anlamda; kontrplak ve werzalit, MDF ve OSB, sarıçam ve

suntalam, yonga levha ve kaplamalı yonga levha birbirlerinden farklı değildir. Yani birbirleri yerine kullanılabilirler. Masif ağaç malzemenin kompozit malzemelere göre daha iyi sonuçlar vermesi yapısal özellikleri ile ilgilidir.

Birleştirme çeşidine göre kuvvet taşıma performansı değerleri karşılaştırıldığında ise en yüksek dirençli kavelalı birleştirmeler vermiştir. Bunu sırası ile aylan vidalı birleştirme, yıldız vidalı birleştirme, minifiks tipi bağlantı, trapez bağlantılı birleştirme ve bloom tipi bağlantılı birleştirmeler vermiştir.

Malzeme türü birleştirme çeşidi etkileşimi ortalamaya sonuçları en yüksek kuvvet taşıma değerlerini, Doğu kayını ile birleştirilmiş vidalı, kavelalı, ve minifiks’li deney örnekleri vermiştir. Bunu sırasıyla; vidalı ve kavelalı birleştirilmiş kontrplak ve werzalit deney örnekleri izlemektedir. En zayıf kuvvet taşıma değerlerini ise bloom birleştirmeli yonga levha ve suntalam malzeme örnekleri vermiştir.

Sökülür-takılır mekanik bağlantı sağlayan birleştirme elemanlarının yeğlenmesi, modern ve sağlam mobilya üretiminde tasarımcılara daha geniş seçenekler sunabileceği gibi, üretim kolaylığı, malzeme tasarrufu, ürünlerin depolanması, taşınma ve dağıtımında önemli yararlar sağlayabilir. Buna ek olarak, üst yüzey işlemleri ve kullanım yerinde olası onarımlar dikkate alındığında bu tip yapı tasarımları daha ekonomik olabilir. Bu nedenle, montaja hazır mobilyaların (RTA: Ready to Assemble Furniture) tercih üstünlükleri bulunmaktadır (28).

Buna göre, mekanik dirençleri yüksek olan malzemeler ile daha güçlü birleştirmeler ve dolayısıyla daha mukavemetli mobilya sistemleri elde etmek mümkün olabilir.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) kapsamında desteklenmiştir (07/2003–34). Gazi Üniversitesi’ne sağladığı tüm olanaklardan dolayı çok teşekkür ederiz.

6. KAYNAKLAR

1. Efe, H., Modern Mobilya Çerçeve Konstrüksiyon Tasarımında Geleneksel ve Alternatif Bağlantı Tekniklerinin Mekanik Davranış Özellikleri, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon, 1994.
2. (<http://www.mobilyadergisi.com.tr/67/haberler&316.asp>)
3. Efe, H., “Mobilya Endüstrisinde Kullanılan Ahşap Levhaların Soket-Vida Tutma Yetenekleri”, Yüksek Lisans Tezi, *G. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 12-16 (1992).
4. Efe, H., İmirzi, H., Ö., “Çerçeve Konstrüksiyonlu Masif Mobilya “T” Birleştirmelerde Çekme Dirençleri Karşılaştırmaları”, *G. Ü. T. E. F., Politeknik Dergisi*, 4 (4) : 95-101 (2001).
5. Efe, H., “ORENKO 92” I. Ulusal Orman Ürünleri Endüstrisi Kongresi. 22-25 Eylül Bildiri Metinleri II. Cilt. s: 32 - 35, K.T.Ü. . Orman Fakültesi, Trabzon 1992.

6. Özen, R., Efe, H., "ORENKO 93" II. Ulusal Orman Ürünleri Endüstrisi Kongresi Bildiri Metinleri, s: 319-339, K.T.Ü. , Orman Fakültesi, Trabzon , 6-9 Ekim 1993.
7. Efe, H., Erdil, Y., Z., Kasal, A., İmirzi, H., Ö., "Withdrawal Strength and Moment Capacity of Screwed T-Type End to Side Grain Furniture Joints", *Forest Products Journal*, Vol. 54, No:11 Pg.91-97, November, 2004.
8. Güntekin, E., "Montaja Hazır Mobilya Birleştirmelerinin Performansları", Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Sayı:2, Sayfa:37-48, 2003.
9. Erdil, Y., Z., Eckelman, C., A., "Withdrawal Strength of Dowels In Plywood and Oriented Strand Board", *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 25 : 319-327 (2001).
10. Eren, S., Evaluation and Development of Methods of Improving Fasteners and Joints Performance in Wood-base Composite Case Furniture, Ph.D. Thesis, Purdue University, 1999.
11. Smardzweski, J., Prekrad, S., "Stress Distribution in Disconnected Furniture Joints" *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Wood Technology*, Volume:5 Issue:2 2002.
12. Akkılıç, H., "Farklı Yüzey Malzemeleri ile Kaplanan Yongalevhaların Teknolojik Özellikleri", *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* , 109-126, 2002.
13. Göker, Y., Akbulut, T., Ayrılmış, N., "Türkiye'de Üretilen MDF Levhaların Teknolojik Özellikleri" *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* ,13-33, 2002.
14. Akbulut, T., Göker, Y., Ayrılmış, A., "OSB Levhalarının Kontrplak Yerine Kullanılması", *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* ,A-Cilt52, Sayı:1, Sayfa:65-74 2002.
15. TS 3891, Yapıştırıcılar – Polivinilasetat Esaslı Emülsiyon (Ahşap Malzeme İçin), (Tadil AMD1: 1992 – 07), T.S.E. , Ankara, 1982.
16. TS. 4539, Ahşap Birleştirmeler – Kavelalı Birleştirme Kuralları, T.S.E., Ankara.
17. TS 61, "Ağaç Vidaları", *T.S.E.*, Ankara, (1978).
18. Tankut, N., A., Tankut, N., "Ülkemizde Demonte Mobilya Yapımında Kullanılan Özel Bağlantı Elemanları" *ZKÜ. Bartın Orman Fakültesi Dergisi* Sayı: 1-2 Ocak-Aralık 2001
19. Mobilya Aksesuarları ve Uygulamaları Hettich International, Kasım 2000, Almanya s:8.49-58.
20. TS 2470 "Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyle İçin Numune Alma Metotları ve Genel Özellikler", T.S.E., Ankara, (1976).
21. ASTM-D-1037, Standart Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials, Annual Book of ASTM Standarts, Vol 04.10., 2002.
22. Forest Products Laboratory, Wood handbook--Wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Chapter 7 Fastening 7-10, 1999.
23. Göker, Y., Akbulut, T., "Yongalevha ve Kontrplağın Özelliklerini Etkileyen Faktörler" *ORENKO'92 Ulusal Orman Ürünleri Endüstrisi Kongresi, Bildiri Metinleri*, K.T.Ü. Orman Fakültesi Trabzon, 1992.
24. Çehrelı, H.T., Yongalevha ve Yönlendirilmiş Yongalı Levhaların Özellikleri Üzerine Araştırmalar, K.T.Ü. Orman Fakültesi Trabzon, 1984.
25. Eckelman, C.A. "Strength of Furniture Joints Constructed With Through-bolts and Dowel Nuts". *Forest Product Journal*, 39 (11/12) : 41-48 (1989).
26. Örs, Y., Efe, H., "Mechanical Behavior of Joint Connectors on Furniture (Frame Construction) Design" *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22 : 21-27 (1998).
27. Efe, H., "Kutu Konstrüksiyonlu Mobilyada Sabit (Yabancı Çıtalı) ve Demonte (Trapez) Köşe Birleştirmelerin Çekme ve Basma Dirençleri", *G. Ü. T. E. F., Politeknik Dergisi*, 2 (4) : 43-51 (1999).
28. Kasal, A., "Masif Ve Kompozit Ağaç Malzemelerden Üretilmiş Çerçeve Konstrüksiyonlu Koltukların Performansı" *Gazi Üniversitesi., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, Ankara, 2004