

Üç Boyutlu Yazıcılarda Üretilen Birleştirme Elemanlarının “L” Tipi Mobilya Köşe Birleştirmelerde Momenti Kapasitesine Etkisinin Belirlenmesi

Determination of Bending Moment Capacity on “L” Type Furniture Corner Assembly Elements Produced by 3D Printers

Abdurrahman KARAMAN^{*1,a}, Mehmet Nuri YILDIRIM^{2,b}, Şekip ŞADIYE YAŞAR^{3,c}

¹Uşak Üniversitesi, Banaz Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, 64500, Uşak

²Karabük Üniversitesi Safranbolu Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, 78610, Karabük

³Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane Meslek Yüksekokulu, Tasarım Bölümü, 29100, Gümüşhane

• Geliş tarihi / Received: 10.05.2020 • Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 18.08.2020 • Kabul tarihi / Accepted: 19.09.2020

Öz

Bu çalışmada, üç boyutlu yazıcılarda üretilen bisküvi tipi birleştirme elemanlarının “L” tipi köşe birleştirmelerde eğilme momenti direncine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Deneysel örneklerinin hazırlanmasında ahşap esaslı malzeme 18 mm kalınlığında MDF-lam, ahşap esaslı bisküvi ile üç boyutlu yazıcı ile üretilen Akrilonitril Bütadien Stiren (ABS) ve Polilaktik Asit (PLA) termoplastik esaslı filamentlerden elde edilen bisküvi birleştirme elemanları kullanılmıştır. Deneysel örnekleri, (ASTM D 1037-06a, 2006) standartlarına göre; diyagonal çekme ve basınç momenti testlerine tabi tutulmuştur. Deneysel sonuçlarına göre, çekme momenti değerleri, basınç momenti değerlerinden daha yüksek çıktığı belirlenmiştir. Ahşap esaslı bisküvi birleştirme elemanının en yüksek değerlere sahip olduğu, basınç deneyinde bunu sırasıyla 3-D yazıcıda üretilmiş PLA ve ABS esaslı malzemelerden elde edilen bisküvi birleştirme elemanlarının takip ettiği, çekme deneyi sonucunda ise ahşap esaslı bisküvi birleştirme elemanının en yüksek değerlere sahip iken bunu sırasıyla ABS ve PLA bisküvi birleştirme elemanları izlemiştir. Çekme deneyinde, 3D yazıcı teknolojisi ile üretilen bisküvi birleştirme elemanlarının ahşap bisküvili birleştirme elemanına yakın değer verdiği ve bu elemanların mobilya elemanları birleşme köşelerinde ahşap esaslı bisküvi elemanına alternatif olarak kullanılabilmesine ilişkin değerler elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Ahşap Esaslı Levhalar, Birleştirme Elemanı, 3-D Yazıcı, Köşe Birleştirme, Moment Kapasitesi

Abstract

In this study, determining the impact of biscuit-type joining elements produced in 3-D printers on the bending moment resistance was aimed in “L” type corner joining. For this purpose, wood-based material 18 mm thick MDF-lam, wood-based biscuit, Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) and Polylactic Acid (PLA) produced with 3-D printer, biscuit joining elements obtained from thermoplastic based filaments are used. Test samples, according to (ASTM D 1037-06a, 2006) standards were subjected to; diagonal tensile and compression moment tests. According to the experiment results, the tensile moment values was determined to be higher than the compression moment values. The wood-based biscuit joining element has the highest values, the wood-based biscuit joining element was followed by the biscuit assembly elements obtained respectively from PLA and ABS-based materials produced in 3-D printer in the compression test; while the wood-based biscuit joining element has the highest values in the tensile test, this was followed by ABS and PLA biscuit joining elements. In the tensile test, it was observed that the biscuit joining elements produced with 3-D printer technology gave close values to the wood based biscuit joining element and that these elements can be used as an alternative to the wood-based biscuit element for the corner joining of the furniture elements.

Keywords: Wood Based Boards, Assembly Element, 3-D Printer, Corner Joint, Moment Capacity

*aAbdurrahman KARAMAN; abdurrahman.karaman@usak.edu.tr, Tel: (0276) 221 21 50, ^aorcid.org/0000-0002-5925-7519

^borcid.org/0000-0002-0180-4479

^corcid.org/0000-0002-3500-4453

1. Giriş

Üç boyutlu yazıcılar ilk olarak 1970’li senelerin sonlarına doğru bilim dünyasının gündemine yerleşmeye başlamıştır. O yıllarda boyutsal anlamda çok büyük olup oldukça pahalı makinelerdi. İlk üç boyutlu yazıcı Charles Hull tarafından 1984 yılında üretilmiştir. 1986 yılında üç boyutlu yazıcılar için ilk şirket kurulmuştur. 1988 yılında kurulan bu şirket tarafından geliştirilen SLA-250 adında ilk üç boyutlu yazıcı tanıtılmıştır. Ve yine aynı yıl içerisinde Selective Laser Sintering (SLS) ve Fused Deposition Modelling (FDM) teknolojileri keşfedilmiştir. İlk renkli baskılar bu yazıcılarda üretildi. 1995 yılında üç boyutlu yazıcıların satışı yapılmaya başlandı. 1996 yılında Z Corporation yüksek çözünürlüğe sahip ürünler üreten ilk üç boyutlu yazıcıyı tasarladı. 2007 yılında Reprap adıyla ilk açık kaynak kodlu yazıcılar piyasaya çıkmaya başladı. Dolayısıyla üç boyutlu yazıcıları geliştirme imkânı hızla arttı. 2008 yılında Object Geometries şirketi, Connex500 ile aynı anda farklı malzemeler kullanarak ürün üretebildi. 2009 yılından itibaren Makerbot ve 3D Systems’in geliştirmiş olduğu Cubify gibi modeller sayesinde ev tipi üç boyutlu yazıcıların satışları giderek artmıştır (Kruth vd., 1998).

Üç boyutlu yazıcılar günümüzde farklı alanlarda kullanılan ve hızla gelişen bir teknolojidir. 3D yazıcı teknolojisi geliştikçe ve kullanımı yaygınlaştıkça yeni kullanım alanları ortaya çıkmaktadır (Aydın vd., 2018). 3D yazıcı teknolojisi, sanal ortamda tasarlanmış olan 3 boyutlu objeler, kullanım yeri ve amacına uygun çeşitli malzemeler kullanılarak, 2 boyutlu bir düzlem üzerinde, üst üste ince katmanlar şeklinde yığılarak tasarlanmış obje somut hale getirilir. Eklemeli imalat teknolojisi kullanılarak parça üretilebilmesi için çeşitli CAD/CAM (Bilgisayar Destekli Tasarım ve Bilgisayar Destekli İmalat) programları kullanılmaktadır. Bu programlardan bazıları SolidWorks®, AutoCad®, Google SketchUp® gibi 3 boyutlu tasarım yapılmasına imkân sunan programlardır. Tasarlanan obje “.stl” uzantısında dışa aktarılır ve 3 boyutlu yazıcı “.stl” uzantısını algılayarak üretim işlemini gerçekleştirir (Laureijs vd., 2017; Kashani vd., 2018).

Geleneksel yöntemlerle üretilen bağlantı elemanları maliyetli ve zaman alıcıdır. 3D boyutlu yazıcılar vasıtasıyla geleneksel olarak üretilen parçanın optimizasyonu sağlanarak üretilen parçanın maliyeti ve doluluk oranının azaltılmasıyla birlikte daha hızlı zamanda

üretmesine olanak sağlamaktadır. Bu yönüyle üç boyutlu yazıcı teknolojisi; tasarımcılara, üreticilere ve tüketicilerine kolaylıklar sağlamaktadır (Hacıoğlu vd., 2016; Yıldırım vd., 2019).

Birleştirme Yığıma ve Modelleme (Fused Deposition Modelling-FDM), birleştirmeli yığıma ve modelleme sistemi olan FDM teknolojisi eski ve yaygın olarak kullanılan, düşük maliyetli bir yöntemdir. Scott Crump tarafından 20 yıl gibi süre önce icat edilmiştir. Masaüstü yazıcıların çoğunda bu yöntem kullanılmaktadır. Uygulama bakımından kolay ve hızlı olması sebebi ile herkes tarafından tercih edilen bir yöntemdir (URL-1, 2019). 3D boyutlu yazıcıların kullanıldığı birleştirme yığıma ve modelleme yöntemi (FDM) avantajları incelendiğinde; insan hatası durumu olmadığı için daha güvenli olması, sınırsız tasarım imkânı sunması, tasarımın kısa üretime geçilmesi, doluluk oranına göre malzemenin etkin kullanımı ve kullanım yerine göre malzeme seçeneği sunması şeklinde sıralanabilir (Karagöl, 2015; Thompson vd., 2016; Gökçe vd., 2018; Yıldırım vd., 2019).

İşletmeler açısından incelendiğinde; 3-D boyutlu yazıcılar ile yazmanın baskı yapılan ürünlerin tüketim noktalarına yakın olması, dolayısıyla mesafelerin kısılması ve günümüzün önemli sorunu olan ekolojik ayak izi problemlerinin çözümüne de katkı sağlamaktadır (Kietzmann vd., 2015). Üretim sırasında materyaller tabaka tabaka eklendiği için üretimde sadece ihtiyaç kadar malzeme kullanılır ve bu yüzden de sıfır atık ortaya çıkmaktadır (Campbell vd., 2011). Ürün tasarımı, pazarlama ve üretim aşamaları hızlı ve kaliteli bir iş birliği sağlamaktadır (Troselj, 2014). Tedarik zinciri süreçlerindeki karmaşıklığı azaltmaktadır (Jansen vd., 2014), 3B yazıcılar ile sadece satılacak ürünler imal edilir, böylelikle depolamadaki aşırı stok maliyeti azaltmaktadır (Çetinkaya ve Özceylan, 2015).

Bu çalışmanın amacı, FDM yöntemiyle üç boyutlu yazıcıda üretilen bisküvi birleştirme elemanları ile presleme yöntemiyle üretilen ahşap esaslı bisküvi bağlantı elemanının; çekme momenti ve basınç momentini belirlemek ve FDM yöntemiyle ABS ve PLA malzemeleri kullanarak üç boyutlu yazıcılardan %80 doluluk oranı ile üretilen bisküvi birleştirme elemanlarının mobilya elemanlarının köşe birleştirmelerinde kullanılıp kullanılmayacağına belirlenmesi amaçlanmıştır. Belirtilen amaca ulaşmak için “L” tipi demonte tipi konstrüksiyonlar hazırlanmıştır. Hazırlanan konstrüksiyonlarda; MDF-lam ve bağlantı elemanı

olarak pres yöntemiyle elde edilen Ahşap bisküvi elemanı ile üç boyutlu yazıcı ile üretilen ABS ve PLA malzemelerden üretilen bisküvi birleştirme elemanları kullanılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

2.1.1. Ahşap Esaslı Malzeme

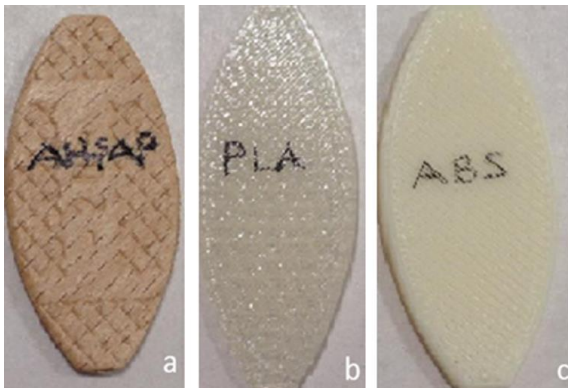
Deney örneklerinin hazırlanmasında ahşap esaslı malzeme olarak piyasada yaygın olarak kullanılan 18 mm kalınlığında MDF-lam kullanılmıştır. MDF-lam malzemenin sırasıyla rutubeti %6.5, yoğunluğu, 0.72 gr/cm^3 , elastikiyet modülü 3350 N/mm^2 , eğilme direnci ise 22.45 N/mm^2 olarak belirlenmiştir.

2.1.2. Bisküvi Tipi Birleştirme Elemanları

Birleştirme elemanı olarak 20 numara (56 x 23 x 4 mm) ölçülerinde, ahşap esaslı malzemeden elde edilen ahşap bisküvi, ABS malzemeden elde edilen bisküvi ve PLA malzemeden elde edilen bisküvi kullanılmıştır. Çalışmada termoplastik davranış gösteren ABS ve PLA polimerler kullanılmıştır. ABS malzemesi kullanarak yazdırılan ürünler, 20 °C ile 80°C arasında kullanıma uygundur. ABS yüksek dayanım ve darbe direnci nedeniyle üç boyutlu yazıcılarda sıkça tercih edilen bir malzeme türüdür. Mühendislik alanında prototip amaçlı 3D modeller, arabalar, elektrik ekipmanları gibi alanlarda kullanılmaktadır. PLA malzemesi yapılan istatistiklere göre en çok kullanılan üç boyutlu yazıcı malzemesidir. ABS ve PLA malzemelerin teknik özellikleri Tablo 1'de, Birleştirme elemanlarına ilişkin resimler ise Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 1. ABS ve PLA malzemelerin bazı mekanik ve fiziksel özellikleri (URL-2, 2019)

Mekanik/Fiziksel Özellikler	Malzeme Türü	
	ABS	PLA
Çekme Dayanımı (MPa)	41	65
Eğilme Dayanımı (MPa)	63	97
Elastikiyet Modülü (MPa)	2200	3600
Erime Akış İndeksi ($\text{cm}^3/10 \text{ dk}$)	9.7	10,3
Basım Sıcaklığı (°C)	230-250	190-220
Kırılma Sıcaklığı (°C)	105	60-65
Gevşeme Sıcaklığı (°C)	110-125	70-80
Erime Sıcaklığı (°C)	210-240	160-190
Yatak Sıcaklığı (°C)	80-120	50-70
Yoğunluk (g/cm^3)	1,2	1,3



Şekil 1. Bisküvi tipi birleştirme elemanları

2.1.3. Tutkal

Çalışmada poliüretan tutkalı kullanılmış olup bu tutkal; tek komponentli, hızlı kürleşen, poliüretan bazlı ahşap yapıştırıcıdır. Kolay uygulanabilen,

düşük viskoziteye ve yüksek yapışma gücüne sahip, suya dayanıklı, 15-20 dk. pres süresine ve 5-10 dk. yüzey kuruma süresine sahip olup bir yapıştırıcıdır (URL-3, 2019).

2.2. Metot

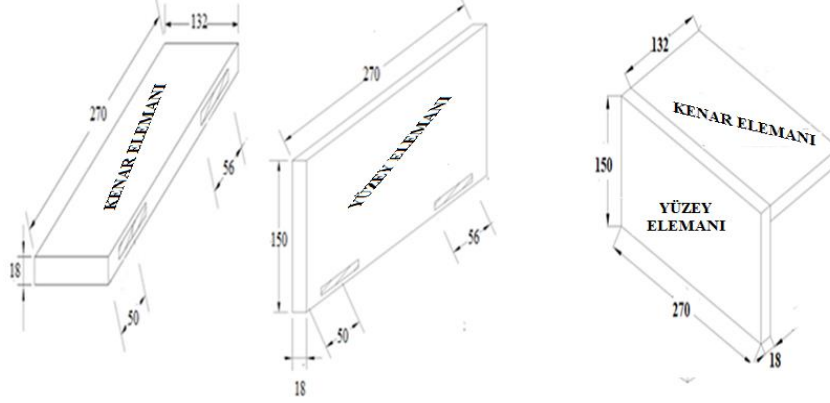
2.2.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Bu çalışmada, malzeme olarak; MDF-Lam, bağlantı elemanı olarak; ahşap bisküvi, PLA bisküvi ve ABS bisküvi ve tutkal olarak ise poliüretan (PU-D4) tutkal kullanılmıştır. Deney örneklerinin hazırlanmasında daha önceden yapılmış çalışmalardan yararlanılmıştır (Karaman vd., 2020, Karaman, 2020). Her bir deney örneği kenar ve yüzey olmak üzere iki elemandan oluşmaktadır. Kenar elemanı 270 x 132 mm, yüzey elemanı ise 270 x 150 mm ölçülerindedir. Deneylerde "L" biçiminde hazırlanan örneklerin

birleştirme arakesit yüzeyleri ölçü olarak ve genel görünüşü Şekil 2' deki gibidir.

Kenar elemanın kenar kısmına simetrik olacak şekilde kenardan merkezleri 50 mm içeride, levha kalınlığının ortasından olacak şekilde, kalınlığı 4 mm, derinliği 12 mm, genişliği 56 mm ve yarıçapı 45.5 mm olan yay parçasının geçeceği iki adet çıta yuvası, Yüzey elemanın yüzüne kenardan merkezleri 50 mm, maktan yüzeye merkezi 9

mm içeride, kalınlığı 4 mm, derinliği 12 mm, genişliği 56 mm ve yarıçapı 45.5 mm olan yay parçasının geçeceği iki adet çıta yuvası açılmıştır ve bisküvi tipi birleştirme elemanların açılan deliklere montajı Şekil 5'de gösterilmiştir. A ve B elemanlarının yüzeylerine ve birleştirme elemanların yuvalarına uygulamada kullanılacak olan tutkallar (200 gr/m²) tatbik edilerek montajları yapılmıştır.



Şekil 2. Deneysel örneklerinin birleştirme elemanların delik merkezleri (mm)

Deneylerde 3 bağlantı elemanı (Ahşap Bisküvi, PLA Bisküvi ve ABS Bisküvi), 2 yükleme biçimi 10 adet olmak üzere toplam 60 adet deney örnekleri hazırlanmıştır. Deneysel örnekleri deneylerden önce 20±2°C sıcaklık ve %65±5 bağıl nem şartlarında iklimlendirme odasında, 3 hafta denge rutubetine ulaşmaya kadar bekletilmiştir.

2.2.2. Deneylerin Yapılışı

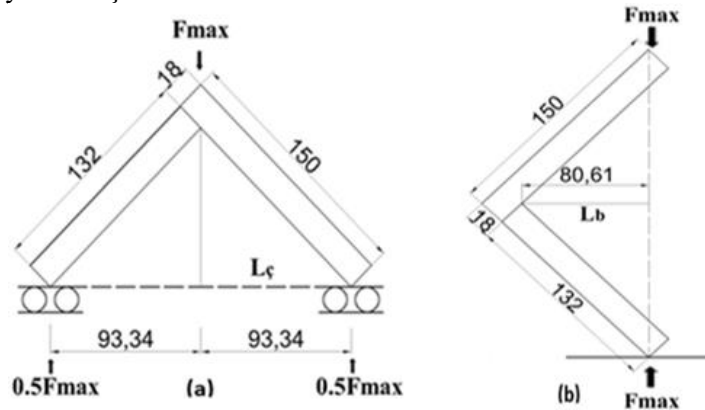
Deneyler için Karabük Üniversitesi Safranbolu Meslek Yüksekokulu Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü Test Laboratuvarında bulunan 5 ton kapasiteli "Üniversal Test Cihazı" kullanılmıştır. Yükleme hızı uygulama süresinin 30 ila 60 sn arasında olabilmesi için 5 mm/dak yol alacak şekilde ayarlanmıştır. Testlerin

yapılmasında (ASTM D 1037-06a, 2006) esaslarına uyulmuştur. Diyagonal çekme ve basınç deneyinde yükleme şekli ve deney düzenekleri Şekil 3'te gösterilmiştir. Diyagonal basınç deneylerinde (M_b) ve diyagonal çekme deneylerinde moment (M_c) aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmıştır.

$$M_b = F_{max} \times L_b \quad (1)$$

$$M_c = 0.5F_{max} \times L_c \quad (2)$$

Burada; M_b = Basınç kuvveti altında taşınan moment (Nm), M_c = Çekme kuvveti altında taşınana moment (Nm), F_{max} = Maksimum kuvvet (N), L_c = Moment kolu (0,09334 m), L_b = Moment kolu (0,08061 m) olarak alınmıştır.



Şekil 3. Deneysel Metodu. (a) Diyagonal çekme deneyi. (b) Diyagonal basınç deneyi (mm)

2.2.3. Verilerin Değerlendirilmesi

Bisküvi tipi birleştirme elemanlı “L” tipi köşe birleştirmelerde birleştirme eleman türünün çekme ve basınç momenti üzerine etkilerini belirlemek için One Way Anova (tek yönlü varyans analizi) yapılmış ve gruplar arasındaki homojenlik gruplarını belirlemek için Tukey testi uygulanmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde ve hesaplanmış değerlerin bulunmasında Minitab 18 paket programı kullanılmıştır.

Tablo 2. Çekme ve basınç moment değerleri (Nm)

Birleştirme Eleman Türü	Çekme Momenti		Basınç Momenti	
	X _{ort.}	Std.	X _{ort.}	Std.
Ahşap Bisküvi	74.70	7.90	70.66	6.27
PLA Bisküvi	60.55	6.27	48.01	7.38
ABS Bisküvi	62.15	4.84	38.93	7.34

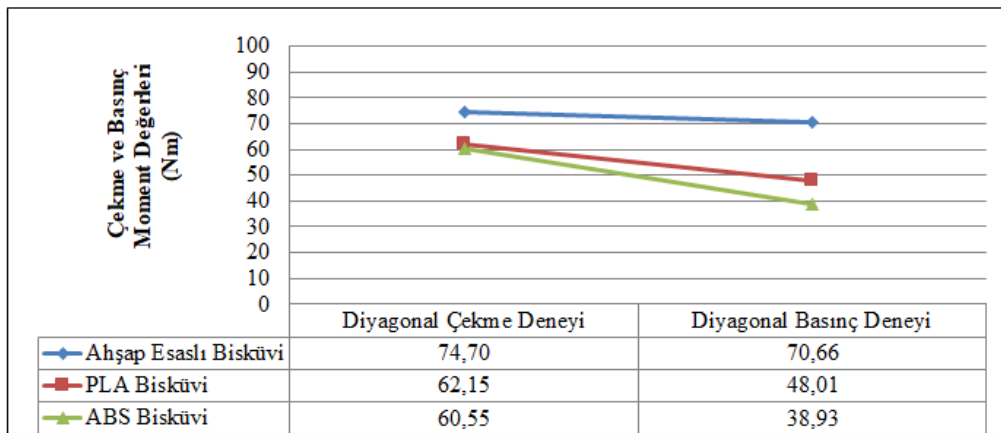
X_{ort.}: Ortalama değer Std: Standart sapma

Tablo 2’de verilen çekme momenti değerleri incelendiğinde; Ahşap esaslı bisküvi birleştirme elemanının maksimum çekme momenti taşıdığı ve bunun sırasıyla ABS ve PLA termoplastik malzemeden elde edilen birleştirme elemanı olduğu belirlenmiştir. Solmaz ve Çelik (2018)

3. Bulgular

Bisküvi tipi birleştirme elemanı kullanılarak hazırlanan “L” tipi köşe birleştirmelerin diyagonal çekme ve basınç deneylerinde elde edilen moment değerlerinin ortalamaları Tablo 2 ve Şekil 4’de, One Way Anova varyans analizi sonuçları Tablo 3’de, Tukey testi sonuçları ise Tablo 4’de verilmiştir.

yaptıkları çalışma sonucunda PLA malzemenin ABS malzemeye göre daha üstün özelliklere sahip olduğunu belirlemişlerdir. Çekme ve basınç momenti değerlerine ilişkin grafik Şekil 4’te verilmiştir.



Şekil 4. Çekme ve basınç momenti (Nm)

Tablo 3. One Way Anova varyans analizi sonuçları

Deney Şekli	Varyans Kaynakları	DF	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Diyagonal Basınç	Gruplar Arası	2	5341,961	2670,981	54,275	0,000*
	Gruplar İçi	27	1328,735	49,212		
	Toplam	29	6670,696			
Diyagonal Çekme	Gruplar Arası	2	1200,352	600,176	14,935	0,000*
	Gruplar İçi	27	1125,065		41,693	
	Toplam	29	2326,065			

Tablo 3’de görüldüğü gibi eğilme momenti üzerine deney gruplarının etkisi diyagonal çekme

ve basınç deneylerinde istatistiksel olarak ($p < 0.05$) hata payı ile önemli olduğu tespit

edilmiştir. Farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için Tukey testi

uygulanmıştır. Birleştirme eleman türüne göre Tukey testi sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Tukey testi sonuçları (Nm)

Deney Grupları	Diyagonal Basınç		Diyagonal Çekme	
	\bar{X}_{ort}	HG	\bar{X}_{ort}	HG
Ahşap Esaslı Bisküvi	70.66	A	74.69	A
PLA Bisküvi	48.01	B	60.55	B
ABS Bisküvi	38.93	C	62.15	B

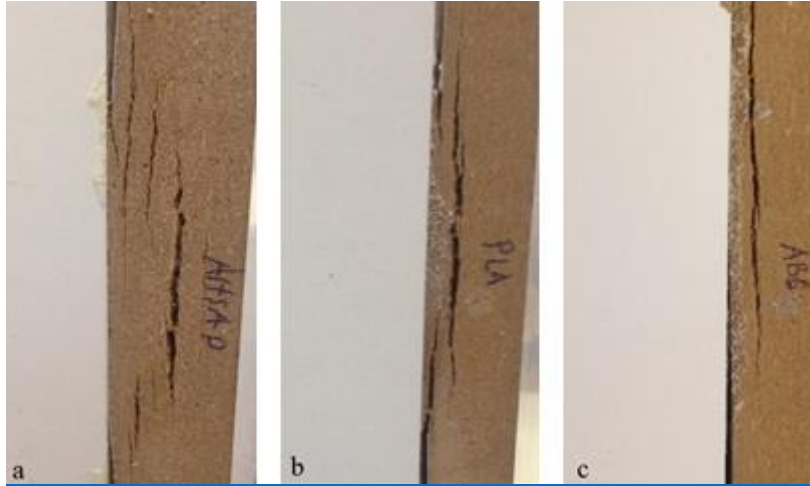
HG: Homojenlik grup

Tablo 4'e göre; diyagonal basınç deneylerinde birleştirme elemanları (Ahşap esaslı bisküvi, PLA bisküvi ve ABS bisküvi) istatistiksel olarak birbirinde farklı ve maksimum moment değerini ahşap esaslı bisküvi elemanı (70.66 Nm), minimum moment değerini ise ABS bisküvi (38.93 Nm) elemanın taşıdığı belirlenmiştir. Ahşap esaslı bisküvi, PLA bisküviden %32.05, ABS bisküviden ise %44.90 daha fazla basınç momenti değeri taşıdığı tespit edilmiştir. Diyagonal çekme deneyinde birleştirme elemanları; Ahşap esaslı bisküvi elemanı farklı grupta, PLA ve ABS bisküvi birleşme elemanlarının ise istatistiksel olarak aynı grupta olduğu görülmektedir. Çekme deneyinde; maksimum moment değerini ahşap esaslı bisküvi elemanı (74.69 Nm), minimum moment değerini ise PLA bisküvi (60.55 Nm) elemanının taşıdığı belirlenmiştir. Ahşap esaslı bisküvi elemanı, PLA

bisküvi elemanından %18.93 ve ABS bisküvi elemanından ise %16.78 daha fazla moment değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak birleştirme elemanı olarak ahşap esaslı bisküvinin kullanılması önerilebilir.

Deformasyon Karakteristikleri

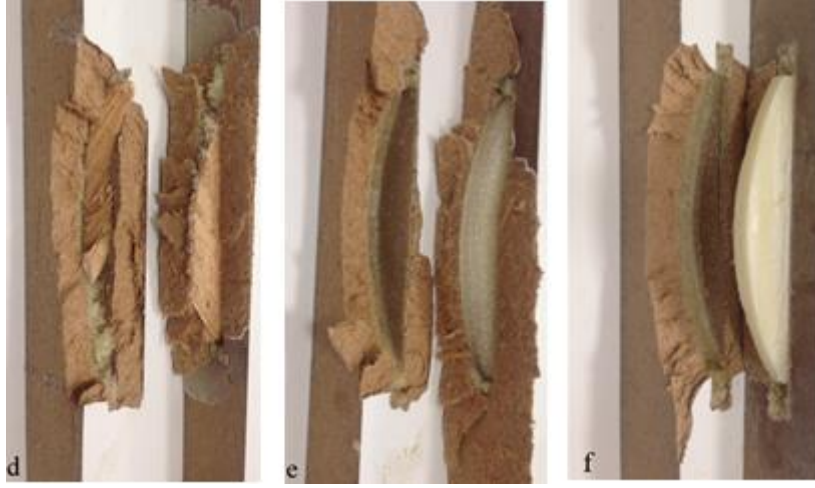
MDF-lam ana konstrüksiyon malzemesi olmak üzere, ahşap, ABS ve PLA bisküvi birleştirme elemanları ile hazırlanan L tipi konstrüksiyonları (ASTM-D 1037, 2006) standartına göre; eğilme'de çekme momenti ve eğilme'de basınç momenti deneyine tabi tutulmuştur. Deney sonuçlarına göre, eğilmeye çekme momenti deformasyonları Şekil 5'te, eğilmeye basınç momenti deformasyonları ise Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 5. Çekme momenti deformasyonları. (a) Ahşap esaslı bisküvi. (b) PLA bisküvi. (c) ABS bisküvi

Şekil 5'te görüldüğü gibi ahşap esaslı bisküvi birleştirme elemanı birleştirilen konstrüksiyonda deformasyon derinliği konstrüksiyon parçası kalınlığının yarısını geçtiği görülmektedir. Ahşap esaslı bisküvi birleştirme elemanının konstrüksiyon malzemesi ile güçlü bağ oluşturduğu söylenebilir. PLA ve ABS bisküvi birleştirme elemanlarının

konstrüksiyon parçasının yarısına kadar gelmeyip, çizgisel bir hat izlediği görülmektedir. PLA ve ABS bisküvi birleştirme elemanlarının yüzeyinin pürüzsüz olması konstrüksiyon malzemesi ile arasındaki bağ kuvvetinin zayıflamasına sebep olduğu söylenebilir.



Şekil 6. Basınç momenti deformasyonları. **(d)** Ahşap esaslı bisküvi. **(e)** PLA bisküvi. **(f)** ABS bisküvi

Şekil 6'da görüldüğü gibi ahşap esaslı bisküvi birleştirme elemanı konstrüksiyon içerisinde kırıldığı görülmektedir. PLA ve ABS bisküvi birleştirme elemanlarında herhangi bir kırılmanın olmadığı, elemanların alt ve üst kısımlarında çekme ve eğilmeden dolayı zor farkedilebilen deformasyonlar mevcuttur. PLA ve ABS bisküvi birleştirme elemanlarının kırılmaması; yüzeyinin pürüzsüz olması konstrüksiyon malzemesi ile arasındaki bağ kuvvetinin zayıflaması neticesinde kolaylıkla yüzeyden ayrıldığı düşünülmektedir.

4. Tartışma ve Sonuçlar

Bu çalışmada, MDF-lam malzemede, ahşap esaslı bisküvi ve 3-D yazıcıdan FDM yöntemiyle üretilmiş bisküvi tipi birleştirme elemanları ile hazırlanan L-tipi köşe birleştirmelerin eğilme çekme momenti ve eğilmede basınç momenti değerleri üzerine etkileri belirlenmiştir.

FDM yöntemiyle ABS ve PLA termoplastik malzemelerden üretilen bisküvi birleştirme elemanlarının çekme momenti değerlerinin, basınç momenti değerlerinden daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir.

Ahşap esaslı bisküvi birleştirme elemanın 3-D yazıcı ile FDM yöntemiyle PLA ve ABS termoplastik malzemelerden üretilen bisküvi birleştirme elemanlarından hem çekme momenti hemde basınç momenti değerleri daha yüksek çıkmıştır. Bu değerlerin yüksek çıkmasının sebebi tutkalın ahşap malzemenin içerisine nüfuz ederek adhezyon bağ kuvvetinin artması neticesinde olduğu düşünülmektedir. Öncelik ahşap bisküvi birleştirme elemanı olmak üzere, PLA ve ABS bisküvi birleştirme elemanlarında alternatif birleştirme elemanı olarak kullanılabilir.

Çalışmada, ahşap esaslı bisküvi elemanın konstrüksiyonda güçlü bir bağ oluşturduğu ve bu nedenle değerlerin yüksek çıktığı ve konstrüksiyon içerisinde kırıldığı, PLA ve ABS bisküvi elemanlarının ise konstrüksiyon içerisinde kırılmadığı ama basit deformasyonların olduğu, ahşap esaslı bisküvi birleştirme elemanına oranla moment taşıma kapasitelerinin düşük olduğu, düşük moment taşımasının esas nedenin yüzeylerin pürüzsüz olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Üç boyutlu yazıcılardan farklı yüzey pürüzlülüğe sahip elemanlar üretilerek bu konu ile ilgili bir çalışma yapılması önerilebilir.

Üç boyutlu yazıcıdan üretilen bisküvi elemanları karşılaştırıldığında; basınç deneyinde PLA malzemesinde elde edilen bisküvi birleştirme elemanın, ABS malzemesinden elde edilen bisküvi birleştirme elemanından daha iyi performans gösterdiği, çekme deneyinde ise ABS malzemesinde elde edilen bisküvi birleştirme elemanın, PLA malzemesinden elde edilen bisküvi birleştirme elemanından daha iyi performans gösterdiği görülmektedir.

Kaygusuz ve Özerinç (2018) yaptıkları bir çalışmada EYM yöntemiyle PLA basımında, nozul sıcaklığı ve dolgu yoğunluğu parametrelerinin malzemenin içyapısına ve mekanik özelliklere etkisini incelenmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre; %20'lik dolgu yoğunluğuna sahip numuneler, %100 yoğunluktaki numunelerin %50'sine varan bir dayanım sağladıkları tespit edilmiştir. Yüksek üretim hızı ve düşük ağırlık gerektiren uygulamalarda düşük dolgu yoğunluğu sahip malzemeleri avantaj sağladığı, yüksek darbe dayanımı ve sünekliğin önem taşıdığı durumlarda

ise yüksek dolgu yoğunluğunun tercih edilmesi önerilmektedir.

Üç boyutlu yazıcı kullanılarak 3 farklı hücre boyutu ve 3 farklı hücre yüksekliğinde üretilen bal peteği yapılı sandviç kompozitlerin basma kuvveti etkisi altındaki davranışlarının incelendiği bir çalışmada; En yüksek kritik burkulma yükünün 7 mm hücre boyutu ve 25 mm hücre yüksekliğine sahip PLA termoplastik petek yapılı kompozit numunede, en düşük kritik burkulma yükünün ise 25 mm hücre boyutu ve 40 mm hücre yüksekliğine sahip ABS termoplastik petek yapılı kompozit numunede elde edildiği bildirilmiştir (Solmaz ve Çelik, 2018).

İşletmeler, 3B yazıcılar sayesinde karmaşık parçaların dizaynını çok daha kısa sürede gerçekleştirebilirler (Selko, 2015). 3B olarak yazdırılmış nesnelere daha karmaşık olabilirler ve hem dizaynı hem de üretimin dijitalleşmesini sağlarlar. Bu dijitalleşme büyük olasılıkla dizaynırların isteklerini geleneksel metodlara göre daha fazla nihayi ürünlere yansıtması anlamına gelir aynı zamanda parçaların karmaşıklığını da azaltarak maliyetleri düşürürler (Mackley, 2014). 3B yazıcı ile üretim, tedarik zinciri ile yüksek derecede bütünleşmiş olan geleneksel üretim sistemlerinin aksine, ihtiyaç duyulan doğru parçaların doğru zamanda birden fazla tedarikçiden temin edilmesini sağlar (Mashhadi vd., 2015).

Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin farklı üretim yöntemi ve farklı malzemeler üzerinde denemesi mobilya endüstrisinde; tasarım, prototip (modelleme) ve üretim aşamalarını kolaylaştıracağını ve üretimde sorunlarının giderilmesinde önemli rol oynayacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- ASTM D 1037-06a, 2006. Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Aydın, A. ve Kahraman, F., 2018. 3B Baskı Teknolojisi Kullanılarak Hızlı Prototipleme Yapımı ve Nesnelere Üretimi, 6th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, Antalya, Turkey, s.419-428.
- Campbell, T., Williams, C., Ivanova, O., Garrett, B., 2011. Could 3D Printing Change the World? Technologies, Potential, and Implications of Additive Manufacturing, Strategic Foresight

Report, The Atlantic Council of the United States, Washington, USA, 17p.

Report, Atlantic Council, Ideas. Influence. Impact. <http://www.atlanticcouncil.org/publications/reports/could-3d-printing-change-the-world>. son erişim tarihi: 13.10.2016.

Hacıoğlu, H.S., Eraslan, F. ve Şimşek, Y., 2016. ABBAS V1 Üç Boyutlu Yazıcı Tasarımı, Sunumu ve Uygulamaları. Lisans Bitirme Tezi, Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Karabük, 86s.

Gökçe, H.C., Öteyaka, M.Ö. ve Yazar, I., 2018. Havacılık Alanında Eriyik Yığma Modelleme Uygulaması: Boeing 737- 800 Model Uçağın 3 Boyutlu Ölçekli Modellenmesi. International Journal Of 3d Printing Technologies And Digital Industry 2(3), 37-44.

Janssen, R., Blankers, I., Moolenburgh, E. ve Posthumus, B., 2014. TNO: The Impact of 3D Printing on Supply Chain Management. TNO Innovation for Life, <http://3din.nl/wpcontent/uploads/2014/02/TNO-Whitepaper-3-D-Printing-and-Supply-Chain-Management-April2014-web.pdf>.

Karagöl, B., 2015. 3D Printing: What does it offer and for whom? Science And Technology Policies Research Center, Metu-Tekpol. Working Paper Series; 15,1-17.

Karaman, A., Sofuoğlu, S.D. ve Yeşil, H., 2020. L Tipi Demonte Mobilya Köşe Birleştirmelerde Bağlantı Elemanlarının Eğilme Momenti Üzerine Etkilerinin Araştırılması. Turkish Journal of Forestry, 21(2), 159-165.

Karaman, A., 2020. The Effect of Fastener Type (Clamex P14 and Tenso P14) and Adhesive Type on Diagonal Compression and Diagonal Tension Performance. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 22(1), 144-152.

Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K.T.Q. ve Hui, D., 2018. Additive Manufacturing (3D printing): A Review of Materials, Methods, Applications and Challenges. Composites Part B Engineering, 143,172- 196.

Kaygusuz B. ve Özerinç, S., 2018. 3 Boyutlu Yazıcı ile Üretilen PLA Bazlı Yapıların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. Makina ve İmalat Dergisi, 16 (1),1-6.

Kietzmann, J., Pitt, L. ve Berthon, P., 2015. Disruptions, Decisions, and Destinations: Enter the Age of 3-D Printing and Additive manufacturing. Marketing & Technology, Business Horizons, 58, 20-215.

- Kruth, J.P., Leu, M.C. ve Nakagawa, T., 1998. Progress in Additive Manufacturing and Rapid Prototyping. Keynote Papers, 47(2), 525-540.
- Laureijs R.E., Roca, J.B., Narra, S.P., Montgomery, C., Beuth, J.L. ve Fuchs, E.R.H., 2017. Metal Additive Manufacturing: Cost Competitive Beyond Low Volumes. Journal of Manufacturing Science and Engineering, 139 (8), 1-9.
- Mackley, C.J., 2014. Reducing Costs and Increasing Productivity in Ship Maintenance Using Product Lifecycle Management, 3D Laser Scanning, and 3D Printing. Naval Postgraduate School Thesis, Monterey, California.
- Mashhadi, A.R., Esmaeillian, B. ve Behdad, S., 2015. Impact of Additive Manufacturing Adoption on Future of Supply Chains. Proceeding of the ASME 2015 International Manufacturing Science and Engineering Conference, June 8-12, Charlotte, North Carolina, USA.
- Troselj, M., 2014. The Impact of 3D Printing, MHD Supply Chain Solutions, May / June. Uzayda 3B yazıcılar, https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/3DPrinting1.JPG, son erişim: 02.12.2016.
- Thompson, M.K., Moroni, G., Vaneker, T., Fadel, G., Campbell, I., Gibson, I., Bernard, A., Schulz, J., Graf, P., Ahuja, B. ve Martina, F., 2016. Design for Additive Manufacturing: Trends, Opportunities, Considerations, and Constraints. CIRP Annals, 65,737–760.
- Selko, A., 2015. 3-D Technology Shrinks the Supply Chain. Material Handling & Logistics, 1820. <http://mhlnews.com/technology-automation/3-d-technology-shrinks-supply-chain>.
- Solmaz, M.Y. ve Çelik, E., 2018. 3 Boyutlu Yazıcı Kullanılarak Üretilen Bal Peteği Sandviç Kompozitlerin Basma Yükü Altındaki Performanslarının Araştırılması. Science and Eng. J of Firat University. 30(1), 277-286.
- URL-1,www.stlindir.com/fdm-teknolojisi-nedir. 09.09.2019.
- URL-2,www.artiboyut.com/index.php/tr/bilgi-bankasi/39-3d-yazici-filament-ozellikleri. 15 Aralık 2019.
- URL-3,www.romabant.com/tr/mobilya-tutkallari/33/ 25 Kasım 2019.
- Yıldırım, M.N., Doruk, Ş. ve Karaman, A., 2019. 3D Yazıcıda Üretilmiş Kavela Bağlantı Elemanının L Tipi Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Kullanımı, 3rd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT 2019), October 2019, Ankara, Turkey, s.174-177.
- Yıldırım, M.N., Karaman, A. ve Doruk, Ş., 2019. 3D Yazıcıda Üretilmiş “T” Tipi Bağlantı Elemanlarının Mobilya Köşe Birleştirmelerinde Kullanımı, 3rd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT 2019), October 2019, Ankara, Turkey, s.169-173.