

## Yerli ağaç türlerinden üretilen CLT duvarların yanal yük altındaki performansı

Abdullah Uğur Birinci<sup>a,\*</sup>, Hasan Öztürk<sup>b</sup>, Aydın Demir<sup>a</sup>

**Özet:** Çapraz Lamine Ahşap (CLT)' nin dünyada kullanımı özellikle inşaat sektörüne sunduğu pek çok avantaj ve diğer birçok ahşap malzemede olduğu gibi olumlu çevre etkilerinden dolayı hızla gelişmektedir. Ayrıca CLT yapılarda deprem etkisi anında etkili olan bir yanal yük direnç sistemi oluşturulabilmekte ve çok sayıda küçük bağlantılarla yapının sünekliği artırılabilir. Literatürde; ağaç türü, tutkallama şekli ve duvar kalınlıkları gibi değişkenlerin CLT duvarların yapısal davranışları üzerinde etkili oldukları belirtilmiştir. Bu çalışmada, yerli ağaç türlerinden üretilen CLT duvarların yanal yük altındaki yatay deformasyon miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bununla birlikte CLT duvarların üretiminde kullanılacak bazı değişkenlerin yatay deformasyon miktarları üzerine etkileri de ortaya konulmuştur. Farklı ağaç türü (sarıçam ve ladin), tutkallama şekli (yüzey, yüzey+kenar) ve duvar kalınlığı (75-150 mm) kullanılarak oluşturulan CLT duvarların yanal yük altındaki yatay deformasyonları ASTM E 72 standardına göre belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda, ladin ağaç türünden üretilen CLT duvarların, sarıçam ile üretilen gruplara göre %8,47 daha yüksek deformasyon değerleri verdiği görülmüştür. Bununla birlikte, 150 mm kalınlığında üretilen duvarların 75 mm olarak üretilen CLT duvar gruplarına göre %43,32 daha yüksek yatay deformasyon değerleri verdiği tespit edilmiştir. Tutkallama şekline göre ise yüzey+kenar olarak üretilen CLT duvarların, sadece kenarları tutkallananlara göre %3,76 daha yüksek yatay deformasyon değerleri verdiği görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** CLT Duvar, Yatay deformasyon, Ağaç türü, Tutkallama şekli, Duvar kalınlığı

## Performance under lateral load of CLT walls produced from native wood species

**Abstract:** The use of CLT in the world is developing rapidly, especially due to the many advantages it offers to construction sector and the positive environmental effects like many other wooden materials. In addition, a lateral load resistance system that is effective in earthquake effect can be created in CLT structures and ductility of the structure can be increased with many small connections. It has been stated in literature that variables such as wood species, gluing type and wall thickness influence the structural behaviour of CLT walls. In this study, it is aimed to determine the horizontal deformation under lateral load of CLT walls produced from native wood species. In addition, the effects of some variables to be used in the production of CLT walls on the horizontal deformation were also revealed. The horizontal deformations of the CLT walls, which were formed by using different wood species (scots pine and spruce), gluing method (surface, surface + edge) and wall thickness (75 - 150 mm), were determined according to ASTM E 72 standard. As a result of the study, it was observed that CLT walls produced from spruce wood gave 8.47% higher deformation values compared to the groups produced with scots pine. However, it was determined that the walls produced with a thickness of 150 mm gave 43.32% higher horizontal deformation values than the CLT wall groups produced as 75 mm. According to the glueing method, it was observed that CLT walls produced as surface + edge gave 3.76% higher horizontal deformation values than those with only edges glued.

**Keywords:** CLT wall, Horizontal deformation, Wood species, Gluing type, Wall thickness

### 1. Giriş

Ülkemizde meydana gelen 1999 yılındaki depremde çok sayıda can ve mal kaybından yaşanmasının ardından, deprem bilincinin artırılması ve depreme dayanıklı yapıların geliştirilmesine yönelik çalışmalara ağırlık verilmiş ve Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı 2012-2023 Deprem stratejisi ve eylem planında STRATEJİ B.1.3. başlığı altında depreme dayanıklı binaların tasarım, malzeme ve standartlarını içeren çalışmaların destekleneceğini açıklamıştır (Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı, 2013). Geçmişte deprem felaketleri nedeni ile pek çok can ve mal kayıpları yaşanan ülkemizde gelecekte

de olası depremler nedeniyle benzer kayıpları yaşamamak için ahşap yapılara yönelmek gerektiği belirtilmiştir (Demirkır, 2012). Doğançün vd. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada, Türkiye'de ahşap yapıların yaklaşık 45 yıl öncesine kadar yaygın bir şekilde inşa edildiği, fakat betonarme yapıların ortaya çıkması ve gelişmesi ile birlikte ABD, Kanada, Japonya ve Avustralya gibi ülkelerin aksine ülkemizde ahşap yapılardan uzaklaşıldığı belirtilmektedir.

Çapraz lamine ahşap (CLT), masif ahşap elemanların farklı katmanlarda her bir tabakasının birbirine dik olacak şekilde tutkallanarak belirli bir basınç altında preslenmesi ile üretilen, dayanıklılığı yüksek, boyutsal kararlılığa sahip ve rijit elemanlar olarak tanımlanan yeni nesil bir ahşap yapı

✉ <sup>a</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

<sup>b</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi, Arsin Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojisi Bölümü, Trabzon, Türkiye

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): ugurbirinci@ktu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 05.05.2021, **Accepted** (Kabul tarihi): 05.08.2021



**Citation** (Atıf): Birinci, A.U., Öztürk, H., Demir, A., 2021. Yerli ağaç türlerinden üretilen CLT duvarların yanal yük altındaki performansı. Turkish Journal of Forestry, 22(3): 318-322. DOI: [10.18182/tjf.932889](https://doi.org/10.18182/tjf.932889)

malzemesidir. Büyük boyutları, yük taşıma kapasiteleri, kolay kullanımı ve çok yönlü uygulanabilirliği sayesinde CLT elemanlar, yapılarda daha büyük ahşap malzemelerin kullanılmasına olanak sağlamakla birlikte farklı tasarımlar yapılmasına imkân da vermektedir. CLT malzemelerin Avrupa ve Amerika'da talep oranının; depreme ve yanmaya karşı gösterdiği üstün performans, direnç özelliklerinin yüksek olmasının yanında sürdürülebilir, doğal, enerji etkin ve çevreye duyarlı bir ürün olması nedeniyle hızla arttığı ifade edilmektedir (Schwarzmann vd., 2018). CLT'nin sağladığı avantajlar, uygulama alanlarını, tek katlı binalardan çok katlı konut binalarına, çok katlı kamu binalar, endüstriyel ve ticari binalara ve hatta köprü yapılarına kadar genişletmektedir (Wieruszewski ve Mazela, 2017).

CLT duvar panellerinin dinamik yüklere de dayanıklı olduğu Avrupa'da yapılan birçok test ile kanıtlanmış ve CLT depreme karşı dayanıklı bir malzeme olarak nitelendirilmiştir (Ceccotti vd., 2010). Son yıllarda ahşap yapı sektöründe, CLT paneller ile inşa edilen üç ve yedi katlı yapılar üzerine yapılan tam ölçekli bir sallama (sarsma) masası çalışmasında yapıların önemli bir hasar olmaksızın birkaç güçlü depreme dayanabildiği bildirilmiştir (Ceccotti, 2008; Quenneville ve Morris, 2007). Bazı araştırmacılar tarafından CLT tabanlı yapıların yanal kuvvetler altında iyi performans gösterdiği ve aynı zamanda çok sayıda küçük bağlantısından dolayı sünekliliğinin olduğu öne sürülmüştür (Winter vd., 2010). İtalya'daki Trees and Timber Institute tarafından gerçekleştirilen dikkat çekici bir deneyde, Japonya'daki dünyanın en büyük sallama masası testi yedi katlı bir CLT binası üzerinde test edilmiştir (Popovski vd., 2010). Şiddetli bir deprem simülasyonuna maruz kalan (Richter ölçeğinde 7,2 büyüklüğünde) yapının, testten sonra maksimum 6,35 cm kolonlar arası sürüklenme ve 30,48 cm maksimum yanal deformasyona sahip olduğu gözlemlenmiştir. Araştırmacılar, yapıya verilen zararın "ihmal edilebilir" olduğu sonucuna varmışlardır. Hristovski vd. (2012) tarafından yapılan başka bir deneyde, CLT birleşimlerinin sismik kuvvetler altındaki davranışını tahmin etmek için geliştirilen bilgisayar modelini doğrulamak adına bir CLT bina prototipi üzerinde tam ölçekli bir sallama masası testi gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, sabitleme sistemlerinin sismik koşullar altında uygun olan sismik enerjiyi dağıtmaya yardımcı olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmada, yerli ağaç türlerinden üretilmiş olan CLT duvarların statik yanal yük altındaki yatay deformasyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Belirlenen amaca ulaşmak için CLT duvarların yatay deformasyon miktarları üzerine ağaç türü, tutkallama şekli ve CLT duvar kalınlıklarının etkileri incelenmiştir.

## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Materyal ve CLT üretimi

Bu çalışmada ağaç türleri olarak Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yerel bir işletmeden temin edilen ve yapı sektöründe yaygın olarak tercih edilen sarıçam (*Pinus sylvestris*) ve doğu ladini (*Picea orientalis* L.) kullanılmıştır. Bu ağaç türlerinden iki farklı kalınlıkta (25-50 mm) keresteler temin edilmiştir. Çalışma kapsamında tutkal türü olarak Avrupa'da CLT üretiminde yaygın olarak tercih edilen poliüretan tutkalı (PUR) kullanılmıştır.

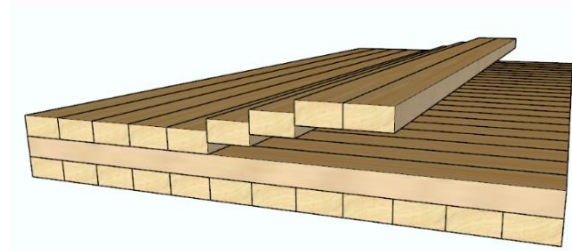
CLT panellerin üretiminde, genişlikleri 100 mm ve kalınlıkları 25 ile 50 mm olan keresteler kullanılmıştır. 2,4x2,4 m ebatlarındaki 3 tabakalı CLT panellerin üretimi için, her ağaç türünden yeterli sayıda planyalanmış keresteler seçilmiştir. CLT üretiminde  $12 \pm 3$  kereste rutubeti, ürünün yapıştırılması sırasında doğru bağ kalitesini sağlaması açısından tercih edilmiştir.

Tutkallama işleminde, optimum şartları belirlemek adına iki farklı tutkallama işlemi yapılmıştır. İlk işlemde, keresteler kalınlıkları ve genişlikleri yönünde tutkallanmış olup, diğer yöntemde ise keresteler sadece genişlikleri yönünde tutkallama işlemine tabi tutulmuştur. Bir katman yüzeyine 160 g/m<sup>2</sup> olacak şekilde tutkal çözeltisi sürülmüştür.

Üretilen CLT panellerde taslak hazırlama işlemi kontrplak üretiminde olduğu gibi, tabakaların birbirine dik olacak şekilde yerleştirilmesiyle yapılmış olup, tek fark olarak her bir tabakada birden fazla kereste kullanılmıştır. Taslak oluşturma esnasında bir tabakada kullanılan teğet yönde kesilmiş kerestelerin enine kesitlerindeki yıllık halka yönü dikkate alınarak, üretilen malzemenin en az çalışmasını sağlayacak şekilde, 3 tabakalı taslaklar oluşturulmuştur. CLT panellere ait taslak şablonu ve kerestelerin enine kesitlerindeki yıllık halka yönü Şekil 1'de verilmiştir.

Üç tabakalı CLT panel taslaklarının preslenmesinde; kereste parçaları arasındaki boşluğu en aza indirebilmek için dikey presleme ile beraber 0,276 - 0,550 N/mm<sup>2</sup> arasında yan presleme yapabilen bir hidrolik lamine ahşap presi kullanılmıştır. Presleme işleminde soğuk pres uygulanmış ve pres basıncı olarak 0,8 N/mm<sup>2</sup> seçilmiştir. Presleme süresi, kullanılan poliüretan tutkalında önerilen süreler doğrultusunda, ortamın sıcaklığına göre 40 dk olarak belirlenmiştir. Presleme işleminden sonra CLT paneller 2,4 x 2,4 m boyutlarında ebatlanmıştır.

Çalışma kapsamında 2 farklı ağaç türü, 2 farklı kereste kalınlığı ve 2 farklı tutkallama yöntemi kullanılarak, 8 CLT Panel grubu oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında oluşturulan gruplar Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 1. CLT panel taslağı ve kerestelerin enine kesitlerindeki yıllık halka yönü

Çizelge 1. Çalışma kapsamında oluşturulan test grupları

Grup no	Ağaç türü	Tutkallama şekli	Duvar kalınlığı (mm)
1	Sarıçam	Yüzey	75
2			150
3		Yüzey+Kenar Tutkallı	75
4			150
5	Ladin	Yüzey	75
6			150
7		Yüzey+Kenar Tutkallı	75
8			150

Çalışma kapsamında oluşturulan CLT duvarların yanıl yük altındaki dayanımlarının analizi Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü pilot tesisinde ASTM E 72 (2014) standardına göre 20 Ton Kapasiteli Servo Hidro Yükleme Sistemi kullanılarak doğrusal yük altında gerçekleştirilmiştir. CLT duvarlara 3,5 7,0 ve 10,5 kN'lık yükler sırasıyla uygulanarak geri çekilmiştir. Daha sonra, duvar başarısızlığa uğrayana kadar veya toplam yer değiştirme miktarı 100 mm olana kadar maksimum yükleme yapılmıştır. Her aşamada, perde duvarlarda meydana gelen yer değiştirmeler 4 ayrı noktadan LVDT (Doğrusal Değişken Diferansiyel Transformatörler)'ler ile hesaplanmıştır (Şekil 2).

Analizler sonucunda maksimum yüke ulaşan duvarların yatay deformasyonları ( $\Delta_h$ ), maksimum yükte ölçülen LVDT'lerin yer değiştirme miktarlarına bağlı olarak aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\Delta_h = \Delta_1 - \Delta_2 - (\Delta_3 - \Delta_4) \text{ mm} \quad (1)$$

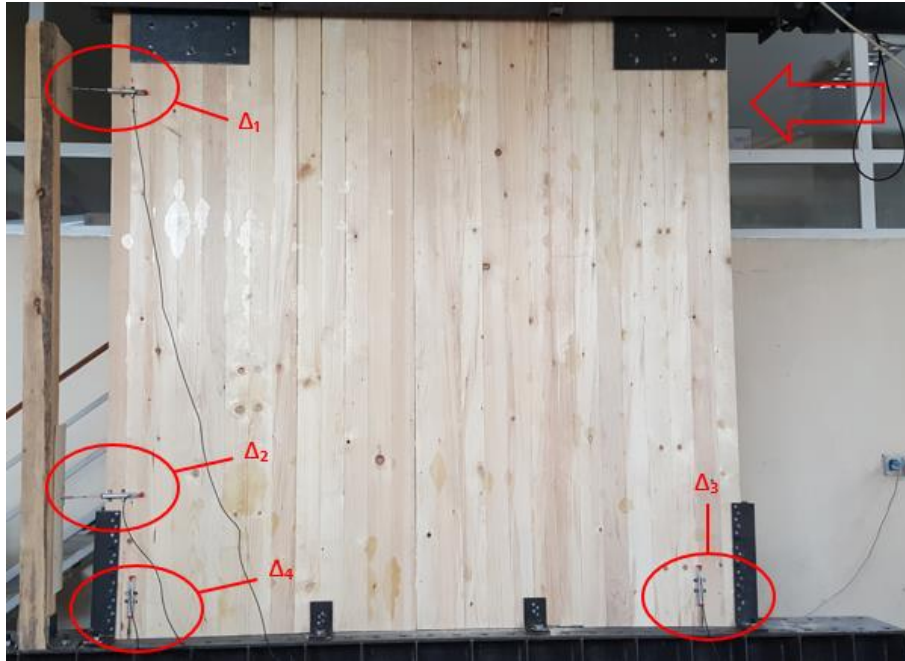
### 3. Bulgular ve tartışma

Çalışma kapsamında oluşturulan CLT duvar modellerinin maksimum yüke ulaştıktan sonraki LVDT ölçümleri ve hesaplanan yatay deformasyonları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2'de  $\Delta_4$  olarak konumlandırılan LVDT'nin diğerlerinden farklı olarak negatif değer verdiği görülmektedir. Bunun sebebi, CLT duvarların son yük esnasında göstermiş oldukları deformasyon şeklindedir. Şekil 3'te görüldüğü gibi birleşme yerlerinden farklı düzlemlere doğru hareket eden CLT duvarların üzerlerindeki LVDT'lerde birbirinden farklı işarette değerler vermiştir. Deney sonunda hesaplanan toplam yatay deformasyonlarda da bunlara bağlı olarak, negatif sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlarda, negatif değer veren CLT duvarların toplam yatay deformasyon değerlerinin dikey yöndeki deformasyonlara göre daha düşük olduğunu belirlenmiştir.

Çizelge 2. CLT duvarların LVDT ölçümleri ve yatay deformasyon miktarları (mm)

Grup No	$\Delta_1$	$\Delta_2$	$\Delta_3$	$\Delta_4$	$\Delta_h$
1	33,14	9,25	25,9	-5,62	-7,63
2	26,43	16,09	18,37	-6,26	-14,29
3	40,73	21,52	25,05	-6,31	-12,15
4	54,90	23,40	23,40	0	8,10
5	49,78	28,56	35,61	-0,94	-15,33
6	56,55	20,74	23,75	-4,17	7,89
7	20,69	5,82	11,41	-2,44	1,02
8	61,03	18,26	22,04	-0,77	19,96



Şekil 2. CLT duvarın LVDT ölçüm noktaları



Şekil 3. CLT duvarların maksimum yükte meydana gelen deformasyonları

ASTM E 72 (2014) standardına göre yatay yük altında CLT duvarlarda meydana gelen yatay deformasyonlara ait Çizelge 2'deki sonuçlar incelendiğinde, Sarıçam kerestelerinden üretilen CLT duvarlar için, yüzey+kenar tutkallı ve 150 mm kalınlığında olan duvar grubunun (Grup 4) en yüksek yatay deformasyon değerlerini verdiği tespit edilmiştir. Ladin kerestelerinden üretilen CLT duvarlar için ise yüzey+kenar tutkallı 150 mm kalınlığında olan duvar grubunun (Grup 8) en yüksek yatay deformasyon değerlerini verdiği tespit edilmiştir. En düşük yatay deformasyon değerlerine, sarıçam ağaç türü kerestelerinden yüzey tutkallı 150 mm kalınlığında olan duvar grubunda (Grup 2), ladin ağaç türü kerestelerinden ise yüzey tutkallı 75 mm kalınlığında olan duvar grubunda (Grup 5) ulaşılmıştır.

Yükler altında yapının stabil kalma yeteneği olarak tanımlanan rijitlik, yapılarda dayanıklılığı etkileyen önemli faktörlerden biri olarak bilinmektedir. Çalışmadan elde edilen sonuçlarda düşük yatay deformasyon değerlerinin süneklik açısından kötü bir durum gibi görünse de yapının rijitlik açısından daha başarılı olduğu sonucu da çıkarılabilmektedir.

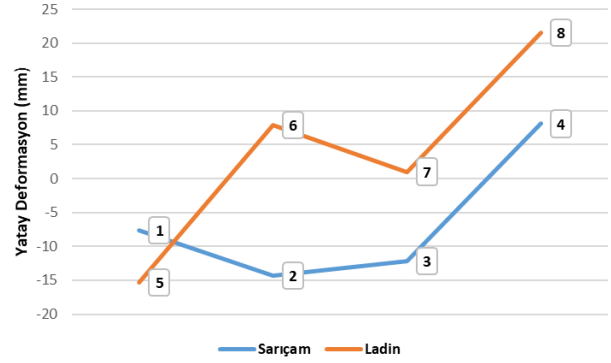
CLT duvarların oluşturulmasında göz önünde bulundurulmuş değişkenlerin (ağaç türü, duvar kalınlığı ve tutkallama şekli) yatay deformasyon miktarı üzerine etkilerinin daha iyi görülebilmesi için sonuçlar grafiksel olarak Şekil 4-5-6'da verilmiştir.

CLT duvarların yatay deformasyon miktarlarının ağaç türlerine göre değişimleri incelendiğinde, ladinden üretilen CLT duvarların, sarıçam ile üretilen gruplara göre daha yüksek deformasyon değerleri verdiği görülmüştür. Tabakalı ağaç malzemelerin üretiminde kullanılan ağaç türlerinin yoğunlukları levhaların teknolojik özellikleri üzerinde etkili olduğu bilinmektedir (Demirkır, 2012). Literatürde sarıçam odununun ( $0,49 \text{ g/cm}^3$ ) yoğunluğunun ladinden ( $0,43 \text{ g/cm}^3$ ) daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Bozkurt ve Erdin, 1992). Buna bağlı olarak yoğunluğu yüksek olan sarıçamdan üretilen CLT duvar yoğunluklarının da yüksek olması beklenmektedir. Yoğunlukları yüksek olan tabakalı ağaç malzemelerin eğilme direnci gibi mekanik özellikleri de yüksek olmaktadır (Bal ve Bektaş, 2013). Ayrıca CLT'nin yanall yük direncine ağaç türünün etkisi üzerine yapılan bir çalışmada; yoğunluğu yüksek ağaç türü ile üretilen CLT duvarların yoğunluğu düşük olan ağaç türü ile üretilen CLT duvarlara kıyasla daha düşük süneklik oranına sahip olduğu belirtilmiştir (Tran ve Jeong, 2021). Sarıçam CLT duvarların daha az deformasyona uğramasını bu durum açıklamaktadır.

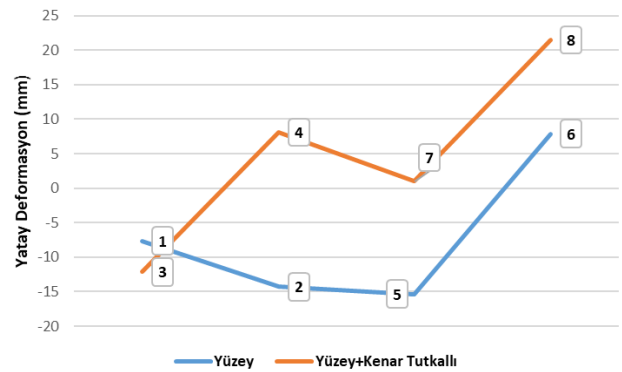
Tutkallama şekline göre sonuçlar incelendiğinde hem yüzeyleri hem de kenarları tutkallanan kerestelerle üretilen CLT duvarların, sadece kenarları tutkallananlara göre daha yüksek yatay deformasyon değerleri verdiği görülmüştür.

CLT duvar kalınlıklarına göre sonuçlar incelendiğinde ladin kerestelerden yüzey tutkallı 75mm kalınlığında olan duvar grubunun (Grup 5) en düşük yatay deformasyon değerlerini verdiği tespit edilmiştir. Ladin kerestelerden yüzey+kenar tutkallı 150mm kalınlığında olan duvar grubunun (Grup 8) en yüksek yatay deformasyon değerlerini verdiği tespit edilmiştir. Christovasilis vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, CLT paneller üzerinde farklı teoriler kullanılarak mekanik direnç testleri yapılmıştır. Bu testlerden elastikiyet modülü değerlerinde, tüm teorilere göre yapılan testlerde kalınlık artışıyla birlikte azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. O'Ceallaigh vd. (2018)

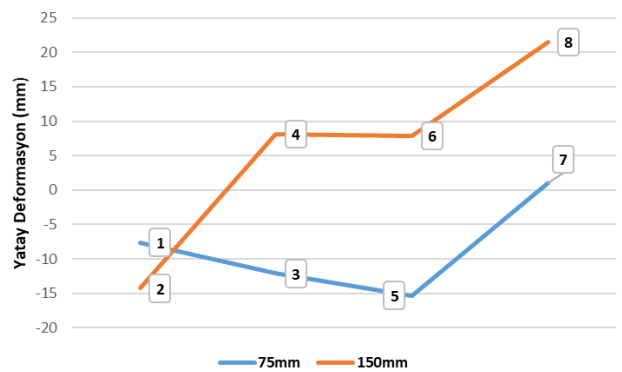
tarafından yapılan bir başka çalışmada da kalınlık artıka mekanik direnç özelliklerinde azalma meydana geldiği belirtilmiştir. Bu çalışmada, genel olarak bakıldığında CLT duvarların kalınlıkları arttığında literatürde de bahsedildiği gibi mekanik direnç özelliklerine bağlı olarak yanall deformasyon değerlerinin artması beklenen bir durumdur.



Şekil 4. CLT duvarların yatay deformasyonları üzerine ağaç türünün etkileri



Şekil 5. CLT duvarların yatay deformasyonları üzerine tutkallama şeklinin etkileri



\*Model numaralarını göstermektedir.

Şekil 6. CLT duvarların yatay deformasyonları üzerine duvar kalınlığının etkileri

#### 4. Sonuç

Bu çalışma ile ülkemiz Doğu Karadeniz Bölgesinde yetişen yerli ağaç türlerinden üretilen CLT duvarların yanal yük altındaki yatay deformasyonları belirlenmeye çalışılmıştır. CLT duvarların yanal deformasyon analizlerinden elde edilen sonuçlara göre;

1. Sarıçam kerestelerden üretilen CLT duvarlar arasında en yüksek süneklik özelliğine 4 numaralı test grubunun (Duvar kalınlığı 75mm, tutkallama şekli yüzey+kenar) sahip olduğu görüldüğü,
2. Ladin CLT duvarlarda ise en yüksek sünekliği 8 numaralı test grubunun (Duvar kalınlığı 150mm, tutkallama şekli yüzey+kenar) verdiği görülmüştür.

CLT duvarların üretimi esnasında belirlenen parametrelerin yatay deformasyona etkileri incelendiğinde,

1. Kalınlık artışı etkisi incelendiğinde; 150mm olarak üretilen CLT duvarların 75mm olarak üretilen gruba göre %43,32 daha fazla yatay deformasyona uğradığı tespit edilmiştir.
2. Tutkallama şekline göre yüzey+kenar tutkallı olarak üretilen CLT duvarların sadece yüzey tutkallı olarak üretilen CLT duvarlara oranla %3,76 daha fazla yatay deformasyona uğradığı tespit edilmiştir.
3. Ağaç türü olarak bakıldığında ladin CLT duvarların, sarıçamdan üretilen CLT duvarlara oranla %8,47 daha fazla yatay deformasyona uğradığı tespit edilmiştir.

Deprem esnasında yapılarda oluşacak kuvvetlere yapının dayanımı ve sünekliği sayesinde karşı koyabilmektedir. Yapının deprem etkisine güvenli şekilde karşı koyabilmesinde süneklik büyük önem arz etmektedir. Deprem esnasında yapının yeterli seviyede sünekliği olmamasının yapının göçmesine sebep olmaktadır. Bu yüzden depreme dayanıklı yapı tasarımında belli kriterler göz önüne alınarak yeterli seviyede yapıya süneklik kazandırılmalıdır. CLT duvarların yüksek deformasyonlara uğraması özellikle deprem gibi ani yanal yüklemelere karşı oldukça avantajlı bir durum olup yapıya yüksek süneklik özelliği katmaktadır. Bu çalışmanın sonuçlarından faydalanılarak ahşap yapı sektöründe yapının süneklik ihtiyacına göre en uygun CLT duvar tasarlanabilir ve üreticilere kolaylık sağlanabilir. Deprem anındaki panellerin deformasyonları dikkate alındığında CLT üretiminde ağaç türü olarak ladin kerestelerin kullanımı sarıçama göre daha fazla önerilmektedir. Tutkallama şekli olarak yüzey+kenar tutkallı şekilde üretilen CLT duvarlar sadece yüzey tutkallı olarak üretilenlere göre daha fazla önerilmektedir. Duvar kalınlığı olarak ise 150 mm kalınlığında üretilen CLT duvarlar, 75 mm olarak üretilen duvarlara göre daha fazla önerilmektedir.

#### Açıklama

Yazarlar 2170081 nolu proje için sağladığı finansal destek için Türk Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) teşekkürü bir borç bilir.

#### Kaynakça

- ASTM E 72, 2014. Standard Test Methods of Conducting Strength Tests of Panels for Building Construction, West Conshohocken, A, United States.
- Bal, B., C., Bektaş, I., 2013. Okalipüt, Kayın ve Kavak Kaplamalarından Üretilen Kontrplakların Eğilme Özellikleri, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 13, 2, 175-181.
- Bozkurt, A., Y., Erdin, N., 1992. Odun Anatomisi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 415.
- Ceccotti, A., Sandhaas, C., Yasumura, M., 2010. Seismic Behaviour of Multistorey Cross-laminated Timber Buildings, International Convention of Society of Wood Science and Technology, Geneva, Switzerland
- Ceccotti, A., 2008. New technologies for construction of medium-rise buildings in seismic regions: the XLAM case. Structural Engineering International, 18(2), 156-165.
- Christovasilis, I. P., Brunetti, M., Follesa, M., Nocetti, M., Vassallo, D., 2016. Evaluation of the mechanical properties of cross laminated timber with elementary beam theories. Construction and Building Materials, 122, 202-213.
- Demirkir, C., 2012. Çam Türlerinden Elde Edilen Kaplamaların Yapı Maksatlı Kontrplak Üretiminde Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Doğangün, A., Livaoglu, R., Tuluk, Ö.İ., Acar, R., 2005. Geleneksel Ahşap Yapıların Deprem Performansları, Deprem Sempozyumu, Mart, Kocaeli, Bildiriler kitabı, 797-799.
- Hristovski, V., Dujic, B., Stojmanovska, M. and Mircevaska, V., 2012. Full-scale shakingtable tests of XLam panel systems and numerical verification: specimen 1. J. Struct. Eng. 139, 11, 2010-2018.
- O'Cealligh, C., Sikora, K., Harte, A., 2018. The influence of panel lay-up on the characteristic bending and rolling shear strength of CLT. Buildings, 8, 9, 114.
- Popovski, M., Schneider, J., Schweinsteiger, M., 2010. Lateral load resistance of cross-laminated wood panels. In World Conference on Timber Engineering, 20-24.
- Quenneville, P., Morris, H., 2007. Japan Kobe earthquake shake table simulation-The earthquake performance of multi-storey cross laminated timber buildings. New Zealand Timber Design Journal, 15(4), 3-8.
- Schwarzmann, G., Hansen, E., Berger, G., 2018. Cross-laminated timber in North America: What can we learn?. Bio Products Business, 81-91.
- Tran, D. K., Jeong, G. Y., 2021. Effects of wood species, connection system, and wall-support interface type on cyclic behaviors of cross-laminated timber (CLT) walls under lateral loads. Construction and Building Materials, 280, 122450.
- Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı. T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2012-2023. [https://www.afad.gov.tr/upload/Node/2403/files/udsep\\_140201\\_3\\_kitap.pdf](https://www.afad.gov.tr/upload/Node/2403/files/udsep_140201_3_kitap.pdf). 21.12.2016. Erişim: 03.05.2021.
- Wieruszewski, M., Mazela, B., 2017. Cross Laminated Timber (CLT) as an Alternative Form of Construction Wood, Drvna Industrija, 68, 4, 359-367.
- Winter, W., Tavoussi Tafreshi, K., Fadaei, A., Pixner, T., 2010. Development of wood based sustainable construction methods for high-rise buildings under lateral loading. High Rise Towers Tall Build. 1-8