

Perde duvarların yanıl yük dayanımı üzerine kaplama elemanı ve yalıtım malzemesinin etkisinin araştırılması

Duygu Yücesoy^a, Okan İlhan^a, Abdullah Uğur Birinci^{a,*}, Cenk Demirkır^a

Özet: Hafif karkas ahşap yapı sistemlerinde perde duvarlar; masif malzemenin genellikle kullanıldığı iskelet sistemi, kaplayıcı ya da örtücü eleman ve bağlantı elemanlarından oluşmaktadır. Kaplama elemanı olarak, deprem ve rüzgâr gibi yapının yer değiştirerek uğradığı yatay deformasyona direnç göstererek çökmesini engellediği için kontrplaklar kullanılmaktadır. Perde duvarın yapısal özelliklerini ve kontrplakların teknolojik özelliklerini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Ağaç türü, levha kalınlıkları, lif yönü, kusurlar, bağlantı elemanlarının türü, konumu ve aralarındaki mesafeler gibi faktörler, perde duvarın dayanıklılığı, mukavemeti ve yatay deformasyon miktarı üzerinde etkilidir. Bu faktörlerin bir araya gelmesi, perde duvarın genel performansını ve yatay deformasyon miktarını belirlemektedir. Bu çalışmada, yanıl yük altındaki perde duvarlardaki yatay deformasyon miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma, karaçam ve ladin ağaç türlerinden yapılan kontrplak kaplı perde duvarlarda yapısal ve teknolojik faktörlerin etkisini incelemektedir. Araştırmada, ağaç türü (karaçam ve ladin), kontrplak levha kalınlıkları, lif yönelimi (liflere dik ve paralel), kusurlar, bağlantı elemanı ölçüsü (6d ve 8d) gibi bir dizi değişken değerlendirilmektedir. Perde duvarlarda kullanılan yalıtım malzemeleri (Ekstrüde Polistiren (XPS), Ekspande Polistiren (EPS) gibi) de dikkate alınmış ve yanıl yük altındaki yatay deformasyon miktarları belirlenmiştir. Araştırma sonuçları, karaçam kontrplaklarla kaplanan perde duvarların genel olarak ladinlere göre daha fazla yatay deformasyona uğradığını ve liflere paralel olarak üretilen perde duvarların genellikle daha yüksek yatay deformasyon değerlerine sahip olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Kontrplak, Perde duvar, Yatay deformasyon

Investigation of the effect of cladding element and insulation material on lateral load resistance of shear walls

Abstract: Shear walls in lightweight carcass timber construction systems; The skeleton system, in which solid material is generally used, consists of covering or covering elements and fasteners. As a covering element, plywood is used because it resists the horizontal deformation of the structure, such as earthquake and wind, and prevents it from collapsing. There are many factors that affect the structural properties of the curtain wall and the technological properties of plywood. Factors such as wood type, board thicknesses, fiber direction, defects, type of fasteners, location and distances between them are effective on the durability, strength and amount of horizontal deformation of the shear wall. The combination of these factors determines the overall performance of the shear wall and the amount of horizontal deformation. In this study, it was aimed to determine the amount of horizontal deformation in shear walls under lateral load. The study examines the impact of structural and technological factors on plywood shear walls made of black pine and spruce wood species. The research evaluates a number of variables such as wood type (black pine and spruce), plywood board thicknesses, fiber orientation (perpendicular and parallel to the fibers), imperfections, fastener size (6d and 8d). Insulation materials used in shear walls (such as Extruded Polystyrene (XPS), Expanded Polystyrene (EPS)) were also taken into consideration and the amount of horizontal deformation under lateral load was. The results of the research showed that shear walls covered with black pine plywood generally undergo more horizontal deformation than spruce, and shear walls produced in parallel with the fibers generally have higher horizontal deformation values.

Keywords: Plywood, Shear wall, Horizontal deformation

1. Giriş

Depremler; doğal afetlerin en yıkıcı biçimlerinden birisi olup, yaşamlar, altyapılar ve halk sağlığını etkileyen en önemli doğa olaylarından birisidir (Ghamry vd., 2023; Mavrouli vd., 2023). Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizi de tehdit eden en önemli doğal afetler arasındadır (Özer ve Kuşak, 2021). 1999 yılında ülkemizde meydana gelen deprem, büyük bir can ve mal kaybına sebep olmuştur. Bu olayın ardından, deprem bilincinin artırılması ve depreme dayanıklı yapıların geliştirilmesi için çalışmalara büyük

önem verilmiştir. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2012-2023 Deprem Stratejisi ve Eylem Planı kapsamında, depreme dayanıklı binaların tasarımı, malzeme kullanımı ve standartlarıyla ilgili çalışmaları destekleme kararı alınmıştır. Bu plan, ulusal düzeyde depreme dayanıklı yapıların inşası ve geliştirilmesine yönelik çeşitli tedbirlerin ve yönergelerin belirlendiği bir stratejiyi içermektedir. Bu çalışmalar, özellikle deprem riski yüksek bölgelerde yaşayan insanların güvenliği ve yapıların dayanıklılığını artırmayı hedeflemektedir (AFAD, 2013). 6 Şubat 2023'te ülkemizde çok fazla can (resmi rakamlara göre 50 000'den fazla ölüm)

✉ ^a Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): ugurbirinci@ktu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 07.06.2023, **Accepted** (Kabul tarihi): 20.02.2024



Citation (Atf): Yücesoy, D., İlhan, O., Birinci, A.U., Demirkır, C., 2024. Perde duvarların yanıl yük dayanımı üzerine kaplama elemanı ve yalıtım malzemesinin etkisinin araştırılması. Turkish Journal of Forestry, 25(1): 64-70.
DOI: [10.18182/tjf.1310920](https://doi.org/10.18182/tjf.1310920)

ve mal kaybına sebep olan iki büyük deprem meydana gelmiştir (Jiang vd., 2023). Depremi etkisi alanı içinde kalan bölgede toplamda 2 618 697 bina bulunmakta ve Türkiye ekonomisi üzerindeki yükü yaklaşık 103,6 milyar dolar düzeyindedir (Akgül ve Etili, 2023). 6 Şubat 2023 Türkiye'nin Güney Bölgesi'nde meydana gelen depremde, bölgede betonarme taşıyıcı sisteme sahip yapıların %86,7'si binalardan %95,4'ü dairelerden, çelik taşıyıcı sisteme sahip yapıların %2,4'ü binalardan %0,4'ü dairelerden, yığma taşıyıcı sisteme sahip yapıların %3,5'i binalardan %1,3'ü dairelerden, prefabrik taşıyıcı sisteme sahip yapıların %3,6'sı binalardan %0,6'sı dairelerden ve ahşap, karma veya tanımlanamayan taşıyıcı sisteme sahip yapıların %3,9'u binalardan %2,3'ü dairelerden oluşmaktadır. Deprem sonunda 35 355 bina yıkılmış ve 179 786 bina ağır hasarlı olarak belirlenmiştir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023). Deprem bölgelerindeki binaların taşıyıcı özelliği betonarme ağırlıklı olup yüzdüelik dilimin büyük bir bölümünü karşılamaktadır. Ahşap taşıyıcı sisteme sahip binaların yüzdüelik kısmı çok küçük değerlerde kalmıştır. Fakat ABD, Kanada, Japonya ve Avustralya gibi deprem riski taşıyan ülkeler, ilerleyen teknoloji imkânlarından faydalanarak ahşap yapı inşasına devam etmişlerdir (Gezer vd., 2021).

Ülkemizde depremler sonucunda büyük can ve mal kayıpları yaşanmış ve bu nedenle gelecekte benzer kayıpların önlenmesi amacıyla ahşap yapılar tercih edilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Demirkır, 2012). Hafif çerçevesi ahşap yapılar, Kuzey Avrupa ve Kuzey Amerika'da düşük katlı konutlardan kamu binalarına, ticari ve endüstriyel yapılara kadar geniş bir alanda deprem ve rüzgâr gibi ani yanal yüklerle başa çıkabilme kabiliyetleri nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir (Liu vd., 2021). Fakat, ülkemizde ahşap yapılar çok eski bir tarihe sahip olmalarına rağmen terk edilmiştir. Son dönemde ise ahşap yapılar, inşaat sektöründe karbon ayak izini azaltmaya yönelik çabalara, deprem riskine, çevresel kayıplara, iklim değişikliği ile mücadeleye ve ahşap yapı endüstrisindeki teknolojik gelişmelere bağlı olarak önemli bir alternatif yapı malzemesi olarak yeniden değerlendirilmektedir. Ayrıca devlet desteklerindeki artış da ahşap yapıların tercih edilmesini teşvik etmektedir.

Deprem bölgesinde, sismik yükleri absorbe etmek ve büyük yer değiştirmeleri engellemek amacıyla perde duvarlar, taşıyıcı sistem olarak tercih edilmektedir (Garip ve Eren, 2022). Depreme dayanıklı yapı tasarımında tercih edilen perde duvarlar, deprem ve rüzgâr gibi yatay yüklerle başa çıkabilme yetenekleri nedeniyle yapısal taşıyıcı eleman olarak kullanılmaktadır (Değer vd., 2023). Perde duvarlarda deprem sonrası görülen hasarlar genellikle kesme, eğilme ve kayma hasarı şeklindedir. Perde duvarlar, çerçevelere yerleştirilen boyutsal kerestelerin kolon ve kiriş olarak kullanıldığı yapı sistemleridir. Bu çerçevelere çeşitli bağlantı elemanlarıyla monte edilen kontrplak veya OSB gibi yapısal ahşap levhalar, perde duvarlara süneklik ve rijitlik kazandırarak yapının dayanıklılığını artırır ve ani kuvvetleri bütün yapıya dağıtarak etkisini azaltmaktadır (Van De Lindt ve Walz, 2003). Özellikle çatı ve zeminlerde oluşabilecek yanal yükler, perde duvarlar sayesinde kontrol altına alınır ve çatı veya zemin parçalarının desteklerinden ayrılmasını engellemektedir (Shadravan ve Ramseyer, 2018). Araştırmalar, kontrplak kaplı perde duvarların çimento, alçı ve OSB levhalara göre daha fazla yanal yükü dayanıklı olduğunu ortaya koymuştur (Demirkır, 2012). Bu nedenle, kontrplak kaplı perde duvarlar deprem durumunda yapıyı

çökmeden tutarak daha fazla deformasyon ve yer değişimi sağlar ve yapıya ek rijitlik katmaktadır (Bott, 2005; Demirkır vd., 2013). Perde duvarların yanal dayanımı, kırılma direnci, eğilme direnci, rijitlik ve süneklik gibi faktörlerden etkilenmektedir (Demirkır, 2012).

Ülkemizde enerji tüketimi başta sanayi olmak üzere konutlarda ve diğer alanlarda her yıl giderek artmaya devam etmektedir. Özellikle konutlarda bu tüketim daha çok ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarını karşılamada daha fazladır (Özel ve Çakmak, 2023). Enerjinin daha verimli kullanılması için bina dış duvarlarına ısı yalıtımının uygulanması önemli bir parametredir. Binalarda ısı yalıtımı sayesinde yaz ve kış şartlarında ısı konforu sağlamak için tüketilen enerji azaltılmış olur. Isı yalıtımı, bir binanın inşaat aşamasındaki maliyetinin genellikle %1 ile %3 arasında olmasına rağmen, uzun vadede enerji tasarrufu ve işletme maliyetlerinde azalma sağlayarak ekonomik bir yatırım olarak değerlendirilebilir. Yapılan ısı yalıtımı yatırımı, binanın özelliklerine bağlı olarak sağlanan enerji tasarrufu ile 2-5 yıl içinde kendisini amorti edebilir (İzoder, 2017). Yapılarda yaygın olarak kullanılan yalıtım malzemeleri arasında cam yünü, taş yünü, geliştirilmiş polistren (EPS), ekstrüde polistren (XPS), poliüretan köpüğü, ahşap yünü, polietilen köpüğü, elastomerik kauçuk köpüğü, poliiolefin köpüğü, fenol köpüğü, cam köpüğü, geliştirilmiş perlit levhalar, geliştirilmiş mantar ve ahşap lifli levhalar bulunmaktadır (Özen, 2016). Bu çalışmada perde duvarlara 2 farklı EPS ve XPS yalıtım malzemesi eklenerek test grupları oluşturulmuştur. EPS, ilk kez 1952 yılında Alman BASF firması tarafından üretilmiş ve 'Styropor' adı altında dünyaya tanıtılmış yapay bir organik ısı yalıtım malzemesidir. Styropor, termoplastik bir malzeme olup, günümüzde dünya genelinde ve Türkiye'de inşaat sektöründe en çok kullanılan yalıtım malzemelerinden biridir (Akıncı, 2007). XPS, polistren sert köpüğün banttan çekilerek üretildiği özel bir türdür. Bu malzemenin hücre yapıları ve dağılımı homojen bir karaktere sahiptir. Isıl iletkenlik katsayıları, EPS'ye kıyasla daha düşüktür. Levhaların kapalı hücre yapıları, su emme durumlarını daha da azaltır. Yoğunlukları 25-45 kg/m³ arasında değişiklik gösterir. Bu malzemenin önemli bir özelliği, yüksek basınç karşı direnç gösterme kabiliyetidir. Ek olarak, su buharı direnç faktörleri de yüksektir. Isıl iletkenlik açısından; 33 kg/m³ yoğunluğundaki XPS, $\lambda=0,026$ W/mK değerine sahiptir (Akıncı, 2007).

Ahşap malzeme kullanılarak inşa edilen hafif çerçevesi yapılar ve perde duvarların yapısal özellikleri üzerine literatürde birçok çalışma bulunmaktadır (Shadravan ve Ramseyer, 2018; Bagheri ve Doudak, 2020; Way vd., 2020; Liu vd., 2021).

Bu çalışmada, yalıtım uygulanan karaçam ve ladin ağaç türlerinden üretilen kontrplak kaplı perde duvarların statik yanal yük altında meydana gelen yatay deformasyonlarını belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, farklı ağaç türleri, lif yönleri, çivi ölçüleri ve yalıtım malzemeleri kullanılarak perde duvarlar tasarlanmış ve bu değişkenlerin perde duvarların yatay deformasyon miktarları üzerindeki etkileri incelenmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal ve kontrplak üretimi

Bu çalışmada ağaç türleri olarak kontrplak imalatında çoğunlukla tercih edilen, ülkemizde yetişen iğne yapraklı

ağaç türlerimizden Karaçam (*Pinus nigra*) ve Doğu ladini (*Picea orientalis*) ağaç türü olarak seçilmiştir. Kontrplakların üretimi için ortalama 40 cm çapı olan kaplama üretim tomrukları temin edilmiştir. Kontrplak endüstrisinde dış mekânlarda kullanılan fenol formaldehit (FF) tutkal türü olarak tercih edilmiştir.

Tomrukları soyma işlemi, soyma makinesinin yatay açıklığının kaplama kalınlığına oranı %85'i olacak şekilde ayarlanıp, düşey açıklığın ise 0,5 mm olarak ayarlanması ile 2 mm kalınlığında ve 1,20x2,40 m boyutunda kaplamalar üretilmiştir. Daha sonra kaplamalar 110 °C sıcaklıkta kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Bu çalışmada, dört silindirik bir tutkallama makinesi kullanılarak kaplamaların bir yüzeyine 160 g/m² olacak şekilde tutkal çözeltisi uygulanmıştır. Perde duvarlarda kullanılacak kontrplak kaplama malzemesinin Eurocode 8 (2004) standardına göre minimum 9 mm kalınlık gerekliliği esas alınmıştır. Bu doğrultuda, 7 tabakalı ve 14 mm kalınlığında kontrplak levha taslağı üretimi gerçekleştirilmiştir. Levha taslakları, çok katlı hidrolik pres makinesi kullanılarak preslenmiştir. Kontrplak levhalarının boyutları 1,20x2,40 m olarak belirlenmiş olup, presleme işlemi için sıcaklık 140 °C ve pres basıncı 8 kg/cm² olarak ayarlanmıştır. Presleme süresi, levha kalınlığı esas alınarak hesaplanmış ve 7 tabakalı, 2 mm'lik kaplamalardan oluşan kontrplaklar için toplamda 14 dakika olarak uygulanmıştır.

2.2. Yalıtım malzemeleri

Bir malzemenin "ısı yalıtım malzemesi" olarak isimlendirilebilmesi için CEN ve ISO standartları gereği ısı iletim katsayısı (λ) değerinin 0,065 W/mK'dan daha küçük olması gerekmektedir (Köken ve Kanık, 2022). Buna bağlı olarak 0,065 W/mK değerinin altındaki malzemeler ısı yalıtım malzemesi, üzerinde olan malzemeler de yapı malzemesi olarak tanımlanmaktadır (TS 825, 2009; TS EN 13171, 2010).

Bu çalışmada yalıtım malzemesi olarak EPS (Genleştirilmiş polistren) ve XPS (Ekstrüde polistren) kullanılmıştır. EPS ve XPS, aynı temel malzeme olan polistren reçineden üretilmiş kapalı hücreli sert bir yalıtım malzemesidir (Voith vd., 2023). EPS bir binanın duvarları için uzun süreli, kapalı hücre yapısı sayesinde neme karşı mükemmel bir koruma sağlamaktadır. XPS de kapalı hücreler arası boşluk yoktur ve bu sayede yapısı homojen olup kolaylıkla parçalara ayrılmaz, basınca ve neme karşı dirençlidir (Lassen vd., 2019). EPS ve XPS yalıtım malzemelerinin en fazla kullanım alanı inşaat sektörüdür. Çizelge 1'de EPS ve XPS'nin teknik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 1. EPS ve XPS teknik özellikleri

Teknik özellik	EPS	XPS
Yoğunluk (kg/m ³)	16	30
Termal iletkenlik (W/mK)	0,039	0,03
R değeri (Yaklaşık 24 °C, m ² K/W)	4,1	5,0
Basınç direnci (kPa)	50	100
Levha ebatları (cm)	60x120x3	60x120x3

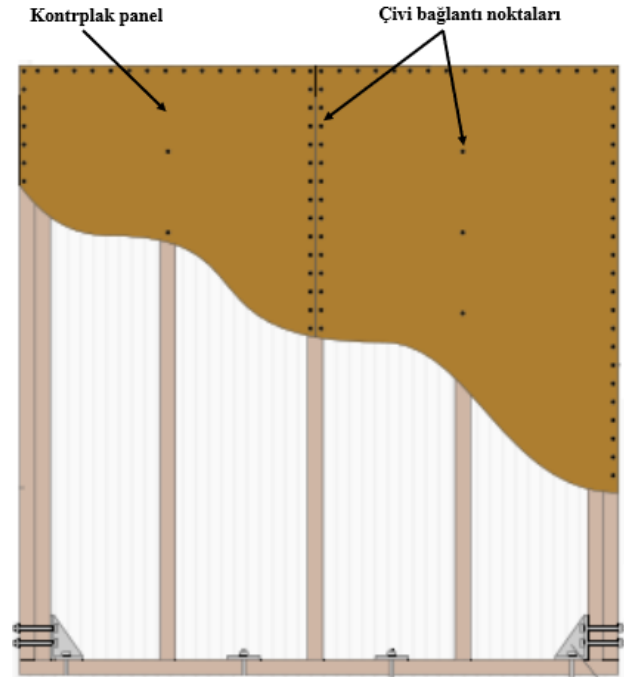
2.3. Perde duvarların üretimi

Perde duvarın montajı için 0,5x0,1x2,4 m boyutunda ladin keresteleri kullanılarak çerçeve elemanları oluşturulmuştur. Üst ve kenar kısımlarında ise ikişer keresten oluşan kirişler eklenmiştir. Her bir levha grubunun çerçevesini test etmek için 12 adet kereste kullanılmış ve her bir levha grubuna 2 tekrarlı şekilde 2 çerçeve sistemi oluşturulmuştur. Oluşturulan her çerçeve sistemi, üzerine 1,2x2,4 m boyutunda 2 adet kontrplak levha çivilenerek tamamlanmıştır. Bu şekilde, 2,4x2,4 m ölçülerine sahip perde duvarlar oluşturulmuştur. Perde duvarın zeminle olan bağlantısı, beton zeminler için uygun olan bağlantı elemanlarıyla sağlanmıştır. Şekil 1'de perde duvarın deneysel tasarımı APA (2007) tarafından gösterilmiştir.

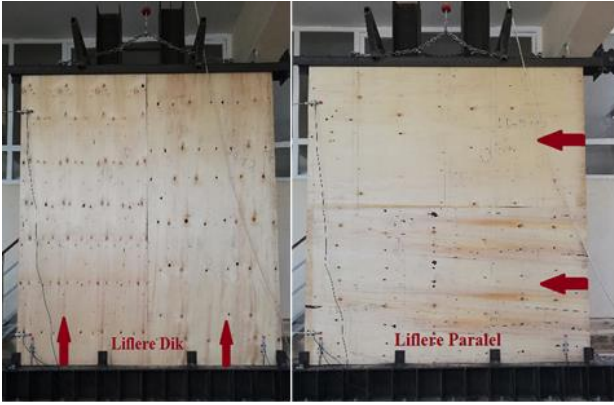
Kontrplak levhaları perde duvarlara bağlamak için 6d ve 8d çivi gibi bağlantı elemanları kullanılmıştır. Bu çiviler, çelikten yivli olarak üretilmiş ve hava tabancasıyla rulo halinde tel dizili olarak temin edilmiştir. Çivilerin başlıklarının çapları 6 mm ve 8 mm'dir. Perde duvarların kaplanması için kontrplak levhaları iki farklı lif yönlendirme tasarımı kullanılarak uygulanmıştır. Bu tasarımlar Şekil 2'de gösterilmektedir.

Perde duvarlar üretildikten ve zemine montajı tamamlandıktan sonra, kaplanmayan yüzeydeki çerçeve boşluklarına EPS ve XPS levhaları yerleştirilmiş ve testleri gerçekleştirilmiştir. Duvarların arka yüzeyini kaplayan yalıtım malzemelerine ait görseller Şekil 3'te sunulmuştur.

Bu çalışma kapsamında, toplamda 2 ağaç türü için 16 perde duvar grubu oluşturulmuştur. Her bir ağaç türü için 2 farklı lif yönü, 2 farklı çivi ölçüsü ve 2 farklı yalıtım malzemesi kombinasyonları kullanılarak bu gruplar oluşturulmuştur. Çizelge 2, çalışmanın bir parçası olarak oluşturulan levha gruplarını detaylı bir şekilde göstermektedir.



Şekil 1. Perde duvar deneysel gösterimi (APA, 2007)



Şekil 2. Kontrplak lif yönüne göre tasarımı yapılan perde duvarların gösterimi



Şekil 3. Perde duvarların yalıtım malzemesiyle kaplanması.

Çizelge 2. Çalışma kapsamında oluşturulan test grupları

Grup no	Ağaç türü	Lif yönü	Çivi ölçüsü	Yalıtım malzemesi	
1	Karaçam	Dik	6d	EPS	
2				XPS	
3				Paralel	EPS
4					XPS
5		Dik	EPS		
6			XPS		
7			Paralel	EPS	
8				XPS	
9	Dik	EPS			
10		XPS			
11		Paralel	EPS		
12			XPS		
13	Dik		EPS		
14			XPS		
15		Paralel	EPS		
16			XPS		

Çizelge 3. Perde duvarların yatay deformasyon miktarları (mm)

Grup no	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_h
1	48,7727	14,5944	27,2334	1,74848	8,69338
2	57,598	10,016	29,9021	4,29451	21,97441
3	60,4518	19,4428	34,7672	7,22705	13,46885
4	61,2558	18,154	44,2028	3,93255	2,83155
5	67,2519	2,22168	12,3559	1,12271	53,79703
6	71,4804	4,14877	12,2516	1,4724	56,55243
7	69,6515	3,40617	18,9204	1,73621	49,06114
8	65,4414	7,64086	29,8653	4,04298	31,97822
9	57,8374	8,9972	35,2334	5,65035	19,25715
10	54,8608	9,62933	30,1168	6,72398	21,83865
11	38,8671	6,63436	23,0309	2,91413	12,11597
12	35,2278	5,83038	19,1781	1,63192	11,85124
13	40,4137	5,34554	6,60742	5,38041	33,84115
14	51,0066	3,15454	8,52154	2,98775	42,31827
15	61,0287	1,91482	30,2702	2,71168	31,55536
16	66,2147	2,4549	36,4972	2,72395	29,98655

* Δ_1 - Δ_2 - Δ_3 - Δ_4 . Farklı noktalardaki LVDT'lerin ölçtüğü yer değiştirme miktarlarını ifade etmektedir.

2.4. Ahşap çerçeve perde duvar analizi testi

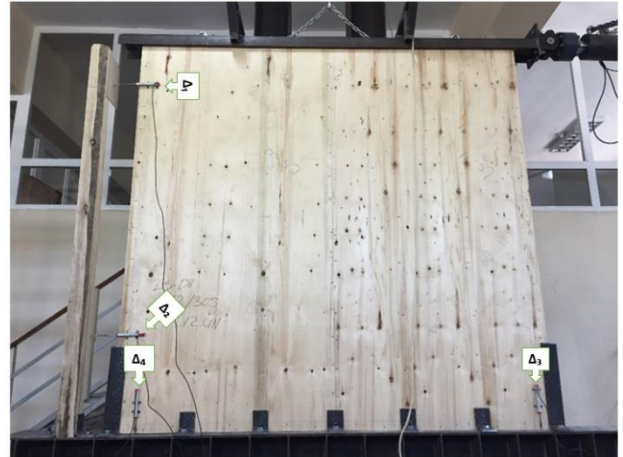
Bu çalışma kapsamında, oluşturulan perde duvarların yanıl yük altındaki dayanıklılıkları ASTM E 72 (2014) standardına göre analiz edilmiştir. Perde duvarlara sırasıyla 3,5 kN, 7,0 kN ve 10,5 kN'lik doğrusal yükler uygulanmış ve geri çekilme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Sonrasında, duvar başarısızlığa uğrayana kadar veya toplam yer değiştirme miktarı 100 mm'ye ulaşana kadar maksimum yüklemeye uygulanmıştır. Her aşamada, perde duvarlardaki yer değiştirmeler, Şekil 4'te görüldüğü gibi 4 farklı noktadan LVDT (Doğrusal Değişken Diferansiyel Transformatörler) kullanılarak ölçülmüştür.

Analiz sonuçlarına göre, maksimum yüke maruz kalan duvarların yatay deformasyonları (Δ_h), LVDT'lerin ölçtüğü 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 perde duvar modellerinin maksimum yüke ulaştıktan sonraki ölçümleri ve hesaplanan yatay deformasyonları Çizelge 3'te verilmiştir.



Şekil 4. Perde duvarın LVDT ölçümleri

Analizler sonucunda, ASTM E 72 (2014) standardına göre perde duvarlarda meydana gelen yatay deformasyonlara ait sonuçlar Çizelge 3'te incelenmiştir. Bu sonuçlara göre aşağıdaki tespitler yapılmıştır:

- Karaçam kontrplakların liflere paralel olarak 6d çivilerle birleştirildiği durumda, XPS eklenen grup (Grup 6), en yüksek yatay deformasyon değerlerini göstermiştir. Ladin kontrplaklarda ise liflere paralel olarak 6d çivilerle birleştirilen ve XPS kullanılan grup (Grup 14), en yüksek yatay deformasyon değerlerine sahip çıkmıştır.
- En düşük yatay deformasyon değerleri ise her iki ağaç türü için de liflere dik yönde, XPS ile birleştirilen perde duvarlardan elde edilmiştir (Grup 4-12). Bu durum, yapıların rijitliklerini artırarak dayanıklılıklarını etkileyen bir faktör olan stabilite açısından olumlu bir sonuç olarak değerlendirilebilir.

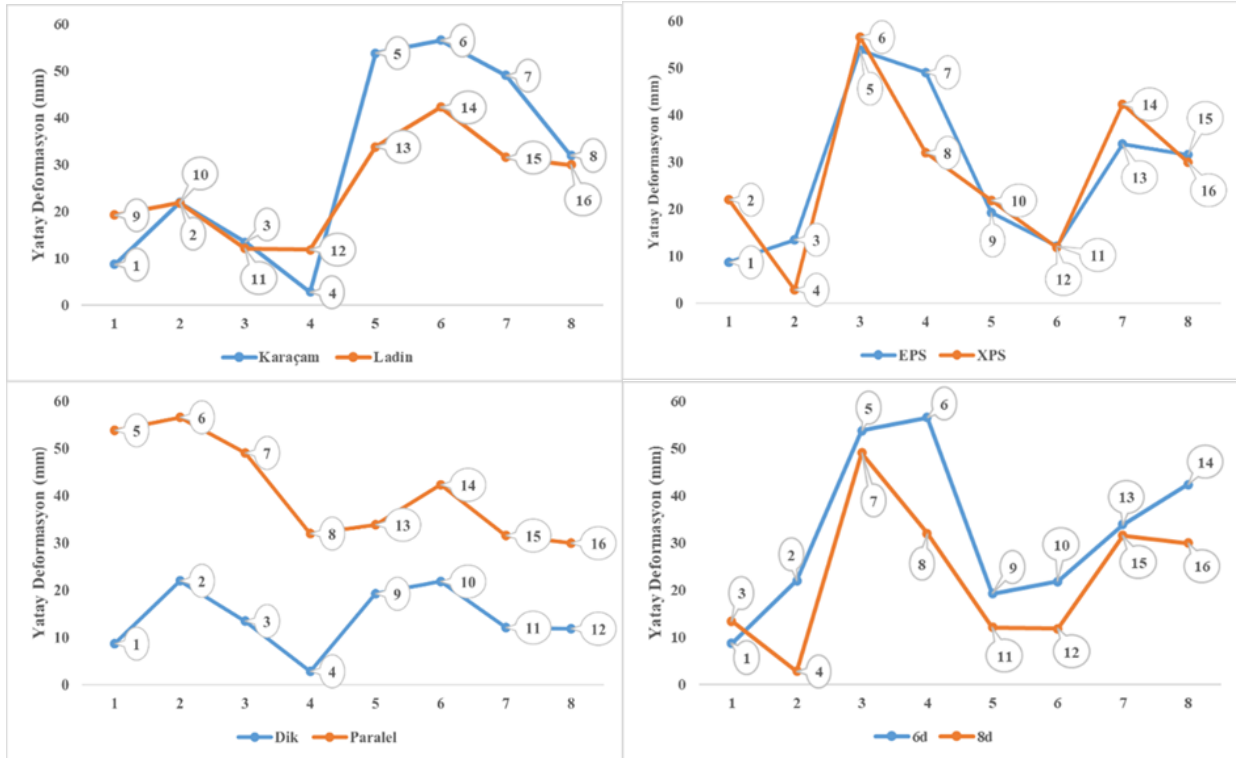
Perde duvarların oluşturulmasında dikkate alınan değişkenlerin (ağaç türü, lif yönelimi, çivi ölçüsü ve çivi aralığı) yatay deformasyon miktarı üzerindeki etkilerini daha iyi görmek için sonuçlar Şekil 5'te grafiksel olarak sunulmuştur. Bu grafikler, değişkenlerin perde duvarların yatay deformasyonuna olan etkilerini görsel olarak analiz etmek için kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında ağaç türünün perde duvarların yatay deformasyon değerlerine etkisi analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar genel olarak iki ağaç türü arasında benzer deformasyon değerleri gösterse de karaçamdan üretilen perde duvarlarda genellikle ladin ile üretilen gruplara kıyasla daha yüksek deformasyon değerleri tespit edilmiştir. Bu durum, karaçamın mekanik özellikleri, yoğunluğu ve lif yapısının ladin ile farklı olabileceğini göstermektedir. Bu sonuçlar,

ağaç türünün perde duvarların performansına etkisini anlamada ve yapısal tasarım sürecinde doğru malzeme seçimi yapmada önemli bir bilgi sağlamaktadır.

Perde duvarlarda kullanılan yalıtım malzemesinin yatay deformasyon üzerindeki etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kullanılan iki farklı yalıtım malzemesinde benzer yanıl deformasyon değerleri tespit edilmiştir. Bu durum, incelenen yalıtım malzemelerinin benzer mekanik özelliklere sahip olabileceğini veya perde duvarın genel yapısal özellikleri üzerinde yalıtım malzemesinin etkisinin sınırlı olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, perde duvarların yanıl deformasyon performansının yalıtım malzemesi seçimiyle doğrudan ilişkili olmadığını göstermektedir. Ancak, diğer performans özellikleri ve enerji verimliliği gibi faktörler yalıtım malzemesi seçiminde önemli olabilir ve ileri çalışmalarda daha detaylı incelenmesi önerilir.

Perde duvarlarda kullanılan kontrplak levhaların montajında lif yönünün etkisi incelenmiştir. Hem karaçam hem de ladin kontrplaklarla kaplanmış perde duvarlarda, levhaların çerçeveye liflere paralel olarak konumlandırılmasının, liflere dik olarak konumlandırılanlara göre duvarlarda daha yüksek yatay deformasyonlara neden olduğu belirlenmiştir. Benzer çalışmalarda da liflere paralel olarak üretilen perde duvarların yer değiştirme miktarının, liflere dik olarak imal edilenlere göre daha büyük olduğu bulunmuştur (Han vd., 2018; Demir vd., 2021). Kho (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, liflere dik olarak monte edilen bağlantıların, kontrplakların yarılma eğilimi nedeniyle önemli ölçüde daha düşük yer değiştirme değerlerine sahip olduğu ve bu nedenle liflere paralel olarak çivilenen bağlantılara göre %12-45 daha düşük süneklik gösterdiği belirtilmiştir.



Şekil 5. Üretim değişkenlerinin perde duvarların yatay deformasyon değerlerine etkisi

Perde duvarlarda kullanılan çivi türlerinin kontrplağın montajı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, her iki ağaç türü için de 6d çivilerin kullanılması, 8d çivilerden daha yüksek yatay deformasyon değerlerine yol açmıştır. Bu sonuçlar, daha önce yapılan bir çalışmada da desteklenmektedir, burada 6d çivilerin kullanımının perde duvarların yer değiştirmelerini artırdığı belirtilmiştir (Philip vd., 2008).

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma, ülkemizde yetişen karaçam ve ladin ağaç türlerinden üretilen kontrplak kaplı perde duvarların yanıl yük altındaki yatay deformasyonlarını belirlemeyi amaçlamaktadır. Test sonuçlarına göre, perde duvarların yanıl yük altındaki performansı değerlendirilmiştir. Karaçam kontrplaklarla kaplanmış perde duvarlar arasında en yüksek süneklik özelliğine sahip grup, Grup 6 olarak belirlenmiştir. Bu grup, liflere paralel olarak 6d çivilerle monte edilen ve XPS yalıtım malzemesinin eklenmiş olduğu perde duvarları içermektedir. Benzer şekilde, ladin kontrplaklarda en yüksek süneklik Grup 14 tarafından gösterilmiştir. Bu grup da liflere paralel olarak 6d çivilerle monte edilen ve XPS yalıtım malzemesi eklenen perde duvarları içermektedir. Çalışmada kullanılan XPS yalıtım malzemesi EPS yalıtım malzemesine göre daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. Buna göre, yalıtım malzemesi olarak XPS tercih edilmesi önerilmektedir.

Perde duvarların üretim parametrelerinin yatay deformasyon değerleri üzerindeki etkisini incelediğimizde, her iki ağaç türünde de liflere paralel perde duvar üretiminin deformasyonları artırdığı açıkça görülmüştür. Buna göre, perde duvar üretimi yapılırken kontrplakların liflere paralel olarak perde duvar üretimi yapılması önerilmektedir.

Çivi ölçüsünün etkisi incelendiğinde ise her iki ağaç türünde de benzer şekilde yüksek bulunmuştur. Özellikle 6d çivi ölçüsü, deformasyonları artıran bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Perde duvar üretiminde 6d çiviler kullanılması önerilmektedir.

Ağaç türü olarak genel olarak karaçam perde duvarların daha fazla yatay deformasyona maruz kaldığı gözlemlenmiştir. Buna göre, üretilecek perde duvarların kontrplak seçiminde karaçam tercih edilmesi önerilmektedir.

Elde edilen sonuçlar, hafif karkas ahşap yapı sistemlerinin depreme dayanıklılığını artırmak için tasarım parametrelerinin belirlenmesi açısından önemli bir değer taşıdığı düşünülmektedir.

Kaynakça

AFAD, 2013. Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı 2012-2023. T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, <https://deprem.afad.gov.tr/assets/udsep/UDSEP2023.pdf>, Erişim: 16.02.2024.

Akgül, M., Etlü, S., 2023. 06 Şubat 2023 Kahramanmaraş (Pazarcık, Elbistan) Depremleri Sonrası Betonarme Binalarda Gözlenen Hasar Durumları. Uluslararası Bilimsel ve Yenilikçi Çalışmalar Konferansı ICSIS 2023, 18-20 Nisan, Konya, Türkiye, s. 309-318.

Akıncı, H., 2007. Günümüzde Uygulanan Isı Yalıtım Malzemeleri, Özellikleri, Uygulama Teknikleri Ve Fiyat Analizleri. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

American Society for Testing and Materials (ASTM) E 72, 2014. Standard Test Methods of Conducting Strength Tests of Panels for Building Construction, West Conshohocken, ASTM Standards, USA.

APA-The Engineered Wood Association., 2007. Introduction to Lateral Design, Tacoma.

Bagheri, M.M., Doudak, G., 2020. Structural characteristics of light-frame wood shear walls with various construction detailing. *Engineering Structures*, 205: 110093.

Bott, J. W., 2005. Horizontal stiffness of wood diaphragms. Master Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA.

Değer, Z., Kaya, G. T., Sütcü, F., 2023. Betonarme perdelerde enerji sönmülme kapasitesinin meta-modelleme yöntemleriyle incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 38(4): 2311-2324.

Demir, A., Birinci, A. U., Öztürk, H., 2021. Yerli ağaç türlerinden üretilen kontrplak kaplı perde duvarların yanıl yük altındaki performansı. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(2): 528-535.

Demirkır, C., 2012. Çam türlerinden elde edilen kaplamaların yapı maksatlı kontrplak üretiminde değerlendirilmesi. *Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.*

Demirkır, C., Colakoglu, G., Karacabeyli, E., 2013. Effect of manufacturing factors on technological properties of plywood from northern turkey and suitability of panels for use in shear walls. *Journal of structural engineering*, 139(12): 04013002.

Eurocode 8, 2004. Design of structures for earthquake resistance. European Committee for Standardization, Brussels.

Gariş, Z.Ş., Erhan, E., 2022. Perde duvarlı ve çerçevesiz betonarme binalarda deprem tasarım sınıflarının bina maliyetine etkisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 10(2): 700-715.

Gezer, E.D., Demirkır, C., Özdemir, T., 2021. Türk ahşap konut örneği Nemlioğlu Konağı'nın mekanik direnç özelliklerinin tahribatsız test teknikleriyle incelenmesi. *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 4(2): 138-144.

Ghamry, E., Mohamed, E.K., Sekertekin, A., Fathy, A., 2023. Integration of multiple earthquakes precursors before large earthquakes: A case study of 25 April 2015 in Nepal. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 242: 105982.

Han, Z., Dong, W., Song, B., 2018. Experimental study on nail joint shearing properties of light frame wooden shear walls. *Engineering and Applied Sciences*, 3(4): 113-120.

İzoder, 2017. Isı Yalıtımı Bilgilendirme Kitapçığı, İstanbul.

Jiang, X., Song, X., Li, T., Wu, K., 2023. Moment magnitudes of two large Turkish earthquakes on February 6, 2023 from long-period coda. *Earthquake Science*, 36(2): 169-174.

Kho, D., 2018. Seismic performance of timber-steel hybrid systems with infilled plywood shear walls. Master Thesis, Master of Civil Engineering, University of Canterbury, New Zealand.

Köken, A., Kamk, M., 2022. Aerojellerle ısı yalıtımı ve tekstil uygulamaları. *Tekstil ve Mühendis*, 29(128): 249-260.

Lassen, C., Warming, M., Kjølholt, J., Jakobsen, L.G., Vrubliauskiene, N., Novichkov, B., Bach, L., 2019. Survey of polystyrene foam (EPS and XPS) in the Baltic Sea. *COWI A/S, Lyngby.*

Liu, Y., Gao, Z., Ma, H. W., Gong, M., Wang, H., 2021. Racking performance of poplar laminated veneer lumber frames and frame-shear hybrid walls. *BioResources*, 16(1): 354.

Mavrouli, M., Mavroulis, S., Lekkas, E., Tsakris, A., 2023. The impact of earthquakes on public health: A narrative review of infectious diseases in the post-disaster period aiming to disaster risk reduction. *Microorganisms*, 11(2): 419.

Özel, M., Çakmak, F.A., 2023. Farklı yönlendirmeli bina dış duvarlarında faz değiştirme malzeme kullanımının ısı kazancına etkisinin araştırılması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 35(1): 413-424.

Özen, O., 2016. Konut Yöneticileri için Yalıtım. *İzodergi*, 118:8-13.

- Özer, Ş., Kuşak, L., 2021. Deprem Sonrası Geçici Afet Toplanma Alanlarının Tespiti. Uluslararası Jeoinformatik Öğrenci Sempozyumu (IGSS), 28-29 Haziran, Mersin, Türkiye. s. 22-26.
- Philip Line, P. E., Ned Waltz, P. E., Tom Skaggs, P. E., 2008. Seismic equivalence parameters for engineered wood frame wood structural panel shear walls. *Wood Design Focus*, 18(2): 13-19.
- Shadravan, S., Ramseyer, C.C., 2018. Investigation of wood shear walls subjected to lateral load. *Structures*, 16: 82-96.
- TS EN 13171, 2010. Isı yalıtım mamulleri-Binalarda kullanılan Fabrika yapımı odun lifli (wf) mamuller-Özellikler. TSE, Ankara.
- TS 825, 2009. Binalarda Isı Yalıtım Kuralları. TSE, Ankara.
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023. 2023 Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu. T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Ankara, <https://www.sbb.gov.tr/2023-kahramanmaraş-ve-hatay-depremleri-raporu/> Erişim: 16.02.2024.
- Van De Lindt, J.W., Walz, M.A., 2003. Development and application of wood shear wall reliability model. *Journal of structural Engineering*, 129(3): 405-413.
- Voith, K., Spisák, B., Petrik, M., Szamosi, Z., Szepesi, G.L., 2023. Non-Conventional Reinforced EPS and Its Numerical Examination. *Processes*, 11(1): 12.
- Way, D., Sinha, A., Kamke, F.A., 2020. Performance of light-frame timber shear walls produced with weathered sheathing. *Journal of Architectural Engineering*, 26(1): 04019022.