

GÜÇLENDİRİLMİ KOMPOZİT BAĞLANTILARI

. Bektaş¹, B.C. Bal², G. Düzkale Sözbir³ ve A. Kılıç Ak⁴

¹Profesör, Orman Endüstri Müh. Bölümü, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, K.Mara

²Doçent, Orman Endüstri Müh. Bölümü, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, K.Mara

³Doktor, Orman Endüstri Müh. Bölümü, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, K.Mara

⁴Araştırma Görevlisi, Orman Endüstri Müh. Bölümü, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, K.Mara
Email: ibtas63@yahoo.com.tr

ÖZET:

Bu çalışmanın amacı, güçlendirilmiş ve güçlendirilmemiş ahap bağlantı elemanlarının statik yüklemeler altındaki performanslarını karşılaştırmaktır. Bu amaçla, güçlendirilmiş ve güçlendirilmemiş malzemeden hazırlanan ve çivata ile bağlanan ahap bağlantı elemanları kullanılmıştır. Hazırlanan örnekler statik yüklemelere maruz bırakılarak maksimum yük noktasında numunelerde oluşan deformasyon (sapma) miktarları ölçülmüş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Deney bulgularının istatistiki olarak analizi ile güçlendirilmiş bağlantı elemanlarının diğerlerine göre daha az deformasyona uğradığı anlaşılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Ahap malzeme, bağlantı elemanı, statik yük, güçlendirme

1. GİRİŞ

İnsanların barınma gereksinimini karşılamak için kullandığı ilk yapı malzemelerinden biri ahaptır (Öztank, 2004; Demirkır, 2012). Türk yapı geleneğinde önemli bir ahap yapı kültürüne sahip olmasına rağmen, 1999 Kocaeli ve Düzce depremlerine kadar unutulmaya yüz tutmuştur. Gelişmiş ülkelerde ise gelişen teknolojiye uyum sağlanarak ahap yapıların aedilmeye devam edilmiştir (Demirkır, 2012). Örnek olarak birinci dereceden deprem bölesi olan Kaliforniya’da nüfusun %99’u ahap yapılarda oturmaktadır ve yaşanan depremlerle birlikte bu yapılar güvenilirliklerini kanıtlanmışlardır (Mcrae, P., Floodman, D., Uludogan, N., 2001) Batıda ahap teknolojileri çok ileri gitmiş ve günümüzde Lamine Ahap Teknolojisi olarak adlandırılan bu teknoloji artık önümüzdeki yüzyılın malzemesi olarak görülmektedir. Bunun sebebi ise, küresel ısınmaya ve sera etkisine karşı insanlığın elindeki en büyük silah olmasından kaynaklanmaktadır (Bilgin, 2009). 2005 yılında yapılan bir çalışmada, Türkiye’de ahap taşıyıcı sistemlerin yaklaşık 45 yıl öncesine kadar yaygın bir şekilde aedildiği, fakat betonarme yapım tekniğinin ortaya çıkması ve gelişmesi ile birlikte ABD, Kanada, Japonya ve Avustralya gibi ülkelerin aksine ülkemizde ahaptan uzaklaştığı belirtilmektedir (Doğançın ve ark., 2005).

Bilindiği gibi, yabancı ülkelerde aap malzemenin yapılarda kullanımı, deprem gibi doğal afetlerden dolayı gittikçe artmaktadır. Son 50 yıldır bu artış daha da hızlanmıştır. Çünkü deprem ve diğer birçok doğal afet sırasında, meydana gelen insan kayıpları beton ve diğer materyalden yapılmış yapılarda daha çoktur. Depremde binalara nüfuz eden kuvvetler binanın ağırlığı ile doğru orantılı olarak etki eder. Ahap binalar çelik binalara göre 13 kat, betonarme binalara göre 5 kat daha hafiftir. Afetleri Genel Müdürlüğü’nde sarsma tablası ile gerçekleştirilmiş olan deprem deneyinin sonuçlarına göre ahap karkas yapılar Richter ölçeğine göre 7,5 ve üzeri büyüklükteki depremlere dayanabilmektedir (Bilgin, 2009). Deprem ve diğer birçok doğal afet sırasında meydana gelen insan kayıpları beton ve diğer materyalden yapılmış binalarda ahap yapılardan daha çoktur. Marmara ve Bolu depremlerinde ahap yapılarda ya ayan hiç kimsenin hayatını kaybetmediği bir gerçektir. Ahap yapılar çok hafif oldukları için kolay kolay çökmez, çökse bile içinde ya ayanların hayatlarını yitirmesine sebep olmaz. Bugün Japon deprem uzmanları depreme karşı en dayanıklı yapının Osmanlı ahap karkas sistemi

oldu unu söylemi tir (Günay,R. 2007). Aynı zamanda, afet sonrası olu an enkaz da ah ap yapılarda daha kolay kaldırılabilmekte ve kurtarmalarda önemli bir avantaj olu turmaktadır. Bunun yanı sıra direnç/a ırlık oranı ile de ah ap malzeme di er birçok materyalden daha öndedir. Bu avantajlarına ra men, ah ap yapılarda kullanılan a aç malzemenin beton ve çeli e göre bazı dezavantajları da söz konusudur. Bu sakıncalardan biri, odunun masif olarak kullanılması halinde ömrünün kısa olmasıdır. Bu nedenle, bu malzemeler binalarda masif olarak kullanıldı nda, güçlendirme ve koruma malzemeleri ile i leme tabii tutulmalıdır.

Di er bir olumsuz yanı ise, yenilenebilir kaynaklardan temin edilebilmesine ra men, a aç kökenli hammaddelerin kıt olmasıdır. Bu sakınca, hızlı geli en tür plantasyonlarına a ırlık verilerek azaltılabilir.

Günümüzde, a aç malzemenin güçlendirici ve koruyucularla i lem gördükten sonra, özellikle deprem bölgelerinde imal edilen ah ap yapılarda kullanımı gittikçe yaygınla maktadır. Bu amaç do rultusunda, ABD’de konutların %95’ten fazlası ah ap konstrüksiyondan yapılmakta ve bu yapılar büyük ölçekli depremlerde bile iyi bir performans gösterebilmektedir.

A aç malzemenin kullanımında üzerinde çalı lması gereken nokta ba lantı yerleridir. Statik ve dinamik yüklemeler sırasında a aç malzeme bu bölgelerden zarar görmekte ve büyük hasarlar ortaya çıkmaktadır. Bu sakıncayı gidermenin en önemli yolu, a aç malzemenin yapıda kullanımı sırasında özellikle ba lantı yerlerini güçlendirme malzemeleri ile desteklemektir.

Ah ap yapıların depreme dayanıklılı mını çalı rken genelde kiri ve kolonlar arasındaki anlık direnç mukavemetine bakmak gerekir. Özellikle periyodik yüklemelerdeki hareketleri hakkında olsun, böyle ba lantıların verimi hakkında çok az ey bilinmektedir. Frenette ve ark., yapımı oldu u bir çalı mada ah ap yapı sistemlerinin depreme dayanıklılı ı konusunda dübel tipi ba lantılar üzerinde incelemeler yapımı ve deprem esnasında periyodik yüklemelere maruz kalan a ır ah ap ba lantıların tepkisini gösteren bir analitik model geli tirmi tir. (Frenette ve ark. 1997)

Premrov, M. ve arkadaş larının yapımı oldu u çalı ma, prefabrik kereste yapıların in asında genellikle ana ta ima gücü elemanları gibi kullanılan diagonal olarak güçlendirilmi ah ap çerçeve panel duvarlar için analitik çözümler sunmu tur. Bu duvarlar, ah ap çerçeve kompozit elemanlardan ve kaplama malzemesi lif-bant levhalardan yapılabilir. Levhalar sistemin en zayıf parçası oldu u için, çelik kö egenlerle güçlendirilmi tir. Elde edilen sayısal sonuçların, ölçülen deneysel sonuçlarla uyu tu u görülmektedir.

Dobri ve Premrov’un yazdı ı makale, özellikle prefabrik ah ap yapıların in aatında yük ta ima kapasitesi elemanları olarak kullanılan ah ap karkas duvar panellerinin nasıl güçlendirilece i konusunda farklı olanaklar sunmaktadır. Bu duvarlar, ah ap bir karkas ve fiber alçı levhalardan olu an kompozit elemanlar olarak dü ünülebilir. Sistemin en zayıf parçası olarak levhalar, özellikle sismik veya rüzgarlı alanlarda bulunan çok katlı binalarda elemanların dayanım ve sünekli ini sa lamak amacıyla bir ekilde güçlendirilmesi gerekmektedir. Ara tırmanın amacı farklı yöntem kullanılarak güçlendirilmi elemanlar arasındaki dayanım ve süneklikteki farklılıkları belirlemektir. Çalı manın sonucu olarak, ek lif levha kullanılarak direnci ve özellikle ileri sürülen do rultuda yumu aklı ı geli tirmezken, ah ap karkasa sabitle tirilen kö egen çelik erit eklemek güçlendirme için daha uygundur.

Corinaldesi ve Moriconi’nin çalı masında lokal olarak kompozit malzemelerle takviye edilen birçok a aç türü test edilmi tir. Özellikle, iki farklı tipte ba lantının süreklili ini iyile tirmedeki etkinli i, ya ladin ya da me eden yapılmı olarak ikiye ayrılan türler bazında de erlendirilmi tir. Bir ba lantı, epoksi reçinesine gömülen ve ah aba birbirinden ayrı olarak yerle tirilen karbon liflerle güçlendirilmi polimer (CFRP)’in dört tabakası vasıtasıyla gerçekte tirilmi tir. Ba lantının di er türü, 150 mm ah ap içine birbirinden ayrı olarak yerle tirilen 10 mm çaplı CFRP dört çubuk vasıtasıyla elde edilmi tir. CFRP malzemeleri ve ah ap, epoksi reçine yanı sıra

birleştirilecek iki parça odun temas yüzeyi sayesinde yapı tırlıdır. Bu bağlantılar, ekleme ve kesme kapasitelerini de arttırmak için mekanik testlere sokulmuştur. Özellikle CFRP tabakası bağlantılarının esneklik davranışı ve CFRP çubuk bağlantılarının kesme davranışı bakımından cesaret verici sonuçlar elde edilmiştir.

Konu ile ilgili yapılan bir çalışma mada da özellikle esnek ve direnci yüksek mekanik konnektörlerin kullanımını tavsiye edilmektedir.

te bu makale, amaç malzemenin sismik bölgelerde ahşap yapılarda kullanımı sırasında, özellikle bağlantı yerlerinde yukarıda bahsedilen sakıncaları azaltmak amacıyla planlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Araştırmada piyasadan temin edilen ahşap malzemeden deney numuneleri ASTM 5652-95 (2007)'e uygun olarak 35×175×360 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Örnek tahtalar üzerine bağlantı civataları ve güçlendirme materyali için farklı çaplarda delikler açılmıştır. Bağlantı civataları için açılan delikler arası mesafe uzunluk ve genilik yönünde 11 cm olacak şekilde ayarlanmıştır. Örnekler 3,5 mm çaplı güçlendirme malzemesinin yerleştirilmesinden sonra uzunlukları 125 mm, çapları 15 mm olan bağlantı civataları takılmış ve denemelere bağlanmıştır. Verilerin kullanılabilirliği için güçlendirilmemiş kontrol örnekleri de hazırlanmıştır.

2.2. Yöntem

Deney örnekleri ASTM D 5652-95'e göre liflere paralel yönde yükleme yapılarak, kırılma gerçekleşene kadar, kırılma yüküne ulaşıldığında teste son verilmiştir. Her iki grup numune için, yük-deformasyon eğrilerine ait grafiklerin oluşturulabilmesi için yük ve deformasyon değerleri otomatik olarak kaydedilmiştir. Liflere paralel yönde uygulanan statik basınçta yükleme hızı, maksimum yük ortalama olarak 10 dakikada ulaşacak şekilde ayarlanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

15 mm çaplı civatalarla bağlantı ve 3.5 mm çapındaki güçlendirme malzemesi ile güçlendirilmiş numuneler (GN) ve güçlendirilmemiş numuneler (GNM) üzerinde yapılan testlerde hesaplanan kırılma süresi (T), maksimum yük (P_{max}) ve sapma (deformasyon) miktarlarına (S) ait ortalama değerler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Numunelerin ortalama kırılma süresi, maksimum yük ve sapma değerleri.

Civata çapı (15 mm)	Güçlendirilmemiş örnekler (GMN)			Güçlendirilmiş örnekler (GN)		
	T (dak.)	F (kN)	D (mm)	T(dak.)	F (kN)	D (mm)
Ortalama (X)	14.5	15.1	18.7	27.2	20.2	6.7
Standart Sapma (SD)	3.411	3.526	5.430	3.634	4.652	2.898
Varyasyon katsayısı (COV)	24	23	29	13	23	28

Tablo 1 incelendiğinde, güçlendirilmiş örneklerin deformasyon miktarının 6.7 mm güçlendirilmemişlerin ise 18.7 mm olarak ölçüldüğü görülecektir. Bu veriler, güçlendirme ile ortalama değerler üzerinden yaklaşık 3 kata yakın deformasyon miktarlarında bir düşüş sağlanmıştır.

Kırılma yüklerinde ise güçlendirilmiş örneklerde ortalama olarak 20.2 kN, güçlendirilmemişlerde ise 15.1 kN olarak elde edilmiştir. Deformasyon miktarlarındaki kıyaslama burada da yapıldığında güçlendirilmiş örneklerdeki kuvvetin diğer örneklerden sadece 1.3 katlık bir artışı olduğu görülmüştür.

Aynı kararla tırmalar kırılma süresi içinde yapılabilir. Güçlendirilmiş örneklerde ortalama kırılma süresi 27.2 dak. iken güçlendirilmemişlerde 14.5 dak. olarak tespit edilmiştir. Bu değerler, ortalama kırılma süreleri açısından güçlendirilmiş örneklerin güçlendirilmemişlerden yaklaşık 2 kat daha yüksek olduğunu göstermektedir.

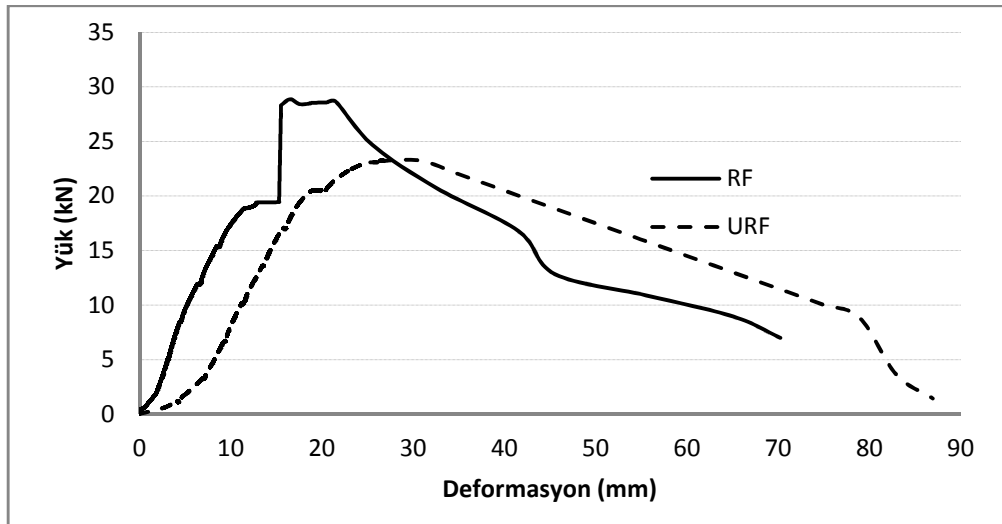
Yukarıdaki ifade de açıklanan kıyaslamalar, Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Güçlendirilmemiş örneklerde ölçülen deformasyon miktarı, maksimum yük ve kırılma sürelerinin güçlendirilmemiş örneklerle karşılaştırılması.

Civata çapı (mm)	Fark					
	$D_{UFR}-D_{RF}$ (Deformasyon) (azalma)		$F_{UFR}-F_{RF}$ (Maksimum yük) (artma)		$T_{UFR}-T_{RF}$ (Kırılma süresi) (artma)	
	(mm)	(%)	(kN)	(%)	(dak.)	(%)
15	12	35.8	5.1	33	12.7	53

Tablo 2’deki değerlere bakılarak güçlendirme sonucu, örneklerin deformasyon miktarlarında %36’lık bir düşüşe karşılık, kırılma yüklerinde %33 ve kırılma sürelerinde de %53’lük bir artış elde edilmiş söylenebilir. Söz konusu yüzdelerdeki farklılıkların açmazemenin diğer materyaller gibi homojen olmayıp yapısının anizotrop bir davranış göstermesinden kaynaklandığını söylemek mümkündür. Ayrıca güçlendirme materyalinin örneklere montesi sırasında oluşan farklılıkların da burada etkili olduğunu düşünülebilir.

Öte yandan, güçlendirilmiş (RF) ve güçlendirilmemiş (URF) örneklerde elde edilen veriler kullanılarak Yük-Deformasyon eğrilerine ait grafik çekilmiştir.



ekil 1. Örnek olarak seçilen güçlendirilmiş (RF) ve güçlendirilmemiş (URF) birer numunede Yük-Deformasyon Eğrileri.

Ekil 1'deki yük-deformasyon eğrilerine bakılarak güçlendirilmiş örneklerde deformasyon miktarlarının yukarıda yapılan açıklamaları teyit ederek güçlendirilmemiş örneklerden daha düşük olduğu, bunun aksine kırılma yüklerinin güçlendirilmiş örneklerde, güçlendirme yapılmamışlara göre daha yüksek olduğu açıkça görülebilmektedir.

4. SONUÇLAR

Çalışma ile elde edilen veriler ışığında kompozit malzemenin güçlendirilmesi ile statik yükler altında, güçlendirilmemiş malzemeye göre daha fazla deforme olduğu, buna karşılık kırılma yükleri açısından bakıldığında daha yüksek değerlerde yüklerle ulaşıldığı belirlenmiştir.

Çıkarılabilecek diğer bir sonuçta, kırılma sürelerinin örnekler içerisinde farklılıklar göstermekle birlikte, ortalama değerler dikkate alındığında güçlendirilmiş örneklerde daha uzun olduğuudur. Bu durumun, güçlendirilmiş kompozit malzemelerden oluşan bağlantıların aynı yükler altında, güçlendirilmemişlerden oluşanlara göre daha geç çökeceği anlamına geldiği düşünülebilir.

Elde edilen deformasyon değerlerine ait dağılım aralıkları incelendiğinde, güçlendirilmiş örneklerdeki deformasyon miktarlarına ait dağılım genişliğinin güçlendirilmemişlerden daha az, buna karşın uygulanan statikler açısından ise daha yüksek olmasından hareketle, güçlendirme materyalinin amaç malzemenin yapısına bir homojenlik kazandırdığı da söylenebilir.

KAYNAKLAR

ASTM D 5652-95.2007. Standard Test Methods for Bolted Connections in Wood and Wood-Based Products.

Cobeen K. 1997. Seismic design of low-rise light-frame wood buildings: State-of-the-practice and future directions. The Text of Earthquake Performance and Safety of Timber Structures. FPS publications, p:24-35.

Hamburger, R.O. and D.L. McCormick.1997. Earthquake performance of modern wood structures: Lessons from the 1994 Northridge earthquake, pages: 77-82. In Foliente, G.C. (ed.) Earthquake Performance and Safety of Timbers Structures, Forest Products Society, Madison, Wisconsin.

Frenette, C., Latendresse, V., Foschi R.O., Prion, H.G.L. ve Ventura C.E. Behaviour of Timber Dowel Type Connections Under Seismic Loading. The Text of Earthquake Performance and Safety of Timber Structures. FPS publications, p:108-105

Demirkır, C. (2012). Ahşap Yapılar ve Deprem. Ormancılık Dergisi **49:4-5-6**, 24-27

Öztank, N. (2004). Orta Yükseklikteki (4 – 8 kat) Konut Yapılarında Ahşap Teknolojisinin Uygulanabilirliği. Doktora Tezi, Mimarlık Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Mcrae, P., Floodman, D., Uludoğan, N., 2001. ABD Konut İnşaat Sektörü- Sektör Profili, Amerikan Ahşap Yapı Ürünleri Sempozyumu Notları, İstanbul

Bilgin, H. (2009). Ahşap Yapıların Tarihsel Süreç içindeki Gelişimi ve Günümüzde Ahşap Yapı Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Mimarlık Bölümü, Haliç Üniversitesi, İstanbul.

Günay, R. (2007). Ahşap Yapılar, Birsen Yayınevi.

Premrov, M., Dobrila, P. ve Bedenik B.S. (2004). Approximate analytical solutions for diagonal reinforced Timber-Framed walls with Fibre-Plaster coating material. *Construction and Building Materials*, **18**: 727–735.

Dobrila P. ve Premrov M. (2003). Reinforcing methods for composite timber frame–fiberboard wall panels. *Engineering Structures*, **25**: 1369–1376.

Ergin, E. (2011). Güçlendirilmi Ah ap Elemanı Tasarımı ve Bazı Teknik Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Endüstriyel Teknoloji Ö retmenli i Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Corinaldesi, V. ve Moriconi, G. (2006). Local reinforcement of wood elements by means of composite materials. *Università Politecnica delle Marche*, 1-4