

NanoCCB ile Emprenye Edilmiş Çam Ahşabın Mekanik Dayanımının İncelenmesi

^{1*}Tahir Akgül, ¹Ferhat Aydın, ¹Ahmet Apay

¹Sakarya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya-Türkiye

Özet

Ahşap yapı sistemleri günümüz modern yaşam standartları açısından aranan sağlık, tasarım, konfor ve enerji verimliliği bakımından da diğer yapı sistemleri ile karşılaştırılamayacak derecede ileri düzeydedir. Bu nedenle yapı tarihinin en eski malzemelerinden biri hiç şüphesiz ahşaptır. Ancak ahşap malzeme dış ortam koşullarına direnmesi ve durabilite açısından, tarih boyunca bazı işlemlerden geçirilerek kullanıldığı görülmektedir. Bu işlemlerin başında ahşabın fiziksel özelliklerini iyileştirmek amacıyla farklı tür kimyasalların ahşabın içine emdirilmesi gelmektedir.

Bu çalışmada, nano boyutta metal oksit bileşenleri ile elde edilen nano CCB emprenye maddesi kullanılmıştır. Nano CCB emprenye maddesi ahşabın fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesinin yanında mekanik özelliklerinin de iyileştirilmesi amacıyla üretilmiş ileri teknolojik bir emprenye maddesidir. Yapılan deneysel çalışmalarla, ahşap yapılarda sıkça kullanılan sarıçam ahşap kullanılmıştır. Alçak basınç-vakum yöntemiyle emprenye edilen ağırlıkça %2 oranlardaki nano CCB parçacıkların ahşabın mekanik dayanımı üzerindeki etkisi incelenmiş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ahşap, emprenye, nanoCCB, mekanik dayanım

Examination of Mechanical Strength of Impregnated Pine Wood with NanoCCB

Abstract

Timber construction systems are also advanced from other building materials in terms of health, design, comfort and energy efficiency sought in terms of today's modern living standards. For this reason, one of the oldest materials of building history is undoubtedly wood. However, it seems that timber has been used in some processes throughout history in terms of resistance to durability of outside and durability. At the beginning of these processes, different types of chemicals are impregnated into the wood to improve the physical properties of the wood.

In this work, nano-CCB impregnation material obtained with nano-sized metal oxide components was used. Nano CCB impregnation material is a high-tech impregnation material produced to improve the physical properties of wood as well as to improve its mechanical properties. Experimental studies have been carried out using yellow-colored timber which is frequently used in timber constructions. The effect of 2% by weight nano-CCB particles impregnated by low pressure-vacuum on the mechanical strength of the wood was examined and the results obtained were evaluated.

Key words: Wood, impregnated, nanoCCB, mechanical properties

1. Giriş

Ahşap doğal ve yenilenebilir bir yapı malzemesi olup diğer yapı malzemeleriyle karşılaştırıldığında sürdürülebilirliği, sıcak görünümlü, çevreci ve doğa dostu olması birçok gelişmiş ülkede özellikle konut sektöründe temel yapı taşı oluşturmaktadır. Ahşap ilk çağlardan bu yana yapı tasarımında sıklıkla kullanılmış olmakla beraber doğal-organik bir yapıya sahip olmasından dolayı sürekli korunmaya ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle, eski çağlardan günümüze, ahşaba birçok koruma yöntemi uygulanmaktadır. Farklı yöntem ve tekniklerden oluşan bu koruma yöntemlerinin başında emprenye yöntemi gelir. Emprenye özellikle ahşabın fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla ahşaba farklı kimyasalların emdirilerek uygulanan koruma yöntemidir [1,2].

Emprenye birçok farklı malzeme ve yöntem kullanılarak uygulanmaktadır. Emprenye de kullanılan malzemeler ahşabın kullanım amacına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu malzemelerin başında yapısal ahşapta gerekli sağlık koşullarını sağlayan, ahşabın fiziksel özelliklerini iyileştirdiği akademik çalışmalarla kanıtlanmış [3,4] ve birçok ticari firmanın üretimi ve pazarlamasını yaptığı CCB emprenye maddesinin tuz bileşenleridir.

Birçok olumlu yönüyle yaygın kullanım alanına sahip olan CCB emprenye maddesi ahşabın mekanik dayanımı açısından olumsuz sonuçlar vermektedir [5]. Özellikle içerisinde yer alan bor ve krom bileşenleri nedeniyle çözeltinin bazik bölgede olması ve bazların odunda lignin ve bazı ekstraktifleri çözündürücü etkisinin olmasından dolayı ahşabın direncini olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır [5]. Ahşabın emprenye edilmesinin mekanik dayanımını düşürmesi birçok avantajının yanında en önemli dezavantajını oluşturmaktadır. Yapılan bu çalışma ahşabın emprenye edilmesi sonucu ortaya çıkan bu olumsuz etkinin nano partikül kullanımı ile ortadan kaldırılması hedeflenmiştir.

Günümüzde ileri teknolojik ürünlerin başında nano boyutta üretilen malzemelerle geliştirilmiş nano teknolojik ürünler gelmektedir. Nano teknolojik ürünler savunma, silah sanayi, tıp, sağlık, gıda, giyim, enerji ve inşaat gibi birçok endüstriyel alanlarda, gerek bilimsel çalışmalar düzeyinde gerekse uygulama düzeyinde kullanımı oldukça yaygınlaşmaktadır.

Literatür ve uygulama alanları incelendiğinde son zamanlarda inşaat sektöründe nano teknoloji genellikle malzeme özelliklerinin iyileştirmesi, geliştirilmesi, korunması veya yeni kompozit malzemelerin üretilmesi amacıyla yoğun olarak kullanılmaya başlanmıştır [6,7,8].

Bu çalışmada CCB emprenye maddesinin tuz bileşenleri yerine, nano boyutta bakır, krom, bor metal oksit bileşenlerinin kullanımı ile elde edilen nano CCB emprenye maddesi kullanılmıştır. Nano CCB emprenye maddesi ahşabın fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesinin yanında mekanik özelliklerinin de iyileştirilmesi amacıyla üretilen ileri teknolojik bir malzemedir [9].

2. Meteryal ve Metot

2.1. Ahşap

Deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılan sarıçam, Sakarya bölgesindeki kereste

işletmelerinden rastgele seçim yöntemi ile temin edilmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılacak ahşap malzeme seçiminde, 1. sınıf kerestenin, normal büyüme göstermiş, kurutulmuş, kusursuz, lifleri düzgün, budaksız, ardaksız, mantar ve böcek zararlarına uğramamış olmasına özen gösterilmiştir. Açık havada kurutulmuş ahşabın nem oranı 15 ± 3 aralığında ve ortalama yoğunluğu $0,55 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Numuneler, yapılacak deneyler dikkate alınarak numune alım yöntemine uygun kesilerek hazırlanmıştır [10].

2.2. Emprenye Maddesi (Nano CCB solüsyonu)

Piyasada kullanılan makro ve mikro boyutlardaki emprenye tuzlu bileşiklerinin ahşabın mekanik özellikleri üzerindeki dezavantajını ortadan kaldırmak ve emprenye sonucunda daha iyi mekanik dayanım elde edilmesini sağlamak amacıyla tanecik boyutu nano düzeyde olan CCB metal oksitler kullanılmıştır. Nano CCB emprenye maddesi, saf su içerisinde ağırlıkça %2 oranında bakır, krom, bor oksit nano parçacık içermektedir. Bu parçacıklarında kendi içerisindeki oranı özellikle ülkemizde ve Avrupa'da CCB tuzlarında en yaygın kullanılan, bakır bileşenleri %36, krom bileşenleri %40 ve bor bileşenleri %24 olan CCB emprenye maddesi kompozisyonları kullanılmıştır [5].

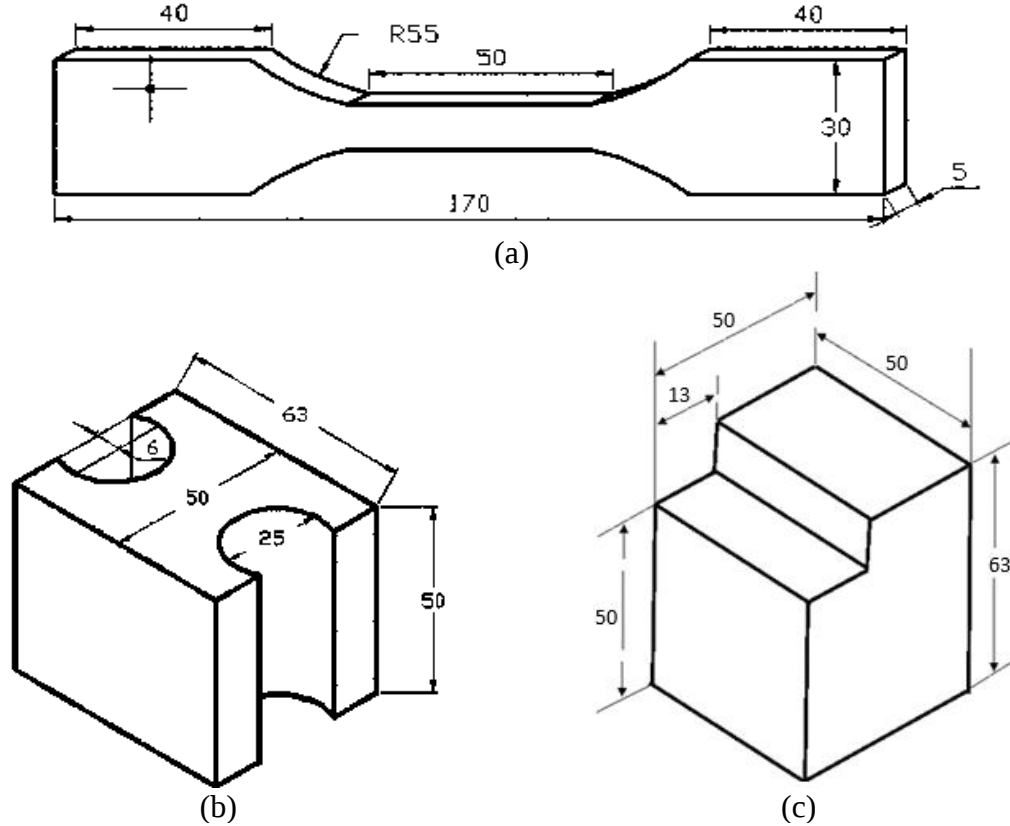
2.3. Ahşap numunelerin hazırlanması

Ahşap numuneler gözle görünür çatlak, çürük, mantarlanma, budak vb. kusurları olmayan kurutulmuş 1. sınıf sarıçam keresteden elde edilmiştir. Numuneler ASTM D143-09 standardı esas alınarak [10] numune alım yöntemlerine ve lif yönlerine göre kesilmiştir. Boyutları yine ilgili standarda göre tespit edilen numunelerin boyutları orantılı olarak küçültülmüştür.

ASTM D143-09'a göre hazırlanan numuneler ve boyutları aşağıda belirtilmiştir;

- Liflere Dik Basınç Deneyi: ASTM D143-09'de numuneler $50 \times 50 \times 150 \text{ mm}$ büyüklüğünde verilmiştir. Numuneler $\frac{1}{2}$ oranında küçültülerek $25 \times 25 \times 75$ boyutlarında hazırlanmıştır.
- Liflere Paralel Basınç Deneyi: ASTM D143-09'de numuneler $50 \times 50 \times 150 \text{ mm}$ büyüklüğünde verilmiştir. Numuneler $\frac{1}{3}$ oranında küçültülerek $16,5 \times 16,5 \times 65,5$ boyutlarında hazırlanmıştır.
- Liflere Paralel Çekme Deneyi: Numune boyutları şekil üzerinde verilmiştir (Şekil 1-a). Liflere paralel çekme deneyi numuneleri ASTM standardına uygun üretilmediğinden ISO 3345:1975 EQV (TS 2475) standardına uygun olarak üretilmişlerdir. Numune boyutları küçük olduğundan elle veya freze ile kesilemeyen bu numuneler lazer ile kesilmişlerdir [11].
- Liflere Dik Çekme Deneyi: Numuneler ASTM D143-09 standardına göre hazırlanmış olup, boyutları Şekil 1-b'de verilmiştir.
- 3 Nokta Eğilme Deneyi: Numunelerin boyutları ilgili standartta $25 \times 25 \times 410 \text{ mm}$ olarak belirlenmiştir. Numuneler ilgili standarda göre $\frac{1}{2}$ oranında küçültülerek $12,5 \times 12,5 \times 205$ boyutlarında hazırlanmıştır.

- Liflere Paralel Kesme Deneyi: Numeneler ASTM D143-09 standardına göre hazırlanmış olup, boyutları Şekil 1-c’de verilmiştir.



Şekil 1. (a) Liflere paralel çekme deneyi numunesi (b) Liflere dik çekme deneyi numunesi (c) Kesme deneyi numunesi (Boyutlar mm’dir)

2.4. Emprenyenin Yapılması

Deneyisel çalışılarda emprenye işleminde hem uygulanabilirliği hem de istenen sonuçların elde edilebilmesi açısından en yaygın olarak kullanılan sistem alçak basınç-vakum emprenye sistemidir [2]. Bu sistemde kazan içerisine yerleştirilen ahşaba vakum uygulanarak ortamdaki hava alındıktan sonra emprenye malzemesi kazana aktarılır ve ortama basınç uygulanır. Ahşabın türüne göre basınç miktarı ve süresi ayarlanır. Daha sonra ortamdaki emprenye malzemesi dışarı alınıp tekrar vakum uygulanarak ahşap yüzeyindeki fazla emprenye malzemesinin de alınması sağlanır. Son olarak ahşap doğal hava koşullarında veya etüvde kurutulurken kullanıma sunulur [2]. Emprenye çalışmaları, literatürde yer alan ve yukarıda ifade edilen yöntem ve teknikler kullanılarak yapılmıştır.

Yapılan deneyisel çalışılarda emprenye için uygulanacak basınç ve vakum değerlerini emniyetli bir şekilde kaldırabilecek özel bir emprenye tankı tasarlanmıştır. Çapı 320 mm ve yüksekliği 500 mm olan silindir şeklindeki bu tankın et kalınlığı 6 mm olan çelik saçtan üretilmiştir. Tanka vakum pompası, kompresör ve çift taraflı manometre bağlanmıştır. Emprenye ile ilgili deneyisel çalışılalar

ASTM-D1413-76 standardına göre yapılmıştır [12].

Emprenye işlemi tamamlanan numunelerin bir kısmı 105 °C' etüvde 24 saat kurutulduktan sonra deneye tabi tutulmuş, diğer kısmı ise açık havada (20 °C) bir hafta kurutulduktan sonra deneysel nem oranına ulaşmak için 3 saat etüvde bekletilerek mekanik testler uygulanmıştır. Numune deneysel nem oranı $\%15 \pm 3$ olarak alınmıştır [13]. Deneysel çalışmalar süresince numunelerin nem oranlarının değişmemesi için deney sırası bekleyen numuneler desikatör içerisinde bekletilmiştir.

3. Deneysel sonuçlar

Yapılan deneysel çalışmalarda ağırlıkça %2 oranında nanoCCB emprenye edilip, etüvde (105 °C) ve açık havada (20 °C) olmak üzere iki farklı sıcaklıkta kurutulan numunelerin mekanik performansları incelenmiştir. Numunelerin mekanik performansları dik çekme, dik basınç, paralel çekme, paralel basınç, 3 nokta eğilme ve kesme deneylerini içermektedir. Deneysel çalışmalar sonucunda nanoCCB parçacıklı numunelerin mekanik dayanıma etkileri uygun kurutma sıcaklığı ile tespit edilmesi hedeflenmiştir. NanoCCB emprenye edilerek hazırlanan numunelerden 2 farklı deney numunesi grubu ile beraber işlem görmüş numunelerin deney sonuçlarının karşılaştırılması amacıyla işlem görmemiş kontrol numunesi grubu da hazırlanmıştır. Çalışmamızda her bir deney grubunda 5 adet numune test edilmiş, ancak özellikle ahşabın heterojen ve anizotropik bir yapıya sahip olmasından dolayı deney sonuçlarında her grup kendi arasında değerlendirilmek suretiyle standart sapma dışında kalan iki numune dikkate alınmamıştır. Dolayısıyla deney sonucu elde edilen ortalama değerler üç numunenin aritmetik ortalamasıdır [9].

3.1. Liflere Paralel Çekme Deneyi

%2 konsantrasyonlu solüsyonda emprenye edilen çekme numuneleri iki farklı sıcaklıkta kurutulmuş 5'er numune çekme testine tabi tutulmuştur. (Şekil 2). Deney test hızı diğer çekme testlerinde olduğu gibi hızı 1 mm/dk olarak alınmıştır. Numunelerin deney öncesi nem oranları $\%15 \pm 3$ olmasına dikkat edilmiştir.



Şekil 2. CCB nano Parçacık emprenye edilmiş paralel çekme deney düzeneği ve numuneleri

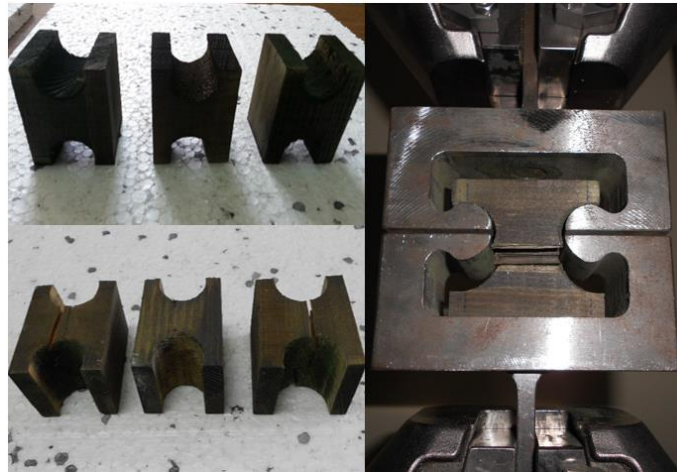
Yapılan liflere paralel çekme testleri sonucunda %2 CCB nano parçacık emprenye edilen numune sonuçları, gerilme-birim deformasyon değerleri açısından emprenye edilmemiş numunelerle kıyaslandığında, etüvde kurutulan numuneler %33 oranında daha az birim deformasyonu ve %71 oranında daha yüksek çekme dayanımına ulaşılmıştır. Açık havada kurutulan numunelerde ise %54 oranında daha gevrek ve %30 oranında yüksek dayanım elde edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. %2 konsantrasyonlu numuneler için paralel çekme deneyi gerilme-birim deformasyon değerleri

Uygulama Türü	1. Numune		2. Numune		3. Numune		Ortalama		Gerilme % Değişim	Birim Deformasyon % Değişim
	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)		
Kontrol	69,59	2,50	69,75	2,40	68,41	2,50	69,25	2,47	0	0
CCB Etüv	112,19	1,59	106,67	1,71	129,72	1,68	116,19	1,66	71	-33
CCB Açık Hava	84,83	1,20	98,12	1,18	87,57	1,03	90,17	1,13	30	-54

3.2. Liflere Dik Çekme Deneyi

Liflere dik çekme numuneleri iki farklı sıcaklıkta kurutulmuş ve 5'er numune çekme testine tabi tutulmuştur. (Şekil 3). Deney test hızı ilgili standartta belirtildiği gibi 2,5 mm/dk olarak alınmıştır. Deney numuneleri aynı şartlarda hazırlanış ve deney öncesi nem oranlarının 15 ± 3 olmasına dikkat edilmiştir.



Şekil 3. CCB nano Parçacık emprenye edilmiş dik çekme deney düzeneği ve numuneleri

Liflere dik çekme deneyleri sonucunda %2 CCB nano parçacık emprenye edilen numune gerilme-birim deformasyon değerleri, emprenye edilmemiş numunelerle karşılaştırıldığında etüvde kurutulan numunelerde %148 oranında daha fazla birim deformasyonu ve %31 oranında daha yüksek çekme dayanımına ulaşılmıştır. Açık havada kurutulan numunelerde ise %42 oranında daha sünek ancak %25 oranında daha düşük dayanım elde edilmiştir (Tablo 2). Bu durum lifler arasında yerleşen taneciklerin yüksek sıcaklıklarda lifler arasında daha güçlü bağ oluşturduğu, açık havada ise daha zayıf etkileşimin olduğu ahşap yapı arasında mekanik çözülmeye neden olduğu, bu nedenle dayanımın düştüğü ifade edilebilir.

Tablo 2. %2 konsantrasyonlu numuneler için dik çekme deneyi gerilme-birim deformasyon tablosu

Uygulama Türü	1. Numune		2. Numune		3. Numune		Ortalama		Gerilme % Değişim	Birim Deformasyon % Değişim
	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)		
Kontrol	2,82	2,60	3,65	3,30	3,24	3,00	3,24	2,97	0	0
CCB Etüv	3,90	6,90	4,14	7,20	4,67	8,00	4,24	7,37	31	148
CCB Açık Hava	2,36	4,50	2,42	3,80	2,44	4,40	2,41	4,23	-25	42

3.3. Liflere Paralel Basınç Deneyi

%2 konsantrasyonlu solüsyonda emprenye edilen paralel basınç numuneleri iki farklı sıcaklıkta kurutulmuş ve 5'er numune paralel basınç testine tabi tutulmuştur. (Şekil 4). Liflere paralel basınç deneyinde test hızı 0,3 mm/dk olarak alınmıştır. Numunelerin deney öncesi nem oranları 15 ± 3 olmasına dikkat edilmiştir.

**Şekil 4.** CCB nano Parçacık emprenye edilmiş paralel basınç deney düzeneği ve numuneleri

Yapılan liflere paralel basınç deneyleri sonucunda CCB nano parçacık emprenye edilen numunelerin, gerilme-birim deformasyon değerleri açısından emprenye edilmemiş numunelerle kıyaslandığında etüvde kurutulan numuneler %3 oranında daha az birim deformasyonu ve %36 oranında daha yüksek paralel basınç dayanımına ulaşılmıştır. Açık havada kurutulan numunelerde ise %6 oranında daha gevrek ve %21 oranında yüksek dayanım elde edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. %2 konsantrasyonlu numuneler için paralel basınç deneyi gerilme-birim deformasyon tablosu

Uygulama Türü	1. Numune		2. Numune		3. Numune		Ortalama		Gerilme % Değişim	Birim Deformasyon % Değişim
	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)		
Kontrol	46,58	2,00	43,80	2,10	38,20	2,20	42,86	2,10	0	0
CCB Etüv	57,32	2,05	59,51	2,05	58,00	1,99	58,28	2,03	36	-3
CCB Açık Hava	48,31	1,96	53,56	1,86	53,02	2,14	51,63	1,98	21	-6

3.4. Liflere Dik Basınç Deneyi

Liflere dik basınç numuneleri iki farklı sıcaklıkta kurutulmuş ve 5'er numune çekme testine tabi tutulmuştur (Şekil 5). Deney test hızı ilgili standartta belirtildiği gibi 0,305 mm/dk olarak alınmıştır. Deney numuneleri aynı şartlarda hazırlanış ve deney öncesi nem oranlarının 15 ± 3 olmasına dikkat edilmiştir.



Şekil 5. CCB nano Parçacık emprenye edilmiş dik basınç deney düzeneği ve numuneleri

Liflere dik basınç deneyleri sonucunda CCB nano parçacık emprenye edilen numune sonuçları gerilme-birim deformasyon değerleri, emprenye edilmemiş numunelerle karşılaştırıldığında etüvde kurutulan numunelerde %87 oranında daha fazla birim deformasyonu ve %70 oranında daha yüksek çekme dayanımına ulaşılmıştır. Açık havada kurutulan numunelerde ise %60 oranında daha sünek ve %27 oranında daha yüksek dayanım elde edilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. %2 konsantrasyonlu numuneler için dik basınç deneyi gerilme-birim deformasyon tablosu

Uygulama Türü	1. Numune		2. Numune		3. Numune		Ortalama		Gerilme % Değişim	Birim Deformasyon % Değişim
	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)		
Kontrol	8,97	4,60	9,79	3,80	11,06	5,00	9,94	4,47	0	0
CCB Etüv	16,56	8,27	17,14	8,06	16,95	8,75	16,88	8,36	70	87
CCB Açık Hava	12,45	7,60	11,66	6,60	13,60	7,30	12,57	7,17	27	60

3.5. 3 Nokta Eğilme Deneyi

CCB nano parçacık emprenye edilen numuneler için eğilme deneyinde test hızı 2,5 mm/dk olarak alınmıştır. Deney numuneleri aynı şartlarda hazırlanış ve deney öncesi nem oranları 15 ± 3 olmasına dikkat edilmiştir. 2 farklı sıcaklıkta kurutulmuş numune türünden 5'er numune 3 nokta eğilme testine tabi tutulmuştur (Şekil 6).



Şekil 6. CCB nano Parçacık emprenye edilmiş üç nokta eğilme deney düzeneği ve numuneleri

Eğilme deneyinde CCB nano parçacık emprenye edilen numune sonuçları gerilme-birim deformasyon değerleri, diğer aynı oranda malzeme emprenye edilmiş numunelerle karşılaştırıldığında etüvde kurutulmuş numunelerde %5 oranında sehim artışı ve %36 oranında daha yüksek eğilme dayanımına ulaşılmıştır. Açık havada kurutulan numunelerde ise %8 oranında daha gevrek ve %8 oranında daha yüksek dayanım elde edilmiştir (Tablo 5).

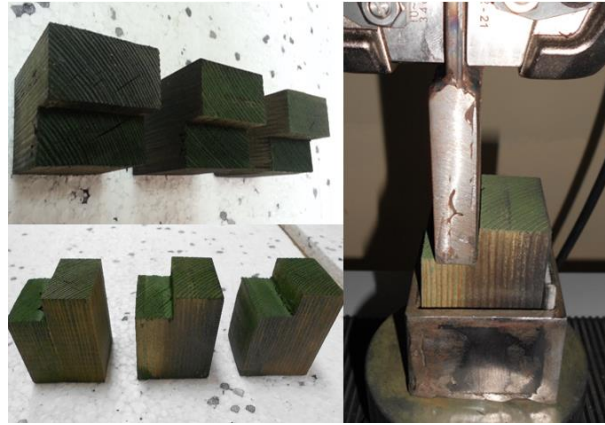
Tablo 5. %2 konsantrasyonlu numuneler için üç nokta eğilme deneyi yük-sehim değerleri tablosu

Uygulama Türü	1. Numune		2. Numune		3. Numune		Ortalama		Yük % Değişim	Sehim % Değişim
	Yük (N)	Sehim (mm)	Yük (N)	Sehim (mm)	Yük (N)	Sehim (mm)	Yük (N)	Sehim (mm)		
Kontrol	876,56	6,07	871,88	6,08	793,75	6,02	847,40	6,06	0	0
CCB Etüv	1185,94	6,42	1137,50	6,63	1126,56	6,14	1150,00	6,39	36	5
CCB Açık Hava	907,81	6,00	895,31	5,56	937,50	5,19	913,54	5,58	8	-8

3.6. Liflere Paralel Kesme Deneyi

CCB emprenye edilmiş numunelerin liflere paralel kesme deneyinde test hızı ilgili standartta belirtildiği gibi 0,6 mm/dk olarak alınmıştır. Numuneler aynı şartlarda hazırlanış ve deney öncesi nem oranları 15 ± 3 olmasına dikkat edilmiştir. 2 farklı kurutmada 5'er numune teste tabi tutulmuştur (Şekil 7).

Liflere paralel kesme deneyleri sonucunda CCB nano parçacık emprenye edilen numune sonuçları gerilme-birim deformasyon değerleri, emprenye edilmemiş numunelerle karşılaştırıldığında etüvde kurutulan numunelerde %19 oranında daha az deformasyon oluşmuş ancak maksimum yükte kayda değer bir değişim olmamıştır. Açık havada kurutulan numunelerde ise %8 oranında daha gevrek ve %17 oranında daha düşük dayanım elde edilmiştir (Tablo 6). Bu durum dik çekme numunelerinde olduğu gibi lifler arasına yerleşen taneciklerin yüksek sıcaklıklarda lifler arasında güçlü bağ oluşturduğu, açık havada ise daha zayıf etkileşimin olduğu ahşap yapı arasında mekanik çözülmeye neden olduğu ifade edilebilir.



Şekil 7. CCB nano Parçacık emprenye edilmiş paralel kesme deney düzeneği ve numuneleri

Tablo 6. %2 konsantrasyonlu numuneler için paralel kesme deneyi yük-deplasman değerleri tablosu

Uygulama Türü	1. Numune		2. Numune		3. Numune		Ortalama		Yük % Değişim	Deplasman % Değişim
	Yük (N)	Deplasman (mm)	Yük (N)	Deplasman (mm)	Yük (N)	Deplasman (mm)	Yük (N)	Deplasman (mm)		
Kontrol	15460,94	2,23	16870,31	2,05	16385,94	1,69	16239,06	1,99	0	0
CCB Etüv	15040,63	1,50	17870,31	1,78	16142,19	1,58	16351,04	1,62	1	-19
CCB Açık Hava	12738,08	1,67	14468,49	2,00	13209,38	1,84	13471,98	1,83	-17	-8

4. Sonuç ve Değerlendirme

% 2 nanoCCB solusyonunda emprenye edilerek test edilen numuneler kontrol numuneleri ile karşılaştırıldığında;

- Paralel çekme deneyi sonucunda etüvde kurutulan numuneler %71, açık havada kurutulanlar %30 oranında daha yüksek çekme gerilmesi değeri elde edilmiştir.
- Dik Çekme gerilmesi değerleri etüvde kurutulan numunelerde %31 oranında iyileşme, açık havada kurutulan numunelerde ise %25 oranında düşüş olduğu tespit edilmiştir.
- Paralel basınç deney sonuçlarında açık havada %21, etüvde %36 oranında daha yüksek dayanım sağlanmıştır.
- Dik basınç gerilmesi açısından etüvde %70, açık havada ise %27 daha yüksek değerler elde edilmiştir.
- Üç nokta eğilme deneyinde etüvde %36, açık havada ise %8 oranında daha yüksek değerler elde edilmiştir.
- Paralel kesme deneyinde etüv numunelerinde bir değişim olmamakla birlikte açık hava numunelerine göre %17 oranında dayanım düşüşü tespit edilmiştir.

Tüm bu test sonuçları dikkate alındığında nanoCCB ile emprenye edilen ve etüvde kurutulan tüm numuneler kontrol numunelerine göre daha yüksek dayanım sergilemiş ve ortalama %40 oranında dayanım artışı sağladığı tespit edilmiştir. Açık havada kurutulan numuneler ise dik çekme ve kesme numuneleri dışındaki tüm numunelerde artış sağlanmış ancak tüm testler dikkate alındığında artış oranı %10 dolaylarında kalmıştır. Piyasada üretilen ve halen kullanımda olan emprenye tuzlarının ahşabın mekanik dayanımını %30 oranında düşürdüğü dikkate alındığında, nanoCCB malzemesi emprenye edilmiş ve etüvde kurutulmuş ahşabın, tuzlarla emprenye edilen ahşaba göre yaklaşık %100 dayanım artışı sergilediği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak üretilen yeni nanoCCB emprenye maddesiyle emprenye edilen ahşapta elde edilen yüksek mekanik dayanım, yeni yapılacak olan ahşap yapıların, daha özgün tasarımlarla, daha büyük açıklıkların daha küçük boyutlarla çözümlenmesini mümkün kılacağı öte yandan tarihi ahşap yapılarda yapılacak restorasyon ve güçlendirme çalışmalarında daha güvenli ahşap kullanımına olanak sağlayacağı tespit edilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma Tahir AKGÜL'e ait "CCB Nano Partiküllerle Güçlendirilmiş Ahşap Yapı Elemanlarının Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi" adlı doktora tezinden olup Sakarya Üniversitesi Rektörlüğü, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAPK) tarafından 2012-50-02-030 ve 2012-09-04-003 nolu projelerle desteklenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Aslan, S., Ağaç Zararlıları Koruma Ve Emprenye Tekn., KOSGEB Yayınları, Ankara, 1998.
- [2] Bozkurt, Y., Göker, Y., Erdin, N., Emprenye Tekniği, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3779, Orman Fakültesi Yayın No: 425, İstanbul, 1993
- [3] Winandy, J. E., Boone, R. S., The Effects of CCA Preservative Treatment and Redrying on The Bending Properties of 2*6 Southern Pine Lumber, Wood and Fiber Science, 20 (3), pp. 350–364, 1988.
- [4] Sivrikaya H., Saraçbaşı A., Bor Madeninin Ahşap Koruma Endüstrisinde Değerlendirilmesi , II. Uluslararası Bor Sempozyumu, s; 365-372, Eskişehir, Türkiye, 2004
- [5] Kartal S. N., CCA ve CCB emprenye maddeleri ile korunan ağaç malzemenin dayanıklılık, yıkanma ve direnç özellikleri, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İstanbul, 1998
- [6] Cai, X., Riedl B., Zhang, S.Y. B., Wanb H., "The impact of the nature of nano fillers on the performance of wood polymer nano composites" Composites: Part A 39 727–737, 2008.
- [7] Cestari, C. B., Invernizzi, S., Marzi, T., Tulliani, J-M., Nano-technologies applied to the restoration and maintenance of wooden built heritage, in Structural analysis of historical construction, Taylor & Francis, London, 941-947, 2008
- [8] Perker, S., Nano teknoloji ve Yapı Malzemesi Alanına Etkileri, e-Journal of New World Sciences Academy Engineering Sciences, 1A0114, 5, (4), 639-648. 2010.
- [9] Akgul T., CCB Nano Partiküllerle Güçlendirilmiş Ahşap Yapı Elemanlarının Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Sakarya Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Sakarya, 2013
- [10] ASTM-D 143-09 Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber, Annual Book of ASTM Standards, West Conshohocken, PA, USA. 2009.
- [11] ISO 3345-1975 Wood-Determination of ultimate tensile stress parallel to grain, International Organization for Standardization (ISO), 1975.
- [12] ASTM-D 1413-07, Standard test method of testing wood preservatives by laboratory soil-block cultures, Annual Book of ASTM Standards, West Conshohocken, PA, USA. 2007.
- [13] Vlosky, R.P., An overview of the U.S. preservative wood treating industry: 2004. Sponsor report to the Southern Pine Council. Kenner, LA. March 16th. 65 p, 2006.