



**Fahriye Hilal Halıcıoğlu
Berna Yürekli**

Dokuz Eylül University, hilal.halicioglu@deu.edu.tr,
bernayurekli@hotmail.com, İzmir-Turkey

<http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2016.11.4.1A0368>

**AHŞAP-BETON KOMPOZİT DÖŞEMELERİN BİNALARDA VE KÖPRÜLERDE KULLANIMI
ÜZERİNE BİR İNCELEME**

ÖZ

Bu çalışma ahşap-beton kompozit döşemelerin binalarda ve köprülerde uygulanma olanaklarını sunmaktadır. Ahşap-beton kompozit sistem bir yapım tekniğidir. Ahşap-beton kompozit döşeme bazı bağlantı teknikleri kullanılarak ahşap kirişler ve bir beton plak ile oluşturulan bir sistemdir. Bu sistemde ahşap ve beton elemanların strüktürel performansı büyük ölçüde kompozit davranışın özelliklerine bağlıdır. Bu tür kompozit sistem çoğunlukla Amerika Birleşik Devletleri, Avustralya ve Avrupa ülkelerinde tercih edilmektedir. Ahşap-beton kompozit döşemeler mevcut ahşap binaların döşemelerinin yenilenmesinde, yeni bina yapımında ve köprü yapımında kullanılmaktadır. Türk inşaat sektöründe ise kullanılmamaktadır. Bu nedenle, bu çalışmanın amacı inşaat uygulamalarında kullanılan ahşap-beton kompozit sistemi incelemektir. Bu amaçla, bu tür kompozit sistemin strüktürel tasarım ve yapım özellikleri ilgili literatür analiz edilerek ortaya çıkarılmaktadır. Bu çalışmada binaların ve köprülerin yapımında kullanılan ahşap-beton kompozit döşemeler incelenmektedir ve uygulama örnekleri sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ahşap-Beton Kompozit Sistem, Döşemeler,
Ahşap, Beton, Binalar

**A REVIEW ON THE USE OF TIMBER-CONCRETE COMPOSITE FLOORS IN BUILDINGS
AND BRIDGES**

ABSTRACT

This paper presents implementation opportunities of timber-concrete composite floors in buildings and bridges. The timber-concrete composite (TCC) system is a construction technique. Timber-concrete composite floor is a system composed of timber beams and a concrete slab using some connection techniques. In this system, the structural performance of the timber and concrete elements depends largely on the properties of the composite behavior. Timber-concrete composite floors have been used in the renovation of the floors of existing timber buildings, new building construction and bridge construction. This kind of composite system is mainly preferred in the United States, Australia, and European Countries. It is not used in the Turkish construction industry. Hence, the aim of this paper is to review timber-concrete composite system used in the construction applications. To that end, the structural design and construction features of this kind of composite system are found out through reviewing the literature on timber-concrete composite system. In this paper, the use of timber-concrete composite floors in the construction of buildings and bridges is examined and presented some examples of applications.

Keywords: Timber-Concrete Composite System, Floors,
Timber, Concrete, Buildings



1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ahşap-beton kompozit sistem eski ahşap karkas ve taş yığma binaların yenilenmesinde ve yeni yapılarda (binalar ve köprülerde) kullanılan bir yapım tekniğidir. Duvar, döşeme ve çatı gibi yapı elemanlarının yapımında kullanılan bu kompozit sistem ahşap kirişler ve beton plak ile oluşturulmaktadır. Böylelikle çekme kuvvetlerine ahşabın, basınca ise betonun dayanım göstermesi sayesinde her iki malzemenin de en iyi özelliklerinden faydalanılmaktadır. Bağlantı ise ahşap ve beton arasında tam bir kompozit davranışın sağlanması için yapılmaktadır. Bu mekanik bağlantı çiviler, vidalar, ahşaba gömülü veya ahşapta çentikli ya da her ikisinin de olduğu metal plakalar ile sağlanmaktadır. Bu sistem ile üretilen yapı elemanlarından en fazla kullanımı olan ahşap-beton kompozit döşemeler özellikle geleneksel ahşap kirişli döşemelere göre daha rijit olması ve betonarme döşemelere göre ağırlığın azalması nedeniyle tercih edilmektedir. Ahşap-beton kompozit döşeme sistemi, ahşap ve betonun bağlantı elemanlarıyla birleştirilmesiyle oluşturulmuş bir sistemdir.

Ahşap-beton kompozit döşeme sisteminin ilk örnekleri Avrupa'daki bazı ülkelerde eski taş yığma binaların ahşap döşemelerinin güçlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilen uygulamaları ile dikkat çekmektedir. Özellikle 1970'li yıllardan sonra ahşap-beton kompozit sistemlere olan ilginin arttığı ve bu sistemin sadece mevcut ahşap döşemelerin güçlendirilmesinde değil, aynı zamanda yeni binaların ve köprülerin döşemelerinin yapımında da kullanıldığı görülmektedir [1 ve 2]. Ahşap-beton kompozit döşemelerin kullanımının yoğun olduğu ülkeler; Amerika Birleşik Devletleri, Avustralya, Yeni Zelanda, Brezilya, Kuzey Avrupa ve Orta Avrupa ülkeleridir [1, 2, 3 ve 4]. Örneğin, Avustralya'da ahşap-beton kompozit döşemeler 1950'lerden bu yana kullanılmakta olup bu kompozit döşemeler Amerika Birleşik Devletleri Ordusu tarafından getirilmiş ve teşvik edilmiştir [5 ve 6].

Brezilya'da ise ilk ahşap-beton kompozit köprü 1974 yılında São Paulo'da yapılmıştır. Bu deneyimin başarısından teşvik olarak São Paulo Üniversitesi son on yıl içinde "São Paulo Eyaleti Ahşap Köprü Programı" isimli bir araştırma programı başlatmıştır. Bu programın ana amacı, diğer yapı malzemeleri ile kıyaslandığında avantajlı olabilecek köprüler tasarlamaktır. Son on yıl süresince sekiz yeni ahşap-beton kompozit köprü yapılmıştır ve bu köprülerin tamamı "Sao Paulo Üniversitesi Ahşap ve Ahşap Yapılar Laboratuvarı" tarafından tasarlanmıştır. Kuzey Avrupa'da ahşap-beton kompozit döşeme yapımı kamu otoriteleri tarafından desteklenen üniversite araştırmaları ile geliştirilmiştir. İskandinav Avrupa ülkelerinde çelik ve beton döşemeler yerine daha çok ahşap döşemelerin yapılmasını amaçlayan bir örnek çalışma "İskandinav Ahşap Köprü Projesi"dir [2]. Bu proje İskandinav ülkelerinde çok sayıda ahşap-beton kompozit sistem ile köprü yapımına bir temel teşkil etmiştir.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

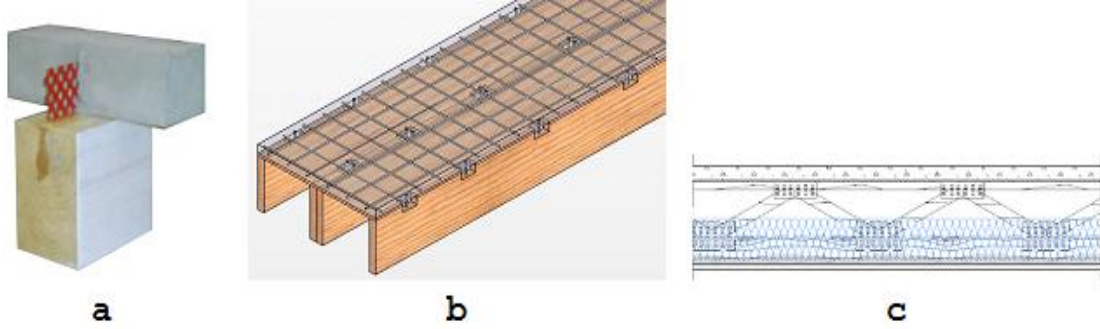
Ahşap-beton kompozit döşeme sisteminde ahşap çekmeye çalışırken beton basınca çalışarak birbirini dengeleyebilmekte ve tek başlarına yapıda kullanılmalarına oranla kompozit halde daha yüksek performans gösterebilmektedirler. Birçok ülkede binaların ve köprülerin yapımında tercih edilen ahşap-beton kompozit sistem ülkemizde henüz üretilmemektedir ve kullanılmamaktadır. Bu nedenle, çalışmanın amacı ülkemizde henüz kullanılmayan ahşap-beton kompozit sistemi tanıtmak ve binalarda ve köprülerde kullanım olanaklarını sunmaktır. Bu çalışmada sistemin tasarımına ve üretimine yönelik bilgiler ve en yaygın kullanımı olan ahşap-beton kompozit döşemeler incelenerek binalarda ve

köprülerde uygulama örnekleri verilmektedir. Çalışmanın yöntemi konu ile ilgili literatürün incelenmesine dayanmaktadır.

3. AHŞAP-BETON KOMPOZİT SİSTEM (TIMBER-CONCRETE COMPOSITE SYSTEM)

Ahşap-beton kompozit sistemler üç farklı özellikte üretilmektedir (Şekil 1). Bu sistemler üretim özelliklerine göre şunlardır:

- HBV (Holz-Beton Verbund) sistem,
- M kesit sistem ve
- SEPA 2000 sistemdir



Şekil 1. Ahşap-Beton Kompozit Sistemin Çeşitleri: a) HBV Sistem, b) M Kesit Sistem, c) Sepa 2000 Sistem

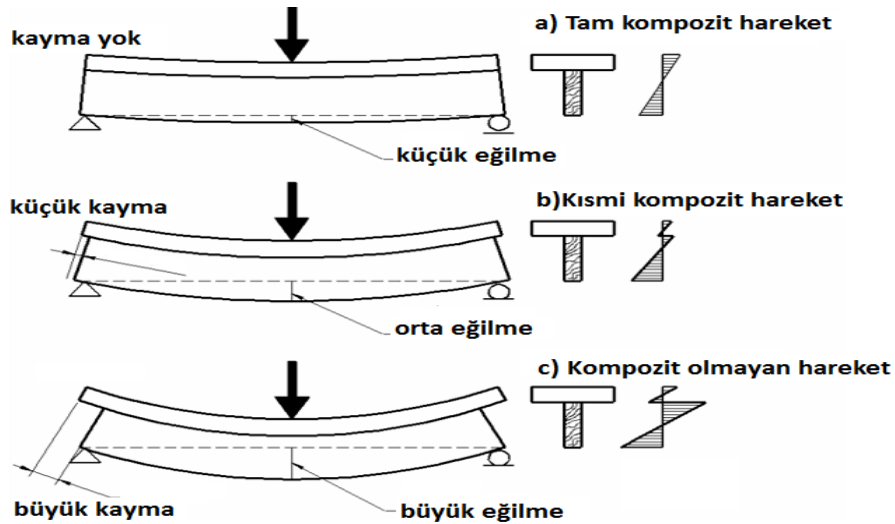
(Figure 1. Types of Timber-Concrete System: a) HBV System, b) M Section System, c) Sepa 2000 System) [7, 8, 9, 13, 19, 20, 21 ve 31]

HBV Sistem, Almanya' da uygulanan bir sistemdir [7, 8 ve 9]. Şekil 1a' da gösterildiği gibi HBV sistem ahşap kiriş üzerindeki beton plaka delikli metal bir eleman ile bağlantısı yapılarak tam prefabrik olarak üretilmektedir [7 ve 31]. M kesit sistem, döşeme kirişleri görevi gören tabakalı kaplama kereste (LVL-Laminated Veneer Lumber) kirişler ile inşa edilmiş "M" kesitli paneller ve kalıcı kalıp olarak kontrplak ara katmanını içermektedir (Şekil 1b). M kesit sistemin tasarımı Ceccotti [20, 21 ve 31] tarafından önerilen etkin eğilme direnci yöntemine dayalıdır. Ayrıca, yarı prefabrik olan bu sistem Canterbury Üniversitesi'nde araştırma altına alınmıştır [13 ve 31]. Paneller saha dışında önceden imal edilerek inşaat sahasına taşınabilmekte, vinçlerle yerine yerleştirilebilmekte ve özel olarak tasarlanmış kiriş askıları ile ana gövdeye bağlantıları yapılabilmektedir. 65 mm kalınlığında yerinde dökme beton plak için büzülme kontrolü sağlamak amacıyla paneller üzerine çelik tel örgü yerleştirilmektedir. Çökme anında daha sünek davranış sağlamak ve kesme gücünü artırmak için bağlantı sistemi LVL kirişten kesilen ve trifon vida ile takviye edilen çentiklere sahiptir. 2400 mm enindeki "M" kesitli panel, her dış köşe üzerinde tek bir 400x63 mm LVL kiriş ve merkezde çift LVL kiriş ile yapılmaktadır. 8-10 m arasında bir açıklık için her kirişin uzunluğu boyunca 6 ile 8 bağlayıcı gerektirmektedir. Her panel yaklaşık 8 kN ağırlığındadır. SEPA 2000 Sistem ise, Finlandiya' da üretilmektedir ve ahşap kiriş yerine ahşap kafes kullanılmaktadır (Şekil 1c). Bu sistemle 8 m açıklığın geçilmesi mümkündür [31].

3.1. Ahşap-Beton Kompozit Sistemde Kompozit Davranış (Composite Behavior in Timber-Concrete Composite System)

Yüksek kompozit hareket derecelerine sahip ahşap-beton kompozit sistemlerin tasarımı ve üretiminde dikkat edilmesi gereken en önemli konu, ahşap kiriş ve beton plak arasındaki kesmenin bağlantı elemanlarıyla etkin biçimde aktarılmasının sağlanmasıdır. Bu nedenle, bağlantı elemanları sistemin strüktürel performansını etkilediğinden böyle bir kompozit sistemin özel ilgi gerektiren önemli elemanlarıdır. Şekil 2’de gösterildiği gibi Dias [11], Lukaszewska [12], Yeoh [13], Costa [14] ve Manaridis [31] iki kompozit hareket sınırını ve kısmi kompozit hareketi vurgulayarak ahşap-beton kompozit sistemde kompozit davranışı şöyle açıklamışlardır:

- Tam kompozit hareket üst sınırı: Bu sınır herhangi bir ara katman kayması olmadan eğilmez biçimde bağlanmış tek nötr akslı çapraz kesitlere ve ahşap-beton ara yüzünde aynı eğilme gerilmelerine sahip ahşap ve beton elemanlar ile gösterilmektedir (Şekil 2a).
- Kısmi kompozit hareket: Ahşap ve beton katmanlar genellikle mekanik bağlantı elemanlarıyla, bazı durumlarda da yapıştırıcılarla bağlanmaktadır. Bağlantı sistemi değiştirilebilir ve birçok bağlantı elemanı ara yüzde bazı yatay hareketler (kayma) oluşturur. Bu davranış ise “kısmi kompozit hareket” olarak adlandırılmaktadır (Şekil 2b). Kaymayla beraber tekli nötr aks ayrılır ve katmanlar arasındaki kayma arttıkça iki nötr aks birbirinden daha fazla ayrılır. Sonuç olarak, ahşap kiriş ile beton plak arasındaki bu kayma kompozit davranışı zayıflatmaktadır.
- Tam kompozit olmayan hareket alt sınırı: Bu sınır bağlanmamış ve bu yüzden bağımsız çalışan iki katman arasında mekanik sınırdır ve sürtünme yoluyla herhangi bir yatay kuvvet iletiminin olmadığı ahşap ve beton katmanlar ile gösterilir (Şekil 2c). Katmanların ayrı nötr aksları vardır ve ahşap-beton ara yüzünde kesintili bir eğilme gerilimi mevcuttur.



Şekil 2. Ahşap-beton kompozit sistemde kompozit davranış: a) Tam kompozit hareket, b) Kısmi kompozit hareket, c) Kompozit olmayan hareket

(Figure 2. Composite behavior in timber-concrete composite system: a) Complete composite action, b) Partial composite action, and c) No composite action) [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 ve 31]



Yukarıda bahsedildiği gibi, tam bir kompozit davranışın elde edilmesi için etkin bir bağlantının kurulması gereklidir. Piazza tarafından 1983 yılında teklif edilen aşağıdaki "Denklem 1" kullanılarak kompozit kirişler için kesme bağlantısının etkinliğini tanımlamak da mümkün olabilmektedir [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 ve 31].

$$\eta = \frac{EJ_{real} - EJ_0}{EJ_{\infty} - EJ_0} \quad (1)$$

Denklem 1' de η ara katman bağlantısının etkinliği, EJ_{∞} teorik tam kompozit hareketli kirişin eğilme direnci, EJ_0 kompozit hareketi olmayan kirişin eğilme sertliği ve EJ_{real} kirişin gerçek eğilme sertliğidir. Kesme bağlantısı çok sert olduğunda EJ_{real} , EJ_{∞} 'ye meyilli olur ve böylelikle $\eta \rightarrow 1$ olur. Diğer yandan çok esnek bir kesme bağlantısı için EJ_{real} , EJ_0 'a meyilli olur ve böylelikle $\eta \rightarrow 0$ olur. Kesme bağlantısının etkinliği Gutkowski ve diğer. (2008) tarafından önerilen aşağıdaki ilişki (Denklem 2) kullanılarak da ölçülebilmektedir [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 ve 31]:

$$E = (D_N - D_I) / (D_N - D_C) \quad (2)$$

Denklem 2' de E kompozit sistemin etkinliği, D_N tamamen kompozit olmayan teorik sapma, D_C tamamen kompozit teorik sapma ve D_I ahşap-beton kompozit kirişin ölçülen saptır. Yüksek kompozit hareket performansına sahip ahşap-beton kompozit sistemleri üretebilmek için ahşap kiriş ve beton plak arasındaki kesmenin bağlantı elemanı ile etkin bir biçimde aktarılması gereklidir [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 ve 31]. Ahşap kiriş ile beton plak arasında oluşan kayma döşeme sisteminin mekanik özelliklerini etkileyerek kompozit davranışı olumsuz etkileyebilmektedir. Bu nedenle, bağlantı elemanları sistemin performansını etkileyen en önemli elemanlardır. Bağlantı tasarımında ahşap-beton kompozit döşeme sistemlerinde yüke bağlı kayma oluşumunun en az seviyede olmasını sağlayabilecek çözümler önem kazanmaktadır.

3.2. Ahşap-Beton Kompozit Sisteme Yönelik Yaklaşımlar (Approaches to Timber-Concrete Composite System)

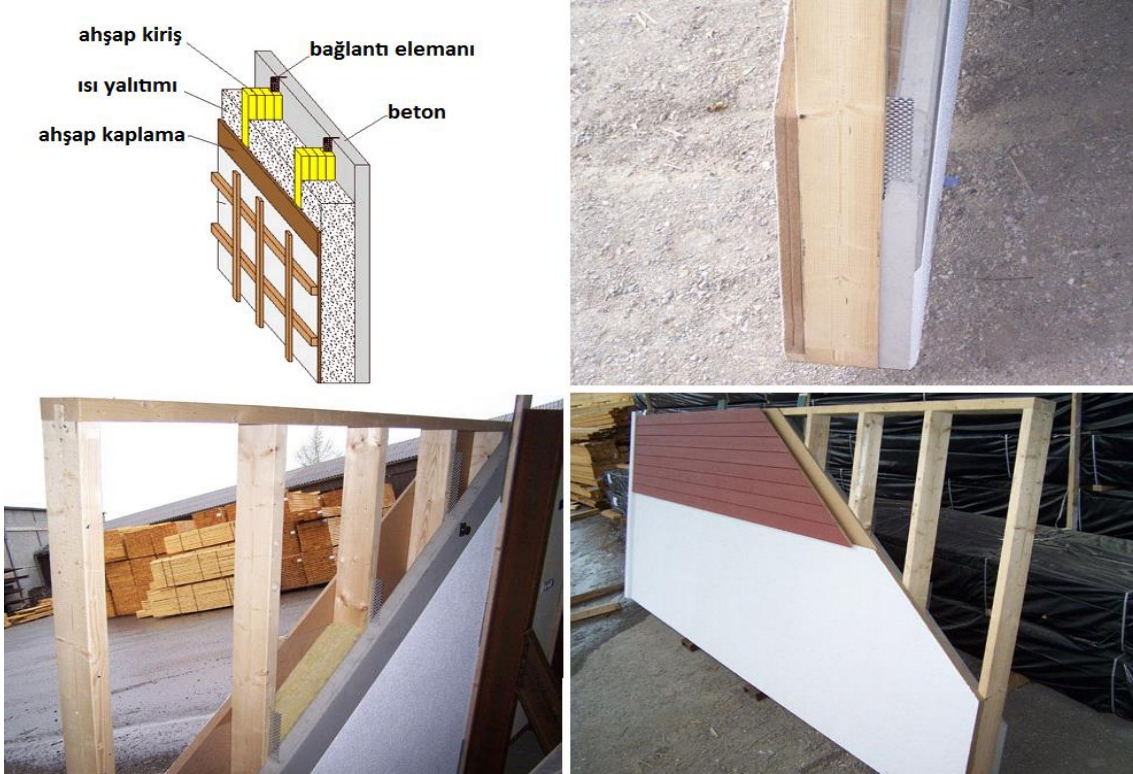
Genelde gerilmeleri ve deformasyonları hesaplamak için kullanılan analitik modeller iki katman (çelik ve beton veya ahşap ve ahşap) arasında yarı rijit bağlantılara sahip kompozit yapılar için geliştirilmiş olduğundan ahşap-beton kompozit yapılar üzerinde daha farklı yaklaşımlar uygulanmaktadır [14]. Godycki ve diğer. [24] ve Stevanovic [25] enine ve aksenal yüklemeye maruz kalan ahşap-beton kompozit yapılardaki kuvvetleri hesaplamak için elastik bir model önermişlerdir. Bu modelde ahşap-beton elemanlar arasındaki kayma hesaba katılmaktadır. Elastik teorisi temel alınarak geliştirilen yöntem, ahşap ve betondaki saptmaların ve kesme kuvvetinin hesaplanmasına olanak tanımaktadır. Ahşap-beton kompozit sistemlerin tasarımı, kısa ve uzun süreli yükler için hem nihai sınır değerlerini (ULS-Ultimate limit state) hem de kullanılabilirlik sınır değerlerini (SLS-Serviceability limit state) karşılamalıdır. ULS, bir elastik analiz kullanılarak malzemelerdeki (ahşap, beton ve bağlantı sistemi) maksimum gerilmeleri değerlendirerek hesaplanırken SLS, maksimum saptmayı hesaplayarak kontrol edilmektedir [26, 27, 28, 29 ve 30]. En fazla tercih edilen ve uygulanan model ise Eurocode 5'te [29 ve 30] yer alan kompozit yapının iki katmanı arasındaki kaymayı hesaba katan basit doğrusal modeldir. Yüklerin anlık olarak ve sünme etkisi olmadan uygulanması kısa vadede doğrulamada mümkündür. Ancak, betonun sünmesi ve büzülmesinin, ahşabın ve bağlantı elemanının deformasyonunun ve ahşap ile betonun ısıl zorlanmalarının hepsinin hesaba katılması gerektiğinden kompozit kirişlerin uzun vadede doğrulanması sorunludur.

4. AHŞAP-BETON KOMPOZİT YAPI ELEMANLARI (TIMBER-CONCRETE COMPOSITE CONSTRUCTION ELEMENTS)

Ahşap-beton kompozit sistem olarak üretilen yapı elemanları binalarda ve köprülerde uygulama olanakları bakımından üç gruba ayrılmaktadır:

- Duvar
- Çatı
- Döşeme.

Ahşap-beton kompozit duvar ve çatı elemanları ön üretim (prefabrikasyon) olarak fabrikada imalatı yapılabilen yapı elemanlarıdır (Şekil 3 ve 4). Ahşap kirişler arasına ısı yalıtımı yerleştirilebilmektedir. Ayrıca, yangın, ses ve su yalıtım tabakaları da uygulanabilmektedir.



Şekil 3. Ahşap-beton kompozit duvar
(Figure 3. Timber-concrete composite wall) [7]



Şekil 4. Ahşap-beton kompozit çatı
(Figure 4. Timber-concrete composite roof) [7]



Şekil 5. Kirişli ahşap-beton kompozit döşeme örneği
(Figure 5. Example of timber-concrete composite beam floor) [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 ve 14]

Ahşap-beton kompozit döşemeler ise aşağıda belirtildiği gibi farklı özelliklerde üretilebilmektedir:

- Kirişli ahşap-beton kompozit döşeme
- Kaburga ahşap-beton kompozit döşeme
- Plak ahşap-beton kompozit döşeme
- Akustik ahşap-beton kompozit döşeme
- Boşluklu kutu ahşap-beton kompozit döşeme
- Kutu ahşap-beton kompozit döşeme.

Kirişli ahşap-beton kompozit döşemede ahşap kirişler bağlantı elemanları ile beraber üretilmektedir (Şekil 5). Ahşap kirişlere dik yönde beton plak için kalıcı bir ahşap kalıp yerleştirilmektedir. Ahşap kalıp üretim tesisinde ya da inşaat alanında monte edilebilmektedir. Kirişli ahşap-beton kompozit döşemede beton genellikle inşaat alanında yerinde dökme olarak yapılmaktadır. Şekil 5’de kirişli ahşap-beton kompozit döşeme örneği gösterilmektedir. Kirişli ahşap-beton kompozit döşeme köprü (Şekil 6) lamine ahşap kirişler üzerinde beton plakdan ve arada bağlantı elemanlarından oluşmaktadır. Ahşap kirişlerin üzerine beton plak için yerinde dökme beton uygulamasında kalıp amaçlı kontrplak bulunmaktadır. Kirişli ahşap-beton kompozit döşemede ahşap kısım ladin, karaçam veya köknardan inşa edilebilmektedir.



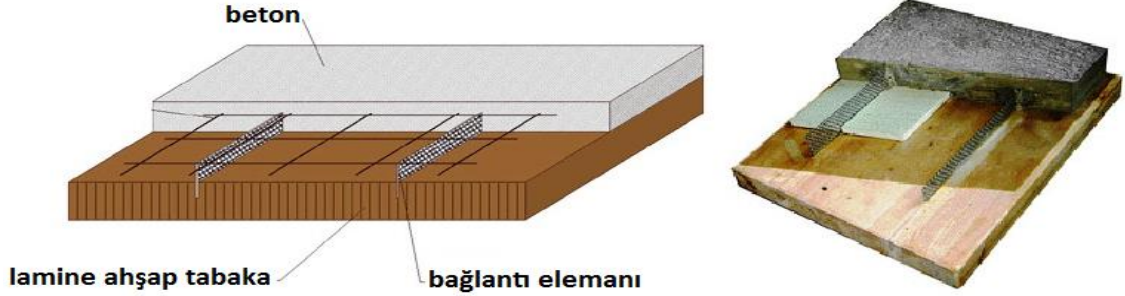
Şekil 6. Kirişli ahşap-beton kompozit döşemenin bir köprüde kullanımı
(Figure 6. The use of timber-concrete composite beam floor in a bridge) [7]

Kirişli ahşap-beton kompozit döşeme üretiminde ahşap kalıp olmadan prekast beton kullanımı ile ahşap kirişler arasında doğrudan bağlantı da kurulabilmektedir. Bu durumda bu tip bir döşeme kaburga ahşap-beton kompozit döşeme adını almaktadır (Şekil 7). Ayrıca kirişli ahşap-beton kompozit döşemeye göre en büyük farkı bütün aşamaların üretim tesisinde gerçekleştirilebilmesidir.



Şekil 7. Kaburga ahşap-beton kompozit döşeme
(Figure 7. Timber-concrete composite rib floor) [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 ve 14]

Plak ahşap-beton kompozit döşemelerde ise ahşap kirişler yerine lamine ahşap tabaka kullanılmaktadır (Şekil 8). Bağlantı elemanları lamine ahşap tabakaya üretim tesisinde yapıştırılmaktadır. Az donatılı beton ise ahşabı korumak için nem yalıtımı uygulandıktan sonra yerinde dökme olarak üretim tesisinde ya da sahada yapılmaktadır.



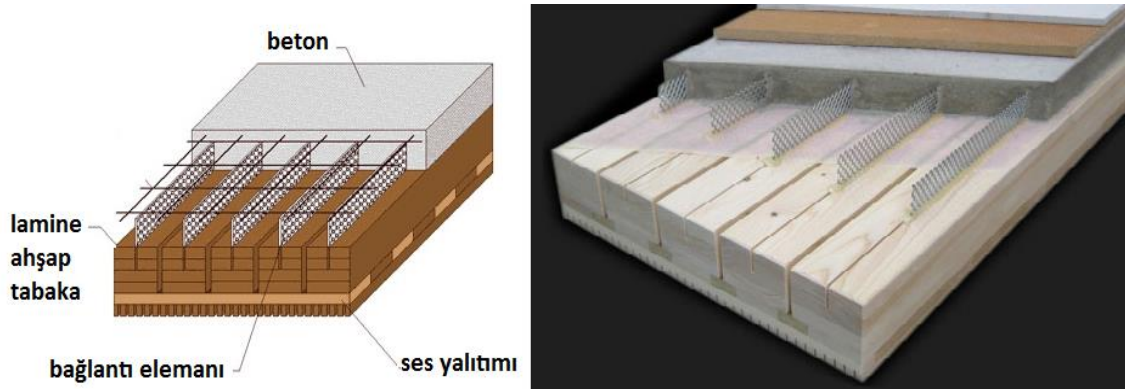
Şekil 8. Plak ahşap-beton kompozit döşeme
(Figure 8. Timber-concrete composite plate floor) [7]

Plak ahşap-beton kompozit döşeme köprü (Şekil 9) alt tabakada yapıştırılmış lamine ahşap levhalardan üst tabakada beton plakdan oluşturulmaktadır. Katmanlar arasındaki bağlantı elemanı üretim tesisinde yapıştırılmaktadır. Ayrıca katmanlar arasında beton neminin ahşabı olumsuz etkilememesi için arada yalıtım tabakası kullanılmaktadır. Çelik hasır donatı yerleştirilmesi ve beton işlemleri üretim tesisinde prefabrikasyon olarak ya da sahada yerinde yapılabilir. Prefabrik büyük boyutlu yapı elemanları hızlı ve kolay şekilde bir vinç yardımı ile monte edilebilmektedir.



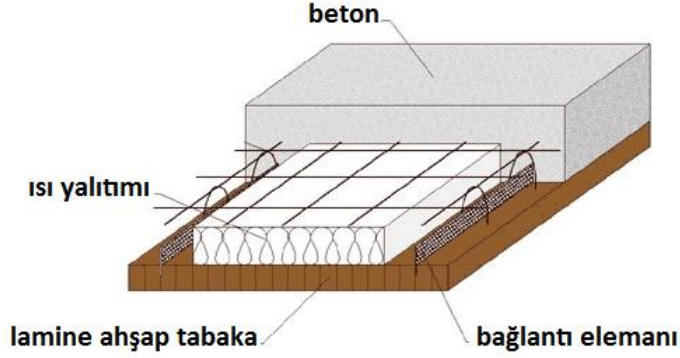
Şekil 9. Plak ahşap-beton kompozit döşemenin bir köprüde kullanımı
(Figure 9. The use of timber-concrete composite plate floor in a
bridge) [7]

Akustik, boşluklu kutu ve kutu ahşap-beton kompozit döşemeler etkin bir ses ve ısı yalıtımı özellikleri kazandırılacak şekilde üretilmektedir. Akustik ahşap-beton kompozit döşemeler kompozit sistemde lamine ahşap tabakanın alt yüzeyine ses yalıtımının uygulanması ile oluşturulmaktadır (Şekil 10).



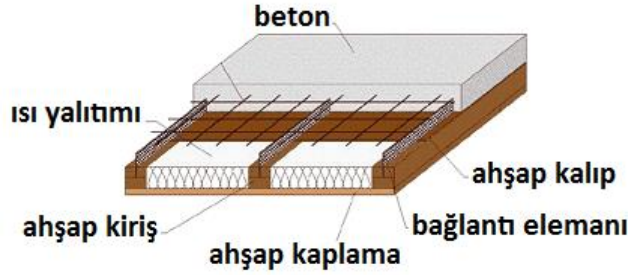
Şekil 10. Akustik ahşap-beton kompozit döşeme
(Figure 10. Timber-concrete composite acoustic floor) [7 ve 10]

Isı yalıtım tabakasının bağlantı elemanları arasına ahşap ve beton ara katmanında uygulandığı kompozit döşemeler boşluklu kutu ahşap-beton kompozit döşemeler olarak adlandırılmaktadır (Şekil 11).



Şekil 11. Boşluklu kutu ahşap-beton kompozit döşeme
(Figure 11. Timber-concrete composite hollow box floor) [7]

Kutu ahşap-beton kompozit döşemeler ise lamine ahşap kirişlerin arasına ısı yalıtım tabakasının yerleştirilmesi ile üretilmektedir (Şekil 12). Ayrıca bu tip bir kompozit döşemede ahşap kirişler ile beton plak arasında kalıp olarak bir ahşap levha (kontrplak) ve döşeme alt yüzeyine de bir ahşap kaplama yerleştirilmektedir.



Şekil 12. Kutu ahşap-beton kompozit döşeme
(Figure 12. Timber-concrete composite box floor) [7]

5. BİNALARDA VE KÖPRÜLERDE KULLANILAN AHŞAP-BETON KOMPOZİT DÖŞEME ÖRNEKLERİ (EXAMPLES OF TIMBER-CONCRETE FLOORS USED IN BUILDINGS AND BRIDGES)

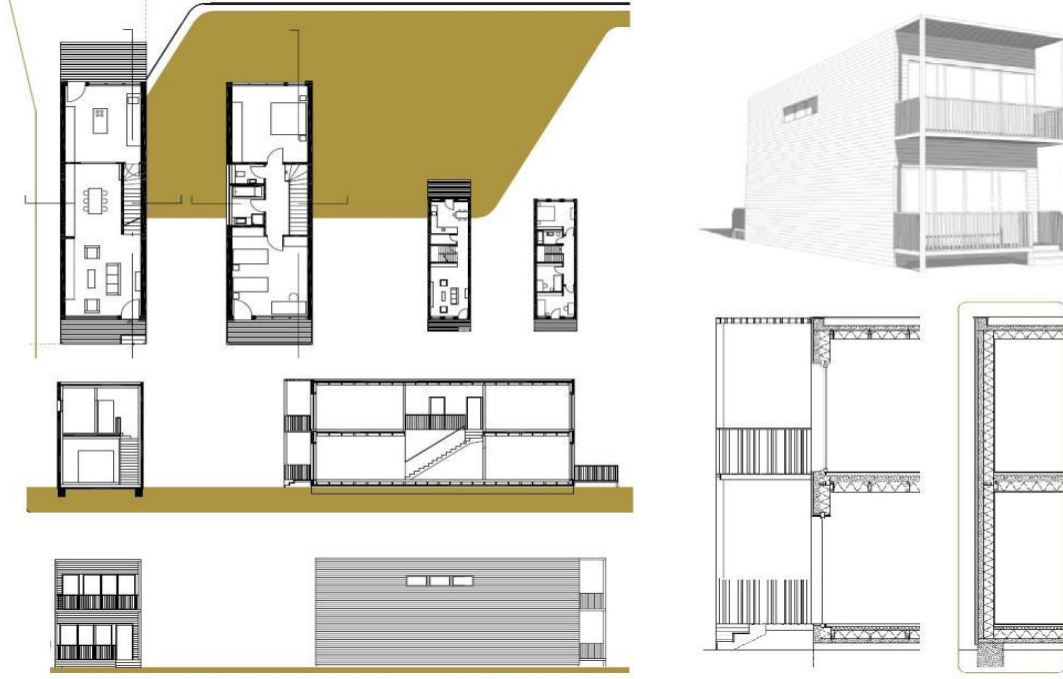
Ofis Binası, İsviçre: Lund Üniversitesi, İsviçre’de 2010 yılında Manaridis [31] tarafından ofis binası için 9000 mm uzunluğunda modüllerden oluşan bir ahşap-beton kompozit döşeme tasarımı yapılmıştır (Şekil 13). Ahşap kiriş boyutu 140x270x9000 mm’dir ve 600 mm aralıklarla yerleştirilmiştir. Üzerinde 18 mm kalınlığında kontrplak ve en üstte 90 mm kalınlığında beton plak yer almaktadır. Ahşap kirişler ve beton plak arasında bağlantı elemanı olarak 45° açıyla 225 mm aralıkla yerleştirilen vidalar kullanılmıştır.



Şekil 13. Kirişli ahşap-beton kompozit döşemenin bir Ofis binasında kullanımı

(Figure 13. The use of timber-concrete composite beam floor in a Office building) [31]

New Orleans'da Modül Ev: New Orleans'ta duvar, çatı ve döşeme elemanları ahşap-beton kompozit sistemden oluşturulan bir modüler ev yapılmıştır (Şekil 14). Ahşap-beton kompozit modüler evde kullanılan döşeme, duvar ve çatı elemanları prefabrike olarak üretilmiştir ve inşaat alanında montajı yapılmıştır.



Şekil 14. Modüler ev
(Figure 14. Modular house) [7]

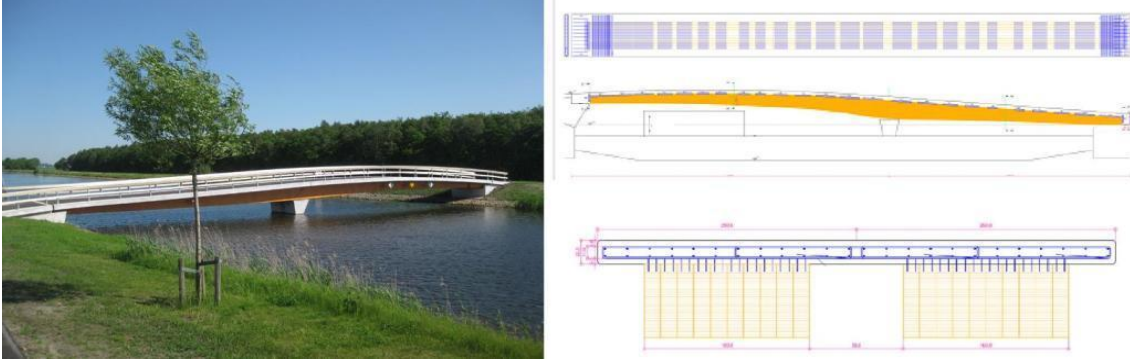
İlkokul Binası, İsviçre: İsviçre'de La Heitera'da bir ilkokul için öğrenci sayısının artması nedeniyle ek bina yapımı ihtiyacı doğmuştur. Binanın taşıyıcı sistemi ahşap karkas sistem ve bunu çevreleyen beton duvarlardan oluşmaktadır. Döşemesi ise ahşap-beton kompozit sistemdir (Şekil 15). Ahşap kirişlerin arasında beton için kalıp oluşturmak amacıyla OSB paneller yerleştirilmiştir. Katlar arasındaki ses yalıtımı sorununu çözmek için döşemeye ses yalıtım panelleri eklenmiştir.



Şekil 15. Kirişli ahşap-beton kompozit döşemenin bir ilkokul binasında kullanımı

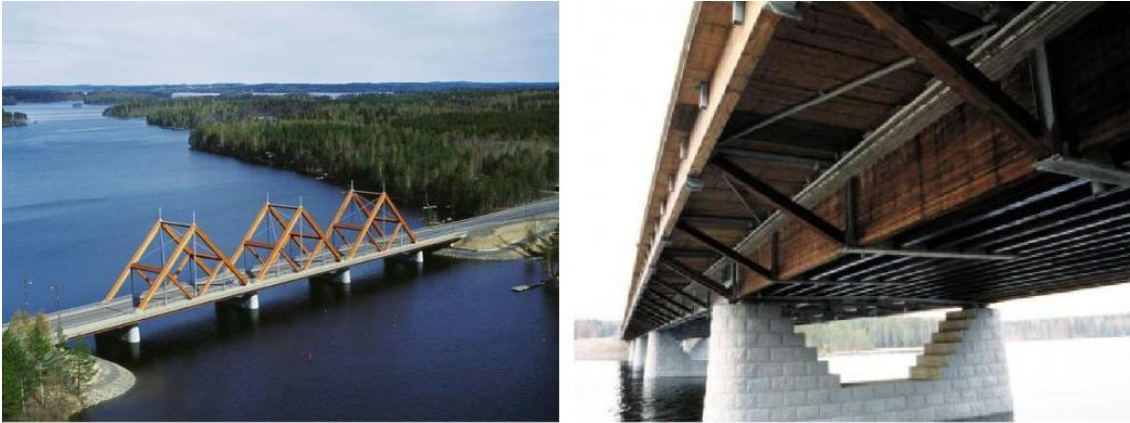
(Figure 15. The use of timber-concrete composite beam floor in a elementary school building) [32]

Winschoten Köprüsü, Hollanda: Hollanda' nın Winschoten şehrinde yer alan ahşap-beton kompozit köprü 2012 yılında yapılmıştır. 4 metre genişliğinde yapılan ahşap-beton kompozit köprü ile 24 m açıklık geçilmektedir (Şekil 16).



Şekil 16. Winschoten köprüsü, Hollanda
(Figure 16. Winschoten bridge, Netherlands) [33]

Vihantasalmi köprüsü, Finlandiya: 1999'da Finlandiya'da inşa edilmiştir. 168 metre açıklıkta, 11 metre eninde taşıt yolu ve 3 metre yaya yoluna sahip olan Vihantasalmi köprüsünde ahşap-beton kompozit sistem uygulanmıştır (Şekil 17).



Şekil 17. Vihantasalmi köprüsü, Finlandiya
(Figure 17. Vihantasalmi bridge, Finland) [34]

6. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Bu çalışmada ülkemizde üretimi olmayan ve kullanılmayan ahşap-beton kompozit sistem tanıtılmış, strüktürel performansına yönelik geliştirilen yaklaşımlar açıklanmış ve binalarda ve köprülerde kullanımı sunulmuştur. Ahşap-beton kompozit sistemin binalarda kullanımı sadece konutlar, ticari yapılar ve eğitim yapıları gibi yeni binaların yapımında değil, aynı zamanda eski ahşap binaların güçlendirilmesinde de mümkün iken, köprülerde kullanımının ise daha çok yeni köprülerin yapımında etkili olduğu görülmektedir. Ahşap-beton kompozit döşemelerin binalarda ve köprü yapımında tercih edilme nedenlerinin başında geleneksel ahşap döşemelere göre daha rijit, daha iyi bir ısı yalıtımı ve daha iyi bir akustik sağlaması gelmektedir. Ayrıca, betonarme döşemeye göre azaltılmış kütle, geniş açıklık geçebilme, daha iyi çevresel özelliklere sahip olma ve ahşabın estetik özelliği de ahşap-beton kompozit sistemin kullanımın da etkilidir.



Gelecek çalışmada ahşap-beton kompozit döşemelerdeki bağlantı özellikleri ve sistemin kompozit davranışına etkileri analiz edilebilir. Ahşap-beton kompozit sistemlerin strüktürel performansını etkilemede en büyük role sahip olan bağlantı özelliklerinin incelenmesi bu tür bir kompozit sistemin doğru bir şekilde tasarımının ve üretiminin gerçekleştirilmesinde etkili olacaktır. Ayrıca, Türk inşaat sektöründe ahşap-beton kompozit yapı elemanlarının üretilme potansiyelinin araştırılması da ülkemizde böyle bir kompozit sistemin üretiminin ve binalarda uygulanabilirliğinin sağlanmasına yönelik önerilerin geliştirilmesinde etkili olabilir.

NOT (NOTE)

Bu çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Bilgisi Yüksek Lisans Programında Doç.Dr. Fahriye Hilal Halıcioğlu' nun danışmanlığında Berna Yürekli tarafından hazırlanan "Binalarda Ahşap-Beton Kompozit Döşemelerin Yapısal Özelliklerinin İncelenmesi" başlıklı yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Turrini, G. and Piazza, M., (1983). Static Behaviour of Timber-Concrete Composite Structures. *Recuperare*, 6, 214-225.
2. Natterer, J., Hamm, J., and Favre, P., (1996). Composite Wood-Concrete Floors for Multi-Story Buildings. *Proceedings of the International Wood Engineering Conference, New Orleans, Louisiana, (USA)*, 3, 431-435.
3. Holschemacher, K., Klotz, S., and Weibe, D., (2002). Application of Steel Fibre Reinforced Concrete for Timber-Concrete Composite Constructions. *LACER*, 7, 161-170.
4. Mettern, C., (2003). Structural Timber-Concrete Composites-Advantages of a Little Known Innovation. *Structural Engineer*, 18 February, 17-19.
5. Benitez, M.F., (2000). Development and Testing of Timber/Concrete Shear Connectors. *Proceedings of 6th World Conference on Timber Engineering, WCTE 2000, Whistler Resort, British Columbia, Canada, 31 July-3 August, 2000*.
6. Rodrigues, N., Dias, A.M.P.G., and Providencia, P., (2013). Timber-Concrete Composite Bridges. *BioResources*, 8(4), 6630-6649.
7. Ticomtec, Holz-Verbund-Systeme, (2007). Erişim tarihi: 9 Mart 2015 <http://www.hbv-system.de>
8. Bathon, L.A. and Graf, M., (2000). A Continuous Wood-Concrete-Composite System. *Proceedings of 6th World Conference on Timber Engineering, WCTE 2000, Whistler Resort, British Columbia, Canada, 31 July-3 August, 2000*.
9. Bathon, L., Bletz, O., and Schmidt, J., (2006). Hurricane Proof Buildings-An Innovative Solution Using Prefabricated Modular Wood-Concrete-Composite Elements. *Proceedings of 9th World Conference on Timber Engineering, Portland, OR, USA, 6-10 August, 2006*.
10. Timber-Concrete Composite. Erişim tarihi: 9 Mart 2015 <http://www.structurecraft.com/materials/mass-timber/timber-concrete-composite>
11. Dias, A.M.P.G., (2005). Mechanical Behaviour of Timber-Concrete Joints. PhD Thesis, University of Coimbra, Portugal.
12. Lukaszewska, E., (2009). Development of Prefabricated Timber-Concrete Composite Floors. PhD Thesis, Lulea University of Technology, Sweden.



13. Yeoh, D., (2010). Behavior and Design of Timber-Concrete Composite Floor System. PhD Thesis, University of Canterbury, New Zeland.
14. Costa, L., (2011). Timber Concrete Composite Floors with Prefabricate Fiber Reinforced Concrete. PhD Thesis, Lund Institute of Technology, Lund University, Sweden.
15. Ballerini, M. and Piazza, M., (2000). Experimental and Numerical Results on Timber-Concrete Composite Floors with Different Connection Systems. Proceedings of 6th World Conference on Timber Engineering, WCTE 2000, Whistler Resort, British Columbia, Canada, 31 July-3 August, 2000.
16. Ballerini, M., Crocetti, R., and Piazza, M., (2002). An Experimental Investigation on Notched Connections for Timber-Concrete Composite Structures. Proceedings of 7th World Conference on Timber Engineering, WCTE 2002: Timber Construction in the New Millenium, Malaysia, August 12-15, 2002.
17. Gutkowski, R.M., Thompson, W., Brown, K., Etournaud, P., Shigidi, A., and Natterer, J., (1999). Laboratory Testing of Composite Wood-Concrete Beam and Deck Specimens. Proceedings of the RILEM Symposium on Timber Engineering, Stockholm, Sweden, 13-15 September, 1999.
18. Gutkowski, R., Brown, K., Shigidi, A., and Natterer, J. (2008) Laboratory Tests of Composite Wood-Concrete Beams. *Journal of Construction and Building Materials*, 22(6), 1059-1066.
19. Rijal, R., Samali, B., Shrestha, R., and Crews, K., (2015). Experimental and Analytical Study on Dynamic Performance of Timber-Concrete Composite Beams. *Construction and Building Materials*, 75, 46-53.
20. Ceccotti A., (2002). Composite Concrete-Timber Structures. *Progress in Structural Engineering and Materials*, 4(3), 264-275.
21. Ceccotti A., Fragiaco, M., and Giordano, S., (2006). Long-Term and Collapse Tests on a Timber-Concrete Composite Beam with Glued-in Connection. *Materials and Structures*, 40(1), 15-25.
22. Khorsandnia, N., Valipour, H., Schänzlin, J., and Crews, K., (2016). Experimental Investigations of Deconstructable Timber-Concrete Composite Beams. *Journal of Structural Engineering*, ASCE (American Society of Civil Engineers), July, 04016130-1-13.
23. Ahmadi, B.H. and Saka, M.P., (1993). Behavior of Composite Concrete Timber Floors. *Journal of Structural Engineers*, 119, 3111-3130.
24. Godycki, T., Pawlica, J., and Kleszczewski, J., (1984). Concrete Decks with Wooden Joists/Verbunddecke aus Holzrippen und Betonplatte. *Bauingenieur*, 59(12), 477-483.
25. Stevanovic, B., (1989). Analysis, Calculation and Practical Use of Composite Action of Timber Beams and Reinforced Concrete Plate Connected by Nails. Proceedings of the second Pasific Timber Engineering Conference (PTEC), University of Auckland, New Zealand, 28-31 August.
26. Kenel, A. and Meierhofer, U., (1998). Long-Term Performance of Timber-Concrete Composite Structural Elements. EMPA, Dübendorf, Switzerland.
27. Lukaszewska, E., Johnsson, H., and Fragiaco, M., (2008). Performance of Connections for Prefabricated Timber-Concrete Composite Floors. *Materials and Structures*, 41(9), 1533-1550.
28. Frangi, A. and Fontana, M., (2001). A Design Model for the Fire Resistance of Timber-Concrete Composite Slabs. Proceedings of



- the IABSE Conference on Innovative Wooden Structures and Bridges, Lahti, Finland, 29-31 August.
29. Eurocode 5, (2004). EN 1995-1-1: Design of Timber Structures- Part 1: General-Common Rules and Rules for Buildings. CEN. Erişim tarihi: 9 Mart 2015
<https://law.resource.org/pub/eu/eurocode/en.1995.2.2004.pdf>,
<https://law.resource.org/pub/eu/eurocode/en.1995.1.1.2004.pdf>,
<http://www.europeanwood.org.cn/en/eurocode-5>,
<https://standards.cen.eu/>
 30. Eurocode 5, (2004). EN 1995-2: Design of Timber Structures- Part 2: Bridges. CEN. Erişim tarihi: 9 Mart 2015
<https://law.resource.org/pub/eu/eurocode/en.1995.2.2004.pdf>,
<https://law.resource.org/pub/eu/eurocode/en.1995.1.1.2004.pdf>,
<http://www.europeanwood.org.cn/en/eurocode-5>,
<https://standards.cen.eu/>
 31. Manaridis, A., (2010). Evaluation of Timber-Concrete Composite Floors. Rapport TVBK-5187, Lund University, Sweden.
 32. İlkokul Binası. Erişim tarihi: 4 Temmuz 2015,
<https://www.linkedin.com/pulse/20140624202956-12564157-composite-timber-floors-for-primary-school>
 33. Winschoten Köprüsü. Erişim tarihi: 10 Ağustos 2015,
<http://www.schaffitzel-miebach.com/en/projects/timber-bridges/timber-concrete-composite-bridge/timber-concrete-composite-bridge-winschoten-nl.html>
 34. Vihantasalmi Köprüsü. Erişim tarihi: 7 Ağustos 2015,
<http://www.puuwoodholzbois.com/projects/vihantasalmi-bridge>