

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MİMARLIK ANABİLİM DALI**

**DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ KIRSAL TURİZM TESİSLERİ İÇİN YAPIM  
SİSTEMİ ÖNERİSİ: YAPAY ÇENTİKLİ AHŞAP-BETON KOMPOZİT SİSTEM**

**DOKTORA TEZİ**

**Yük. Mimar Semih YILMAZ**

**NİSAN 2020**  
**TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MİMARLIK ANABİLİM DALI**

**DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ KIRSAL TURİZM TESİSLERİ İÇİN YAPIM  
SİSTEMİ ÖNERİSİ: YAPAY ÇENTİKLİ AHŞAP-BETON KOMPOZİT SİSTEM**

**Yük. Mimar Semih YILMAZ**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
“DOKTOR (MİMARLIK)”  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 11.03.2020**

**Tezin Savunma Tarihi : 30.04.2020**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Nilhan VURAL**

**Trabzon 2020**

## ÖNSÖZ

“Doğu Karadeniz Bölgesi Kırsal Turizm Tesisleri İçin Yapım Sistemi Önerisi: Yapay Çentikli Ahşap-Beton Kompozit Sistem” isimli bu araştırma, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışma, Doğu Karadeniz Bölgesindeki konaklama tesisi ihtiyacına çözüm olabilecek, daha hızlı ve daha kolay uygulanabilecek endüstriyel bir yapım sistemi olarak seçilen ahşap-beton kompozit sistem özelliklerinin incelenmesi ve sistem elemanlarında yüksek rijitlik ve kompozit verimlilik değerine sahip bir bağlantı elemanı geliştirilmesini amaçlamıştır.

Yüksek Lisans ve Doktora Tez süresince bilgi ve deneyimleriyle beni yönlendiren, çalışmamın her aşamasında tecrübesinden yararlandığım, desteğini hep hissettiğim danışman hocam Doç. Dr. Nilhan VURAL’a, tez izleme jürisinde yer alan değerli hocalarım Prof. Dr. Asiye PEHLEVAN ve Prof. Dr. Metin HÜSEM’e, tez jürisine katılan kıymetli hocalarım Prof. Dr. Özlem EREN ve Doç. Dr. Erkan AVLAR’a, tezin hazırlanmasında büyük destek, ilgi ve yardımlarını gördüğüm KTÜ Mimarlık Bölümü Yapı Bilgisi Anabilim Dalı’nda görevli tüm öğretim elemanlarına; KTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümünde görevli Dr. Öğr. Üyesi Serhat DEMİR’e şükranlarımı sunarım.

Öğrenim hayatım boyunca edindiğim mesleki bilgilerim ve gereksinim duyduğum her konuda sağladığı destekleri için KTÜ Mimarlık Bölümü ailesine; çalışma süresince gerekli teknik destek ve altyapıyı sağlayan KTÜ İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkanlığı’na minnettarım.

Çalışma boyunca, pek çok kişinin farklı düzeylerde yardımlarını gördüm; teşekkürlerimi sunarım. Ama yine de yoğun katkıları ile yanımda olan Arş. Gör. Dr. Gürkan TOPALOĞLU, Arş. Gör. Tayfur Emre YAVRU, Arş. Gör. Güray Yusuf BAŞ, Arş. Gör. Memduh NAS ve Arş. Gör. Safa NAYIR’a, Mimarlık Bölümü Öğrencileri Hasan KAHRAMAN, Sabri SÜME, Uğur ÖZDEMİR, Bülent KEMHACIOĞLU ve Sinan Muhammed BALIKÇI’ya; İnşaat Mühendisliği Bölümü öğrencisi Utku Eren Bulut’a; Hazar Ahşap teknik sorumlusu Kamil GÜROĞLU’na, Panex Pano Mak. San. teknik personelleri Mesut KURT ve Ahmet TEKSOY’a ayrıca minnettar olduğumu belirtmek isterim.

Yaptığımız çalışmanın araştırmacılara yararlı olmasını gönülden dilerim.

Semih YILMAZ

Trabzon 2020

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Doğu Karadeniz Bölgesi Kırsal Turizm Tesisleri İçin Yapım Sistemi Önerisi: Yapay entikli Ahşap-Beton Kompozit Sistem” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Nilhan VURAL’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 30/04/2020.

  
Semih YILMAZ

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa No

ÖNSÖZ .....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	VIII
SUMMARY .....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XIV
KISALTMALAR VE SEMBOLLER DİZİNİ .....	XV
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	10
1.3. Literatür Özeti ve Özgün Değer.....	11
1.4. Çalışmanın Kurgusu.....	15
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	16
2.1. Yöntem.....	16
2.1.1. Teorik Çalışma.....	17
2.1.1.1. Ahşap-Beton Kompozit Sistem.....	17
2.1.1.1.1. Ahşap-Beton Kompozit Sistemin Tarihsel Gelişimi.....	17
2.1.1.1.2. Ahşap-Beton Kompozit Sistemin Temel Bileşenleri.....	18
2.1.1.1.2.1. Ahşap-Beton Kompozit Sistemde Ahşap Malzeme.....	18
2.1.1.1.2.2. Ahşap-Beton Kompozit Sistemde Beton Malzeme .....	21
2.1.1.1.2.3. Ahşap-Beton Kompozit Sistemde Bağlantı Elemanı .....	22
2.1.1.1.2.3.1. Bağlantı Elemanlarının Sınıflandırılması .....	25
2.1.1.1.2.3.1.1. Mekanik Bağlantı Elemanları .....	27
2.1.1.1.2.3.1.2. Yapıştırılmış Bağlantı Elemanları .....	37
2.1.1.1.2.3.1.3. Çentik Tipi (Çivili-Çivisiz) Bağlantı Elemanları .....	43
2.1.1.1.2.3.2. Bağlantı Elemanlarının Yerleştirilmesi ve Karşılaştırılması .....	47
2.1.1.1.3. Ahşap-Beton Kompozit Sistemin Performansı.....	49
2.1.1.1.3.1. Ahşap-Beton Kompozit Sistemin Taşıyıcılık Performansı.....	49

2.1.1.1.3.2.	Ahşap-Beton Kompozit Sistemin Yangın ve Yapı Fiziği Performansı .....	51
2.1.1.1.4.	Ahşap-Beton Kompozit Sistem Türleri .....	52
2.1.1.1.4.1.	HBV (Holz-Beton Verbund) Sistem .....	52
2.1.1.1.4.2.	M Kesit Sistem .....	53
2.1.1.1.4.3.	SEPA 2000 Sistem .....	57
2.1.1.1.4.4.	Diğer Sistemler .....	59
2.1.1.1.5.	Ahşap-Beton Kompozit Sistem Yapım Teknikleri .....	60
2.1.1.1.6.	Ahşap-Beton Kompozit Yapı Elemanları ve Uygulama Detayları .....	60
2.1.1.1.7.	ABK Yapı Elemanlarının Binalarda Kullanımı .....	67
2.1.1.1.8.	Ahşap-Beton Kompozit Sistemin Avantajları ve Dezavantajları .....	81
2.1.1.2.	ABK Sistem Önerisi “Yapay Çentikli ABK Sistem” .....	82
2.1.1.2.1.	Yapay Çentikli Bağlantı Elemanının Ön Boyutlandırılması .....	84
2.1.1.2.2.	Yapay Çentikli Yapı Elemanlarının Ön Boyutlandırılması .....	85
2.1.2.	DeneySEL Çalışma .....	86
2.1.2.1.	Ön Deneyler (Öncü İtme Deneyleri) .....	88
2.1.2.1.1.	Ön Deney Elemanları ve Özellikleri .....	88
2.1.2.1.2.	Ön Deney Elemanlarında Kullanılan Malzeme Özellikleri .....	90
2.1.2.1.2.1.	Ahşap Malzeme Özellikleri .....	91
2.1.2.1.2.2.	Bağlantı Elemanı Özellikleri .....	92
2.1.2.1.2.3.	Agrega Özellikleri .....	93
2.1.2.1.2.4.	Çimento, Su ve Katkı Maddelerinin Özellikleri .....	93
2.1.2.1.2.5.	Donatı Özellikleri .....	94
2.1.2.1.2.6.	Beton Malzeme Özellikleri .....	94
2.1.2.1.3.	Ön Deney Elemanlarının Üretimi .....	96
2.1.2.1.4.	Ön Deney Düzeneği ve Ölçüm Sistemleri .....	99
2.1.2.1.5.	Ön Deney Ölçümlerinin Değerlendirilmesi .....	101
2.1.2.1.5.1.	Yatay Yük-Yatay Yer Değiştirme Grafiklerinin Elde Edilmesi .....	101
2.1.2.1.5.2.	Enerji Tüketme Kapasitelerinin Hesabı .....	101
2.1.2.1.6.	Ön Deney Sonuçları ve İrdelemeler .....	102
2.1.2.2.	İtme Deneyleri .....	106
2.1.2.2.1.	İtme Deney Elemanları ve Özellikleri .....	107
2.1.2.2.2.	İtme Deney Elemanlarında Kullanılan Malzeme Özellikleri .....	108
2.1.2.2.3.	İtme Deney Elemanlarının Üretimi .....	108

2.1.2.2.4.	İtme Deney Düzeneği ve Ölçüm Sistemi.....	112
2.1.2.2.5.	İtme Deneyi Ölçümlerin Değerlendirilmesi.....	112
2.1.2.3.	Eğilme Deneyleri .....	112
2.1.2.3.1.	Eğilme Deney Elemanları ve Özellikleri .....	113
2.1.2.3.2.	Eğilme Deney Elemanlarında Kullanılan Malzeme Özellikleri .....	116
2.1.2.3.3.	Eğilme Deney Elemanlarının Üretimi .....	116
2.1.2.3.4.	Eğilme Deney Düzeneği ve Ölçüm Sistemi.....	119
2.1.2.3.5.	Ölçümlerin Değerlendirilmesi .....	122
2.1.2.3.5.1.	Düşey Yük-Düşey Yer Değiştirme Grafiklerinin Elde Edilmesi.....	122
2.1.2.3.5.2.	Kompozit Verimlilik Hesabı.....	122
3.	BULGULAR VE İRDELEMELER.....	125
3.1.	Genel Bulgular ve İrdelemeler.....	125
3.2.	DeneySEL Bulgular ve İrdelemeler .....	126
3.2.1.	İtme Deney Elemanlarının Yük Altındaki Davranışları .....	126
3.2.1.1.	I-1 İtme Deney Elemanı.....	126
3.2.1.2.	I-2 İtme Deney Elemanı.....	129
3.2.1.3.	İtme Deneyleri Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	130
3.2.2.	Eğilme Deney Elemanlarının Yük Altındaki Davranışları .....	133
3.2.2.1.	A-1 Eğilme Deney Elemanı .....	133
3.2.2.2.	B-1 Eğilme Deney Elemanı .....	136
3.2.2.3.	Eğilme Deneyleri Sonuçlarının Karşılaştırılması .....	138
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	141
4.1.	Genel Sonuçlar.....	141
4.2.	DeneySEL Sonuçlar .....	143
4.3.	Öneriler .....	144
5.	KAYNAKLAR .....	145
6.	EKLER.....	153
ÖZGEÇMİŞ		

Doktora Tezi

ÖZET

DOĞU KARADENİZ BÖLGESİ KIRSAL TURİZM TESİSLERİ İÇİN YAPIM SİSTEMİ  
ÖNERİSİ: YAPAY ÇENTİKLİ AHŞAP-BETON KOMPOZİT SİSTEM

Semih YILMAZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Mimarlık Anabilim Dalı  
Danışman: Doç. Dr. Nilhan VURAL  
2020, 153 Sayfa

Doğu Karadeniz Bölgesi, yerel mimari özellikleri ile Türkiye’de kırsal turizm potansiyelinin yüksek olduğu bölgelerdendir. Ancak bölgede kırsal turizm tesislerinin sayısal yetersizliğinin yanı sıra, bölgenin mimari dokusuna uygun olmayan tesislerin yapılması da bölge doğal bileşenlerini ve mimari dokusunu tehdit etmektedir. Bölgenin arazi yapısı, iklimi, yöre mimarisinde kullanılan ahşap malzemenin temini ve yerel yapım tekniklerinin sürdürülebilmesi kaynaklı zorluklar da bu durumun başlıca nedenlerindedir.

Çalışmada, bölgedeki konaklama tesisi ihtiyacına çözüm olabilecek, daha hızlı ve daha kolay uygulanabilecek endüstriyel bir yapım sistemi olarak seçilen Ahşap-Beton Kompozit (ABK) sistem özelliklerinin incelenmesi ve sistem elemanlarında yüksek rijitlik ve kompozit verimlilik değerine sahip bir bağlantı elemanının geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Yapılan çalışma; ahşap ve betonun farklı bağlantı elemanlarıyla bir araya getirilmesi ile oluşturulmuş bir yapım sistemi olan ABK sistemin analiz edilmesini, bu sistemde kullanılan bağlantı elemanları arasında en ideal dayanım ve rijitlik özelliklerine sahip çentikli bağlantı elemanlarının yetersizliklerinin giderildiği yeni bir bağlantı elemanı geliştirilmesini (yapay çentikli bağlantı), bu bağlantı elemanı özelliklerinin deneysel olarak incelenmesini ve elde edilen bulguların irdelenmesini içermektedir.

Çalışmada; ABK yapım sistemlerinin ahşap esaslı, kırsal turizm tesislerinin inşasında kullanabileceği; yapay çentikli bağlantının, çentikli bağlantılara oranla zaman, iş gücü ve kaynak korunumu sağladığı; çentikli sistemde beton plakta ağır hasarlar oluştuğu; yapay çentikli uygulamada beton plakta hasar meydana gelmediği; yapay çentikli bağlantının, çentikli uygulama ile yakın kompozit verimlilikte olduğu; sonuçlarına ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kırsal turizm, ahşap-beton kompozit sistem, yapay çentikli bağlantı.



PhD. Thesis

SUMMARY

BUILDING SYSTEM FOR RURAL TOURISM FACILITIES IN EASTERN BLACK SEA REGION: ARTIFICIAL NOTCHED WOOD-CONCRETE COMPOSITE SYSTEM

Semih YILMAZ

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Architectural Graduate Program  
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Nilhan VURAL  
2020, 153 Pages

With its local architectural features, Eastern Black Sea Region is one of the regions with high potential of rural tourism in Turkey. However, in addition to numerical insufficiency of rural tourism enterprises, there are also facilities that are not suitable for the architectural texture, threatening the natural components and architectural texture of the region. The topography and climate of the region, the supply of wood material used in the local architecture and the difficulties arising from sustaining local construction techniques are among the main reasons of this situation.

In this study, it is aimed to examine the properties of the Wood-Concrete Composite (WCC) system, which is chosen as an industrial construction system that can be applied faster and more easily, which can be a solution to the need for accommodation facilities in the region, and to develop a fastener with high rigidity and composite efficiency value in the system elements. The study involves the analysis of WCC (ABK) system which is a construction system created by combining wood and concrete with different fasteners, the development of a new fastener (artificial notched joint) with the most ideal strength and rigidity among the fasteners used in this system, the experimental investigation of these fastener properties and the examination of the findings obtained.

The results of the study are WCC systems can be used in the construction of wooden-based rural tourism facilities, artificial notched connection provides time, labor and resource conservation compared to notched connections, severe damage occurs to the concrete slab in the notched system, no damage to the concrete slab in artificial notched application, artificial notched connection is close composite efficiency with notched application.

**Key Words:** Rural tourism, wood-concrete composite system, artificial notched connection.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1. Türkiye Turizm Stratejisi 2023 Eylem Planındaki turizm gelişim koridorları. ....	3
Şekil 2. Kırsal alanda kaçak yapılaşma ve yıkım işlemleri... ..	6
Şekil 3. Bağlantı elemanlarının, yük-kayma (yer değ.) yönünden karşılaştırılması.....	9
Şekil 4. Çalışmanın ana kurgusuna ait şema. ....	15
Şekil 5. Çalışmanın yöntemine ait akış şeması.....	16
Şekil 6. Ahşap-Beton Kompozit sistem döşeme uygulamasına ait şematik görsel.....	18
Şekil 7. LVL görünümü, LVL kullanılan ABK döşeme örnekleri.....	19
Şekil 8. CLT görünümü.....	19
Şekil 9. CLT kullanılan ABK döşeme örneği .....	20
Şekil 10. Lamine ahşap görünümü ve kullanıldığı ABK döşeme örneği. ....	20
Şekil 11. Murty (1984) tarafından gerçekleştirilen uygulamalara ait detaylar.....	28
Şekil 12. Meierhofer (1992) tarafından geliştirilen çivi tipi bağlantı elemanı. ....	28
Şekil 13. SFS VB bağlantı elemanlarının Jorge (2005) tarafından uygulanması.....	29
Şekil 14. Meierhofer (1992)'da kullanılan bağlantı detayları .....	29
Şekil 15. SFS bağlantı elemanlarının kullanıldığı döşeme yenileme uygulaması.....	30
Şekil 16. Van Der Linden (1999)'de test edilen açılı çivi birleşim detayı. ....	31
Şekil 17. Gelfi ve Giuriani (1999) tarafından yapılan çalışmaya ait detaylar. ....	32
Şekil 18. Piazza ve Ballerini (2000) tarafından yapılan çalışmadaki bağlantı detayları. ....	32
Şekil 19. Lehmann vd. (2001) tarafından geliştirilen uygulama detayı .....	33
Şekil 20. Tecnaria S.P.A düşey bağlantı elemanına ait görseller. ....	34
Şekil 21. Dişli metal levha bağlantı elemanları ve uygulama örnekleri.....	35
Şekil 22. Jorge (2005) tarafından test edilen dişli metal tipi bağlantı elemanı. ....	35
Şekil 23. Van Der Linden (1999) tarafından test edilen ABK döşeme detayı. ....	36
Şekil 24. Piazza ve Ballerini (2000)'de test edilen sürekli dişli metal bağlantı. ....	36
Şekil 25. Kuhlmann ve Schanzlin (2004-2008)'de önerilen sürekli bağlantı. ....	37
Şekil 26. Piazza ve Ballerini (2000)'de uygulanan yapıştırılmış bağlantı detayları .....	38
Şekil 27. Ceccotti vd. (2006) tarafından test edilen kompozit sistem .....	39
Şekil 28. Yapıştırılmış bağlantı elemanı uygulamalarına ait örnekler. ....	39
Şekil 29. Piazza ve Ballerini (2000)'de test edilen ABK sistem detayı .....	41
Şekil 30. Piazza ve Ballerini (2000)'de kullanılan sürekli metal levha. ....	41

Şekil 31. Bathon ve Graf (2000)'ta kullanılan prefabrike ABK döşeme .....	42
Şekil 32. Ahşap-Beton Kompozit sistemlerde yaygın kullanılan çentik şekilleri. ....	43
Şekil 33. Van Der Linden (1999) tarafından kullanılan uygulamaya ait detay.....	43
Şekil 34. Çentikli ve vidalı/vidasız bağlantı uygulamalarına ait görseller.....	44
Şekil 35. Yttrup (1996) tarafından gerçekleştirilen uygulamaya ait detay.....	44
Şekil 36. Piazza ve Ballerini (2000)'deki uygulamaya ait detay.....	45
Şekil 37. Natterer (1996-1997)'de gerçekleştirilen uygulamaya ait görsel.....	45
Şekil 38. Gutkowski (1999) tarafından gerçekleştirilen uygulamaya ait detay.....	46
Şekil 39. Kuhlmann ve Michelfelder (2006)'deki uygulamaya ait detay.....	46
Şekil 40. Dias (2005) tarafından önerilen çentikli bağlantı detayı.....	47
Şekil 41. Kompozit hareketin tanımlanmasına ait şematik görsel .....	50
Şekil 42. HBV (Holz-Beton Verbund) sisteme ait yapısal elemanlar .....	52
Şekil 43. M kesit sisteme ait yapısal elemanlar.....	53
Şekil 44. M kesit sisteme ait görseller.....	54
Şekil 45. "M" kesitli, yarı prefabrike Ahşap-Beton Kompozit döşeme detayları. ....	55
Şekil 46. Farklı çentik biçimlerine ait detaylar.....	56
Şekil 47. Yeoh (2010)'da elde edilen deneysel sonuçların karşılaştırılması. ....	57
Şekil 48. SEPA-2000 sistemine ait kesit ve görseller .....	58
Şekil 49. SEPA-2000 Ahşap-Beton Kompozit sisteme ait kesitler. ....	59
Şekil 50. ABK sistem yapım tekniklerine ait örnek uygulamalar. ....	60
Şekil 51. ABK sistem yapı elemanlarına ait örnek uygulamalar.....	61
Şekil 52. Yığma/Kâgir yapıda ABK kirişli döşeme paneli birleşim detayı.....	62
Şekil 53. Yığma ahşap yapıda ABK levha döşeme paneli birleşim detayı. ....	63
Şekil 54. Yığma/Kâgir yapıda ABK levha döşeme paneli birleşim detayı. ....	64
Şekil 55. ABK döşeme panellerinin uygulanmasına ait görseller.....	65
Şekil 56. Yerinde yapım, yarı prefabrike yapım tekniği kullanılan uygulamalar. ....	66
Şekil 57. Tam prefabrike yapım tekniği kullanılan uygulamalar (A).....	66
Şekil 58. Tam prefabrike yapım tekniği kullanılan uygulamalar (B).....	67
Şekil 59. Arenz Ticaret Merkezi çatısında yer alan güneş panelleri .....	74
Şekil 60. Binayı ikiye ayıran atriyum mekânının iç mekândan görünümü .....	76
Şekil 61. Rochlitz Kalesi (Schloss Rochlitz) genel görünümü.....	79
Şekil 62. Yapay çentikli ABK sistem uygulama türleri ve kullanılan elemanlar.....	82
Şekil 63. Yapay çentikli bağlantı elemanının parçalarına dair şematik görsel.....	83

Şekil 64. Yapay çentikli Ahşap-Beton Kompozit sistemin yatay yük altında davranışı. ....	83
Şekil 65. Yapay çentik bağlantı eleman boyutları ve oluşum adımları. ....	84
Şekil 66. Konaklama ünitesi modülasyon çalışması, panel boyutlarının belirlenmesi .....	87
Şekil 67. KTÜ İnşaat Müh. Bölümü Yapı ve Malzeme laboratuvarı. ....	88
Şekil 68. Deneysel çalışmalarda kullanılan Lamine ahşap kirişlere ait görsel. ....	91
Şekil 69. Merkezi çekme deneyine ait görsel. ....	94
Şekil 70. Deneme betonu üretimine ait görsel. ....	94
Şekil 71. Beton basınç deneyine ait görseller. ....	95
Şekil 72. Çentikli bağlantılar için Lamine ahşap kirişlerin hazırlanması. ....	96
Şekil 73. İmalat adımları; a) kesme, b) bükme, c) kaynaklama ve d) birleştirme. ....	96
Şekil 74. Yerleştirme adımları; a) yapıştırıcı uygulanması, b-c) yerleştirme. ....	97
Şekil 75. Beton dökümüne hazır hale getirilmiş ön deney elemanları. ....	97
Şekil 76. Ön deney elemanlarının üretimi için hazırlanan kalıplara ait görseller. ....	98
Şekil 77. Donatı çubuklarının yerleştirilmesine ait görseller. ....	98
Şekil 78. Beton döküm sürecine ait görseller. ....	99
Şekil 79. Deney elemanlarının bakımı (kürlenmesi). ....	99
Şekil 80. Rijit yükleme platformuna ve alt odasına ait görseller. ....	100
Şekil 81. İtme deney düzeneğine ait perspektif modelleme. ....	100
Şekil 82. 50 ton kapasiteli yük hücresi ve Coda AI8b veri toplama cihazı. ....	101
Şekil 83. Toplam tüketilen enerji grafiği. ....	102
Şekil 84. Deneye hazır hale getirilmiş ön deney elemanları. ....	102
Şekil 85. Ön deney elemanlarının yatay yük-yatay yer değiştirme eğrileri. ....	103
Şekil 86. O-1 deney elemanında hasar durumu. ....	103
Şekil 87. O-2 deney elemanında hasar durumu. ....	104
Şekil 88. O-3 deney elemanında hasar durumu. ....	105
Şekil 89. Ön deney elemanlarının enerji tüketme kapasiteleri. ....	106
Şekil 90. Çentikli/yapay çentikli bağlantılar için Lamine ahşap kirişlerin hazırlanması. .	108
Şekil 91. Yerleştirme adımları; a) yapıştırıcı uygulanması, b-c) yerleştirme. ....	109
Şekil 92. Beton dökümüne hazır hale getirilmiş itme deney elemanları. ....	109
Şekil 93. İtme deney elemanlarının üretimi için hazırlanan kalıplara ait görseller. ....	110
Şekil 94. Donatı çubuklarının yerleştirilmesine ait görseller. ....	110
Şekil 95. Beton döküm sürecine ait görseller. ....	111
Şekil 96. Deney elemanlarının bakımı (kürlenmesi). ....	111

Şekil 97. Çentikli/yapay çentikli bağlantılar için Lamine ahşap kirişlerin hazırlanması.	116
Şekil 98. Beton dökümüne hazır hale getirilmiş eğilme deney elemanları.	117
Şekil 99. Eğilme deney elemanlarının üretimi için hazırlanan kalıba ait görsel.	117
Şekil 100. Donatı çubuklarının yerleştirilmesine ait görsel.	118
Şekil 101. Beton döküm sürecine ait görsel.	118
Şekil 102. Deney elemanlarının bakımı (kürlenmesi).	119
Şekil 103. Eğilme deneylerinin gerçekleştirildiği düzeneğe ait perspektif modelleme.	119
Şekil 104. 80 ton kapasiteli düşey yükleme pistonu, rijit yükleme kirişi ve basit mesnet.	120
Şekil 105. Deneye hazır hale getirilmiş bir eğilme deney elemanı.	120
Şekil 106. Eğilme deney düzeneğinde kullanılan ölçüm ekipmanlarının yerleşimi.	121
Şekil 107. Ölçüm düzeneğine ait görsel.	121
Şekil 108. I-1 elemanının deney öncesi ve sırasında görünümü.	126
Şekil 109. I-1 deney elemanına ait yatay yük-yatay yer değiştirme eğrisi.	127
Şekil 110. Beton çentik ile beton plak ara yüzünde oluşan kesme çatlakları.	127
Şekil 111. Beton plak ve beton çentik arasında oluşan sıyrılma.	128
Şekil 112. I-1 deney elemanının deney sonrası görünümü.	128
Şekil 113. I-2 elemanının deney sırasında bir görünümü.	129
Şekil 114. I-2 deney elemanına ait yatay yük-yatay yer değiştirme eğrisi.	129
Şekil 115. I-2 deney elemanının deney sonrası görünümü.	130
Şekil 116. I-1 ve I-2 itme deney elemanlarının yük-yer değiştirme eğrileri.	131
Şekil 117. Yapay çentikli bağlantı uygulamalarında, cıvatanın eğilmesi.	132
Şekil 118. I-1 ve I-2 deney elemanlarının enerji tüketme kapasiteleri.	132
Şekil 119. A-1'in deney sırasında bir görünümü (A), yük-yer değiştirme eğrisi (B).	133
Şekil 120. A-1 deney elemanında oluşan çatlaklar.	134
Şekil 121. Ahşap kirişin göçme durumu (A-1) (ön-arka görünüm).	135
Şekil 122. Deney sonunda beton plaktaki çatlaklar (A-1 deney elemanı).	135
Şekil 123. B-1'in deney sırasında bir görünümü (A), yük-yer değiştirme eğrisi (B).	136
Şekil 124. Maksimum yük sırasında B-1 deney elemanın görünümü.	137
Şekil 125. B-1 deney elemanının taşıma gücünü kaybettikten sonra görünümü.	137
Şekil 126. Deney elemanlarının, yük-yer değiştirme eğrilerinin karşılaştırılması.	138
Şekil 127. Beton plak ile ahşap döşeme arasındaki bağıl ötelenme.	139

## TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Yayla Turizm Merkezlerine ve illere dağılımlarına ait bilgiler. ....	2
Tablo 2. Tarihsel dönem içinde yayların işlevlerinde yaşanan değişimler.....	4
Tablo 3. 2004-2018 yılları arasında Doğu Karadeniz Bölgesinde Turizm Tesisleri.....	4
Tablo 4. Doğu Karadeniz Bölgesi turizm tesislerine geliş ve konaklama gün sayısı.....	5
Tablo 5. Bağlantı elemanlarının rijitliklerine göre sınıflandırılması.....	26
Tablo 6. Dias (2005)'de elde edilen sonuçlara ait veriler.....	34
Tablo 7. Lukaszewska'daki prefabrike ABK panel bağlantı elemanları.....	40
Tablo 8. John W. Olver binasına ait görseller .....	69
Tablo 9. Yaşam Döngüsü Kulesi-1 binasına ait görseller .....	71
Tablo 10. CSH Hamburg binasına ait görseller.....	73
Tablo 11. Arenz Ticaret Merkezi binasına ait görseller .....	75
Tablo 12. Yer Bilimleri binasına ait görseller .....	77
Tablo 13. Josefs Park Yaşlı Bakım Evine ait görseller .....	78
Tablo 14. Rochlitz Kalesine ait görseller .....	80
Tablo 15. Boyut ve donatılara ilişkin sınırlar (TS 500 ve TS EN 1995-1-1). ....	85
Tablo 16. Bağlantı elemanlarının yerleştirilmesine (düzen ve sayısına) ait veriler. ....	86
Tablo 17. Ön deney elemanlarına ait çizimler (plan, kesit, perspektif).....	89
Tablo 18. Lamine ahşap kirişlerin bazı mekanik özellikleri .....	92
Tablo 19. Bağlantı cıvatalarının karakteristik özellikleri. ....	92
Tablo 20. Beton üretiminde kullanılan agregaların fiziksel özellikleri. ....	93
Tablo 21. Agreganın granülometrik bileşimi. ....	93
Tablo 22. Beton malzemelerin karışım oranları (1 m <sup>3</sup> ). ....	95
Tablo 23. İtme deney elemanlarına ait çizimler (plan, kesit, perspektif). ....	107
Tablo 24. ABK döşeme panellerinin kompozit verimlilik formülleri. ....	113
Tablo 25. A-1 eğilme deney elemanına ait çizimler (plan, kesit, perspektif).....	114
Tablo 26. B-1 eğilme deney elemanına ait çizimler (plan, kesit, perspektif). ....	115
Tablo 27. İtme deney sonuçlarının karşılaştırılması.....	131
Tablo 28. Eğilme deneyi sonuçları. ....	138
Tablo 29. Eğilme deney elemanlarının kompozit verimlilikleri. ....	140
Tablo 30. ABK öneri döşeme paneli mesnet, açıklık ve en kesit bilgileri .....	153

## KISALTMALAR VE SEMBOLLER DİZİNİ

ABK	: Ahşap Beton Kompozit (WCC)
ASTM	: American Society for Testing and Materials; Uluslararası Amerikan Test ve Materyalleri Topluluğu
B420C	: Akma dayanımı en az 420 MPa olan inşaat çeliği
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CEM II	: Portland kompoze çimento
CLT	: Cross Laminated Timber; Çapraz Lamine Ahşap
C30/37	: Karakteristik Silindir Basınç Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> ); Karakteristik Küp Basınç Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )
Euro kod	: Yapısal tasarımın nasıl yapılması gerektiğini belirten on Avrupa Birliği standarttı (Eurocodes)
GLT	: Yapıştırılmış Lamine Kereste (Lamine ahşap)
GST	: Yapıştırılmış Masif Kereste (Lamine ahşap)
LPDT	: Linear Potentiometric Displacement Transducer; Lineer Potansiyometrik Cetvel
LSL	: Laminated Strand Lumber; Tabakalanmış Şerit Kereste
LVL	: Laminated Veneer Lumber; Lamine Kaplama Ahşap
ISO834	: Yangın standarttı
PSL	: Parallel Strand Lumber; Paralel Şerit Kereste
TM	: Turizm Merkezi
TS 500	: Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları
WCC	: Wood-Concrete Composite; Ahşap-Beton Kompozit (ABK)
WTTC	: World Travel and Tourism Council; Dünya Seyahat ve Turizm Konseyi
YÇABK	: Yapay Çentikli Ahşap-Beton Kompozit sistem
A:	: En kesit alanı
A-1	: Eğilme deney elemanı (uzunluk: 250 cm, bağlantı: 4 adet çentikli/Ø 16 mm)
A <sub>d</sub>	: Donatı en kesit alanı
a <sub>de</sub>	: Bağlantı elemanının ahşap kiriş ya da levha içerisine nüfuz derinliği
A <sub>k</sub>	: Bağlantı elemanı aks aralığı
b	: Dış genişliği; Genişlik

$b_c$	: Diş boyu
$b_{de}$	: Bağlantı elemanının beton levha içerisine nüfuz derinliği
$b_s$	: Bağlantı elemanı sayısı
$b_w$	: Gövde genişliği
B-1	: Eğilme deney elemanı (uzunluk: 250 cm, bağlantı: 4 adet yapay ç./Ø 18 mm)
CS	: Başlıklı vida/Cıvata
$d$	: Çap
$d_b$	: Cıvata/Vida uzunluğu
$d_c$	: Cıvata/Vida çapı
$D_c$	: Anahtar ağızı
$D_{fc}$	: Tam kompozit sistemde yer değiştirme (teorik olarak)
$D_m$	: Kısmi kompozit sistemde yer değiştirme (deneysel olarak)
$D_{nc}$	: Kompozit olmayan sistemde yer değiştirme (teorik olarak)
$D_y$	: Akma yer değiştirmesi
$e$	: Dişler arası net açıklık
$E$	: Orta açıklık eğilmesi (sehim); Elastisite modülü
$E_c$	: Beton elemanın elastisite modülü
$E_d$	: Elastisite modülünün tasarım değeri
$E_h$	: Tüketilen enerji
$E_w$	: Ahşap elemanın elastisite modülü
$F_c$	: Basınç kuvveti; Kompozit olmayan hareket
$F_d$	: Tasarım kuvveti; Tasarım yükü
$f_{m,k}$	: Karakteristik eğilme dayanımı
$F_{max}$	: Maksimum kuvvet (teorik olarak)
$f_{pen}$	: Nüfuz (penetrasyon) yüksekliği
$F_t$	: Çekme kuvveti
$f_{vk}$	: Karakteristik Kayma Dayanımı
GL/..	: Yapısal lamine ahşap kiriş mukavemet sınıfı
$h$	: Kiriş derinliği
$I$	: Atalet Momenti
$I_c$	: Beton elemanın atalet momenti
$I_{tr}$	: Dönüştürülmüş kesitin atalet momenti
$I_w$	: Ahşap elemanın atalet momenti



$K_c$	: Cıvata kafa kalınlığı
$k_h$	: Derinlik faktörü
$K_i$	: Başlangıç rijitliği
$k_{sys}$	: Sistem Dayanım Faktörü
$k_{mod}$	: Yük süresi ve rutubet içeriği için düzeltme faktörü
$K_{ser}$	: Kayma modülü
$K_{ser,tin}$	: Nihai kayma modülü
$K_u$	: Taşıma gücü sınır durumları için anlık kayma modülü
$L$	: Açıklık
$L_c$	: Cıvata/Vida uzunluğu
$L_i$	: Kuvvet uygulanan noktalar arası mesafe
$L_n$	: Geçilen açıklık
$m$	: Birim alanda kütle
$M_d$	: Tasarım momenti
$M_r$	: Kirişin moment taşıma kapasitesi
$M_{xx}$	: Cıvata normu
$N$	: Eksenel kuvvet
$N_c$	: Tam kompozit hareket
O-1	: Ön deney elemanı (uzunluk: 33 cm, bağlantı: 1 adet çentikli/Ø 16 mm)
O-2	: Ön deney elemanı (uzunluk: 33 cm, bağlantı: 1 adet yapay çentikli/Ø 16 mm)
O-3	: Ön deney elemanı (uzunluk: 33 cm, bağlantı: 1 adet yapay çentikli/Ø 18 mm)
$q_i$	: Eşdeğer düzgün yayılı yük
$Q_k$	: Hareketli yükler
$P$	: Yatay yük
$P_c$	: Kısmi kompozit hareket
$P_d$	: Betonarme plakta her bir doğrultudaki dağıtma donatısı oranı
$P_d$	: Yayılı yük
$P_u$	: Maksimum yük (deneysel olarak)
$P_y$	: Akma yükü
$t$	: Betonarme döşeme kalınlığı; Liflere dik doğrultuda net en kesit alanı; kalınlık
$s$	: Aralık
$S_d$	: Dağıtma donatısı oranı
S235	: Yapısal çelik levha sınıfı

$V$	: Kesme kuvveti; Hacim
$\nu$	: Poisson oranı
$V_d$	: Tasarım kesme kuvveti
$W_{fin,G_k}$	: Ölü yükten kaynaklı nihai sehim
$W_{fin,Q_k}$	: Hareketli yükten kaynaklı nihai sehim
$W_{fin}$	: Toplam nihai sehim
$W_{inst,G_k}$	: Ölü yükten kaynaklı anlık sehim
$W_{inst,Q_k}$	: Hareketli yükten kaynaklı anlık sehim
$WS$	: Ahşap vidası
$\emptyset$	: Çap
8.8	: Cıvata dayanım sınıfı
$\gamma_M$	: Malzeme özellikleri için kısmi faktör
$\sigma$	: Gerilme
$\tau_d$	: Tasarım Kayma Gerilmesi

## 1. GENEL BİLGİLER

Doğu Karadeniz Bölgesi kırsal turizm tesislerinde, geleneksel yapım sistemleri yerine bölgenin koşullarına ve mimari dokusuna uyumlu, hızlı üretilen ve kolay monte edilebilen, düşük enerji, kaynak ve iş gücü tüketen, esnek tasarımlara imkân veren, endüstriyel bir yapım sisteminin kullanımına gereksinim olduğu varsayımı ile tez çalışması gerçekleştirilmiştir (tez gelişim evreleri için bkz. Ek-2). Gerçekleştirilen çalışmanın genel bilgiler bölümünde; araştırmanın problemi açıklanmış, probleme ilişkin mevcut çalışmalar analiz edilmiş, çalışmanın hipotezi, amacı, kapsamı, özgün değeri ve kurgusu belirtilmiştir.

### 1.1. Giriş

Kırsal kalkınma; kırsal alanlardaki yaşam koşullarını iyileştirmeye, kırsal alanda yaşayan nüfusun ekonomik, sosyal, kültürel ve teknolojik imkânlardan buldukları yerde faydalanmalarını sağlayan ekonomik ve sosyal politikalar bütünüdür[1]. Kırsal kalkınmanın temel amacı; kırsal alan kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılması sonucunda kent ile kırsal arasındaki gelişmişlik farkını en aza indirmek, kırsal kesimde istihdam imkânlarını artırarak kente göçü önlemek ve kırsal alandaki insanların yaşam standartlarını yükseltmektir[2]. Dünya genelinde ve Türkiye’de bu amaca yönelik çalışmalar yapılmakta, stratejiler geliştirilmektedir.


Kırsal kalkınma stratejilerinde belirtilen hedeflere ulaşılmasında öncü ve en önemli sektörlerden birisi kırsal turizmdir[2]. Kırsal turizm, kırsal kalkınma içerisinde ekonomik faaliyetlerin çeşitlendirilmesi bileşenlerinden en önemlisidir[3].

Türkiye; coğrafi yapısı, iklimsel özellikleri ve doğal bileşenleriyle önemli bir kırsal turizm potansiyeline sahiptir. 1990’dan sonra turizmin tüm yıla yayılması hedefiyle, yörelerin mevcut turizm potansiyelinin değerlendirilmesi yönündeki çalışmalar, ulusal turizm stratejilerinde yer bulmaya başlamıştır[4]. T.C. Turizm Bakanlığı tarafından başlatılan Yayla Turizmi Projesi (1990) de bu çalışmalardan biridir.

Yayla Turizmi Projesi (1990) kapsamında Türkiye’de 26 yayla, Turizm Merkezi (TM) ilan edilmiştir (Tablo 1). Yapılan düzenlemeler ile doğal dokunun, doğal kaynakların, yaylaların ve kültürel değerlerin korunması ön koşuluyla turizm hareketlerinin, ilgili Bakanlıkça yaptırılan Çevre Düzenleme Planı Kararlarına uyularak inşa edilecek olan yayla

turizm tesisleri yatırımlarının bu bölgelerde teşvik edilmesi hedeflenmiştir. Yayla turizmi projesine dâhil edilerek turizm merkezi ilan edilen alanların seçilmesinde; bu alanların sahip oldukları doğal güzellikleri, geleneksel mimari örnekleri ile yayla turizmine ve bölgeye yönelik turistik ilgi ön planda olmuştur. Tablo 1’de turizm merkezi olarak belirlenen yaylaların, Türkiye’deki dağılımına ait bilgiler verilmiştir[URL-1].

Tablo 1. Yayla Turizm Merkezlerine ve illere dağılımlarına ait bilgiler[URL-1 ve 2].



	İL/İLÇE	ADI	TEMA	TARİH
1	Giresun/Bulancak	Giresun Bulancak Bektaş Yaylası Turizm Merkezi	Yayla	05.03.1990
2	Giresun/Dereli	Giresun Kümbet Yaylası Turizm Merkezi	Yayla	20.05.1991
3	Giresun/Dereli	Giresun Yavuz Kemal Yaylası Turizm Merkezi	Yayla	20.09.1991
4	Ordu/Akkuş	Ordu Akkuş Argın Yaylası Turizm Merkezi	Yayla	20.09.1991
5	Ordu/Aybastı	Ordu Aybastı Perşembe Yaylası Turizm Merkezi	Yayla	20.09.1991
6	Ordu/Aybastı	Ordu Aybastı Toygar Kabaktepe Turizm Merkezi	Yayla	08.12.2006
7	Ordu/Kabadüz	Ordu Çambaşı Yaylası Turizm Merkezi	Yayla/Kış	20.05.1991
8	Ordu/Mesudiye	Ordu Mesudiye Keyfalan Yaylası Turizm Merkezi	Yayla	17.02.1995
9	Ordu/Mesudiye	Ordu Mesudiye Yeşilce-Topçam Yaylaları Turizm Merkezi	Yayla	11.01.1998
10	Trabzon/Akçaabat	Trabzon Akçaabat Karadağ Turizm Merkezi	Yayla	05.03.1990
11	Trabzon/Araklı	Trabzon Araklı Pazarcık Yaylası Turizm Merkezi	Yayla	20.09.1991
12	Trabzon/Araklı	Trabzon Araklı Yeşilyurt Yılantaş Yaylası Turizm Merkezi	Yayla	11.01.1998
13	Trabzon/Şalpazarı	Trabzon Giresun Sis Dağı Turizm Merkezi	Yayla	05.06.2011
14	Trabzon/Maçka	Trabzon Maçka Şolma Turizm Merkezi	Yayla	20.05.1991
15	Trabzon/Tonya	Trabzon Tonya Armutlu Gümüşhane Kürtün Erikbeli Turizm Merkezi	Yayla	05.03.1990
16	Antalya/İbradı	Antalya İbradı Maşata Yaylası Turizm Merkezi	Yayla	11.01.1998
17	Gaziantep/İslahiye	Gaziantep İslahiye Huzurlu Yaylası Turizm Merkezi	Yayla	17.02.1995
18	Sinop/Ayancık	Sinop Ayancık Akgöl Turizm Merkezi	Yayla	20.09.1991
19	Sinop/Gerze	Sinop Kozfindık Bozarmut Yaylası Turizm Merkezi	Yayla	20.09.1991
20	Sinop/Türkeli	Sinop Türkeli Kurugöl Turizm Merkezi	Yayla	20.09.1991
21	Tokat/Tokat	Tokat Akbelen Yaylası Turizm Merkezi	Yayla	20.01.2013



Kültür ve Turizm Bakanlığı tarafından başlatılan yayla turizminin geliştirilmesine yönelik uygulamalardan sonra bölgedeki çalışmalar hızlı gelişim göstermiş ve yaylalar rekreasyonel kullanımına bağlı olarak turizm hareketliliğinin odağı olmuştur. Yaşanan bu gelişmeler, yaylaların işlevlerinde de bazı farklılıkların meydana gelmesine yol açmıştır[8]. Tablo 2’de tarihsel dönem içinde yaylalarda meydana gelen yapısal değişimler verilmiştir.

Tablo 2. Tarihsel dönem içinde yaylaların işlevlerinde yaşanan değişimler[8].

Dönemler	Yaylalardaki Değişimin Temel Nedenleri
1950 ve öncesi	Geleneksel yayla faaliyetlerinin yürütüldüğü, temel işlevin hayvancılık olduğu dönemdir.
1950-1980	Kırdan kente göçün başladığı; yaylalara göç eden nüfusun görece olarak azaldığı; bazı yaylaların terk edilmeye başlandığı dönemdir.
1980-1990	Yaylalardaki rekreasyon ve turizm aktivitelerinin geliştiği; yaylalara geri dönüşün başladığı dönemdir.
1990 ve sonrası	Rekreasyonel aktivelere ve turizm yatırımlarında artışın olduğu; yaylaların işlevinin önemli ölçüde değiştiği dönemdir.

Yaylalarda, turizm amaçlı faaliyetlerin gerçekleşme hızı gelişim göstermiş olsa da henüz istenilen etki oluşturulamamıştır. Bu durumun önemli nedenlerinden biri, bölge konaklama tesislerinin nicel ve nitel yetersizlikleridir (Tablo 3). Türkiye turizm istatistikleri incelendiğinde son 14 yılda, Türkiye genelinde ilgili bakanlık belgeli turizm tesisi sayısı %72 oranında artarken, Doğu Karadeniz Bölgesinde %37 artış ile bu sayının sınırlı kaldığı anlaşılmaktadır[URL-3].

Tablo 3. 2004-2018 yılları arasında Doğu Karadeniz Bölgesinde Turizm Tesisleri[URL-3].

Tesis Türü	2004 YILI			Tesis Türü	2018 YILI		
	Bakanlık Belgeli				Bakanlık Belgeli		
	Tesis Sayısı	Oda	Yatak Kap.		Tesis Sayısı	Oda	Yatak Kap.
Otel	79	3804	7861	Otel	204	11568	23663
Turizm Kompleksi	1	111	272	---	---	---	---
---	---	---	---	Tatil Köyü	1	80	120
---	---	---	---	Butik Otel	6	146	285
Özel Tesis	1	55	109	Özel Tesis	4	55	109
---	---	---	---	Apart Otel	2	36	96
Pansiyon	4	131	275	Pansiyon	7	131	275
---	---	---	---	Dağ Evi	2	111	272
---	---	---	---	Çiftlik Evi/ Köy Evi	1	8	15
---	---	---	---	Yayla Evi	2	55	140
<b>Toplam</b>	<b>85</b>	<b>3804</b>	<b>7861</b>	<b>Toplam</b>	<b>229</b>	<b>12190</b>	<b>24975</b>

Not: Bakanlık belgeli tesis ve yatak kapasiteleri turizm işletme/turizm yatırım belgeli tesislerin toplamıdır.

Bölgedeki konaklama tesislerinin sayısal yetersizliği, konaklama talebinin karşılanamamasına ve bölgedeki ortalama kalış süresinin yıllar içinde artmasına rağmen Türkiye ortalamasının altında kalmasına neden olmuştur (Tablo 4). Bu olumsuzluklar bölgenin turizm odaklı gelir düzeyinin artması önünde engel oluşturmakta ve bölgenin rekabet gücünü olumsuz etkilemektedir.

Tablo 4. Doğu Karadeniz Bölgesi turizm tesislerine geliş ve konaklama gün sayısı[URL-3].

2004 YILI			2018 YILI		
Şehir	Tesis Geliş Sayısı	Konaklama Gün Sayısı	Şehir	Tesis Geliş Sayısı	Konaklama Gün Sayısı
Artvin	50212	1,5	Artvin	69163	1,59
Giresun	48470	1,2	Giresun	124753	1,48
Gümüşhane	4589	1,3	Gümüşhane	21685	1,93
Ordu	33510	1,3	Ordu	245816	1,47
Rize	50840	1,4	Rize	46926	1,61
Trabzon	130746	1,4	Trabzon	401932	1,85
Toplam	318366	---	Toplam	910272	---
<b>Bölge Ortalaması</b>	53061	1,13	<b>Bölge Ortalaması</b>	151712	1,655
<b>Türkiye Ortalaması</b>	255637	3,3	<b>Türkiye Ortalaması</b>	531451	2,70

Kültür ve Turizm Bakanlığı, bölgede konaklama sürelerinin uzatılması stratejini benimsemektedir. Bu nedenle, bölgeye gelen turistlerin konaklama ve geceleme sayılarını arttırabilmek için bölgenin kırsal turizmini özellikle yayla turizmi üzerinden vurgulayarak, konaklama tesislerinin sayısının ve niteliğinin arttırılmasını önemli bir gereklilik olarak öne sürmektedir[9]. Yapılan akademik araştırmalarda da konaklama süresinin arttırılmasına yönelik vurgular yapılmaktadır. Ayrıca, XI. Beş Yıllık Kalkınma Planında (2019-2023) da konaklama süresi ve yatak kapasitesinin arttırılması ile ilgili önlemlere yer verilmiştir[4].

Konaklama süresinin arttırılması için tanıtım çalışmaları, ulaşım ve alt yapı hizmetleri, teşvik ve destek uygulamaları gibi farklı konularda çalışmaların yapılması gerekli olsa da bu konuda öne çıkan birincil etken, konaklama tesislerinin sayısal olarak yeterli düzeye getirilmesidir. Turizm tesislerinin sayısal olarak artışı; kanun, ulusal karar ve planlar aracılığıyla, bölgenin yöresel değerlerini koruyarak, geleneksel mimari doku ile uyumlu bir şekilde geliştirilmelidir.

Mera Kanunu[10]'nda yaylaların Kültür ve Turizm Bakanlığının talebi üzerine turizme açılması uygun görülen bölgelerinde, ahşap yapılar yapılabileceği belirtilerek, diğer yapılaşmalar (mandıra, suluk, sundurma ve süreklilik göstermeyen barınak ve ağıllar

dışında) yasaklanmıştır. İnşa edilen ahşap yapıların geleneksel malzeme ve yapım teknikleriyle üretildiği görülse de bölgede;

- Orman varlığından çeşitli yasalar nedeniyle etkin yararlanılamaması nedeniyle geleneksel ahşap malzeme temininde zorluk yaşanması,

- Bölge iklimsel özelliklerinin, yapı inşa edilebilir zaman aralığını daraltması, geleneksel yapım yöntemleri ile üretilen ahşap yapıların inşa sürecinin uzun olması (diğer yapım sistemleri ile kıyaslandığında),

- Ahşap yapıların; nitelikli iş gücü ve zaman gerektirmesi, ahşabın özellikle neme karşı korunması gerekliliği nedeniyle ekonomik görülmemesi,

- Ahşap yapıların yangın korunumuna yönelik oluşan ön yargı,

- Geleneksel ahşap yapıların, günümüz konfor koşullarını (aydınlatma, ısıtma vb.) karşılayacak nitelikte inşa edilememesi, gibi sorunlar, bölgenin eğimli arazi yapısı, yoğun enerji gereksinimine neden olan iklimsel özellikleri, fosil yakıtların temininde zorluklara neden olan ulaşım altyapısı ile birlikte, bölgede kırsal turizm tesislerinin ilk yatırım ve kullanım maliyetlerini arttırmaktadır. Karşılaşılan bu zorluklar, tesisleşmenin istenilen seviyeye gelmesini engellemekte ve kullanıcıları, kırsal alanda inşa edilen yapılarda yöreye uygun olmayan malzeme (betonarme, tuğla, briket vb.) ve yöntem tercihinine yöneltmektedir. Bu yönelim doğal çevre ile uyumsuz, çarpık, plansız ve kimliksiz bir mimari doku gelişmesine ve telafisi güç sorunlara neden olmaktadır (Şekil 2). Ayrıca, Mera Kanunu'na göre yaylalarda iskân vb. kullanım amaçlı yapılaşmanın mümkün olmadığı açıkça belirtilmesine rağmen, bölge yaylalarında pek çok kaçak yapının yapılması da bu durumu hızlandırmaktadır.



Şekil 2. Kırsal alanda kaçak yapılaşma ve yıkım işlemleri[URL-4].



Dünya Seyahat ve Turizm Konseyi (WTTC)'ne göre bir turizm faaliyetinin kırsal turizm olarak kabul edilebilmesi için etkinliğin kırsal alanda olması ve kırsal alan özelliklerinin korunmuş olması gereklidir[11]. Çünkü kırsal turizm; doğal çevrenin varlığını sürdürebildiği, şehir yerleşmelerinden mekân olarak farklı geleneksel yaşam tarzının sergilendiği, tarihsel ve kültürel değerleri ile otantik havanın egemen olduğu ortamlarda gerçekleştirilir. Bu nedenle; bölgenin doğal bileşenleri ve geleneksel mimari dokusu korunmalıdır.

Bölgede inşa edilecek turizm tesislerinde, bütüncül bir yaklaşım ile geleneksel yapıım sistemleri yerine bölgenin koşullarına ve mimari dokusuna uyumlu, hızlı üretilen ve kolay monte edilebilen, düşük enerji, kaynak ve iş gücü tüketen, esnek tasarımlara imkân veren, endüstriyel bir yapıım sisteminin kullanımına gereksinim vardır. Bu sistemin seçiminde, bölgenin geleneksel mimari doku özellikleri, arazi yapısı ve iklimsel özellikleri dikkate alınmalıdır.

Doğu Karadeniz Bölgesinin kırsal kesiminde genellikle ahşap malzemenin kullanıldığı karakteristik bir mimari doku mevcuttur. Bölgede, iklimsel koşullar nedeniyle yapı inşa edilebilir süre kısadır. Bu nedenlerle, yapılan çalışmada problemlerin çözümü için Doğu Karadeniz Bölgesi kırsal alanlarında inşa edilecek turizm tesislerinde endüstriyel bir yapıım sisteminin kullanımı ön görülmüştür ve yapıım sistemi olarak ahşap esaslı, prefabrikasyon olanakları yüksek, ahşap ve beton malzemenin kompozit kullanımı ile her iki malzemenin olumlu özelliklerini kullanan Ahşap-Beton Kompozit (ABK) sistem seçilmiştir.

ABK sistem, ahşap ve betonun mekanik olarak bağlantı elemanlarıyla bir araya getirilmesi ile oluşturulmuş bir sistemdir[12]. Ahşabın çekmeye çalışırken betonun basınca çalışarak birbirini dengelediği bu sistemde, malzemeler (ahşap ve beton) tek başlarına yapıda kullanılmalarına oranla kompozit halde daha verimli olmaktadır[12, 13]. Bu sistem sadece ahşap ya da sadece beton kullanılan sistemler ile karşılaştırıldığında; geleneksel ahşap sistemlere göre daha dayanıklıdır, daha geniş açıklıklar geçebilmektedir, daha iyi yapı fiziği özelliklerine ve yangın korunumuna sahiptir. Beton sistemlere göre ise daha düşük öz ağırlık değerine ve daha küçük kesitli temellere sahiptir, kütleinin azalması ile daha yüksek deprem dayanımı gösterir ve daha düşük gömülü karbon enerjisi barındırır[14, 15, 16].

ABK sistem bu getirileri ile özellikle 21. yüzyılın temel problemleri olarak görülen küresel ısınma, hava kirliliği, su kirliliği, aşırı kaynak tüketimi, enerji tüketimi ve katı atık üretimi gibi çevresel sorunların çözümü üzerinde olumlu etkiye sahiptir. Bu etki nedeniyle Amerika ve Avrupa başta olmak üzere dünya genelinde kullanımı hızla artmakta olan

sistemlerin Türkiye yapı sektörüne uyarlanması ve kullanımı, araştırılması gerekli bir konudur ve özellikle ahşap yapı geleneğine sahip bölgelerde bu sistemin büyük bir kullanım potansiyeli olduğu düşünülmektedir. Ancak, sahip oldukları bu olumlu özellik ve getirilerine rağmen sistemin, yerel yapı sektöründe yayılmasının önünde engel oluşturan konular da vardır. Bunlar şu şekilde özetlenmiştir:

- Türkiye’de endüstriyel yapı üretiminin gelişme hızı, gelişmeye açık bir sektör olmasına rağmen, yapı sektöründeki geleneksel sistem hâkimiyeti, endüstriyel üretime dönük teknoloji ve alt yapı yetersizliği, yeterli tanıtımın yapılamaması gibi nedenlerden dolayı istenilen seviyede değildir. Avrupa ülkelerinde, endüstriyel üretimin inşaat sektörü içerisindeki payı %30-50 arasında iken, Türkiye’de bu oran sadece %2-3 aralığındadır[17].

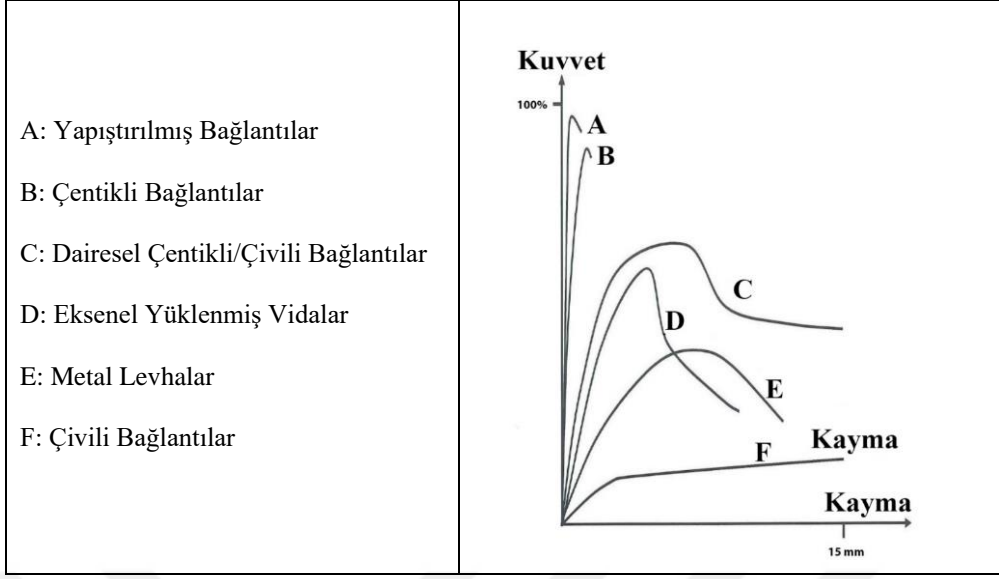
- Ahşap malzeme, bölgenin geleneksel mimari dokusunda en yaygın kullanılan malzemelerdendir. Ancak, ahşap malzemenin yangın dayanımı konusunda yetersiz olduğu, zaman içerisinde bölgede yerleşik bir fikre dönüşmüştür. Bu durum, ahşap yapıların tercih edilmemesine neden olmaktadır.

- Ahşap esaslı, endüstriyel bir yapı sistem olan ABK sistem, bölge için yeni bir teknolojidir. Bu sistemin geleneksel mimari yapıya dâhil olabilmesi için yapısal özellikleri ve uygulama biçimleri bilinmelidir. ABK sistemde en yoğun araştırmalar, bağlantı elemanı özelliklerinin sistemin performansına yönelik etkisidir. Çünkü sistemin performansı üzerinde en büyük etki, bağlantı verimliliğinden kaynaklıdır. Bu sistemde strüktürel verimlilik, iki malzeme arasında karma eylem oluşturularak elde edilmektedir[13, 18].

Literatürde farklı ABK sistem bağlantı eleman türleri mevcuttur ve bu bağlantı türlerinin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde farklı araştırmacılar tarafından deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Dias (2005) tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışmalar ile elde edilen değerler (Şekil 3) [18] dikkate alındığında çentikli bağlantı elemanlarının, ABK sistem uygulamalarında en uygun çözümü sunduğu ve en ideal bağlantı sistemi olarak öne çıktığı görülmektedir.

Farklı bağlantı elemanları üzerinde Yeoh (2010) tarafından yapılan deneysel çalışmalar ile çentikli bağlantıların verimliliği ortaya koyulmuştur. Ancak, bu bağlantı sisteminin uygulanmasında ahşap kirişlere çentik açılması iş gücü, zaman ve malzeme kaybına neden olmakta ve bu durum ekonomik yönden olumsuzluk meydana getirmektedir. Ayrıca, ahşap taşıyıcıya (doğal ya da endüstriyel) açılan çentikler, ahşap taşıyıcının en kesitini azaltmakta ve sistemi zayıflatmaktadır[14].



Şekil 3. Bağlantı elemanlarının, yük-kayma (yer değ.) yönünden karşılaştırılması[18].

Bölgedeki konaklama tesisi ihtiyacına çözüm olabilecek, endüstriyel bir yapım sistemi olarak seçilen ABK sistem özelliklerinin teorik ve deneysel olarak ortaya koyulmasının ve geliştirilmesinin amaçlandığı çalışmanın, tespit edilen sorunların çözümüne yönelik cevap aradığı varsayımlar şunlardır:

- Doğu Karadeniz Bölgesi kırsal alanlarında, geleneksel ahşap yapım tekniklerinin yerini büyük oranda yörenin mimari karakterine uygun olmayan malzemelerin kullanıldığı yapım teknikleri almıştır. ABK sistem, gelişmiş özellikleri ile yörenin mimari dokusuna uygun, daha hızlı ve ekonomik, aynı zamanda beklenen konfor koşullarını sağlar nitelikte kullanım için uygundur.

- Bölgenin eğimli arazi yapısı, ulaşım altyapısı ve yapı fiziği (ısı korunumu vb.) alanında yetersiz olan geleneksel yapım teknikleri, bölgede kırsal turizm tesislerinin ilk yatırım ve kullanım maliyetlerini arttırmaktadır[19]. Bölge kırsal alanlarında, endüstriyel bir yapım sistemi olan ABK sistem kullanımı ile bu sorunların önüne geçilebilir.

- Çentikli bağlantıların neden olduğu iş gücü, zaman ve malzeme kaybı gibi olumsuzluklar, çalışma kapsamında geliştirilen yapay çentikli ABK sistem ile giderilebilir.

- ABK sistem kullanılan örnek uygulamaların analiz edilmesi ve sistemin davranışına yönelik deneylerin gerçekleştirilmesi; ahşap yapılara karşı oluşan ön yargının ve ABK sisteme yönelik bilgi ve deneyim eksikliğinin giderilmesine katkı sağlayabilir.

Çalışmada da genel bir yaklaşımın belirlenmesinden sonra, ABK sistemin en sık uygulandığı yapı elemanları olan döşeme panelleri üzerinde, bağlantı elemanlarının

geliştirilmesine yönelik itme ve eğilme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deney elemanlarının boyutlandırılması; ilgili yönetmelikler (Eurocode-4) [20] ve standart bir konaklama ünitesi (iki kişilik) üzerinde gerçekleştirilen modülasyon çalışmaları ile belirlenmiştir. Deney elemanları için dayanım ve kompozit verimlilik ölçütlerine bağlı belirlenen performans kriterleri doğrultusunda laboratuvar ortamında, hazırlanan deney düzenekleri üzerinde gerçek zamanlı olarak deneyler uygulanmıştır.

## 1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Doğu Karadeniz Bölgesi, sahip olduğu doğal güzellikleri, kültürel mirası ve kırsal mimari dokusu ile Türkiye’de kırsal turizm potansiyelinin yüksek olduğu bölgelerin başında gelmektedir. Türkiye’deki tüm ortak bileşenler tarafından (kamu, özel sektör vb. ) bölgenin kırsal turizm potansiyelinin yüksek oluşu ve önemi vurgulanmaktadır. Bölgede kırsal turizm faaliyetlerinin canlandırılması amacıyla yatırımlar teşvik edilmekte ve desteklenmektedir. Bu teşvik ve yatırımların büyük çoğunluğu, gelişen turizm olgusuna bağlı olarak bölgede ortaya çıkan konaklama talebinin karşılanması amacıyla turizm tesislerine yönelmektedir. Ancak, kişilerin doğa ile bütünleşmeye yönelik aktiviteler gerçekleştirebileceği ortamı sağlayan kırsal turizm anlayışı ve bu anlayışın etkisi ile şekillenen kırsal turizm tesisleri sayısı bölgede artış göstermiş olsa da istenilen seviyeye ulaşamamıştır[URL-3, 21]. Bu yetersizliğin başlıca nedenleri; bölgenin eğimli arazi yapısının ve iklimsel özelliklerinin yapılaşmayı zorlaştırması, bölgenin ulaşım alt yapısının yapı malzemelerinin ve enerji kaynaklarının iletilmesinde yetersiz olması, geleneksel ahşap yapım teknikleri için gerekli olan iş gücü ve malzeme temininde zorlukların yaşanmasıdır[19].

Bölgede kırsal turizm tesislerinin sayısal yetersizliğinin yanında, bölgenin geleneksel mimari dokusuna uygun olmayan tesislerin yapılması da bölge doğal bileşenlerini özellikle de bölgenin geleneksel mimari dokusunu tehdit eder hal almıştır. Uzun yılların birikimi ile oluşan bu dokunun gelecek nesillere aktarılması ve yeni yapılaşma uygulamalarında mimari kimliğin sürdürülmesi daha nitelikli ve süreklilik içeren yapılı çevrelerin oluşumu ve kırsal turizm faaliyetlerinin sürdürülebilirliği için önemli bir gerekliliktir.

Son yıllarda, bu sorunların çözümüne yönelik, yöreye özgü yapı malzemelerinin kullanıldığı ya da yapılarda münferit önlemlerinin alındığı uygulamalar gerçekleştirilmektedir, ancak bu uygulamalar yetersiz kalmaktadır.

Çalışmada, bölgedeki konaklama tesisi ihtiyacına çözüm olabilecek, daha hızlı ve daha

kolay uygulanabilecek endüstriyel bir yapım sistemi olarak seçilen Ahşap-Beton Kompozit sistem özelliklerinin incelenmesi ve sistem elemanlarında yüksek rijitlik ve kompozit verimlilik değerine sahip bir bağlantı elemanının geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın açıklanan amacına ulaşmasında takip edilen hedefler;

- Doğu Karadeniz Bölgesinin arazi yapısına, iklimsel özelliklerine ve geleneksel mimari karakterine uygun, ahşap esaslı, endüstriyel bir yapım sistemi olarak ABK sistemin seçilmesi,

- ABK sistemin teorik olarak incelenmesi,

- Yapay çentikli ABK sistemin geliştirilmesi ve deneysel analizi,

olarak belirlenmiştir.

ABK sistem; duvar, döşeme ve çatı uygulamalarında kullanılabilir ancak en çok döşeme uygulamalarında, döşeme panelleri olarak kullanımı ile bilinmektedir. Çalışma kapsamında; döşeme panellerinde kullanılmak üzere yapay çentikli bağlantı elemanı türü geliştirilerek, bu bağlantı elemanının kullanıldığı deney elemanları ile referans bağlantı türü olarak belirlenen çentikli bağlantının kullanıldığı deney elemanları üzerinde itme ve eğilme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen deneylerde (itme ve eğilme deneyleri) referans bağlantı türü olarak çentikli bağlantının seçilmesinin nedeni, bu bağlantı türünün ABK sistemlerde en ideal dayanım ve kompozit verimlilik özelliklerine sahip olmasıdır.

Çalışma, amacına yönelik uygulandığında bölgenin kırsal mimari dokusuna ve çağdaş kullanım gereksinimlerine uygun, kolay ve hızlı uygulanabilen, işçilikten ve malzemenin tasarruf sağlayan yapı yapma konularında pozitif yönde etki oluşturacaktır. Bugünkü malzeme ve işçilikle doğanın tahribatının önüne geçilmesine yönelik getirileri ayrı bir yarar olarak düşünülmektedir. Ayrıca, ABK sistemlerin, Türkiye'deki bilinirliğine, Türkiye gibi orman alanları bakımından yüksek değerlere sahip olan bir ülkenin ahşap esaslı yapım sistemi potansiyelini kullanmasına, bu yolla hem yapı sektörüne hem de sürdürülebilir yaşam çevreleri oluşturmaya katkı sağlayacaktır. Çalışma kapsamında; geliştirilen bağlantı elemanı kullanılarak üretilen yapı elemanları ile tasarımların gerçekleştirilmesi ve bu sistemin tercih edildiği yapıların yerel uygunluk ve uygulama (üretim, taşıma, yapı fiziği vb.) çalışmaları, öneri (Ek-2 ve Ek-3) olarak verilerek kapsam dışında tutulmuştur.

### 1.3. Literatür Özeti ve Özgün Değer

Kırsal yapı geleneğini geliştirerek çağdaşlaştırmak, mevcut potansiyele ivme kazandırmak ve yenilikçi uygulamalar ortaya koymak önemlidir[22]. Günümüzde çevreye

uyumlu yerel malzemelerin kullanılması ve bu ürünleri üretecek endüstriyel teknolojilerin hizmete sunulması üzerine araştırmalar gerçekleştirilmektedir. Çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesi özelinde, kırsal yapı geleneğinin geliştirilmesi veya endüstriyel yapı sistemlerinin kullanımına yönelik gerçekleştirilen çeşitli araştırmalar incelenmiştir. İncelenen araştırmalara ait literatür özeti aşağıda verilmiştir:

- Koçhan, A., 1997 yılında tamamladığı, “Doğu Karadeniz Bölgesi Yaylaları İçin Enerji Duyarlı Bir Bungalov Önerisi” isimli doktora tezinde, Doğu Karadeniz Bölgesinin coğrafi yapısı nedeniyle, bölgede enerji temini ve kullanımının ekonomik ve çevresel sorunlara da neden olduğunu, bölgedeki tesislerin enerji ihtiyacının, güneş ve rüzgâr enerjisinden yararlanılarak karşılanmasının, bölgeye ekonomik koşullar ve çevre duyarlılığı açısından önemli katkılar sağlayacağını belirtmiştir. Dağ ve yayla turizmini amaçlayan tesislerin enerji ihtiyaçlarının, bölgenin güneş ve rüzgâr enerjisi potansiyelinden yararlanarak karşılanabilme olanaklarını incelemiştir. Çalışma kapsamında dağ ve yayla turizmi için enerji duyarlı, örnek bungalov tasarlanmıştır. Bölgenin iklim koşullarına bağlı olarak, bungalovun dış yüzey elemanları için malzeme seçimi yapılarak, yapı detayları geliştirilmiştir[19]. Çalışma ile bölgenin iklim koşullarına uygun malzeme seçimi, iyi hesaplanarak tasarlanan enerji kazanç sistemleri ve arazinin yapısına uygun yönlendirme önlemleri ile ısı kayıplarının, ısı kazançlarıyla dengelenebileceği, kullanım maliyetinin uzun sürede çok düşük olacağından, ilk yatırım maliyetinin zaman içerisinde telafi edilebileceği sonucuna varılmıştır.

- İncekara, A., Bocutoğlu, E., Öztürk, K., Okutan, A., Berber, M., Özaslan, İ., Ersun, C., Ok, S., T., Müftüoğlu, H. ve Subaşı, B., 1997 yılında, Doğu Karadeniz Bölgesi’nde turizm merkezi ilan edilen yaylaların turistik ürün olarak değerlendirilebilme imkânlarının araştırılması, yayla turizmi projelerinde ve diğer yapılaşma taleplerinde, ahşap yapılaşma seçeneklerinin değerlendirilmesi, güncel şartlara göre planlanmış ve doğal çevreye uyumlu, sağlıklı ahşap yapı sistemlerini üretecek sanayilerin oluşturulma olanakları ile bölgesel arz ve talep şartlarının analiz edilmesi amacıyla “Karadeniz Bölgesinde Yayla Turizminin Geliştirilmesi, Bölgesel Gelişme ve Çevreye Uyumlu Yapılaşma” isimli araştırmayı gerçekleştirmiştir[22].

Çalışmada; bölgedeki dar sahil şeridi ve kırsal kesim ile yaylalardaki çevre tahribatına yol açan beton yapılaşmanın önlenmesi için, bölgenin geleneksel mimari karakterine sahip ahşap yapılaşmanın teşvik edilmesi gerektiği, ahşap yapılaşma için, bölge orman varlığı ve yerel orman ürünleri sanayisinde gelişmelerin yeterli bir potansiyele işaret ettiği

ifade edilmiştir. Ayrıca, doğal turistik çevrenin korunmasının, betonlaşma hatasının bölgede tekrarlanmamasının, özgün kültürel mimarinin korunmasının ve yaşatılmasının bölgede ahşap yapılaşma ihtiyacını gündeme getirdiği; bu tür yapılaşmanın, halkın yabancı olduğu bir olgu olmadığı ancak başta modern hayat tarzı yönelimi olmak üzere, çeşitli faktörlerin etkisi ile çevre uyumundan yoksun beton yapılaşmanın yaygınlık kazandığı belirtilmiştir.

- Vural, N., 2005 yılında tamamladığı, “Doğu Karadeniz Bölgesi Kırsal Yerleşmelerinde Ahşap Esaslı Prefabrike Sistem Kullanımı Üzerine Bir Modelleme” isimli doktora tezinde, Doğu Karadeniz Bölgesindeki geleneksel mimari dokunun, kontrolsüz ve kuralsız yapılaşma yüzünden bozulmasına neden olan sorunları çözmeye yönelik olarak, ahşap esaslı prefabrike bir sistem kullanımı ile bölgedeki yöresel evlerin özelliklerini, günün konfor şartlarına göre yorumlayarak koruyan; bölgenin iklimine, eğimli topografyasına uygun, hafif ve kolay taşınabilen; hızlı ve kolay monte edilebilen konut modelleri tasarlamıştır.

Örnek konut modellerinin geliştirildiği çalışmada geleneksel dokuya uyumlu, bölgenin iklimsel ve topoğrafik koşullarına göre biçimlenmiş evlerin; hafif, kolay taşınabilen, ahşap esaslı strüktürel yalıtımlı paneller ile basit bir montaja dayanan prefabrike bir sistem kullanılarak oluşturulabileceği ortaya koyulmuştur[23].

- Yürekli, B., 2015 yılında tamamladığı, “Binalarda Ahşap-Beton Kompozit Döşemelerin Yapısal Özelliklerinin İncelenmesi” isimli yüksek lisans tezinde, ABK sistemin yapısal özelliklerini inceleyerek binalarda kullanım olanaklarını irdelemiş; ABK sistemin Türkiye’de kullanımının oluşmasına ve artmasına yönelik öneriler geliştirmiştir[24].

- Kızılırmak, İ., Cifci, İ. ve Kaya, F., 2015 yılında gerçekleştirdiği, “Sürdürülebilir Turizm Kapsamında Natif Konaklama İşletmelerinin Kullanılması: Yayla Evleri Örneği” isimli makale ile Doğu Karadeniz Bölgesinde, gelişen yayla turizmine uygun konaklama ve diğer hizmet alanlarının doğal çevre açısından önemini belirterek, alternatif konaklama tesislerinden biri olabilecek yayla evlerinin turizm amaçlı kullanılabilirliğini incelemiştir[56]. Araştırma sonucunda, yaylaların zamanla işlevini kaybettiği, hayvancılık ve tarımdan turizm hareketlerine doğru bir eğilim gösterdiği, bölgede gelişen turizm hareketlerine bağlı olarak birçok yaylada çevreyle uyumsuz ve estetik açıdan uygunsuz yapılar olduğu ifade edilmiştir.

- Yılmaz S. ve Vural, N., tarafından 2018 yılında gerçekleştirilen, “Kırsal Yerleşmelerde Yapı Kabuklarının Enerji Korunumu Açısından İncelenmesi” isimli

çalışmada; Doğu Karadeniz bölgesinde yer alan Hıdırnebi Yaylasında inşa edilen ve bölgedeki ilk uygulama olan Hıdırnebi Yayla Kent-I Kırsal Turizm Tesisinin ve tesisin yakın çevresinden seçilen yapıların dış kabukları, enerji korunumu açısından incelenmiştir ve alternatif dış kabuk modelleri bölgenin karakteristik özellikleri de dikkate alınarak oluşturulmuştur. Oluşturulan modeller, bir enerji benzetim (simülasyon) programına aktarılarak enerji kayıp-kazanç değerleri karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir.

Çalışmanın sonunda, seçilen örnek kırsal turizm tesisinin ve yakın çevresinden seçilen örnek binaların enerji korunumu yönünden ilgili yönetmeliklere uygun olmadığı, Doğu Karadeniz bölgesi kırsal yerleşmelerinde bina dış kabuğunda alınacak yapısal önlemler ile enerji korunumunun arttırılabileceği belirtilmiştir.

- Başer, V., 2019 yılında gerçekleştirdiği, “Yaylalardaki Arazi Kullanım Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemi ile Analizi: Giresun Örneği” isimli çalışmada Doğu Karadeniz Bölgesindeki bazı yaylaların arazi kullanımında meydana gelen artışı incelemiştir. Bu amaçla 1970-2018 yılları arasında yaylalara ait hava fotoğrafları ve haritalar, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile analiz edilmiştir. Yapılan çalışma ile arazi kullanımı ve planlamasına ilişkin sorunlar ortaya konmuş, değişimin boyutlarını irdelenmiştir. Bu bağlamda yaylaların merkezi kullanım alanlarında büyük artışların olduğu, yayla evlerinin betonarme ve çok katlı hale dönüştüğü belirlenmiştir[25].

Yapılan çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesinin mimari karakterine uyabilecek, aynı zamanda çağın gerekliliklerini yerine getirebilen endüstriyel bir yapım sistemi kullanımı öngörülmüş; bölgedeki konaklama ihtiyacının karşılanmasına yönelik, çevresel değerler ile uyumlu, tesislerin yapımı için ABK yapım sistemi ele alınmıştır.

Yapılan çalışma ile sağlanacak başlıca katkılar aşağıda belirtilmiştir:

- ABK sistemin bilinirliğine ve dolayısıyla uygulanabilirliğine yönelik katkı sağlanmıştır. Sistemin Türkiye’de kullanımına yönelik araştırmacılara kaynak oluşturulmuştur.

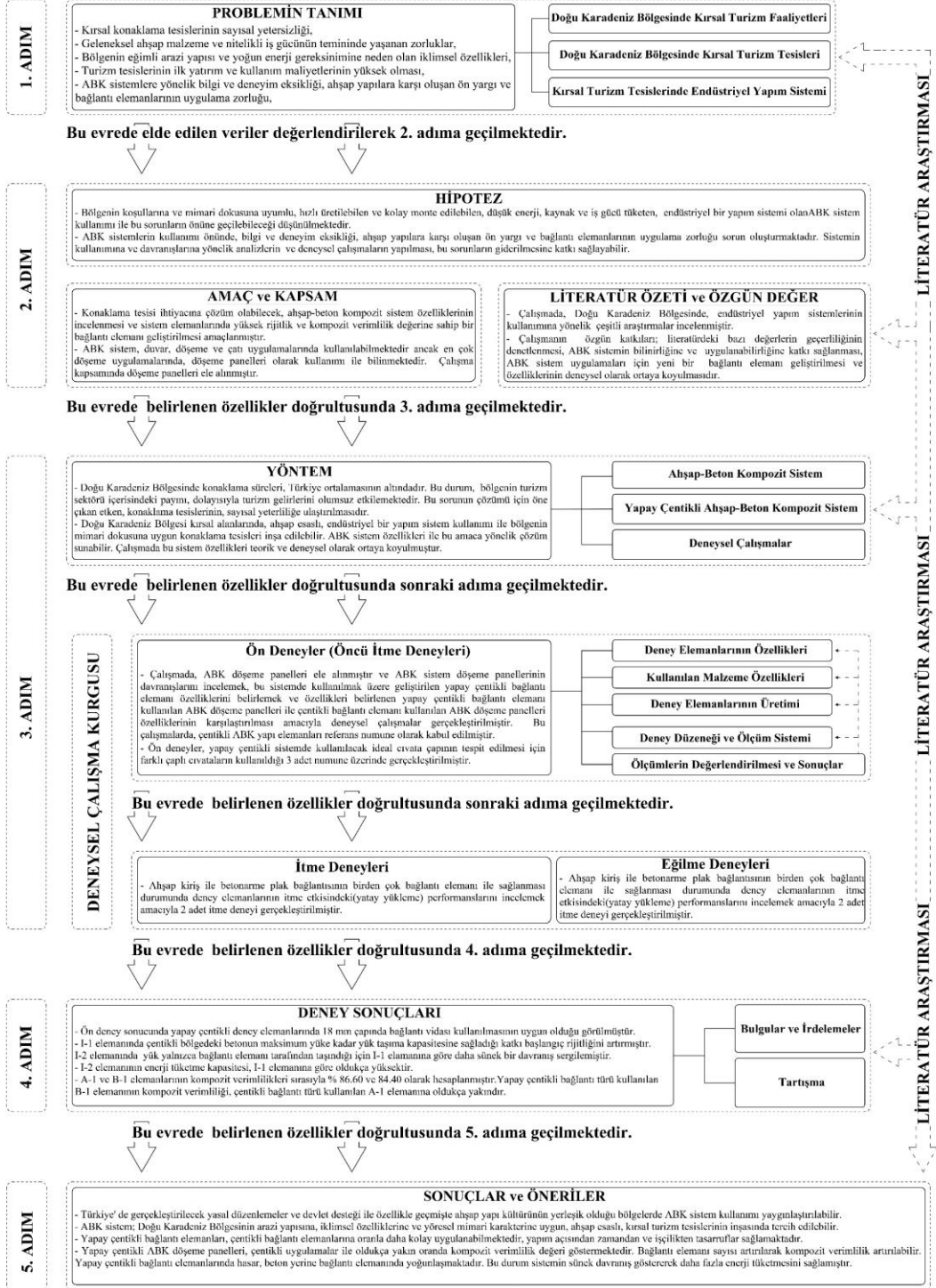
- Literatürdeki bazı değerlerin geçerliliği, elde edilen yeni sonuçlarla, denetlenmiştir.

- ABK sistem uygulamalarında kullanılması amacıyla yeni bir bağlantı elemanı (yapay çentikli) geliştirilerek, bu elemanın dayanım ve rijitlik özellikleri deneysel olarak açıklanmıştır. Deneysel çalışmalar ile ayrıca, yeni bağlantı elemanının, çentikli bağlantı elemanlarına eş değer kompozit verimlilik değerine sahip olduğu ortaya koyulmuştur.



## 1.4. Çalışmanın Kurgusu

Çalışmanın ana kurgusu 5 adımdan meydana gelmektedir (Şekil 4) (bkz. Ek-5).



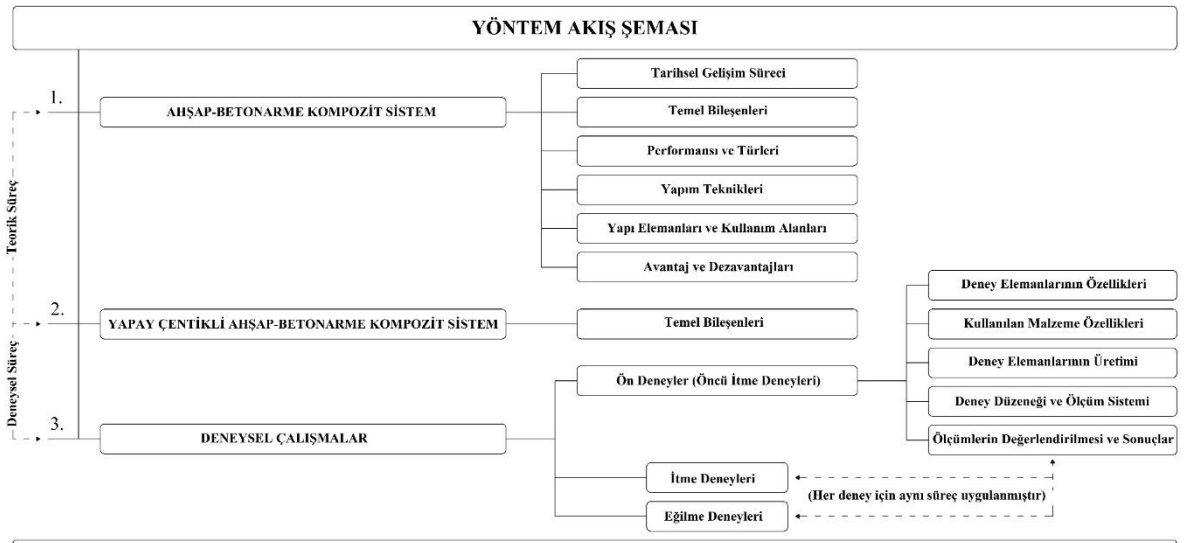
Şekil 4. Çalışmanın ana kurgusuna ait şema.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Fiziksel çevre koşulları ve yapı malzemesi açısından bütünlük gösteren bir bölge olan Doğu Karadeniz Bölgesi illeri (Artvin, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize ve Trabzon) kırsal alanlarında inşa edilecek olan turizm tesislerinde kullanılmak üzere, geleneksel mimari dokuya uygun, geleneksel sistemlere göre daha gelişmiş özelliklere sahip ahşap esaslı endüstriyel bir yapım sisteminin bölgede kullanım olanaklarını ve olumlu getirilerini analiz etmek için izlenen yöntem ve bu yöntemin evreleri başlıklar halinde açıklanmıştır.

### 2.1. Yöntem

Doğu Karadeniz Bölgesinde konaklama sürelerinin, Türkiye ortalamasının altında olması bölgenin turizm sektörü içerisindeki payını ve turizm gelirlerini olumsuz etkilemektedir. Bu sorunun çözümü için öne çıkan etken, konaklama tesislerinin, sayısal yeterliliğe ulaştırılmasıdır. Bölge kırsal alanlarında, ahşap esaslı, endüstriyel bir yapım sistem kullanımı ile bölgenin mimari dokusuna uygun konaklama tesisleri inşa edilebilir. Ahşap-Beton Kompozit sistem sahip olduğu özellikleri ile bu amaca yönelik çözüm sunabilir. Çalışmada bu sistemin özellikleri teorik ve deneysel olarak ortaya koyulmuştur. Şekil 5, çalışmada izlenen yöntemin akış şemasını ifade etmektedir.



Şekil 5. Çalışmanın yöntemine ait akış şeması.

### **2.1.1. Teorik Çalışma**

Çalışmanın, teorik altyapısını oluşturan tanım, inceleme ve analizler bu başlık altında açıklanmıştır.

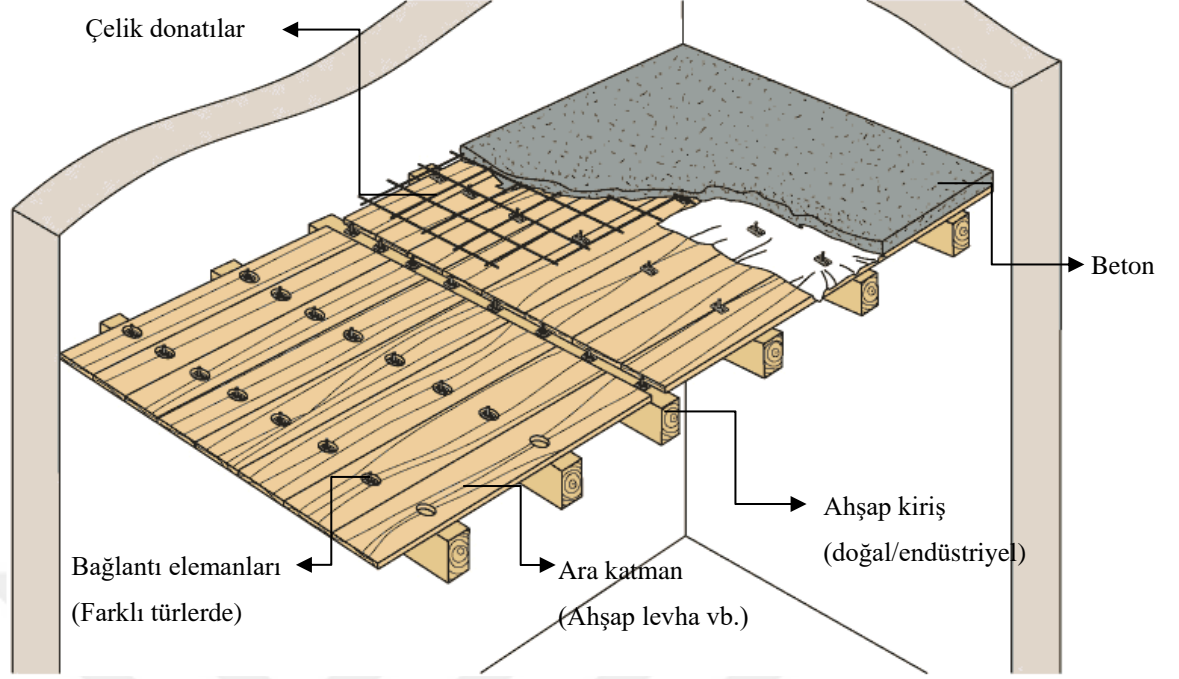
#### **2.1.1.1. Ahşap-Beton Kompozit Sistem**

Kompozit sistemler iki veya daha fazla farklı malzemenin birleştirilerek karma hareket sağlanması ile elde edilmektedir. Bu sistemlerde, kullanılan farklı malzemelerin birlikte hareketi sayesinde her malzemenin üstün özelliklerinden etkili bir şekilde yararlanılır[26].

Ahşap-Beton Kompozit sistem, ahşap ve betonun farklı bağlantı elemanlarıyla bir araya getirilmesi ile oluşturulmuş bir yapım sistemidir[12]. Bu sistem, ahşap ve beton bileşenleri arasındaki yapısal bağlantı ile malzeme ihtiyaçlarını optimize etmeye odaklanmaktadır ve her iki malzemenin de olumlu özelliklerden yararlanmak ana hedefidir[14, 15]. ABK sistemlerde yapısal verimlilik, iki malzeme arasında karma eylem oluşturularak elde edilir. Bu karma eylem oluşumu, tasarımcıların kesitleri azaltmasına, açıklıkları küçültmesine olanak sağlar. Sistem hem yığma yapılarda hem de iskelet yapılarda kullanılabilir[14, 15].

##### **2.1.1.1.1. Ahşap-Beton Kompozit Sistemin Tarihsel Gelişimi**

Ahşap-Beton Kompozit sistem, I. ve II. Dünya Savaşlarının etkisiyle yapılaşma faaliyetlerinde kullanılan çelik hammaddesinin yapı sektöründen çekilmesi nedeniyle oluşan gereklilik üzerine geliştirilmiştir[12, 14]. Beton levha ve ahşap kiriş arasındaki bağlantıyı çelik çivi türünde elemanlarla sağlayan sisteme 1922 yılında Müller tarafından patent alınması, ABK sistemin ortaya çıkmasına yönelik ilk adım olarak kabul edilebilir[12, 14]. 1939 yılında İsviçre’de Schaub tarafından geliştirilen, çelik Z ve I profillerin bağlantı elemanı olarak kullanıldığı sistemin patenti alınmıştır. Bu tür ABK sistem uygulamaları, Almanya/Leipzig gibi pek çok Avrupa kentinde eski binaların yenilenmesi çalışmalarında gerçekleştirilmiştir[14]. Son 50 yılda ABK sistemlere olan ilgi özellikle A.B.D, Yeni Zelanda, Avustralya, İsviçre ve İskandinav ülkelerinde önemli oranda artış göstermiştir. Şekil 6’da tipik bir ABK sisteme ait şematik görsel verilmiştir[14].



Şekil 6. Ahşap-Beton Kompozit sistem döşeme uygulamasına ait şematik görsel[27].

#### 2.1.1.1.2. Ahşap-Beton Kompozit Sistemin Temel Bileşenleri

Ahşap-Beton Kompozit sistemin davranışını, tasarım yöntemlerini ve kullanılan yapısal eleman özelliklerini tanımak, bu sistemin doğru bir şekilde üretilebilmesi ve kullanılabilmesi açısından önemlidir[14, 28].

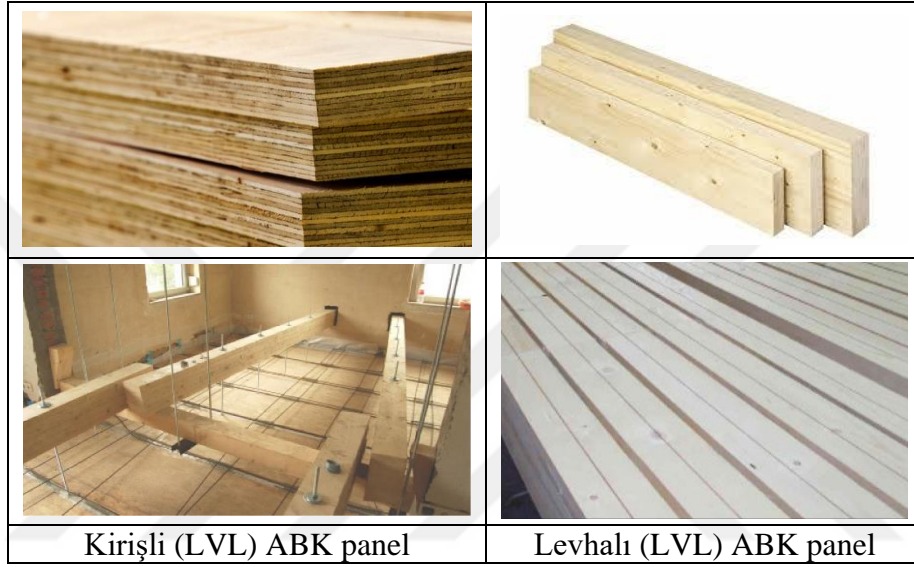
ABK sistemin temel bileşenleri ahşap (doğal/endüstriyel) kiriş ya da levha elemanlar, beton plak ve farklı türde bağlantı elemanlarıdır (Şekil 6).

##### 2.1.1.1.2.1. Ahşap-Beton Kompozit Sistemde Ahşap Malzeme

Ahşap-Beton Kompozit sistem uygulamalarında doğal ya da endüstriyel ahşap malzeme, kiriş ya da levha biçiminde kullanılabilir. Yapılan literatür araştırması ile uygulamalarda doğal ahşaba oranla sahip oldukları gelişmiş özellikleri nedeniyle endüstriyel ahşap malzemelerin daha yaygın kullanıldığı görülmüştür. Kullanılan bu endüstriyel ahşap malzemelerden öne çıkanlar LVL, CLT ve Lamine ahşap (GLT ve GST)'tir.

- LVL (Laminated Veneer Lumber/Lamine Kaplama Ahşap); ASTM D 5456 – 99a standardına göre, lif yönleri birbirine ve ürünün uzunluk eksenine paralel olacak şekilde üst

üste yapıştırılmış soyma kaplamalardan oluşan bir malzemedir (Şekil 7). Uniform özellikleri ve farklı boyutlarda imalatı nedeniyle, özellikle geniş açıklıklı yapılarda, son yıllarda önemli bir kullanım alanı bulmuştur. LVL üretiminde, çam, köknar ve ladin gibi iğne yapraklı ağaç odunları tercih edilir. Genellikle, büyük boyutlu LVL ürünler inşaatlarda kiriş, kolon, yapı iskelesi ve I kiriş gibi yüksek direnç özellikleri gerektiren yerlerde kullanılmakta, küçük boyutlu LVL ürünler ise mobilya endüstrisinde de değerlendirilmektedir[29].



Şekil 7. LVL görünümü, LVL kullanılan ABK döşeme örnekleri[29, 60].

- CLT (Cross Laminated Timber/Çapraz Lamine Ahşap): ASTM D 5456 – 99a standardına göre, en az üç tabakadan oluşturulmuş, lif yönleri birbirine zıt olacak biçimde (genellikle 90°) birbirlerine geniş yüzeylerinden ve bazı durumlarda dar yüzeylerinden tutkal ile basınç altında yapıştırılmış, mukavemetli, boyutsal kararlılığa sahip rijit elemanlardır (Şekil 8). CLT malzemedен taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan yapı elemanları üretilebilir[30].

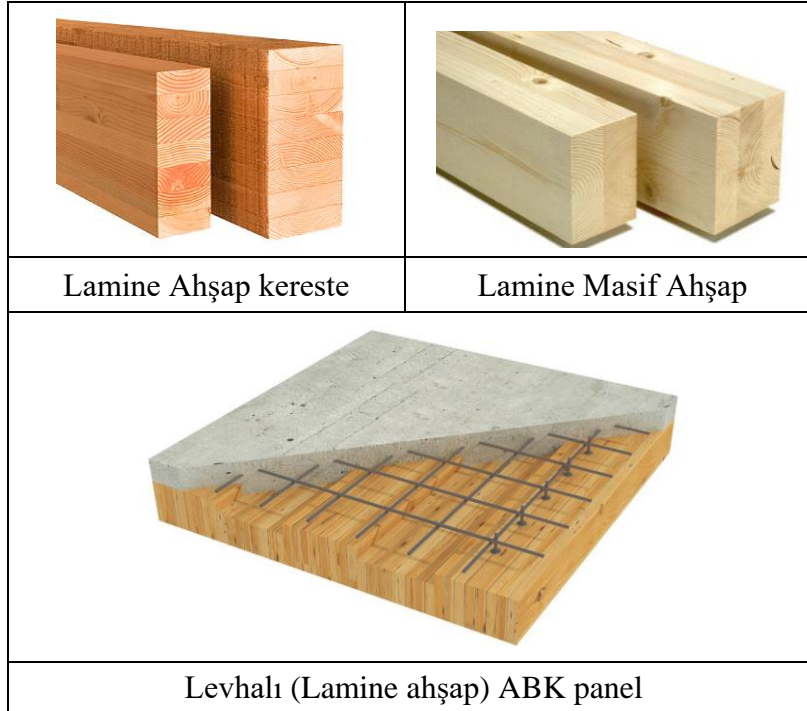


Şekil 8. CLT görünümü[30].



Şekil 9. CLT kullanılan ABK döşeme örneği[URL-15].

• Lamine ahşap elemanlar; ASTM D 5456 – 99a standardına göre, iki veya daha çok kerestenin lifleri birbirine ve son ürünün uzun eksenine paralel gelecek şekilde, basınç altında yapıştırılmasıyla elde edilen yapısal bir ahşap kompozittir. Lamine ahşap elemanlar, biçim ve boyut serbestisi sağlayarak özel yapısal gereksinimlere cevap verebilir nitelikte olmaları nedeniyle geniş bir kullanım alanına sahiptir. Literatürde çeşitli lamine ahşap elemanlar yer almaktadır ancak çalışma kapsamına Lamine Ahşap Kereste (Glued Laminated Timber) ve Lamine Masif Ahşap (Glued Solid Timber) dahil edilmiştir.



Şekil 10. Lamine ahşap görünümü ve kullanıldığı ABK döşeme örneği[29, 60].

ABK sistemlerde kullanılan ahşap malzemenin nem içeriği, elastisite modülü benzeri mekanik ve fiziksel özellikleri tasarlanacak sistemin yapısal performansı üzerinde etkili olduğundan, ABK sistem uygulamalarında ahşap malzeme seçimi önemli bir konu olarak ortaya çıkmaktadır. Uygulamada, beklenen yapısal özellikleri sağlaması koşulu ile ahşap eleman seçimi tasarımcı tercihidir.

#### **2.1.1.1.2.2. Ahşap-Beton Kompozit Sistemde Beton Malzeme**

Ahşap-Beton Kompozit sistem uygulamalarında farklı sınıf ve yoğunlukta beton malzemeler kullanılabilir. Ancak, yapılan literatür araştırması sonucunda ABK sistem uygulamalarında yaygın olarak normal beton malzemenin (1800-2800 kg/m<sup>3</sup> yoğunluğunda) tercih edildiği görülmüştür. ABK sistemlerde, beton malzeme özelliklerinin sistemin performansına yönelik etkisi üzerine son yıllarda pek çok araştırma gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu araştırmalardan öne çıkanlar şu şekilde özetlenmiştir:

Holschemacher vd. 2002 yılında, ABK sistemlerde kullanılan beton plağın kalınlığını azaltmış, sistemin öz ağırlığını asgari düzeye indirmek amacıyla çelik lif takviyeli beton malzeme kullanılan elemanlar üzerinde deneysel çalışmalar gerçekleştirmiştir. Bu çalışma ile 60 mm beton levha kalınlığına sahip ABK sistemlerin, çelik lif takviyeli beton malzeme kullanımı ile 48 mm kalınlığında eşdeğer özelliklerde üretilebildiği, çelik lif takviyeli beton malzeme kullanılan sistemin normal betonlu eşdeğerlerine oranla dayanımının 1.3 kat, başlangıç rijitliğinin ise 2.8 kat arttığı açıklanmıştır. Ayrıca, ahşap kirişlerde açılan çentiklerin kullanıldığı durumlarda (çentikli bağlantı), betonun büzülmesinin, çentik yüzeyleri ve beton malzeme arasında boşluk ortaya çıkardığı, bu durumun çentiklerde içe doğru kayma oluşumuna, kirişlerde istenmeyen başlangıç eğilmesine (kalıcı) neden olduğu, bu durumun engellenmesi için düşük büzülme özellikli beton malzeme kullanımının önerildiği ifade edilmiştir[15].

Steinberg vd. 2003 yılında yaptıkları çalışmada, ABK sistemlerin ahşap taşıyıcı elemanları üzerindeki ölü yükün azaltılabilmesi amacıyla, yoğunluğu 1600 kg/m<sup>3</sup> olan hafif beton (yoğunluğu 2400 kg/m<sup>3</sup> olan normal beton yerine) ile üretilen numuneler üzerinde itme deneyleri gerçekleştirmiştir. Çalışma sonucunda; hafif beton malzeme kullanılan sistemlerde bağlantı elemanlarının, normal beton malzeme kullanılan sistemlere oranla daha sık yerleştirilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Bu nedenle tasarımın hafif beton kullanımı ile daha fazla bağlantı elemanı kullanımı ile artan maliyet ve sabit yükte sağlanan azalma

arasındaki dengeye bağılı olduğu görülmüştür. Benzer bir çalışma 2008 yılında Koh vd. tarafından yapılmış, sistemde kullanılan bağlantının verimliliğinin sağlanması için hafif beton döşeme kalınlığının normal betona oranla daha fazla olması gerektiği belirtilmiştir[15].

Grantham vd.'nin 2004 yılında yaptıkları çalışmada; ahşap taşıyıcı sistemli yapılarda, ABK sistemlerin kullanım potansiyelinin artırılmasına yönelik incelemelerin gerçekleştirilmesi amacıyla geri dönüşümlü atık çamur kullanılarak, yoğunluğu  $1760 \text{ kg/m}^3$  olan hafif beton malzeme ile üretilen ABK sistem deney numuneleri test edilmiştir. Çalışma sonucunda, hafif beton malzeme kullanılan sistemlerin, normal beton malzeme kullanılan sistemler ile karşılaştırıldıklarında daha hassas reolojik davranış gösterdikleri, daha düşük öz ağırlık ve daha yüksek dayanıma sahip oldukları belirtilmiştir[15].

Fragiacomo vd. (2007) hafif beton ve normal beton malzeme kullanılarak üretilen ABK sistem elemanları üzerinde testler gerçekleştirerek, her iki durumda da sistemdeki göçmenin ahşap kiriş üzerinde gerçekleştiğini, bu nedenle normal ya da hafif beton kullanımının ABK sistemlerin uzun ve kısa dönem özellikleri üzerinde etkisinin olmadığını ifade etmişlerdir[31].

### **2.1.1.1.2.3. Ahşap-Beton Kompozit Sistemde Bağlantı Elemanı**

Yapılan literatür araştırması sonucunda, Ahşap-Beton Kompozit sistem uygulamalarında farklı türde ve tipte bağlantı elemanlarının kullanılmakta olduğu, kullanılacak bağlantı elemanına karar verilirken temel verilerin seçilen sistem türü, malzeme özellikleri ve yapım teknikleri olarak ön plana çıktığı anlaşılmıştır.

ABK sistemlerde, bağlantı elemanı özelliklerinin sistemin performansına (dayanım, rijitlik ve kompozit verimlilik) yönelik etkisi, bu sistem üzerinde en yoğun araştırmaların gerçekleştirildiği alandır. Bunun nedeni sistemin performansı üzerinde en büyük etkinin bağlantı verimliliğinden kaynaklı olmasıdır. ABK sistemlerin farklı yapı elemanları üretiminde (duvar, çatı vb.) kullanımı mevcut olsa da bu sistem en çok döşeme olarak kullanımı ile bilinmektedir[12, 15, 18]. Bu nedenle çalışma kapsamına ABK döşeme uygulamaları dâhil edilmiş ve bağlantı elemanları üzerinde yapılan araştırmalar ve deneysel çalışmalar bu kapsamda gerçekleştirilmiştir.

ABK döşeme uygulamalarında kullanılan bağlantı elemanları üzerinde yapılan önemli araştırmalar kronolojik olarak özetlenmiştir:



Muller 1922 yılında, çiviler ve çelik kelepçeler kullanarak oluşturduğu ABK sistemlerin patentini alarak bu alandaki ilk uygulamaları gerçekleştirmiştir.

Schaub, çelik Z ve I profiller kullanarak geliştirdiği ABK döşeme panellerine ait patenti, 1939 yılında, İsviçre’de almıştır[12, 15].

1943 yılında McCullough, metal bağlantı elemanları ve boru tipi çiviler; Richard ve Williams üçgen levha-sivri uçlu çubuk elemanlar kullanarak oluşturdukları ABK döşeme panelleri üzerinde çalışmalar yaparak kompozit verimlilik üzerine öncü analizler gerçekleştirmişlerdir[15].

Pincus 1970 yılında yaptığı çalışma ile ahşap kirişlere yapıştırılan ve yapıştırılmayan çiviler kullanarak kompozit verimlilik artışı sağlandığını ortaya koymuştur. Aynı yıl, Priestley sivri uçlu vidalar, dişli metal levhalar ile birleştirilmiş sivri uçlu vidalar, kirişe açılan deliğe yerleştirilen çelik tüp ve bu tüpe kaynaklanan çapraz donatı elemanları ile oluşturulan ABK döşeme panelleri üzerinde çalışmalar gerçekleştirmiştir. Bu çalışmalar sonucunda ahşap kirişin üst yüzeyinde dişler oluşturularak sağlanan bağlantının daha yüksek dayanım özelliklerine sahip olduğunu açıklamıştır. Ayrıca sistemin çekme kuvvetine karşı dayanımını arttıracak sivri uçlu vida benzeri bağlantı elemanları ile birlikte kullanılmasını önermiştir[12, 15].

Pillai ve Ramakrishman 1977 yılında 3-5 mm çaplı çivilerin, çekmeye maruz kalan yönde 45<sup>0</sup> açı ile konumlandırılmasının bağlantının dayanım ve rijitliğini arttırdığını açıklamıştır[15].

Capozucca 1998 yılında aksenal ön gerilmeli özel çelik bağlantıların kullanımının yük altında ahşap ve beton malzemeler arasında oluşan kaymayı azalttığını ortaya koymuştur[32].

Mungwa vd. (1999), INSA-Hilti adını verdikleri boru şeklindeki bağlantı elemanını geliştirmişler; ahşap elemana açılan zikzaklı çentiklere bu bağlantı elemanının yerleştirilmesi ile sistemin rijitliğinin arttırıldığını ortaya koymuşlardır[33].

Van Der Linden 1999 yılında yaptığı çalışma ile ahşap elemana 45<sup>0</sup> açı ile yerleştirilen mekanik (vidalar, çiviler, donatı çubukları) bağlantı elemanlarının yeni yapılarda kullanım için uygun olduğunu ancak eski yapıların yenilenmesi çalışmalarında bu türde bağlantı elemanlarının ahşap elemanın içerisine yerleştirmesinin yüksek hidrolik basınç gerektirmesi nedeniyle uygun olmadığını açıklamıştır[12].

Steinberg vd. 2003 yılında yeni bir düşey bağlantı elemanını geliştirmişlerdir. Bu eleman ahşap kirişe 45<sup>0</sup> açı ile bağlanan iki adet vidanın birbirine çelik levha ile bağlanması

şeklinde oluşturulmuştur. Yapılan çalışma ile açılı yerleştirilen bağlantı elemanlarının düşey yerleştirilen bağlantı elemanlarına oranla gerilme altında daha verimli olduğu açıklanmıştır[15].

Aicher vd. (2003) ahşap kirişe, dişli metal levha yerleştirerek gerçekleştirdiği çalışma ile sistemin kesme dayanımının 1.5 kat, kayma modülünün ise 2-3 kat daha fazla olduğunu ifade etmiştir[34].

Gutkowski vd. (2005) beton malzemenin priz süresinin tamamlanmasının ardından sıkılabilen metal bağlantı elemanı geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri bu eleman sayesinde ahşap ve beton malzeme arasında oluşan boşlukların azaltılarak sistemin kompozit davranışını ve dayanım kapasitesini arttırmışlardır. Clouston vd. [36] ahşap kirişe (lamine ahşap) yapıştırılan çelik hasır bağlantı elemanları ile %100 kompozit hareket (tam kompozit hareketin) sağlandığını iddia etmişlerdir. Ancak, bu uygulamada yapıştırıcı kullanılıyor olması nedeniyle sıcaklık değişimleri ve dış ortam etkilerinin dikkate alınması gerekliliği vurgulanmıştır[35].

Dias (2005) çeşitli çentik tipleri ile üretilen ABK paneller üzerinde deneysel çalışmalar gerçekleştirmiştir. Çalışmada farklı ahşap kirişlere çentikler açılarak ya da çentikler oluşturularak ABK döşeme panelleri üretilerek test edilmiştir. Yapılan testler sonucunda en ideal bağlantının çentikli bağlantılar olduğu ortaya koyulmuştur[18].

Fragiacomo vd. 2007 yılında yaptıkları çalışma ile geliştirdikleri Tecnaria isimli bağlantı elemanını test ederek geliştirdikleri bağlantı elemanının, dayanım ve kompozit verimlilik yönünden olumlu özelliklerini açıklamışlardır[37].

Seibold, 2004, Deam vd., 2007, Yeoh vd., 2008 ve Yeoh vd., 2009 ahşap kirişlere (LVL) açılan çentikler ile oluşturulan bağlantılar üzerinde çalışmışlardır. Bu çalışmaların odağında, ahşap kirişlere açılan çentiklere başlıklı vida yerleştirilmesinin, çentik boyutlarının sistemin dayanım ve rijitliği üzerindeki etkisi yer almaktadır[14].

Brunner vd., 2007 yılındaki çalışmaları ile ABK sistemlerin yerinde yapım tekniği ile üretim olanaklarını araştırmıştır. Bu çalışmada yerinde yapım tekniklerinin ABK sistemler için uygulanabilirliği açıklanmış ve yerinde yapım tekniğinin uygulanmasında yaşanan kalite kontrol başlıklı sorunların dikkatle takip edilmesi gerekliliği vurgulanmıştır.

Miotto ve Dias, 2008 yılında yaptıkları çalışma ile yapıştırılmış delikli metal levhalar ve çelik çubuklar ile oluşturulan bağlantı sistemlerini karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda, yapıştırılmış delikli metal levha bağlantıların yüksek başlangıç dayanımı

sağladığı ancak gevrek kopma özelliği gösterdiği, çelik çubuklu bağlantıların ise oldukça sünek davranış sergiledikleri açıklanmıştır[15].

Lukaszewska vd. 2008/2009 yıllarında, tam prefabrike beton levha kullanımı ile tamamen sökülüp-takılır bir ABK sistem geliştirilmesi amacıyla çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Çalışma da mekanik bağlantı elemanları ve çentikler kullanılarak oluşturulan (7 farklı bağlantı elemanı kullanılmıştır) ABK döşeme panelleri üzerinde uygulanma kolaylığı ve maliyet özellikleri dikkate alınarak tam prefabrike ABK döşeme panellerin üretebilmesi için en uygun bağlantı elemanının belirlenmesi hedeflenmiştir[15, 38].

Yukarıda özetlenen çalışmalardan da anlaşılacağı üzere ABK sistemlerde kullanılacak bağlantı elemanlarına yönelik gerçekleştirilen çalışmaların ana hedefi, sistemin dayanım ve rijitliğini artırmak ve daha sünek bir davranış sergilemesini sağlamaktır. Özellikle son yıllarda pek çok farklı araştırmacı tarafından, farklı bağlantı elemanları geliştirilmiştir.

#### **2.1.1.1.2.3.1. Bağlantı Elemanlarının Sınıflandırılması**

Ahşap-Beton Kompozit sistemlerde, dünya genelinde pek çok farklı bağlantı elemanı geliştirilerek incelenmiş ve uygun olanlar kullanıma sunulmuştur. Kullanıma sunulan bağlantı elemanlarının büyük çoğunluğu metal elemanlardan ve ahşap elemanlara (ahşap kiriş ya da levha) açılan ya da ahşap elemanlarının üzerinde oluşturulan çentiklerden oluşmaktadır.

Yapılan literatür araştırması sonucunda, ABK sistemlerde kullanılan bağlantı elemanlarının yaygın olarak ahşap eleman üzerine yerleştirilme düzenleri dikkate alınarak parçalı/sürekli ve dik açılı/eğik açılı başlıklarında, ahşap kirişe yerleştirilme yöntemleri dikkate alınarak yapıştırırmalı/yapıştırmasız başlıklarında veya rijitlikleri dikkate alınarak gruplar halinde sınıflandırıldığı anlaşılmıştır. Bu sınıflandırmalardan, bağlantı elemanlarının dayanım özellikleri dikkate alınarak gerçekleştirileni Ceccotti (1995) tarafından EN26891 (CEN, 1991)'e göre [40] gerçekleştirilen itme testlerinde elde edilen, bağlantıların dayanım ve rijitliğine ait veriler ile gerçekleştirilmiştir (Tablo 5) [39].

Ceccotti (1995) yaptığı çalışmada bağlantı elemanlarını a, b, c ve d şeklinde 4 gruba ayırarak, a grubu bağlantı elemanlarının en esnek bağlantıyı, d grubu bağlantı elemanlarının ise en rijit bağlantıyı sağladığını ortaya koymuştur (Tablo 5). Yapılan bu çalışmadan

anlaşılacağı gibi çiviler, vidalar vb. elemanlar ile yapılan bağlantılar en düşük dayanıma sahipken çentikli bağlantılar en yüksek dayanıma sahip bağlantılardır[39].

Tablo 5. Ceccotti (1995)'de bağlantı elemanlarının rijitliklerine göre sınıflandırılması[39].

A	
	1: Çiviler, 2: Donatı Çubukları (yapıştırılmış), 3: Vidalar, 4: Eğik Vidalar
B	
	1-2: Metal halka ve Dişli metal levha, 3: Çelik Boru, 4: Delikli çelik levha
C	
	1: Dairesel çentik ve metal bağlantı, 2: Kare çentikler ve metal bağlantı, 3: Çentik ve ön gerilmiş çelik donatı, 4: Çivilenmiş ahşap güverte ve oluklu çelik levha
D	
	1: Ahşap kirişe yapıştırılmış çelik ızgara, 2: Ahşap kirişe yapıştırılmış çelik levha

Ceccotti (1995) tarafından yapılan bu sınıflandırma haricinde pek çok araştırmacı tarafından farklı şekillerde sınıflandırmalar yapılmıştır[39].

Çalışma kapsamında, ABK sistemlerde kullanılan bağlantı elemanları uygulama yöntemleri dikkate alınarak;

- Mekanik bağlantı elemanları,
- Yapıştırırmalı bağlantı elemanları,
- Çentikli bağlantı elemanları,

şeklinde sınıflandırılarak, gerçekleştirilen çalışmalar üzerinden açıklanmıştır.

### 2.1.1.1.2.3.1.1. Mekanik Bağlantı Elemanları

Ahşap-Beton Kompozit sistemlerde kullanılan mekanik bağlantı elemanları fiziksel özellikleri dikkate alınarak, çivi tipi ve levha tipi olarak sınıflandırılmıştır.

- Çivi Tipi Bağlantı Elemanları: Çivi tipi bağlantı elemanları, ABK döşeme panellerinde kullanılan ilk bağlantı elemanları olarak ifade edilebilir. Bu bağlantı tipi ahşap elemana çivi, vida, cıvata, çelik hasır gibi bir takım mekanik bağlantı elemanlarının dik ya da açılı bir şekilde yerleştirilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Bağlantı elemanlarının dayanımı, rijitliği ve ekonomik oluşu seçilmeleri üzerinde oldukça önemli rol oynamaktadır.

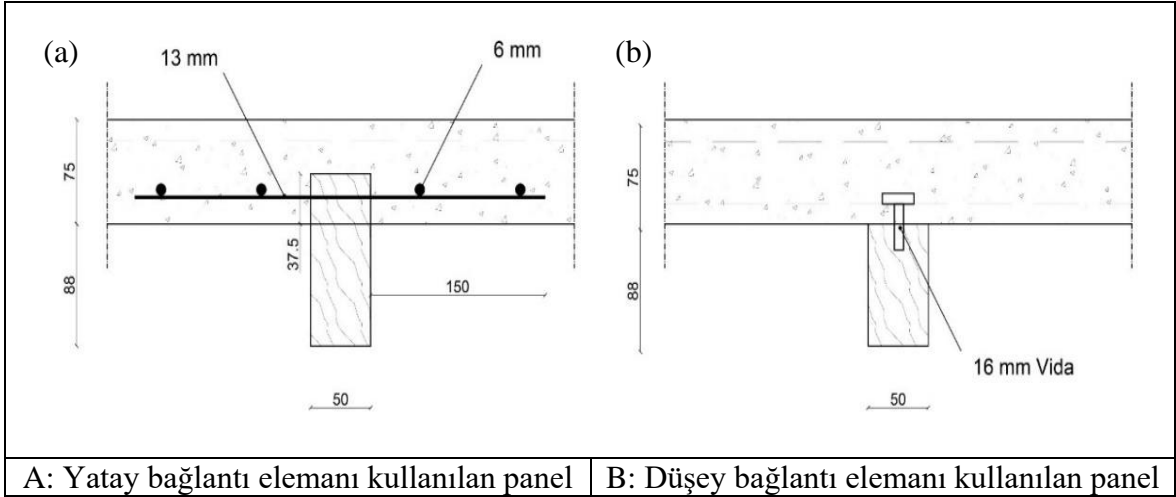
Çivi tipi bağlantı elemanları üzerine öncü araştırmalar Unnikrishna (1977) tarafından gerçekleştirilmiştir. Unnikrishna (1977), 3 mm ve 5 mm çapında çivilerin bağlantı elemanı olarak kullandığı sistemler üzerinde itme testleri gerçekleştirmiştir. Bu çalışmadan elde edilen en önemli sonuç, çivilerin arasındaki en fazla mesafenin, boylarının 10 katını geçmemesi gerekliliğinin tespitidir. Ayrıca, bu çalışma ile basınç etkisi altındaki beton levhaya çivinin en az 25 mm, ahşap elemana ise en az uzunluğunun 3/2'si oranında girmesi gerektiği ortaya koyulmuştur[15].

Çivi tipi bağlantı elemanları üzerine gerçekleştirilen önemli araştırmalardan bir diğeri de Murty (1984) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada biri yatay, biri düşey iki adet bağlantı elemanı kullanılarak ABK sistem oluşturulmuş ve test edilmiştir (Şekil 11) [41]. Oluşturulan ABK sistemlerden yatay olanında bağlantı elemanı olarak Ø 13 mm, yumuşak çelik çubuk, ahşap kirişlere önceden açılan deliklerden geçirilerek kullanılmıştır ve bu çubuk ahşap kiriş boyunca, kirişin her iki yanına yerleştirilen, Ø 6 mm yumuşak çelik çubuk ile sıkıştırılmıştır. Bu uygulamada, ahşap kiriş beton plağın içerisine 37 mm girecek şekilde yerleştirilmiştir.

Çalışma kapsamında, bu tür uygulamalarda ahşap kirişlere çelik donatının geçmesi için açılan boşlukların çubuk çapından büyük olmamasına dikkat edilmesi gerektiği ifade edilmiştir (Şekil 11).

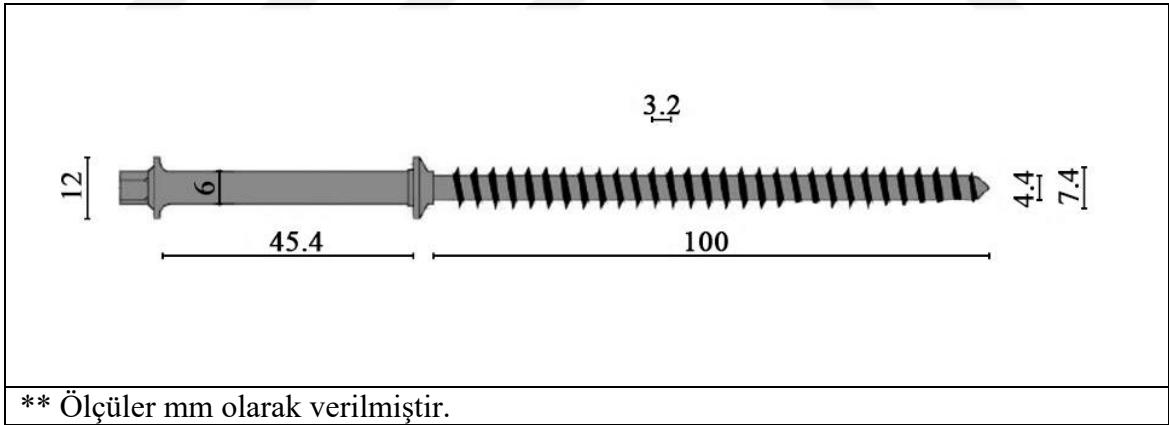
Aynı çalışmada oluşturulan ABK sistemlerden düşey olanında, bağlantı elemanı olarak Ø 16 mm, yumuşak çelik vidalar kullanılmıştır ve bu uygulamada ahşap kiriş beton plağın içerisine sokulmamıştır (Şekil 11).

Yapılan testler sonucunda, düşey bağlantı elemanlarının kullanıldığı sistemlerde yüzeyler arası kaymanın yatay bağlantı elemanların kullanıldığı sistemlere oranla daha yüksek olduğu, kompozit verimliliğinin ise daha düşük olduğu açıklanmıştır[41].



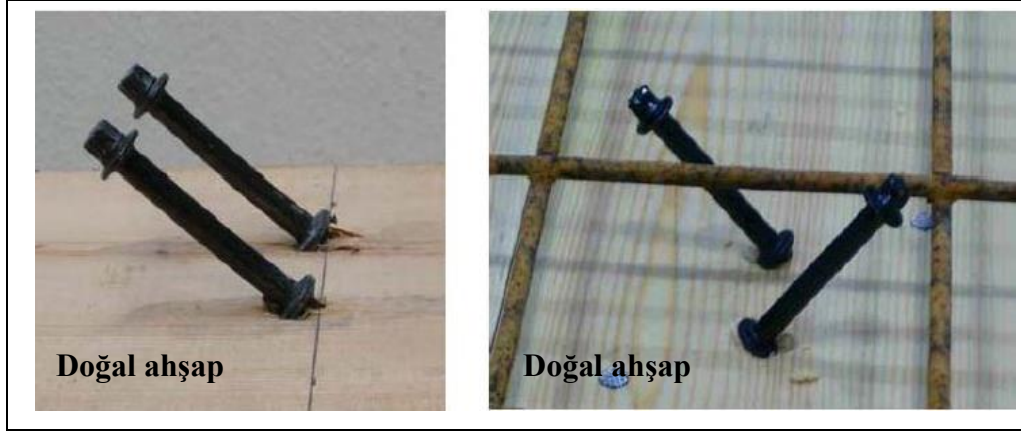
Şekil 11. Murty (1984) tarafından gerçekleştirilen uygulamalara ait detaylar[41].

Çivi tipi bağlantılar üzerindeki önemli gelişmelerden bir tanesi de, Meierhofer (1992) tarafından, 1990 yıllarının başlarında RF2000 (Şekil 12) sisteminin geliştirilmesidir. Bu sistem ABK sistemlerde kullanılmak amacıyla özel olarak üretilen ilk çivi tipi çelik bağlantı elemanının kullanıldığı uygulamadır[42].



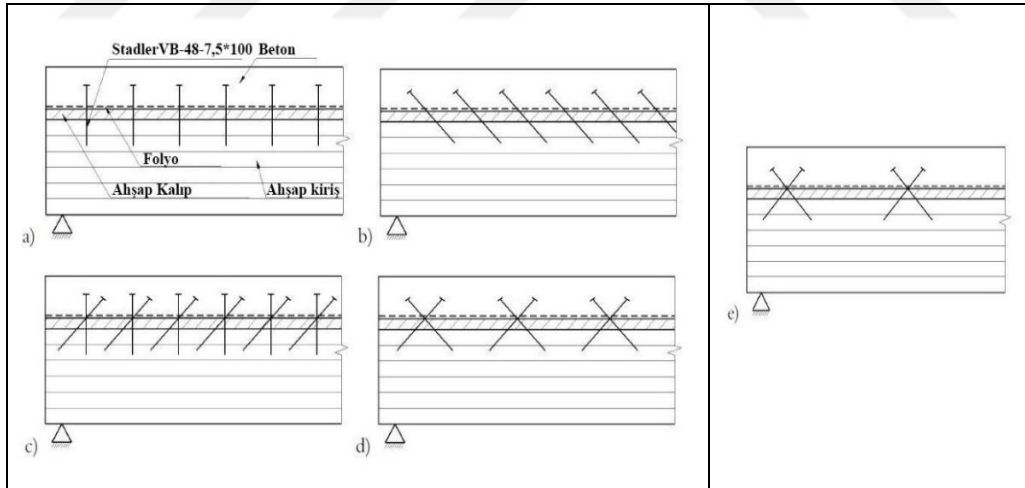
Şekil 12. Meierhofer (1992) tarafından geliştirilen çivi tipi bağlantı elemanı[42].

Meierhofer (1992) tarafından ABK sistemlerde kullanılmak amacıyla özel üretilmiş olan, yüksek dayanımlı, Stadler VB-48-7.5\*100 çelik bağlantı iki bölüm olarak tasarlanmıştır (Şekil 13). Bu bölümlerden üstte kalanı 50 mm uzunluğunda, 6 mm çapındadır ve beton plak içerisinde ankraj elemanı olarak görev üstlenmektedir. Altta kalan bölüm ise 7.5 mm çapında, 100 mm uzunluğunda ve dişli bir yapıdadır. Bu dişli bölüm ahşabın içerisinde ankraj elemanı olarak görev üstlenmektedir[42].



Şekil 13. SFS VB bağlantı elemanlarının Jorge (2005) tarafından uygulanması[43].

Meierhofer (1992) bu bağlantı sisteminin performansını tespit etmek amacıyla farklı testler gerçekleştirmiştir. Bu testler; kısa dönem göçme testleri, kesme/itme ve eğilme testleri, uzun dönem göçme, kesme/itme ve eğilme testleridir. Yapılan testlerde, geliştirilen bağlantı elemanının farklı sayı, konum ve açılarda yerleştirildiği 5 adet deney elemanı kullanılmıştır (Şekil 14) [42].



Şekil 14. Meierhofer (1992)'da kullanılan bağlantı detayları[42].

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, en yüksek dayanım (yaklaşık olarak %60 oranında kompozit hareket sağladığı ifade edilmektedir) değerinin d olarak adlandırılan bağlantı düzenlemesi ile elde edildiği belirtilmiştir. Bu bağlantının taşıdığı maksimum yük değeri 30 kN, orta açıklık sehimi yaklaşık 20 mm ve uç kayması <math>< 1.5\text{ mm}</math> olarak ölçülmüştür. En düşük dayanım değerinin ise a olarak adlandırılan bağlantı düzenlemesinde

görüldüğü belirtilmiştir. Bu bağlantının, taşıdığı maksimum yük değeri 25 kN, orta açıklık sehimi yaklaşık 60 mm ve uç kayması <6.5 mm olarak ölçülmüştür.

Meierhofer (1992) tarafından geliştirilen bağlantı sistemi özellikle İsviçre’de pek çok yeni yapı inşasında ve var olan döşemelerin yenilenmesi uygulamalarında kullanılmıştır (Şekil 15).

Günümüzde bu bağlantı elemanı ticari olarak temin edilebilmektedir[15, 42].



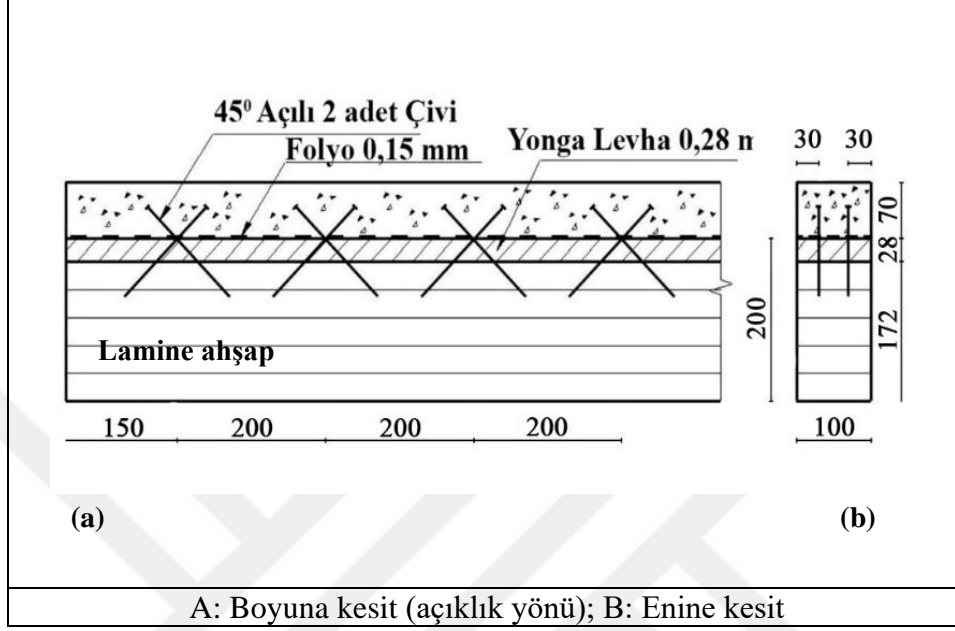
Şekil 15. SFS bağlantı elemanlarının kullanıldığı döşeme yenileme uygulaması[15].

1992 yılında Delft Üniversitesi ve Karlsruhe Üniversitesi tarafından ABK sistemlerde yük taşıma kapasitesine odaklanan bir araştırma programı başlatılmıştır. Program kapsamında Van Der Linden ve Blass (1996/1999) tarafından ABK sistemler üzerinde benzetim çalışmaları ve deneysel çalışmalar (kesme/itme testleri, eğilme testleri) gerçekleştirilmiştir (Şekil 16).

Bu araştırma kapsamında bağlantı elemanı olarak, SFS vida ve çeşitli çentikli bağlantılar kullanılarak oluşturulan, 4 farklı ABK döşeme paneli test edilmiştir. Çalışma ile



elde edilen en önemli sonuç, bütün bağlantı elemanlarının gerekli hizmet ve kullanım sınır durumlarını sağladığını ortaya koyması olarak ifade edilmiştir[44].

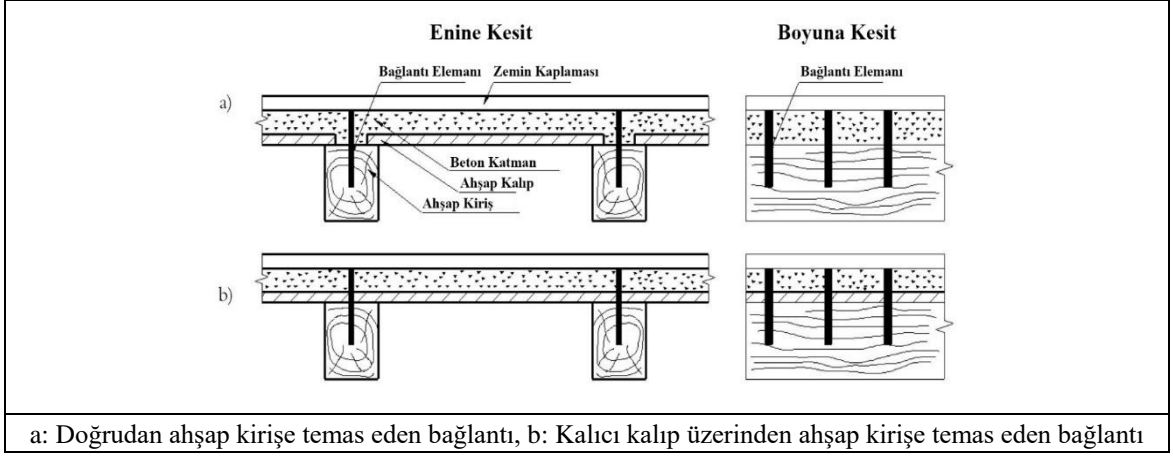


Şekil 16. Van Der Linden (1999)'de test edilen açılı çivi birleşim detayı[12].

Ahmadi ve Saka (1993) çivi tipi bağlantı elemanları üzerine deneysel çalışmalar yapmışlar; 10 adet çivi tipi bağlantı elemanı kullanarak oluşturulan ABK paneller üzerinde, kısa dönem statik yükleme testleri, tekrarlı yükleme testleri, uzun dönem sürekli yükleme testleri gerçekleştirmişlerdir. Gerçekleştirilen bu çalışmadan elde edilen en önemli sonuç, çivi tipi bağlantı elemanları kullanılan sistemlerin, kompozit olmayan (bağlantı elemanı kullanılmayan) sistemlere oranla iki kat daha fazla dayanım gösterdiği, orta açıklık sehimlerinin ise kompozit olmayan döşeme sistemlerine oranla 5 kat daha az olduğunun ortaya koyulmasıdır. Ayrıca, basit bağlantı elemanlarının kullanılması ile kompozit olmayan döşeme sistemlerine oranla yaklaşık %50 oranında ahşap kirişlerin maliyetinde azalma sağlandığı açıklanmıştır[45].

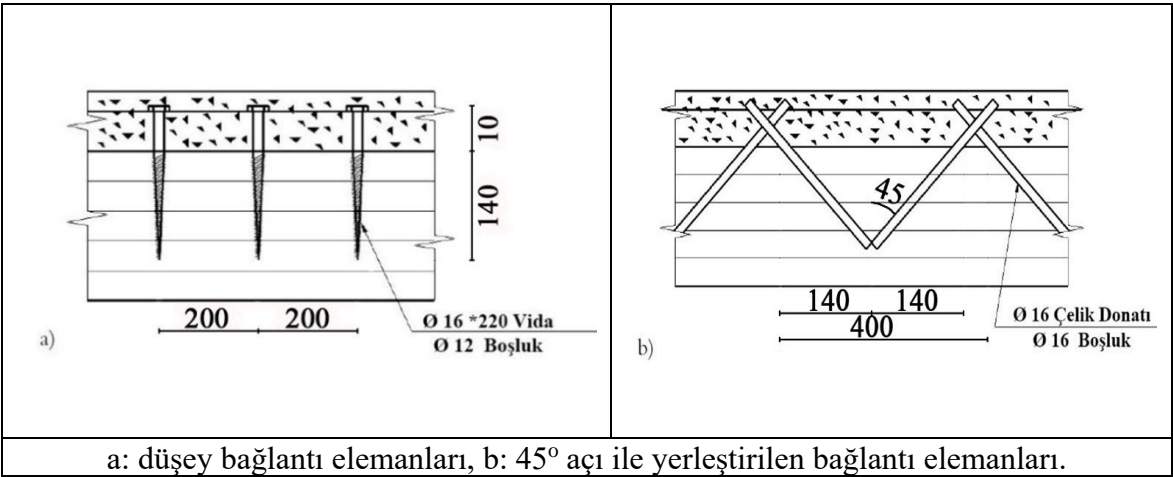
Mungwa (1999) INSA-Hilti olarak isimlendirilen, ABK sistemlerde kullanılan, boru tipi bağlantı elemanı geliştirmiştir. Geliştirilen bu bağlantı elemanı farklı en kesitte ve malzeme kalınlığında boşluklu silindirik yapılarıdır[46].

Çivi tipi bağlantılar üzerinde Gelfi ve Giuriani (1999) tarafından gerçekleştirilen (Şekil 17) araştırmada, ahşap kirişlere açılan boşluklara yumuşak çelik donatıların yerleştirilmesi ile oluşturulan basit bağlantı elemanları test edilmiştir.



Şekil 17. Gelfi ve Giuriani (1999) tarafından yapılan çalışmaya ait detaylar[15].

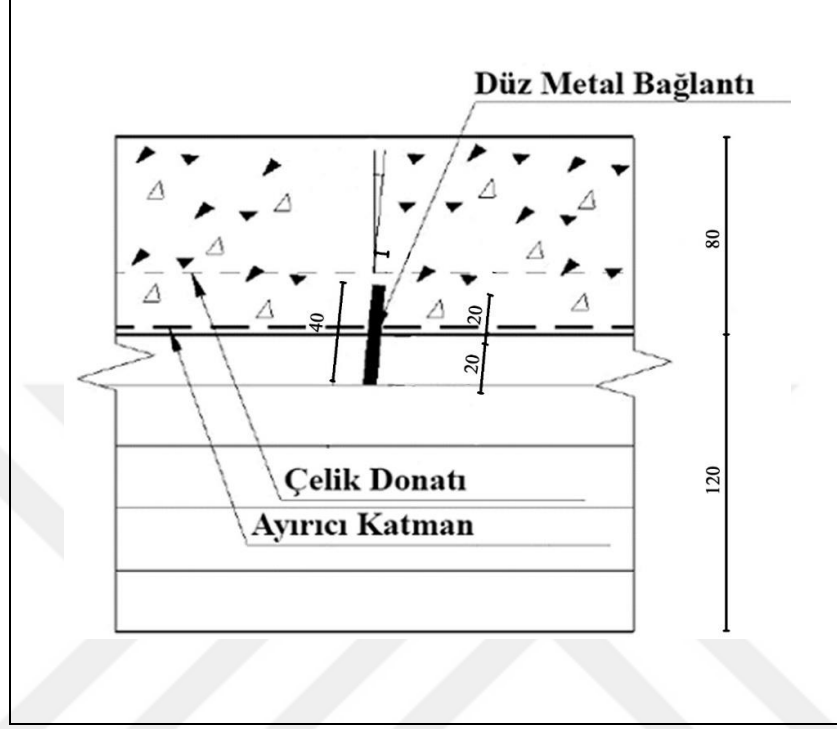
Bu uygulama ile elde edilen en önemli bilgi, bağlantı elemanının ahşap kirişe girme mesafesinin (nüfuz derinliği) bağlantının dayanımı ve rijitliği üzerinde etkili olduğu ancak bağlantı başlığının boyutunun etkisiz olduğunun belirlenmesidir[15]. Konu üzerine benzer çalışmalar Piazza ve Ballerini (2000) tarafından gerçekleştirilmiştir (Şekil 18). Bu çalışmada, birinde  $\varnothing 16$  mm çapındaki vidaların 200 mm sabit aralıklar ile ahşap kirişlere (lamine ahşap), 140 mm girecek şekilde, diğerinde  $\varnothing 16$  mm çapındaki yivli çelik çubukların, ahşaba açılmış  $\varnothing 16$  mm çapındaki boşluklara,  $45^\circ$  açı ile yerleştirilmesi ile oluşturulan sistemler kullanılmıştır[47].



Şekil 18. Piazza ve Ballerini (2000) tarafından yapılan çalışmadaki bağlantı detayları[47].

Lehmann vd. (2001), farklı bir çivi tipi bağlantı elemanı geliştirmişlerdir (Şekil 19). Düz çelik kilit (flat steel lock) olarak adlandırılan bu bağlantı elemanı 5\*40 mm

boyutlarındadır ve düşey yük düzlemine  $5^{\circ}$  açı ile ahşap kiriş ya da levhaya yerleştirilmektedir[48].



Şekil 19. Lehmann vd. (2001) tarafından geliştirilen uygulama detayı[48].

Yapılan çalışmada, geliştirilen bağlantının performansını belirlemek amacıyla kesme/itme ve eğilme testleri gerçekleştirilmiştir. Bu bağlantı elemanı ile sisteme etki eden kesme kuvvetinin sağlıklı bir şekilde aktarıldığı ve bu bağlantı elemanı kullanımının çivi tipi bağlantı kullanılan uygulamalara oranla, bağlantı elemanları arasındaki mesafeyi azalttığı açıklanmıştır. İtme testlerinde kesme dayanımının (iki bağlantı elemanı başına) 100 kN'a ulaştığı ve kaymanın yaklaşık 4 mm olduğu belirtilmiştir.

Çivi tipi bağlantılar üzerinde kapsamlı bir çalışma da Dias (2005) tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmacı, çivi tipi bağlantı elemanları ve çentikli bağlantıların kısa ve uzun dönem performansları üzerine çok sayıda deney gerçekleştirmiştir. Çivi tipi bağlantı elemanları donatı çubuklarının ya da yumuşak çelik çubukların küçük parçalarından üretilmiştir. 3 farklı tip ahşap (ladın, çam ve kestane) ve düşük dayanım/düşük ağırlık, normal dayanım ve yüksek dayanımlı beton malzeme kullanmıştır[48].

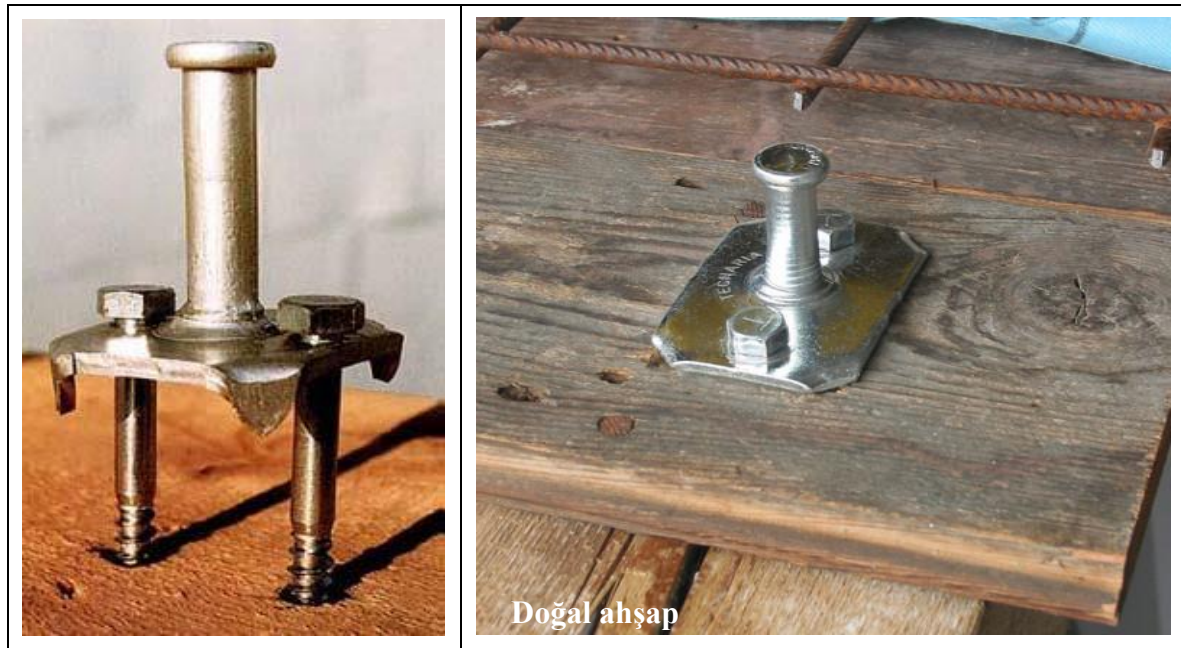
Dias (2005)'de açıklanan, çivi tipi bağlantı elemanlarına ait kesme/itme deneyi sonuçları Tablo 6'da verilmiştir[18].

Tablo 6. Dias (2005)'da elde edilen sonuçlara ait veriler[18].

Deney Serisi	Bağlantı Elemanı	Ahşap	Beton	Dayanım, $F_{max}$	Rijitlik, $K_i$
				[kN]	[kN/mm]
A <sup>1</sup>	Ø 8 mm Çelik Donatı/Yivsiz	Ladin	Orta Dayanımlı	13,6	13,2
B <sup>1</sup>	Ø 10 mm Çelik Donatı/Yivsiz	Ladin	Orta Dayanımlı	22,6	17,2
C <sup>1</sup>	Ø 10 mm Çelik Donatı/Yivsiz	Ladin	Yüksek Dayanımlı	23,6	15,7
D <sup>1</sup>	Ø 10 mm Çelik Donatı/Yivsiz	Çam	Orta Dayanımlı	25,5	26,4
E <sup>1</sup>	Ø 10 mm Çelik Donatı/Yivsiz	Kestane	Orta Dayanımlı	26,2	36,1
F <sup>1</sup>	Ø 10 mm Çelik Donatı/Yivsiz	Ladin	Hafif Agregalı	18,5	16,1
G <sup>2</sup>	Ø 8 mm Çelik Donatı/Yivli	Ladin	Orta Dayanımlı	68,8	40,2
H <sup>2</sup>	Ø 8 mm Çelik Donatı/Yivli	Ladin***	Orta Dayanımlı	63,3	26,2

Not: Deney serilerinin üstündeki sayı bağlantı adetlerini 1=2adet, 2=4 adet şeklinde temsil etmektedir.  
\*\*\* 20 mm kalınlığında ara katman kullanılmaktadır.

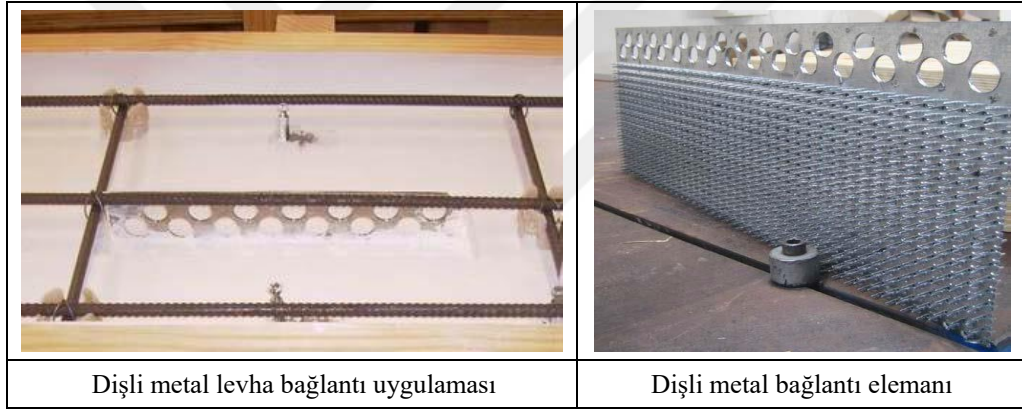
Fragiacomo vd. (2007) benzer çivi tipi uygulamalardan farklı olarak Tecnaria (Şekil 20) adı verilen bağlantı elemanını geliştirmiştir. Araştırmacılar geliştirilen bu bağlantı elemanının özelliklerini tespit etmek amacıyla 3 aşamalı deneysel çalışmalar gerçekleştirmiştir[49].



Şekil 20. Tecnaria S.P.A düşey bağlantı elemanına ait görseller[49].

• Dişli Metal Eleman Tipi Bağlantı Elemanları: Ahşap-Beton Kompozit sistemlerde, ahşap kiriş ya da levha üzerinde herhangi bir kesme işlemi (çentik oluşumu için) gerektirmeden uygulanabilen dişli metal eleman tipi bağlantılar, üzerine farklı boyutlarda dişlerin, boşlukların veya yivlerin açıldığı farklı özellik ve boyutlardaki metal levhalardan üretilen mekanik bağlantı elemanlarıdır.

Dişli metal eleman tipi bağlantılar ile ilgili Girhammar (1984) tarafından yapılan öncü çalışmalarda, bağlantı elemanlarının yük taşıma kapasitesini, kayma ve göçme davranışını belirlemek için itme testleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında yapılan tüm deneylerde bağlantı elemanları kesme kuvveti etkisi ile deforme olmuştur. Bu tip bağlantı elemanları (Şekil 21) İsveç'te Ahşap-Beton Kompozit duvar elemanlarının üretiminde de kullanılmaktadır[15].

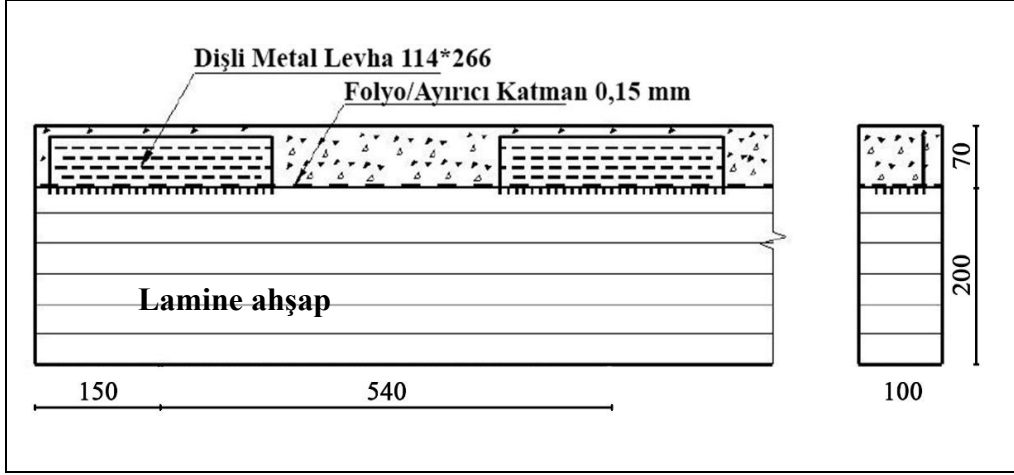


Şekil 21. Dişli metal levha bağlantı elemanları ve uygulama örnekleri[15].

Dişli metal bağlantı elemanları, 1997 yılında Finlandiya Yapı Teknolojisi biriminde, Toratti ve Kevarinmaki tarafından geliştirilen (SEPA-2000) ve kafes kirişlerden oluşan 2 tip ABK sistemde kullanılmıştır[URL-5]. Bu sisteme ait detaylı bilgi bölüm 2.1.1.1.4.3.'te verilmiştir.



Şekil 22. Jorge (2005) tarafından test edilen dişli metal tipi bağlantı elemanı[43].



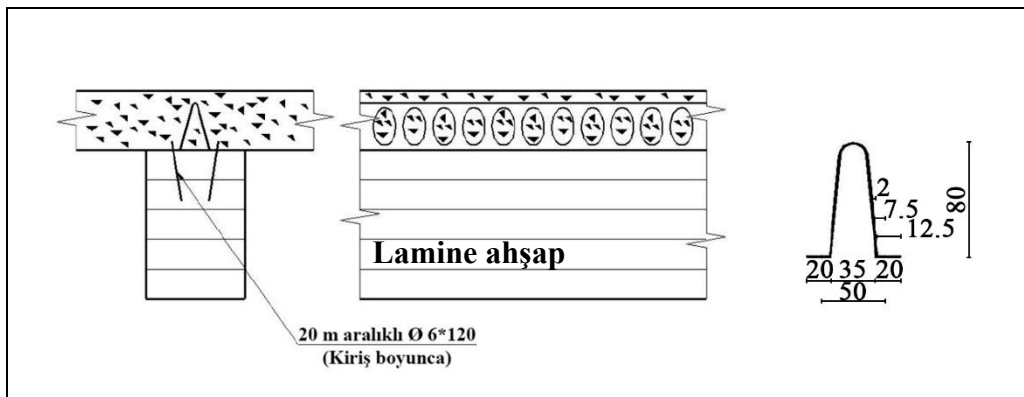
Şekil 23. Van Der Linden (1999) tarafından test edilen ABK döşeme detayı[12].

Dişli metal bağlantı elemanları üzerinde Van Der Linden ve Blass (1996), Van Der Linden (1999) (Şekil 23) ve Jorge (2005) (Şekil 22) tarafından da önemli araştırmalar gerçekleştirilmiştir[12, 43].

Yapılan bu araştırmalardan elde edilen ortak sonuç dişli metal eleman tipi bağlantıların, ABK sistem kullanımı için uygun olduğunun ortaya koyulmasıdır[43, 44].

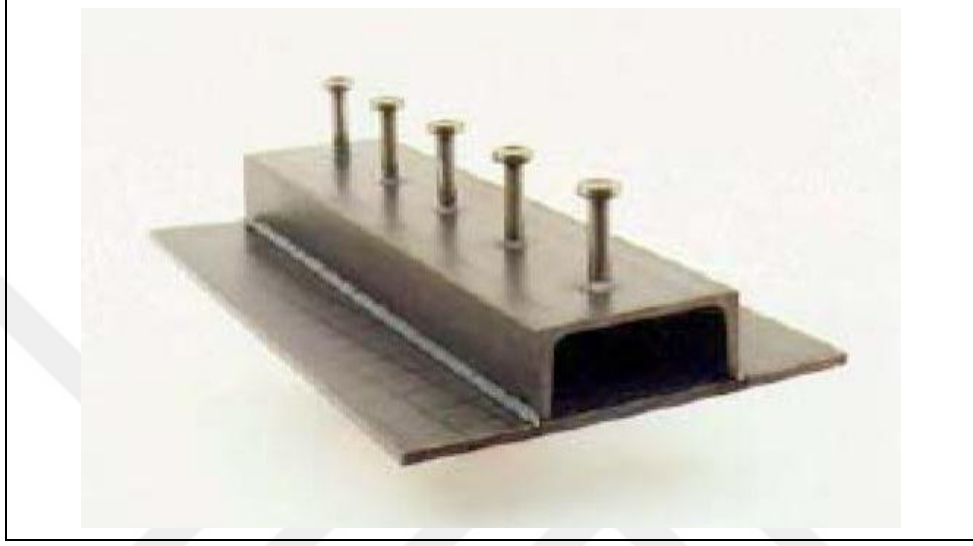
- Sürekli Eleman Tipi Bağlantı Elemanları: Ahşap-Beton Kompozit sistemlerde, ahşap kiriş ya da levha üzerine, bu elemanların uzunluğu boyunca yerleştirilerek uygulanan sürekli eleman tipi bağlantılar, farklı özellik ve boyutlarda olabilmektedir.

Sürekli eleman tipi bağlantıların kullanımı üzerine öncü çalışmalar Piazza ve Ballerini (2000) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, 2 mm kalınlığında sürekli, delikli metal levha, ahşap elemanlara  $\varnothing 6$  mm çapında vidalar ile 20 mm aralıkla sabitlenerek uygulanmıştır (Şekil 24) [50].



Şekil 24. Piazza ve Ballerini (2000)'de test edilen sürekli dişli metal bağlantı[50].

Sürekli bağlantı elemanlarının kullanıldığı diğer bir sistem, yüksek katlı yapılar için ABK sistem uygulamalarının kullanım olanaklarını araştırmak amacıyla Kuhlmann ve Schanzlin (2004-2008) tarafından önerilen ince zemin profili (slim-floor-profile) bağlantı elemanıdır (Şekil 25) [51].



Şekil 25. Kuhlmann ve Schanzlin (2004-2008)'de önerilen sürekli bağlantı[51].

İnce zemin profili, çelik bir C profile, çelik bir levhanın ve başlıklı çivilerin kaynak ile birleştirilmesi sonucu üretilmektedir (Şekil 25). Bu tür bağlantı elemanları herhangi bir ikincil desteğe ihtiyaç duymadan desteklerin üzerine yerleştirilir ve beton plak sistemin üzerine uygulanır[51].

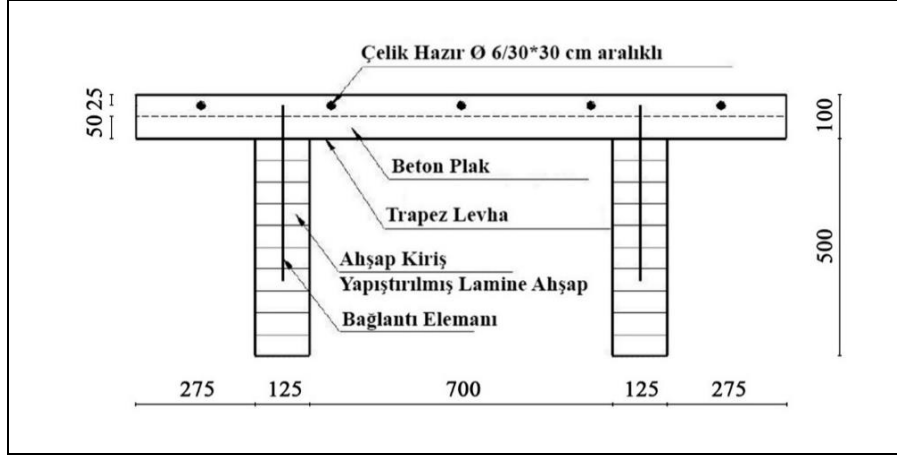
#### 2.1.1.1.2.3.1.2. Yapıştırılmış Bağlantı Elemanları

Yapıştırılmış bağlantılar, ahşap kiriş ya da levhaya yerleştirilmeleri ve fiziksel özellikleri dikkate alınarak parçalı ve sürekli yapıştırılmış bağlantı elemanları olarak iki başlık halinde incelenmiştir.

- **Yapıştırılmış Parçalı Bağlantı Elemanları:** Yapıştırılmış bağlantılar, ahşap kiriş ya da levhaya açılan boşluklara belirli özelliklerde (yivli/yivsiz) çelik çubuk veya levhaların yerleştirilmesi şeklinde uygulanmaktadır. Yapılan literatür araştırması sonucunda, yapıştırılmış bağlantı elemanlarının kullanıldığı sistemlerin, mekanik bağlantı elemanlarının kullanıldığı sistemlere oranla daha iyi performans gösterdiği anlaşılmıştır.

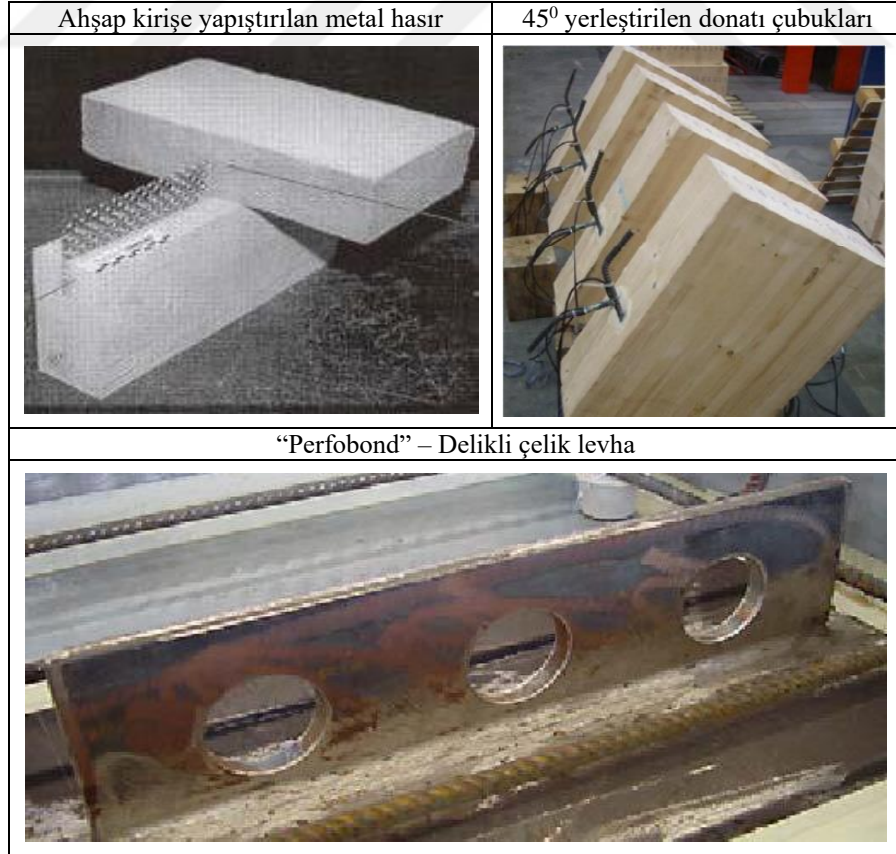






Şekil 27. Ceccotti vd. (2006) tarafından test edilen kompozit sistem[39].

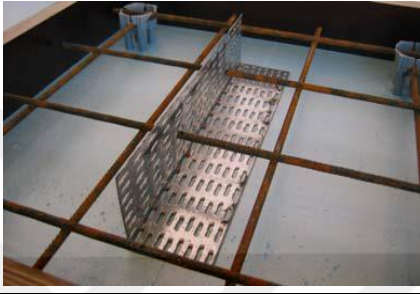


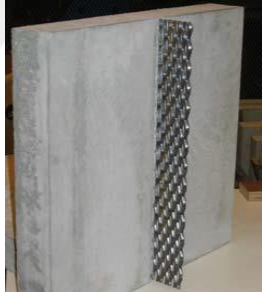
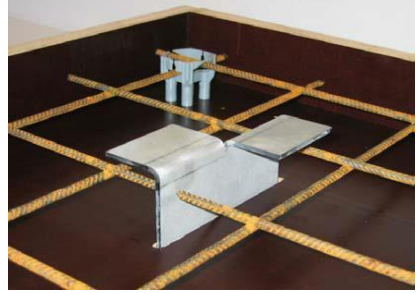

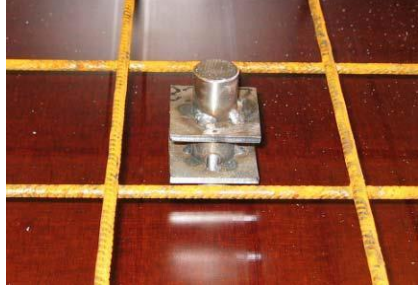

Zaman içerisinde ABK sistemlerin bağlantılarında yapışkan malzeme (reçine vb.) kullanımı üzerine farklı araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Şekil 26’da bu uygulamalara ait örnekler verilmiştir. Şekil 28’de yapıştırılmış parçalı bağlantı elemanlarına ait örnekler yer almaktadır[15].



Şekil 28. Yapıştırılmış bağlantı elemanı uygulamalarına ait örnekler[15].

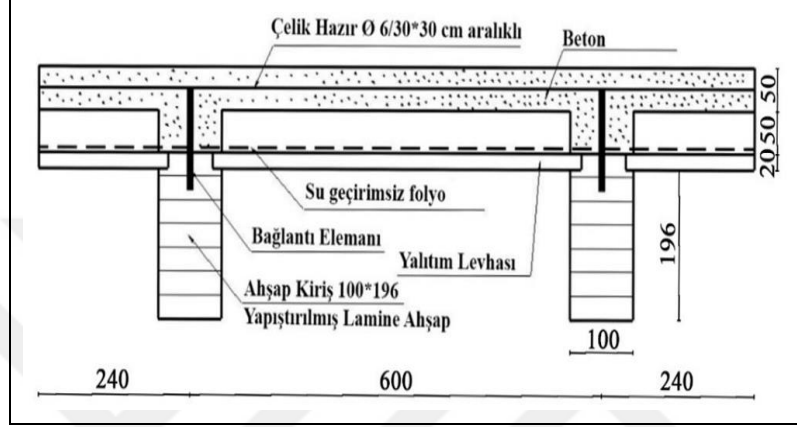
Bu uygulamaların yanında, Lukaszewska (2008) tarafından, tam prefabrike ABK döşeme panellerinin üretilmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmada, dişli metal levha tipi, epoksi ile yapıştırılmış sürekli çelik hasır tipi, epoksi ile yapıştırılmış, katlanmış metal levha tipi ve epoksi ile yapıştırılmış, flanşlı çelik mil tipi bağlantı elemanları kullanılmıştır. Bu uygulamalara ait detaylar Tablo 7’de verilmiştir[15].

Tablo 7. Lukaszewska [15]’deki prefabrike ABK panel bağlantı elemanları.

<b>Dişli metal levha tipi bağlantı elemanı (SNP tipi)</b>	
	
<b>Epoksi ile yapıştırılmış sürekli çelik hasır (SM)</b>	
	
<b>Epoksi ile yapıştırılmış, katlanmış metal levha (GSP)</b>	
	
<b>Epoksi ile yapıştırılmış, flanşlı çelik mil (GDF)</b>	
	

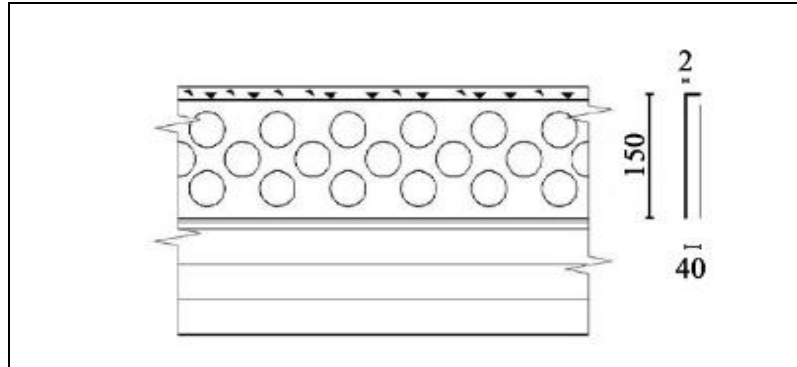
Yapıştırılmış bağlantılar, şantiyede uygulama ve kalite kontrol sağlama sorunları üzerinde önemle durulması gereken yapısal zorluklara sahiptir.

- Yapıştırılmış Sürekli Bağlantı Elemanları: Bu bağlantılar, yapıştırılmış parçalı bağlantılardan farklı olarak, uygulandıkları ahşap kiriş ya da levhalar üzerine tam boy olarak yerleştirilmektedir.



Şekil 29. Piazza ve Ballerini (2000)'de test edilen ABK sistem detayı[47].

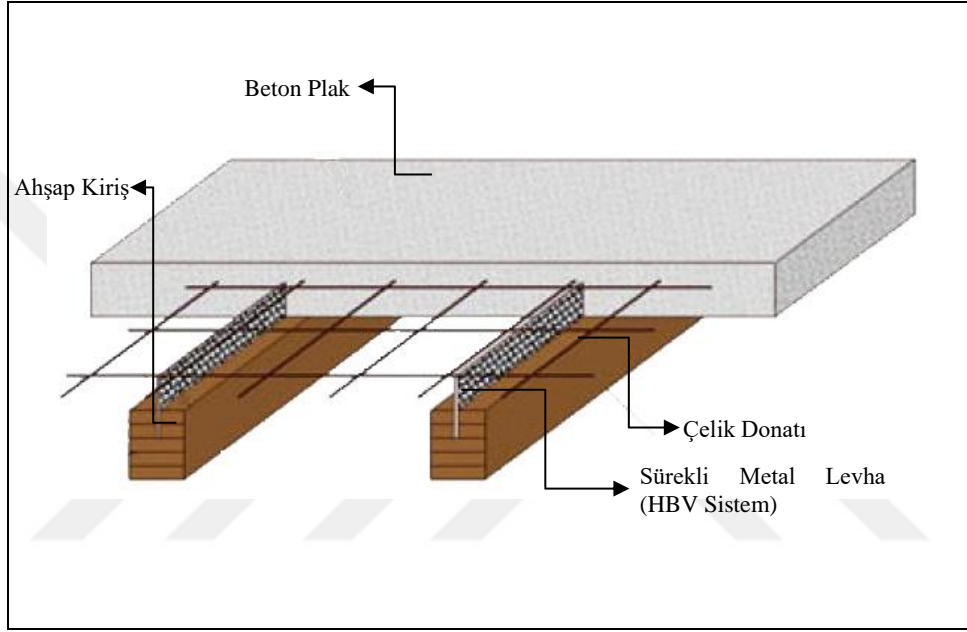
Bu bağlantı elemanlarına yönelik önemli çalışmalar, Piazza ve Ballerini [47] tarafından; 6 m uzunluğunda, tam ölçekli numuneler üzerinde, Şekil 30'da verilen kesit özelliklerinde hazırlanan ABK döşeme panelleri üzerinde deneysel testler ile gerçekleştirilmiştir[47].



Şekil 30. Piazza ve Ballerini (2000)'de kullanılan sürekli metal levha[47].

Bathon ve Graf (2000) ise beton plağın içerisine yerleştirilen çelik hasırın, ahşap kirişlerde açılan yarıklara yerleştirilerek yapıştırıcı ile uygulanan ABK sistemi geliştirmiştir

(Şekil 31). Bu yolla ahşap ve beton arasında yüksek aderansa sahip sünek bir bağlantı sağlanması amaçlanmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, en yüksek kesme dayanımı ortalama 90 kN, yer değiştirme miktarı ise ortalama 1.8 mm olarak tespit edilmiştir. Tam ölçekli numuneler (540 cm uzunluğunda, 60 cm genişliğinde, 7 cm kalınlığında beton katman, 10\*20 cm en kesitli ahşap kiriş) eğilme testlerinde kullanılmıştır. En yüksek kesme dayanımı ortalama 70 kN, orta açıklık sehimi ortalama 42 mm olarak ölçülmüştür[52].



Şekil 31. Bathon ve Graf (2000)'ta kullanılan prefabrike ABK döşeme[52].

Clouston (2004), aynı bağlantı elemanlarının kullanıldığı sistemi 5 farklı yapıştırıcı ile incelemiştir. Yapılan çalışmada bağlantı elemanlarının kesme dayanımı en fazla 52 kN, kayma modülü 22.8 kN/mm olarak belirlenmiştir. Ayrıca, 4500 mm uzunluğunda, 76\*110 mm beton katman, 89\*241 mm Paralel Şerit Kereste (Parallel Strand Lumber - PSL) kullanılarak üretilen 2 adet numune üzerinde eğilme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda; ortalama en yüksek dayanım kapasitesi 119 kN, orta açıklık sehimi 50 mm olarak ölçülmüştür. Sistemin tam kompozit hareket gösterdiği ifade edilmiştir. Bu çalışmanın devamında Clouston (2004) tarafından gerçekleştirilen diğer bir çalışma ile sistemin tam kompozit harekete kıyasla sadece %3 daha az verimli olduğu açıklanmıştır[53].

Sürekli çelik hasır çözümü, özellikleri bölüm 2.1.1.1.4.1.'de anlatılan HBV-Yapı sistemlerinde tercih edilmektedir. Bu tür bağlantılar duvar, döşeme ve çatı elemanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

### 2.1.1.1.2.3.1.3. Çentik Tipi (Çivili-Çivisiz) Bağlantı Elemanları

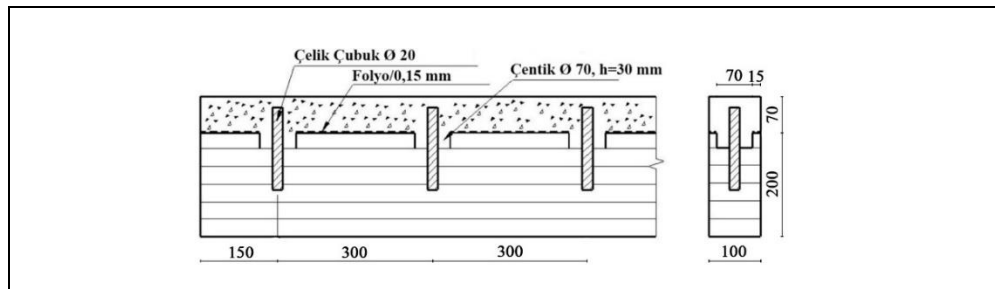
Çentik tipi (çivili-çivisiz) bağlantılar Ahşap-Beton Kompozit döşemelerde farklı şekillerde çentikler oluşturularak uygulanmaktadır. Bu bağlantılar ahşap elemana çentiklerin açılması (Şekil 31), ahşap elemanların düşey hareketi ile çentiklerin oluşturulması (Şekil 36) veya ahşap parçalar ile ahşap eleman yüzeyinde çentik oluşturulması (Şekil 34) şeklinde gerçekleştirilmektedir. Bu tip bağlantı uygulamalarında, çentiklerin içerisine çelik vida, cıvata ya da çivi ile güçlendirme yapılabilmektedir[14, 16, 18].

- Ahşap kiriş üzerinde çentiklerin açıldığı uygulama: Bu uygulama literatürde en yaygın kullanılan yöntemdir ve iki farklı tipte gerçekleştirilmektedir. İlk uygulamada ahşap eleman üst yüzey hizasında kalacak şekilde beton plak uygulanmakta, ahşap eleman beton plak içerisine girmemektedir. Bu tip bağlantının uygulandığı ahşap elemanlarda açılan çentik biçimleri dikdörtgen ikizkenar yamuk veya üçgendir (Şekil 32). Bu tip çentikli bağlantılar genellikle mekanik bağlantılar ile bir arada kullanılmaktadır[14, 16, 18].

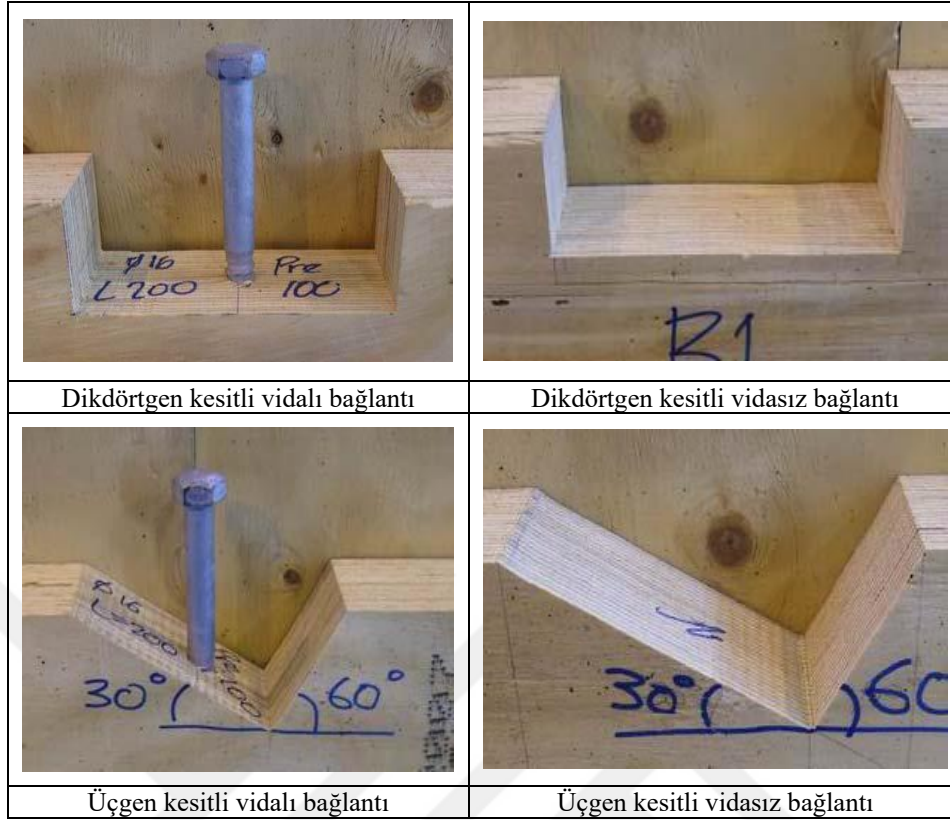


Şekil 32. Ahşap-Beton Kompozit sistemlerde yaygın kullanılan çentik şekilleri[18].

Bu tip bağlantı kullanılan uygulama Van Der Linden tarafından geliştirilmiştir (Şekil 33) Geliştirilen bağlantı sisteminde elde etmek için  $\varnothing 70$  mm çapında oluklar/yivler ahşap yüzeyinden 30 mm içeri girecek şekilde açılarak sistem üzerine beton plak uygulanmıştır.

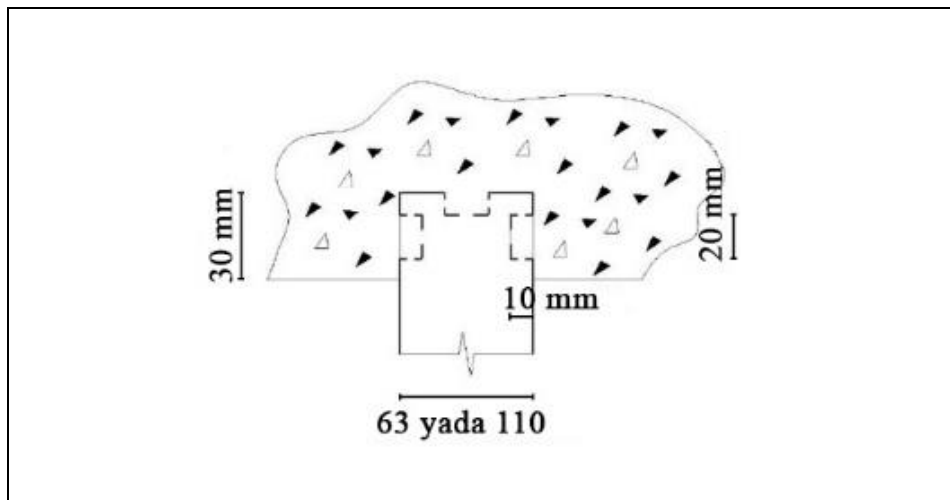


Şekil 33. Van Der Linden (1999) tarafından kullanılan uygulamaya ait detay[12, 15].



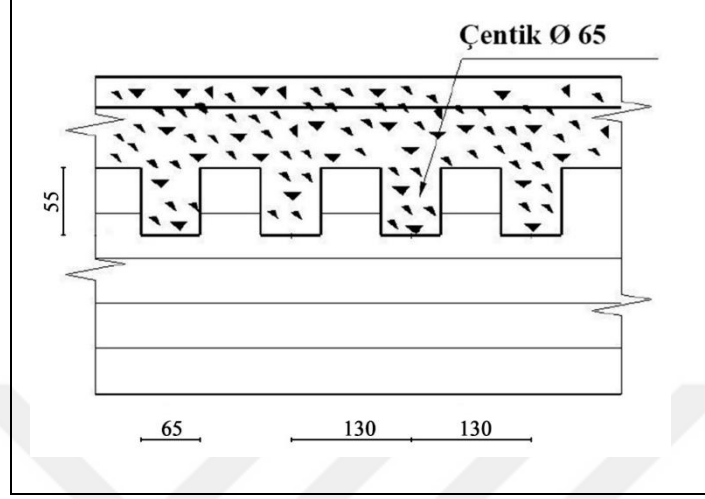
Şekil 34. Çentikli ve vidalı/vidasız bağlantı uygulamalarına ait görseller[14].

Yttrup (1996) tarafından önerilen ikinci uygulama tipinde ise üzerine düşey ve yatay çentikler açılan ahşap eleman, beton katmanın içerisine girmektedir. Bu uygulama ile herhangi bir çelik bağlantı elemanı kullanmadan tam kompozit hareketin sağlandığı ifade edilmektedir (Şekil 35).



Şekil 35. Yttrup (1996) tarafından gerçekleştirilen uygulamaya ait detay[15].

Bu bağlantı tipine benzer bir uygulama Piazza ve Ballerini (2000) tarafından geliştirilmiştir (Şekil 36). Bu uygulamada çelik eleman kullanılmamaktadır[47].



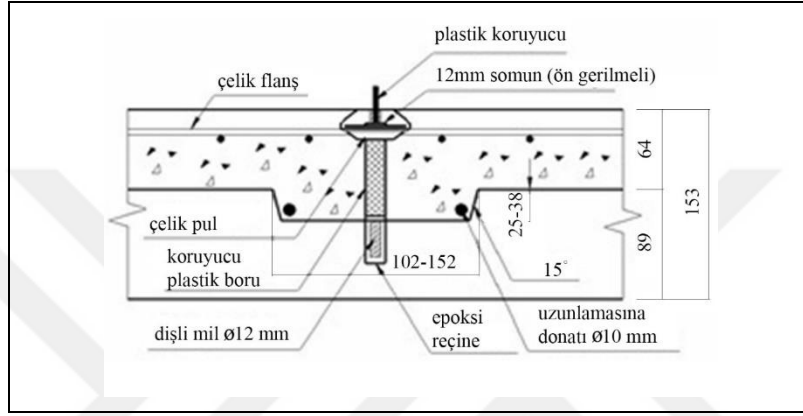
Şekil 36. Piazza ve Ballerini (2000)'deki uygulamaya ait detay[47].

• Ahşap elemanların düşey hareketi ile çentiklerin oluşturulduğu uygulama: Bu uygulamada, farklı yükseklikte ahşap elemanlar bir araya getirilerek oluklu bir ahşap levha oluşturulmaktadır. Oluşturulan levhadaki bu oluklar çentik görevi görür. Bu uygulama şekli Natterer (1996/1997) tarafından yeni inşa edilecek yapılarda (tadilat uygulamaları için tavsiye edilmemektedir) kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Bu sistemde ahşap levha ve beton plak arasındaki bağlantı, sistemde oluşturulan oluklar ile sağlanmaktadır (Şekil 37). Araştırmacı, oluklara yerleşen beton malzemenin büzülmesi ile oluşan olumsuzlukları gidermek için ek işlem gerekliliğine vurgu yapmıştır[50, URL-6].



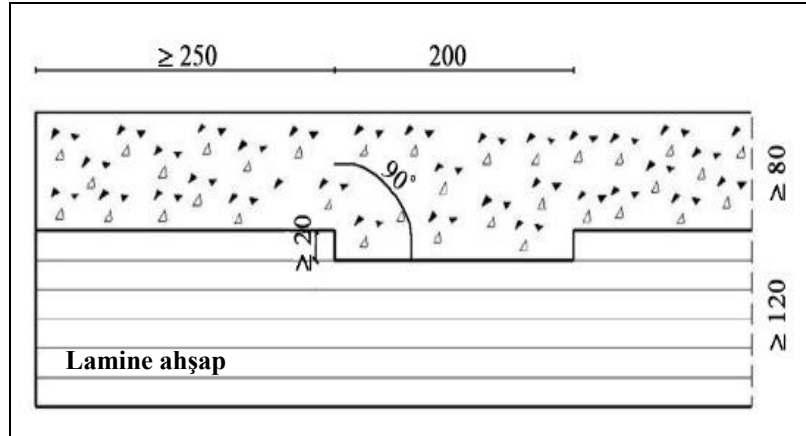
Şekil 37. Natterer (1996-1997)'de gerçekleştirilen uygulamaya ait görsel.

Capozucca (1998), Natterer tarafından (1996) önerilen sistemi geliştirmeye yönelik çalışmalar gerçekleştirmiştir ve ahşapta herhangi bir girinti-çıkıntı olmadan bir sistem kurgulamıştır. Gutkowski (1999) de, Natterer tarafından geliştirilen bu sisteme benzer bir bağlantı uygulaması üzerinde çalışmalar gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada sonradan sıkılabilir bir metal eleman kullanılarak (Şekil 38), Natterer'in dikkat çektiği beton malzemenin büzülmesi ile oluşan olumsuzlukların giderilmesi amaçlanmıştır[35, 50,54].



Şekil 38. Gutkowski (1999) tarafından gerçekleştirilen uygulamaya ait detay.

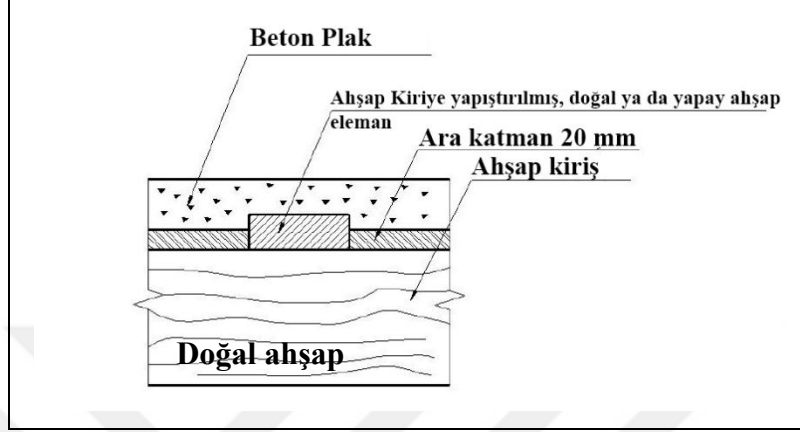
Kuhlmann ve Schanzlin (2001) de, 20 mm derinliğe 200 mm uzunluğa sahip çentikli bağlantılar üzerinde çalışmalar gerçekleştirmişler ve bu çalışmalarda betonun donması sonrası sıkıştırılabilen vidalı bağlantıları incelemiştirler (Şekil 39). Yapılan çalışmalar sonucunda çentiklerde metal bağlantı elemanının kullanımının, sistemin dayanımı ve rijitliği üzerinde çok önemli etkisinin olmadığı ifade edilmiştir[51].



Şekil 39. Kuhlmann ve Michelfelder (2006)'deki uygulamaya ait detay[55].



• Ahşap parçalar ile ahşap eleman yüzeyinde çentik oluşturulması: Dias (2005) tarafından ahşap elemanların üzerine ahşap parçaların yerleştirilmesi ile çentiklerin oluşturulduğu bir uygulama gerçekleştirilmiştir (Şekil 40) [18].



Şekil 40. Dias (2005) tarafından önerilen çentikli bağlantı detayı[18].

Yapılan literatür araştırması sonucunda çentikli bağlantıların, dayanım ve rijitlik değerleri dikkate alındığında ABK sistemlerde kullanılan ideal bağlantı tipi olduğu anlaşılmaktadır. Çentiklerin uzunluğu, başlıklı vidanın varlığı ve çentiklerin ahşap kirişin içerisine inme ölçüsü (nüfuz derinliği) bağlantı sistemini etkileyen en önemli faktörler olarak öne çıkmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda çentiklerin uzunluğu bağlantının dayanım ve rijitliğini etkilerken, başlıklı vidanın varlığının sünekliği arttırdığı ve sistemin maksimum yük sonrası davranışını geliştirdiği anlaşılmıştır.

Çentikli bağlantı sisteminin tercih edildiği ABK sistemlerde, beton döküm işlemi gerçekleştirildikten sonra betonun sertleşme sürecinde büzülme meydana gelmektedir. Bu büzülme çentiklere dolan beton malzeme de oluşmakta bu durum çentik yüzeyleri ve beton arasında boşluk oluşmasına dolayısıyla bağlantının zayıflamasına neden olmaktadır. Ayrıca, bu bağlantı sisteminin uygulanmasında ahşap kirişlere açılan çentiklerin el ile açılması, ekonomik yönden olumsuzluk oluşturmaktadır.

#### 2.1.1.1.2.3.2. Bağlantı Elemanlarının Yerleştirilmesi ve Karşılaştırılması

Ahşap-Beton Kompozit döşemelerde katmanlar arası bağlantılar genellikle kesme kuvvetinin dağılımı dikkate alınarak, kiriş boyunca yerleştirilmektedir. Bu nedenle, düzgün

dağılmış yük etkisi altında, basitçe mesnetlenmiş kirişlerde, bağlantı elemanları kesme kuvvetinin yüksek olduğu mesnetlere yakın yerlerde yoğunlaşırken, kesme kuvvetinin sıfıra indiği açıklığın ortasına doğru kademeli olarak konumlandırılmaktadır[14].

ABK sistemlerin yapısal verimliliği yüksek oranda katmanlar arası bağlantının dayanımına bağlıdır. Yüksek kompozit hareket elde edilmesini sağlayacak nitelikte bağlantının uygulanması kiriş ya da levhanın kalınlığının azalmasına ve kompozit olmayan sistemlere oranla daha geniş açıklıkların geçilebilmesine imkân vermektedir.

ABK sistemlerde kompozit verimlilik, Gutkowski vd. (2008) tarafından verilen eşitlik ile hesaplanabilmektedir. Bu denklemde E, orta açıklık eğilmesini ifade ederken, NC, PC ve FC rijit olmayan, kısmi rijit olan ve tam rijit olan bağlantıları simgelemektedir[13, 14].

$$E = \frac{\Delta NC - \Delta PC}{\Delta NC - \Delta FC} \quad (1)$$

ABK sistem uygulamalarında ideal bağlantı tipinin seçilebilmesi, sayısının belirlenmesi ve yerleştirilebilmesi için bağlantıların özellikleri istenen yapısal verileri sağlar nitelikte olmalıdır. Burada temel veri, kullanılacak bağlantı elemanı düzeni ile en az %50 kompozit verimliliğin sağlanmasıdır[56].

ABK sistemlerde farklı tip ve özellikte bağlantı elemanları kullanıldığı ifade edilmişti. Bu sistemlerde kullanılan mekanik bağlantı elemanları ile çentikli bağlantı elemanları arasındaki en belirgin fark ise ilk durumda kayma modülü bağlantı elemanı ile etkileşimdeki ahşap ve bağlantı elemanının esnekliğine bağlıyken, ikinci durumda ilk durumun aksine kayma modülü çentiklerin içerisindeki betonun rijitliğine ve çentiklerin eğimli yüzeylerindeki ahşabın rijitliğine bağlı olmasıdır.

Çivi tipi bağlantı elemanlarının ön gerilmiş uygulamaları, ön gerilme işlemi uygulanmayan eşdeğerlerine kıyasla daha yüksek dayanım ve rijitlik göstermektedir. Ayrıca, sistemde kullanılan mekanik bağlantı elemanlarının açısının değiştirilmesinin; örneğin vidaların 90° yerine 45° olacak şekilde yerleştirilmesinin bağlantının dayanımını arttırdığı tespit edilmiştir. Bu durumun nedeni bağlantı elemanlarının açılı yerleştirilmesi sonucunda üzerlerine kesme kuvveti yerine eksenel kuvvetin etki ediyor olmasıdır[14, 18].

### **2.1.1.1.3. Ahşap-Beton Kompozit Sistemin Performansı**

Çalışma kapsamında, Ahşap-Beton Kompozit sistemlerin yapısal performansları üzerine yapılan çalışmalardan elde edilen veriler taşıyıcılık ve yapı fiziği özellikleri başlıklarında incelenmiştir.

#### **2.1.1.1.3.1. Ahşap-Beton Kompozit Sistemin Taşıyıcılık Performansı**

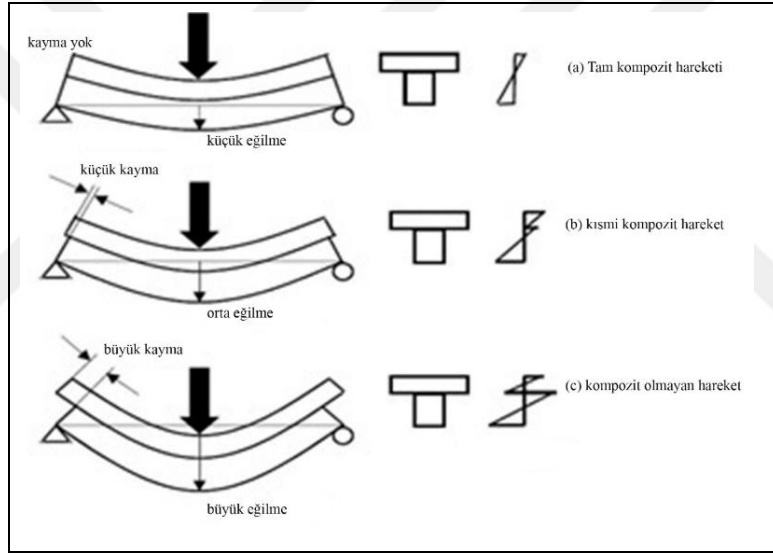
Sistemin rijitliğinin ve yük taşıma kapasitesinin artırılması sistemin yapısal performansını geliştirir. Bu nedenle Ahşap-Beton Kompozit sistemlerin yüksek oranda kompozit hareket göstermesi istenmektedir. Eğilmeye maruz kalan bir sistemde alt yüzeyin en dış kısmındaki lifler çekme etkisi altındayken, üst yüzeyin en dış kısmındaki lifler basınç etkisi altında kalmaktadır. ABK uygulamaları, gelişmiş kompozit kirişleri üretmek için ahşabın çekme ve eğilmeye karşı direnci ile betonun yüksek basınca karşı dayanımını bir arada kullanmayı hedeflemektedir. Tam kompozit hareket sağlandığında, farklı katmanlardan oluşan kompozit eleman tek katmanlı olacak şekilde hareket etmektedir. Bu durumda, sistemde kullanılan malzemelerin kalınlığına bağlı olarak beton, basıncın tamamını ya da büyük bir kısmını; ahşap, çekmenin tamamını ya da büyük bir kısmını karşılamaktadır. Ayrıca tam kompozit harekette katmanlar arası yük aktarımı iç yüzeylerde gerçekleşir ve iç katmanda herhangi bir kayma oluşmaz (Şekil 40).

Farklı malzemelerin bir arada kullanıldığı sistemlerde tam kompozit hareket oldukça verimli bir durumdur. Bu durumun tersine, sistem kompozit hareket göstermediğinde beton katman, her bir ahşap kiriş ya da levha üzerinde sapmaya uğrayacaktır. Bu durumda, ahşap ve beton katmanlar basit eğilme etkisi altında kalacaktır. Ayrıca kompozit hareket göstermeyen kirişlerde, iki katman arası yük aktarımı gerçekleşmemektedir ve ahşap katmana oranla beton katmanda daha fazla hareket oluşmaktadır. Sonuç olarak, sistem fazla sehim yapmaktadır ve malzemelerde daha büyük gerilmeler oluşmaktadır[14, 15, 45].

Beton ve ahşap katmanlar arasında bağlantı elemanı kullanılan sistemlerde genelde kısmi kompozit hareket gözlemlenmektedir. Bu tür sistemlerde her iki katmanda basınç ve çekmeye maruz kalıyor olsa da sistemin durumu kompozit olmayan sistemlere oranla oldukça gelişmiştir. Bu sistemde basıncın büyük kısmı beton malzemeye, çekmenin büyük kısmı ise ahşap malzemeye etki etmektedir. Sınırlı ara katman kayması oluşmaktadır ancak kompozit olmayan sistemlere göre bu kayma oldukça kısa boyutludur. Tüm bu nedenler ile

kısmi kompozit hareket kötü performans olarak kabul edilen kompozit olmayan hareket ve ideal performans olarak kabul edilen tam kompozit hareketlerin arasında konumlandırılmaktadır.

Kompozit hareket sayesinde ahşap malzemenin tek başına sağlayabileceğinden daha fazla direnç ve daha az sehim elde edilebilmektedir. Bu nedenle ahşap ve beton katmanlar arasındaki bağlantı elemanları sistemin kullanım ve hizmet sınır durumlarında gösterdiği yapısal performans üzerinde oldukça etkilidir. Tam kompozit hareket gösteren sistemlerin en ideal yapısal performansa sahip olmaları nedeniyle rijit bağlantı elemanlarının kullanılması oldukça önemlidir. Şekil 41’de kompozit olmayan, kısmi kompozit olan ve tam kompozit olan hareketlerin tanımlanmasına yer verilmiştir[14, 15, 26, 45].



Şekil 41. Kompozit hareketin tanımlanmasına ait şematik görsel[15, 25, 45].

Bu yapım tekniğinin verimli bir şekilde uygulanabilmesi için 3 temel tasarım ölçütünün yerine getirilmesi gerekmektedir:

- Kompozit sistemin en kesitinde tarafsız eksen, ahşap ve beton malzemelerin ara yüzeylerine yakın olmalıdır. Bunun sağlanması amacıyla sistemde kullanılan beton malzemenin tamamen sıkıştırılmış olması ve çatlak içermemesi, ahşap malzemenin ise ön gerilme işleminin yapılması ile her iki malzemenin ideal özelliklere sahip olmasıdır.

- Kullanılan bağlantı elemanları tasarlanan sisteme ait kesme kuvvetinin aktarımını sağlayacak güç ve rijitlikte olmalıdır, bunun yanında verimli bir kompozit hareket temin etmelidir.

- Ahşap kısım (ahşap kirişler ya da ahşap levhalar), üzerine gelen yer çekimi yüklemeleri altında ortaya çıkan eğilme ve çekme etkisini karşılayacak nitelikte olmalıdır. Bu sistemin tasarım yöntemleri ve davranışlarının farkındalığının ve bilirliliğinin sağlanması, sistemin yapı sektörüne girişi için önemlidir[14, 45].

### 2.1.1.1.3.2. Ahşap-Beton Kompozit Sistemin Yangın ve Yapı Fiziği Performansı

Düşük yangın dayanımı, yetersiz akustik dağılım ve titreşime duyarlılık gibi konular Ahşap-Beton Kompozit sistemlerin kullanımı ile ilişkilidir. ABK döşemelerin yangın dayanımı, standart betonarme döşemeler ile rekabet edebilir düzeydedir.

Natterer (2002) gerçekleştirdiği çalışmada Avrupa'da 1974-2001 yılları arasında kullanılan mühendislik ürünü ahşap malzemeleri tanımlayarak, ABK döşemelerin yapı ağırlığını önemli oranda azaltmasının haricinde standart betonarme döşemeler ile karşılaştırıldığında yangın direncini 60 dk.'dan 90 dk.'ya yükselttiğinin altını çizmiştir[50].

ABK döşemelerde beton plak, ahşap elemanlar için bir koruyucu katman görevi üstlenmektedir. Bu durum sıcaklığın ahşap üzerindeki etkisini azalmaktadır ve tutuşma başlangıcını geciktirmektedir. Bunun yanında, ahşap kiriş ya da levhanın kömürleşme özelliği beton ve bağlantı elemanlarının yüksek sıcaklığa karşı korunması için bir yalıtım işlevi göstermektedir. ABK döşemelerin yangın dayanımı, ahşap döşemelere oranla daha yüksektir.

O' Neill (2009) tarafından 2 adet tam ölçekli, M kesitli, 300 ve 400 mm derinliğe sahip, LVL kirişler, çentikli ve dişli metal levha bağlantı elemanları ile oluşturulan numuneler 1.56 ve 3.06 kN/m<sup>2</sup> düşey yüke maruz kalan yapı elemanları sırasıyla ISO834 yangın eğrisine göre yangın testlerine tabi tutulmuştur. İlk olarak numune 75 dk. sonra göçmüştür ancak kömürleşme oranını ölçmek için yangın 60 dk. sonunda durdurulmuştur[57].

Frangi ve Fontuna (2001) ABK döşemelerin yangın dayanımını hesaplamak için basitleştirilmiş bir yöntem geliştirmişler ve bağlantı kapağının fonksiyonu olarak sıcaklık ile bağlantının dayanım ve rijitliğini azaltmak için öneriler sunmuşlardır[58].

Titreşim ve akustik özellikler bakımından beton levha, kütleli arttırmaktadır ve ahşap döşemelerin rijitliğini yükseltir. Bu durum ses yalıtımını ve titreşim dayanımını pozitif yönde etkiler[15]. ABK sistemlerin yapılarda tercih edilme nedenlerinin başında geleneksel ahşap döşemelere göre daha rijit, daha iyi bir ısı yalıtımı ve daha iyi bir akustik sağlaması gelmektedir.

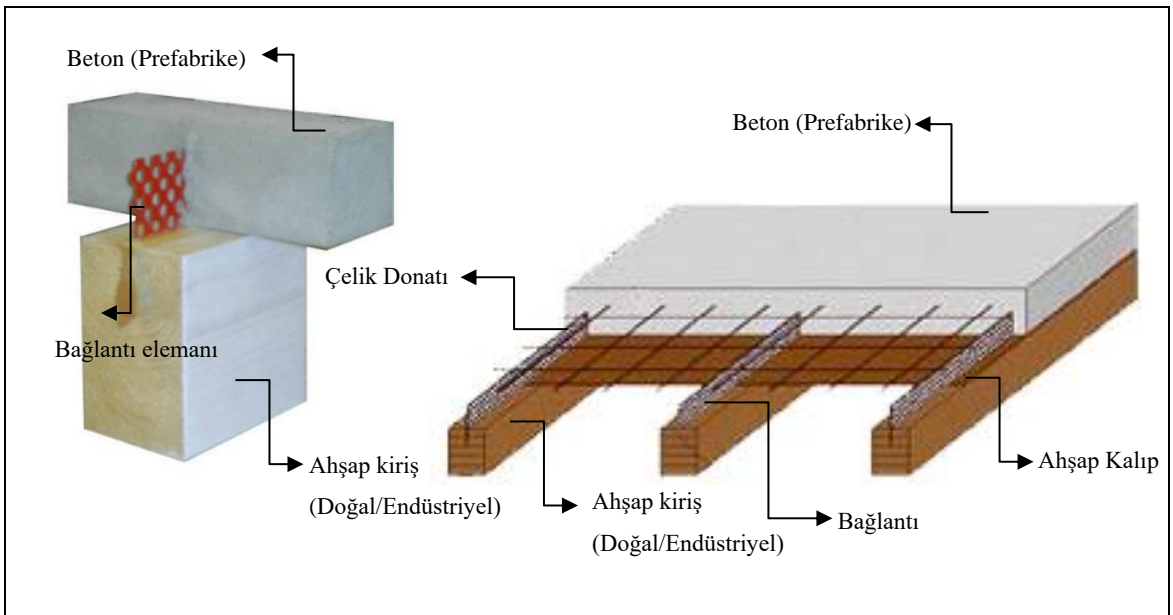
#### 2.1.1.1.4. Ahşap-Beton Kompozit Sistem Türleri

Ahşap-Beton Kompozit sistemler yapım teknikleri ve uygulamaları dikkate alınarak üç başlıkta ele alınabilir[59]. Bu üç üretim yönteminin yanında şantiye sahasında ya da ön üretimli olarak farklı uygulamalar da gerçekleştirilebilmektedir. Bu uygulamalar diğer sistemler başlığında açıklanmıştır.

1. HBV (Holz-Beton Verbund) Sistem,
2. M Kesit Sistem,
3. SEPA 2000 Sistem,
4. Diğer Sistemler.

##### 2.1.1.1.4.1. HBV (Holz-Beton Verbund) Sistem

HBV sistem, ahşap kirişlere yerleştirilen bağlantı elemanlarının üzerine beton malzeme (normal beton) dökülerek elde edilmektedir (Şekil 42). Bu sistem ahşap kirişler, beton levha ve iki malzeme arasındaki bağlantıyı sağlayan elemanlardan oluşmaktadır. Bu elemanlardan ahşap malzeme doğal ya da endüstriyel üretim olabilmektedir. Beton malzeme, sağlaması beklenen özellikler doğrultusunda hazırlanmaktadır. İki malzeme arasındaki bağlantı elemanları yatayda uzanan boşluklu çelik elemanlardır[59, 60].

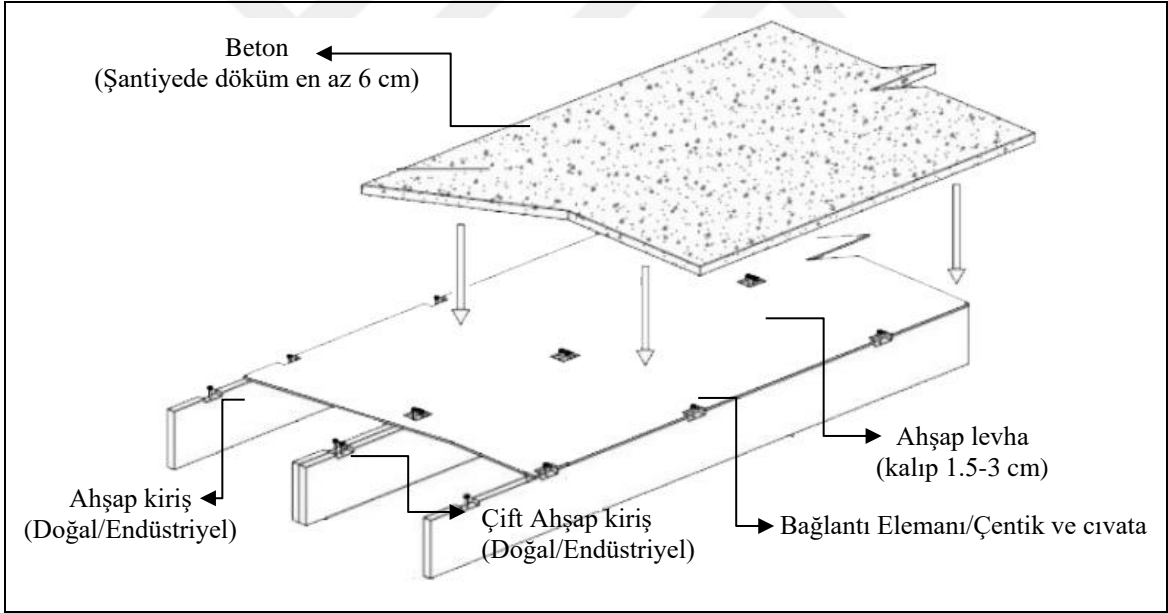


Şekil 42. HBV (Holz-Beton Verbund) sisteme ait yapısal elemanlar[59, 60].

2000’li yılların başından itibaren kullanılmakta olan HBV sistem farklı yapısal gereksinimleri karşılayacak şekilde çeşitlendirilerek; konutlar başta olmak üzere farklı işleve sahip binalarda duvar, çatı ve döşeme paneli olarak tercih edilmektedir. Sistem köprülerde de uygulanmaktadır. Bu sistem ile 15 m açıklığı geçmek mümkündür[59, 60].

#### 2.1.1.1.4.2. M Kesit Sistem

M kesit sistem; ahşap kirişler, ahşap ara katman (kalıcı kalıp), bağlantı elemanları ve beton malzemeden oluşmaktadır (Şekil 43). Bu elemanlardan ahşap kirişler ve ahşap ara katman doğal ya da endüstriyel üretim olabilmektedir. Beton malzeme hafif ya da normal beton olarak kullanılabilir. İki malzeme arasındaki bağlantı elemanları ise ahşap kirişlere açılan çentikler ve bu çentiklere yerleştirilen mekanik bağlantı elemanlarıdır[14].



Şekil 43. M kesit sisteme ait yapısal elemanlar[14].

M kesit sistemde ilk olarak ahşap kirişler, panelin iki ucunda tek kiriş, ortasında çift kiriş olacak şekilde yerleştirilir. Bu kirişler bağlantı elemanlarının yerleştirilmesi için özel çentiklere sahiptir (Şekil 43). Bu uygulamanın ardından kirişlerin üzerine ahşap ara katman yerleştirilir ve sistemin üzerine çelik hasır örülür. Panellerin üzerine örülen çelik hasır, şantiyede dökülen beton katmanın büzülme kontrolünü sağlar. Son olarak beton malzeme dökülerek panel, kullanıma hazır hale getirilir (Şekil 44). Bu paneller fabrikada hazırlanarak

şantiye sahasına taşınabilir, vinç ile yerine yerleştirilerek ana çerçeveye özel tasarlanan kiriş askıları ile bağlanabilir[14].



Şekil 44. M kesit sisteme ait görseller[14].

M kesit sistem ile gerçekleştirilen uygulamalar genellikle yarı prefabikedir ancak panellerin saha dışında önceden imal edilerek inşaat sahasına taşınması ve vinçlerle yerine yerleştirilmesi ile tam prefabrikasyon sağlanabilmektedir. Bu sistem farklı yapısal gereksinimleri karşılayacak şekilde çeşitlendirilerek; konutlar başta olmak üzere farklı işleve sahip binada çatı ve döşeme paneli olarak kullanılabilir. Bu sistem henüz duvar elemanı olarak kullanılmamaktadır. Sistem ile 10 m açıklığı geçmek mümkündür.

M kesit sistemin sahip olduğu avantajlar şu şekilde sıralanabilir:

- Panellerin hafif olması ile taşıma ve kaldırmada kolaylık sağlanmıştır.
- Tek parça beton dökümü gerçekleştiriliyor olması nedeniyle daha iyi düzlem dayanımı ve rijitlik sağlamaktadır. Ayrıca, komşu paneller arasındaki bağlantı için fazladan bağlantı elemanı kullanımı gerektirmemektedir.
- Çentikli bağlantıların kullanılıyor olması ile yüksek dayanım ve rijitlik göstermekte, bu yolla bağlantı eleman sayısı asgari düzeye (6-8) indirilebilmektedir.
- Orta/geniş açıklıklar için (6-12 m aralığı) kullanılabilir olması nedeniyle geleneksel prefabrike betonarme sistemler ile rekabet edebilmektedir.

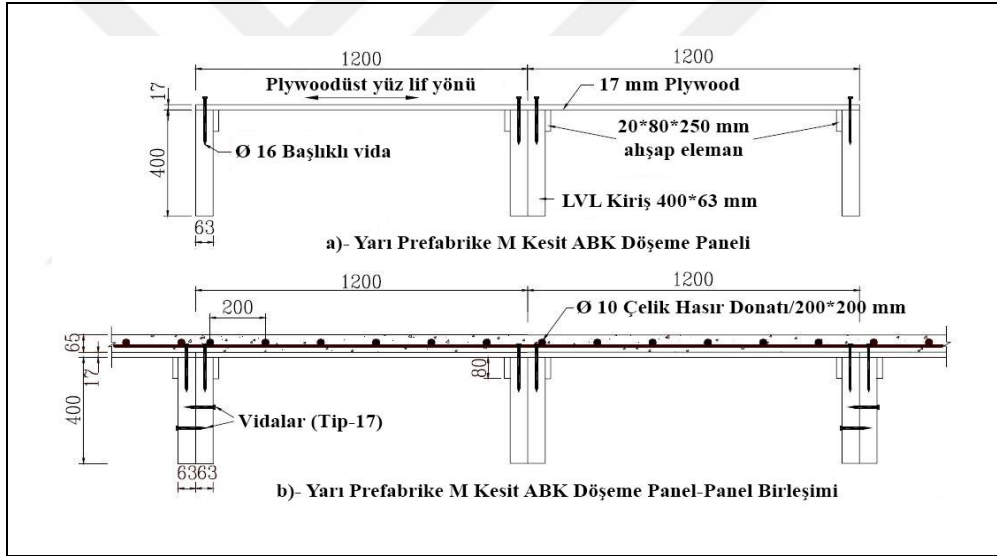
Sistemin tek dezavantajı, diğer tüm bileşenler kuru olsa da, şantiye sahasında ıslak malzeme (taze beton) kullanımını gerektirmesi olarak ifade edilebilir.

M kesit Ahşap-Beton Kompozit sistem, Yeni Zelanda, Canterbury Üniversitesinde, David Yeoh (2010) tarafından yapılan çalışma ile ortaya çıkarılmıştır. Yarı prefabrike



özelliğindeki bu sistemde, lamine kaplama ahşap (LVL) kirişler, kontrplak (plywood) ara katman ve normal yoğunluklu beton malzeme kullanılmıştır[14].

David Yeoh (2010) tarafından geliştirilen ilk “M” kesitli panel 2400 mm genişliğindedir (Şekil 45). Bu panelin iki kenarı boyunca 400\*63 mm boyutlarında LVL kiriş ve ortada aynı ölçülerde çift LVL kiriş yer almaktadır. Yeterli kompozit hareketin sağlanabilmesi için 8-10 m açıklıkta, her bir kiriş üzerinde 6-8 adet bağlantı yerleştirilmiştir. Panellere 65 mm kalınlığında beton katman uygulanmıştır. Her bir panelin ağırlığı yaklaşık olarak 8 kN olarak hesaplanmıştır. Bu miktar, panellerin taşınması ve vinç ile yerine yerleştirilmesi için uygundur. Bu panellerin tasarımı Ceccotti (1995) tarafından Eurocode 5'e [61] göre hazırlanan, etkili eğilme rijitliği metodunu (gama metodu) temel alarak gerçekleştirilmiştir[39].



Şekil 45. “M” kesitli, yarı prefabrike Ahşap-Beton Kompozit döşeme detayları[14].

Yeoh (2010) tarafından gerçekleştirilen çalışmada iş gücü maliyeti ve sistemin yapısal performansı arasındaki ideal ilişkiyi kurgulayabilmek için çentik şekil ve boyutları deneysel çalışmalar ile belirlenmiştir. Gerçekleştirilen deney numunelerinde dikdörtgen, üçgen, açılı ve eğrili çentikler kullanılmıştır (Şekil 46)[14].

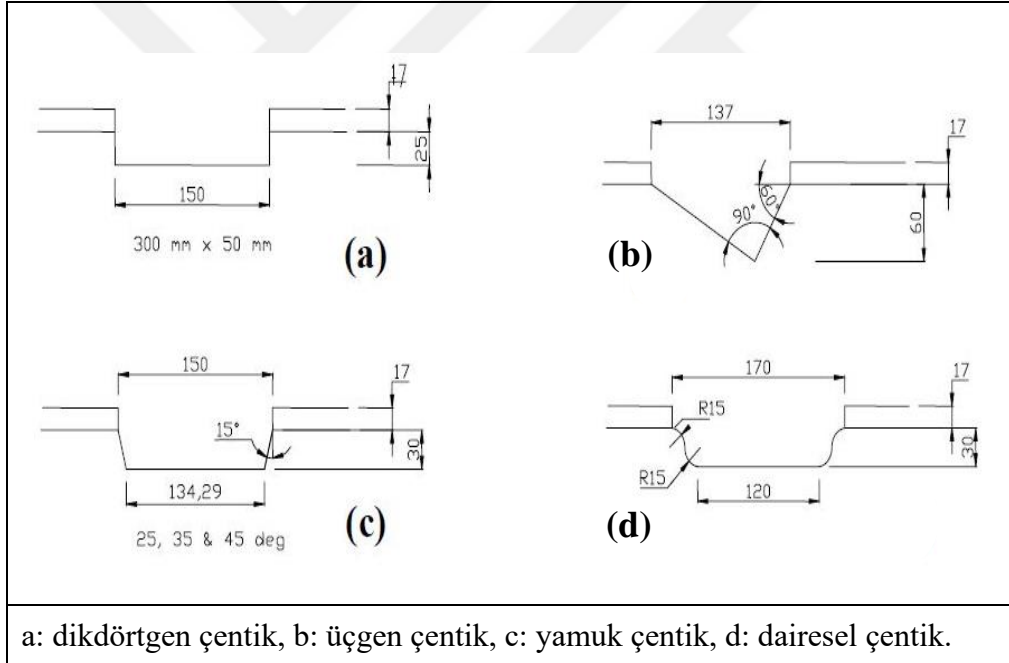
Gerçekleştirilen bu deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen veriler şu şekilde açıklanmıştır:

- Bağlantının performansı çentiğin boyutları ile fazlasıyla etkilenmektedir. Ayrıca çentiklerde mekanik eleman kullanımı da bağlantı performansını (sistemin rijitliğini ve

dayanımını) etkilemektedir. Örneğin, başlıklı vidanın kullanıldığı sistemler, kullanılmayan sistemlere oranla 1,5-2 kat daha dayanıklı olmaktadır.

- LVL kirişlere en az 20 mm giren başlıklı vidalar dayanım ve rijitliği arttırmaktadır.
- Vidanın uzunluğunun dayanım ve rijitlik üzerinde etkisi bulunmamaktadır.
- Çentiklerin derinliği kesme dayanımının geliştirilmesi için önemlidir.
- Üçgen şekilli çentiklerin performansı, dikdörtgen şekilli çentikler ile benzeşmektedir. Bu nedenle LVL kirişler için uygulama kolaylığından dolayı üçgen çentiklerin daha uygun olduğu ifade edilebilir.

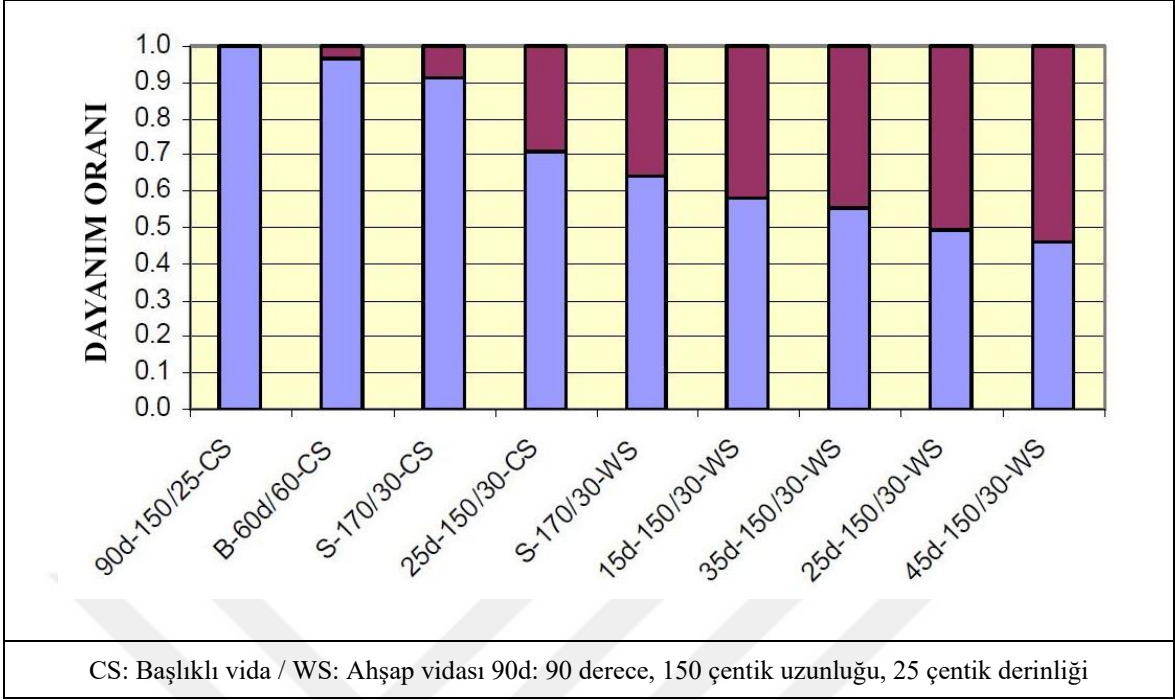
• Bu çalışmada ayrıca aynı özellikteki bağlantılar üzerinde, sistemde kullanılan betonun sıkıştırılması ile bağlantı özelliklerinin değişimi incelenmiştir. Bu yolla betonun sıkıştırılma işleminin önemi ve gerekliliği ortaya koyulmuştur.



Şekil 46. Farklı çentik biçimlerine ait detaylar[14].

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen deneysel çalışmalar sonucunda Şekil 47’de yer alan grafik hazırlanmıştır.

Hazırlanan grafik incelendiğinde 4 adet bağlantı tipi, sahip oldukları özellikler bakımından öne çıkmıştır. Bunlar, 150\*25 mm dikdörtgen çentik ve 16 mm çaplı başlıklı vida, 300\*50 mm dikdörtgen çentik ve 16 mm çaplı başlıklı vida, 150 mm üçgen çentik ve 16 mm çaplı başlıklı vida ve 2\*333 mm dişli metal levha bağlantı uygulamalarıdır.



Şekil 47. Yeoh (2010)'da elde edilen deneysel sonuçların karşılaştırılması[14].

#### 2.1.1.1.4.3. SEPA-2000 Sistem

SEPA-2000 sistem; ahşap kafes kirişler, kirişlerin üzerine yerleştirilen ahşap levha (kalıcı kalıp), bağlantı elemanları (dişli metal elemanlar) ve beton malzemeden oluşmaktadır.

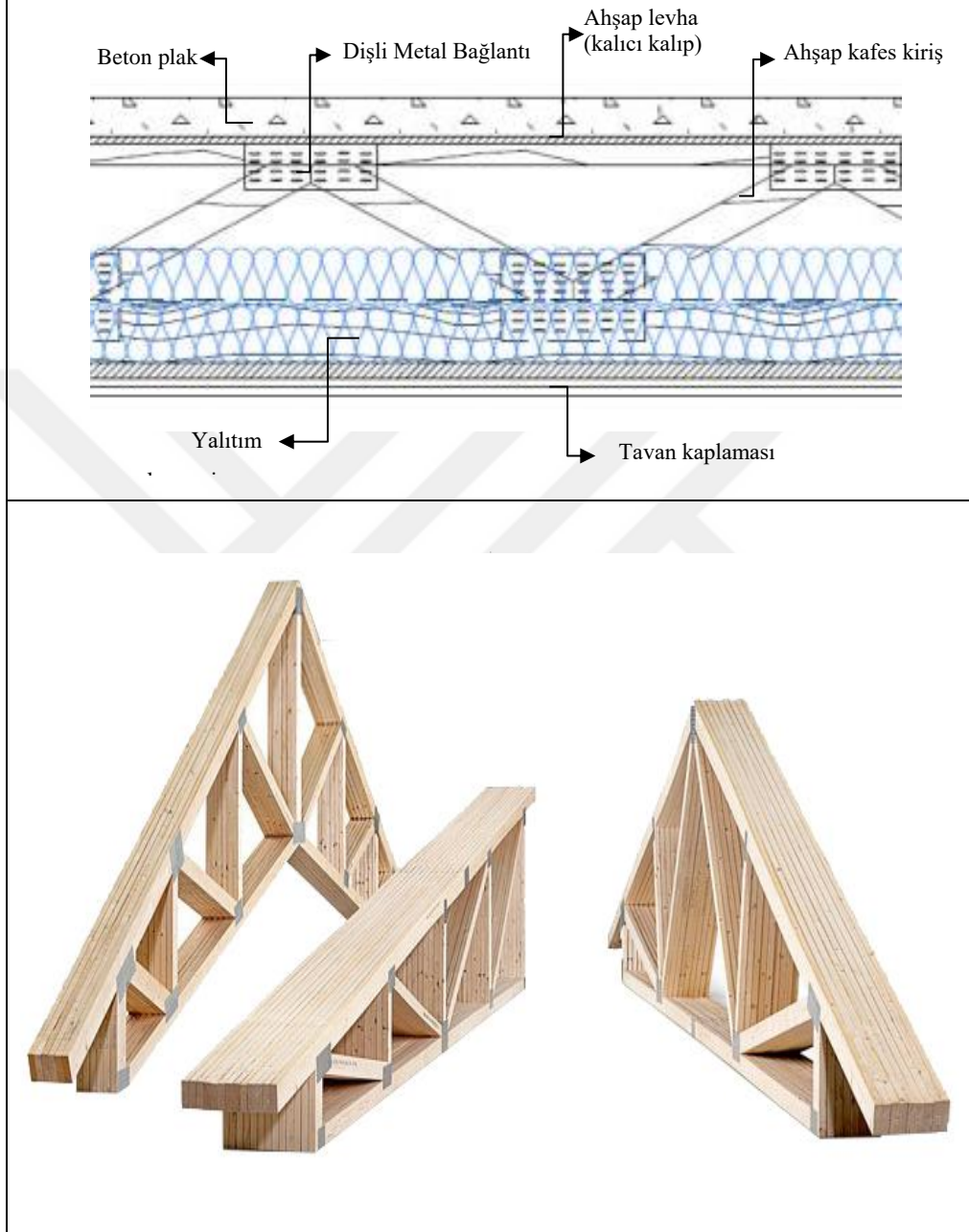
Bu elemanlardan ahşap kafes kirişler ve ahşap levha (kalıcı kalıp) doğal ya da endüstriyel üretim olabilmektedir. Beton, sağlaması beklenen özellikler doğrultusunda, hafif ya da normal beton malzeme olarak kullanılabilir. İki malzeme arasındaki bağlantı ise metal elemanlar ile sağlanmaktadır[59].

SEPA-2000 sistemde ilk olarak ahşap kafes kirişler belirlenen aralıklar ile yerleştirilmektedir. Bu işlemi kafes kirişlerin üzerine ahşap ara katmanın (kalıcı kalıp) yerleştirilmesi ve bağlantı elemanlarının konumlandırılması takip etmektedir. Son olarak sisteme çelik donatılar yerleştirilerek beton dökümü gerçekleştirilmektedir (Şekil 48).

SEPA-2000 sistemi hem tam prefabrike olarak hem de yerinde yapım (şantiyede) olarak iki şekilde uygulanabilmektedir[15, 59].

2000'li yılların başından itibaren kullanılmakta olan bu sistem farklı yapısal gereksinimleri karşılayacak şekilde çeşitlendirilerek; konutlar başta olmak üzere pek çok farklı işleve sahip binada çatı ve döşeme paneli olarak kullanılmaktadır.

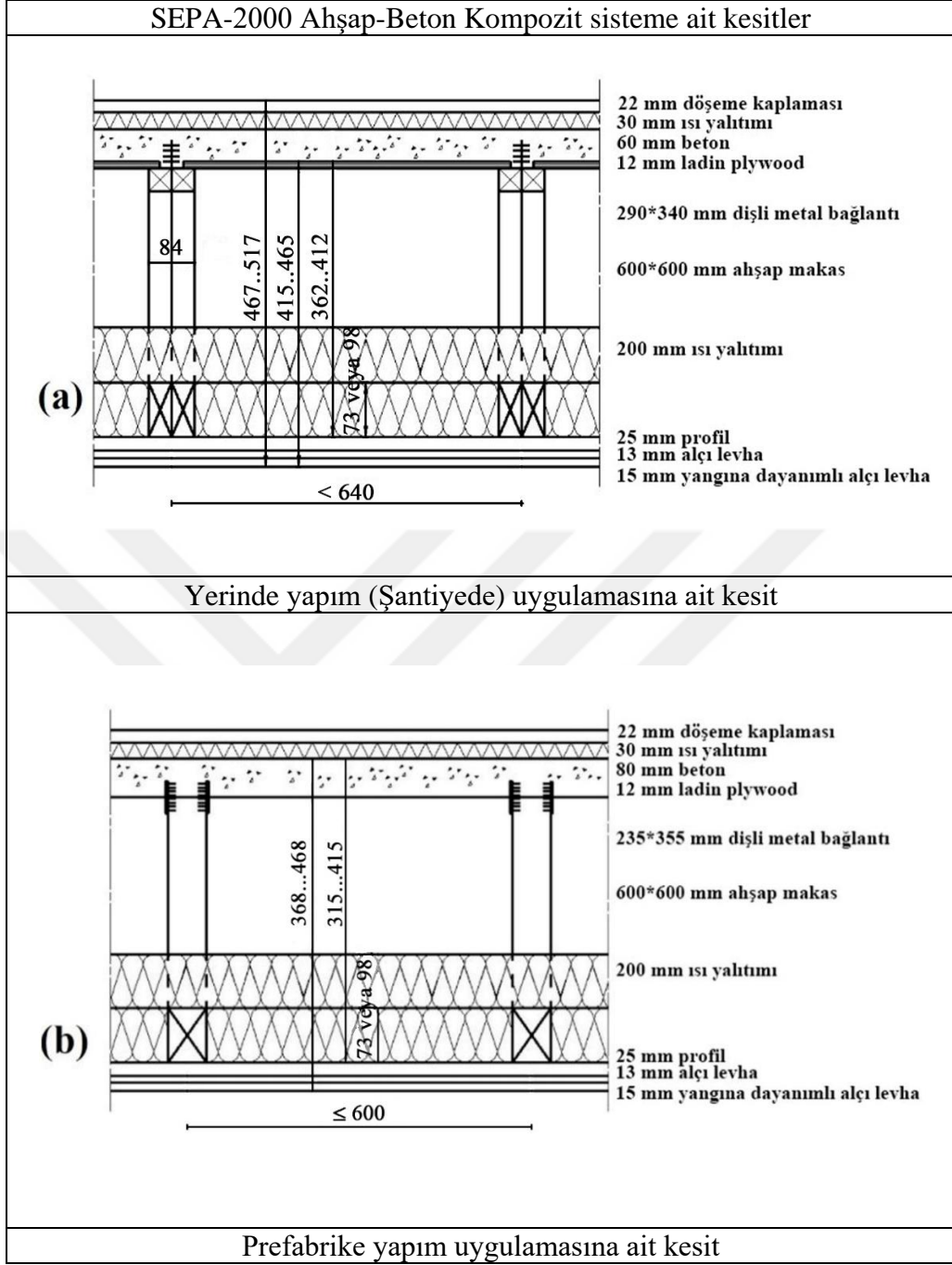
Bu sistem henüz duvar elemanı olarak kullanılmamaktadır. Sistem ile 8 m açıklığı geçmek mümkündür[15, 59, URL-5].



Şekil 48. SEPA-2000 sistemine ait kesit ve görseller[URL-5].

Ahşap kafes kirişler arasındaki boşluklar tesisat kurulumunda avantaj sağlamakta ve bu işlemlere harcanan iş gücü, zaman ve maliyeti azaltmaktadır (Şekil 49).

SEPA-2000 sistem, Finlandiya Çevre Bakanlığı desteği ile Toratti ve Kevarinmaki (2001) tarafından gerçekleştirilen çalışmalar sonucu ortaya çıkmıştır[62].



Şekil 49. SEPA-2000 Ahşap-Beton Kompozit sisteme ait kesitler[15].

#### 2.1.1.1.4.4. Diğer Sistemler

Ahşap-Beton Kompozit sistemler, yapılaşma faaliyetlerinde kullanılan çelik hammaddesinin yapı sektöründen çekilmesi nedeniyle oluşan gereklilik üzerine ortaya çıkmıştır ve 1920’li yıllardan günümüze kadar farklı üretim yöntemleri ve bağlantı türleri içerecek biçimde kullanılmıştır.

ABK sistemler; genellikle bağlantı elemanları üzerinden sınıflandırılmaktadır ve pek çok farklı bağlantı elemanının kullanımı, bu sistem türlerinin sınıflandırılmasını zorlaştırmaktadır.

Literatürde yer alan çiviler, donatı çubukları, vida/cıvata, eğik vida/cıvata, metal halka, çelik boru, farklı geometrik biçimlerde (üçgen, yamuk vb.) çentikler gibi farklı bağlantı elemanlarının kullanıldığı ya da ön germeli ahşap elemanlarının tercih edildiği, hafif beton malzemenin kullanıldığı sistemler, diğer sistemler olarak ele alınmıştır.

#### 2.1.1.1.5. Ahşap-Beton Kompozit Sistem Yapım Teknikleri

Ahşap-Beton Kompozit sistem yapı elemanları yerinde yapım ve ön üretimli yapım olarak iki ana grup altında üretilebilmektedir. Aynı zamanda bir bölümü ön üretimli bileşen/eleman ve sistemler ile bir bölümü yerinde yapım olmak üzere her iki yapım tekniği (yerinde yapım+ ön üretim) birlikte de uygulanabilir (Şekil 50).



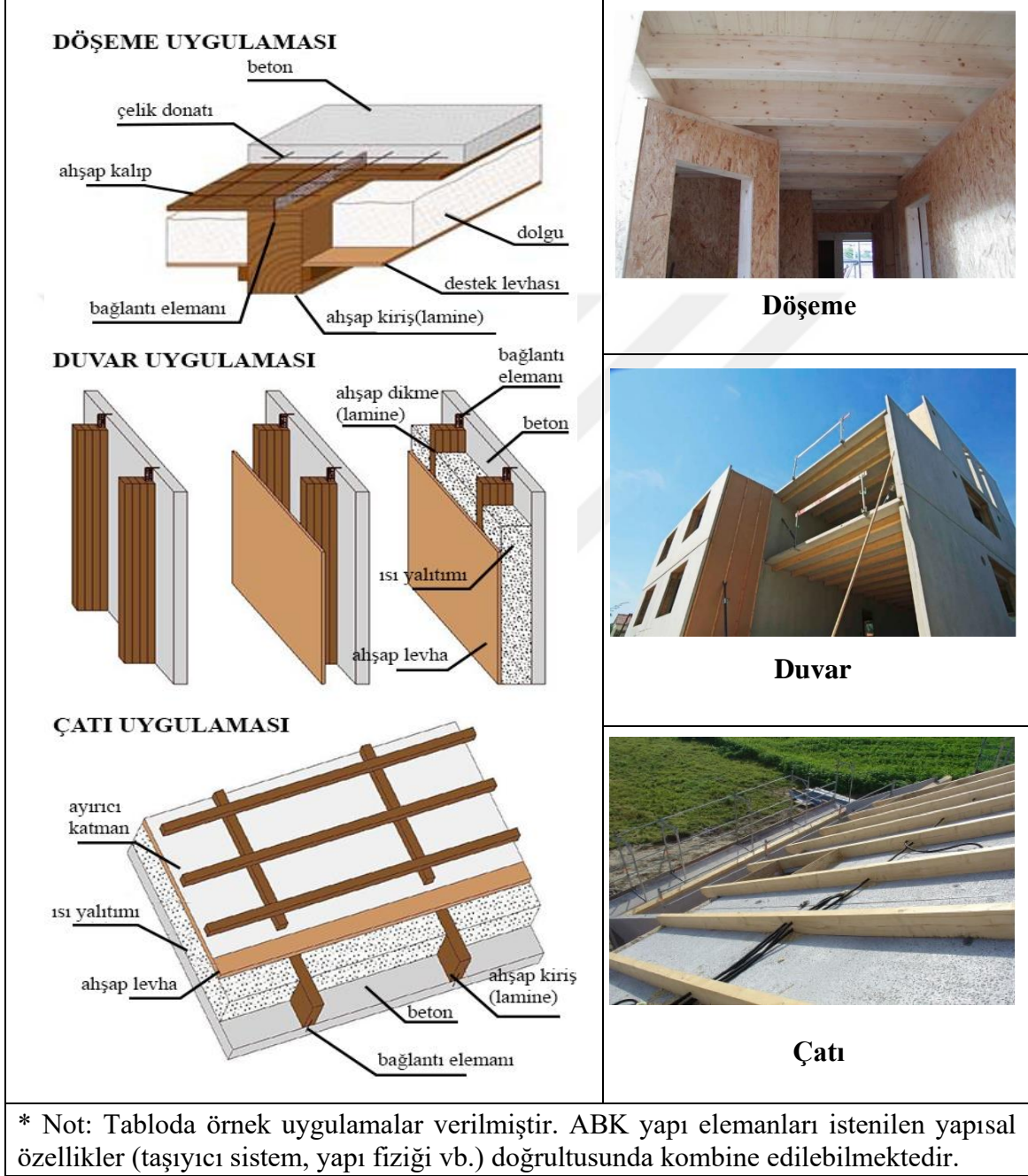
Şekil 50. ABK sistem yapım tekniklerine ait örnek uygulamalar[60, URL-7 ve 8].

Kullanılacak yapım tekniğinin seçimi; tercih edilen bağlantı elemanı tipi, uygulama alanı gibi pek çok değişkenin kapsamlı değerlendirilmesi sonucu belirlenmelidir.

#### 2.1.1.1.6. Ahşap-Beton Kompozit Yapı Elemanları ve Uygulama Detayları

Ahşap-Beton Kompozit sistem, yapılarda döşeme, duvar ve çatı elemanı olarak kullanılabilir (Şekil 51) ancak en çok döşeme elemanı olarak kullanımı ile bilinmektedir. ABK yapı elemanları, ilk olarak ahşap döşemelerin yenilenmesi

çalışmalarında, daha rijit ve dayanıklı döşemelerin elde edilmesi amacıyla kullanılmıştır ve zaman içerisinde bu yapı elemanlarının kullanımı, yeni inşa edilen binalarda da gerçekleştirilmiştir.

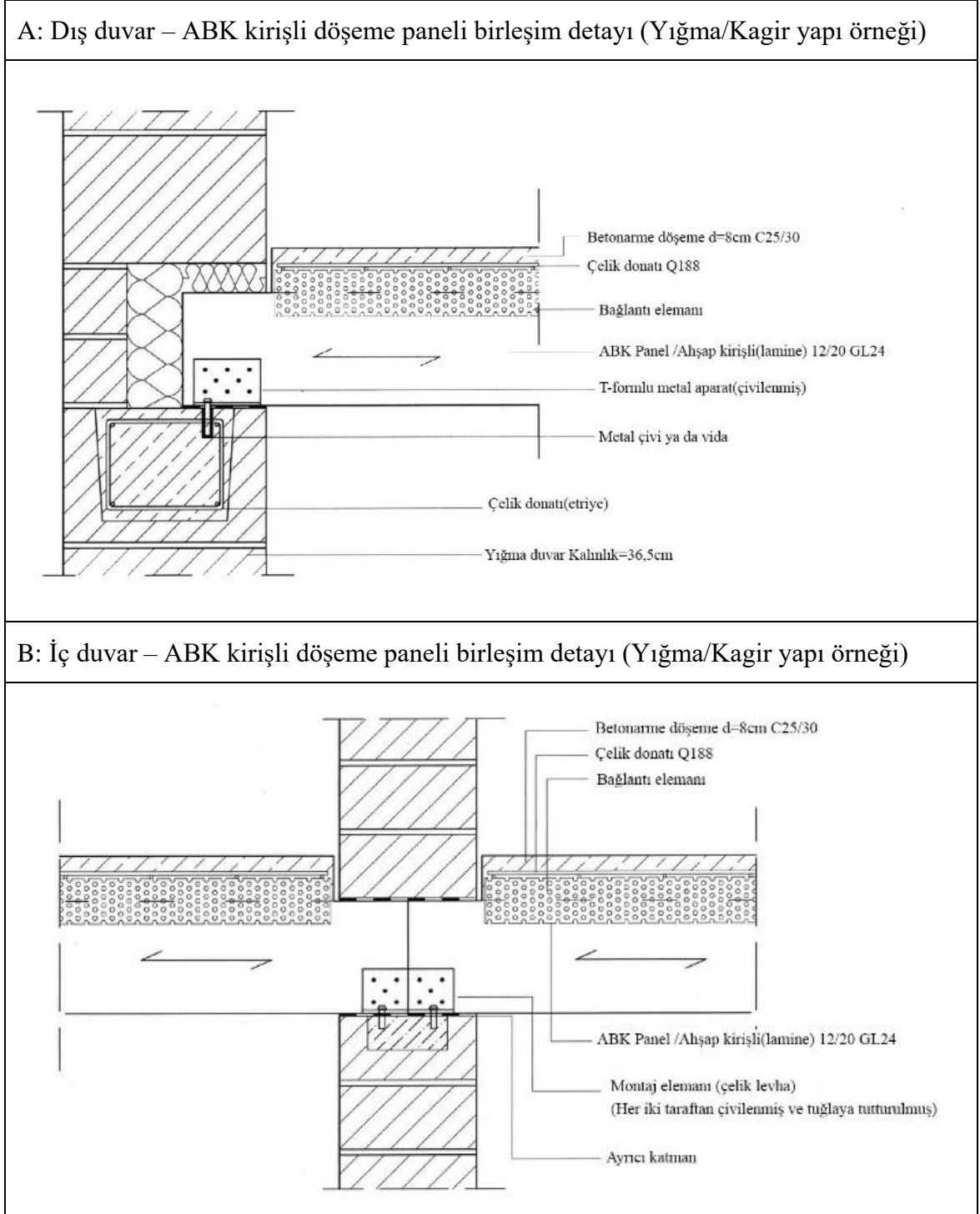


Şekil 51. ABK sistem yapı elemanlarına ait örnek uygulamalar[60].

ABK yapı elemanlarının detayları (taşıyıcı sistem ve panel-panel birleşimleri) çeşitli şekillerde uygulanabilmektedir. Bu birleşim detayları, gerçekleştirilecek uygulama ve tercih

edilen taşıyıcı sistem, ahşap eleman ve bağlantı elemanı özellikleri doğrultusunda belirlenmektedir.

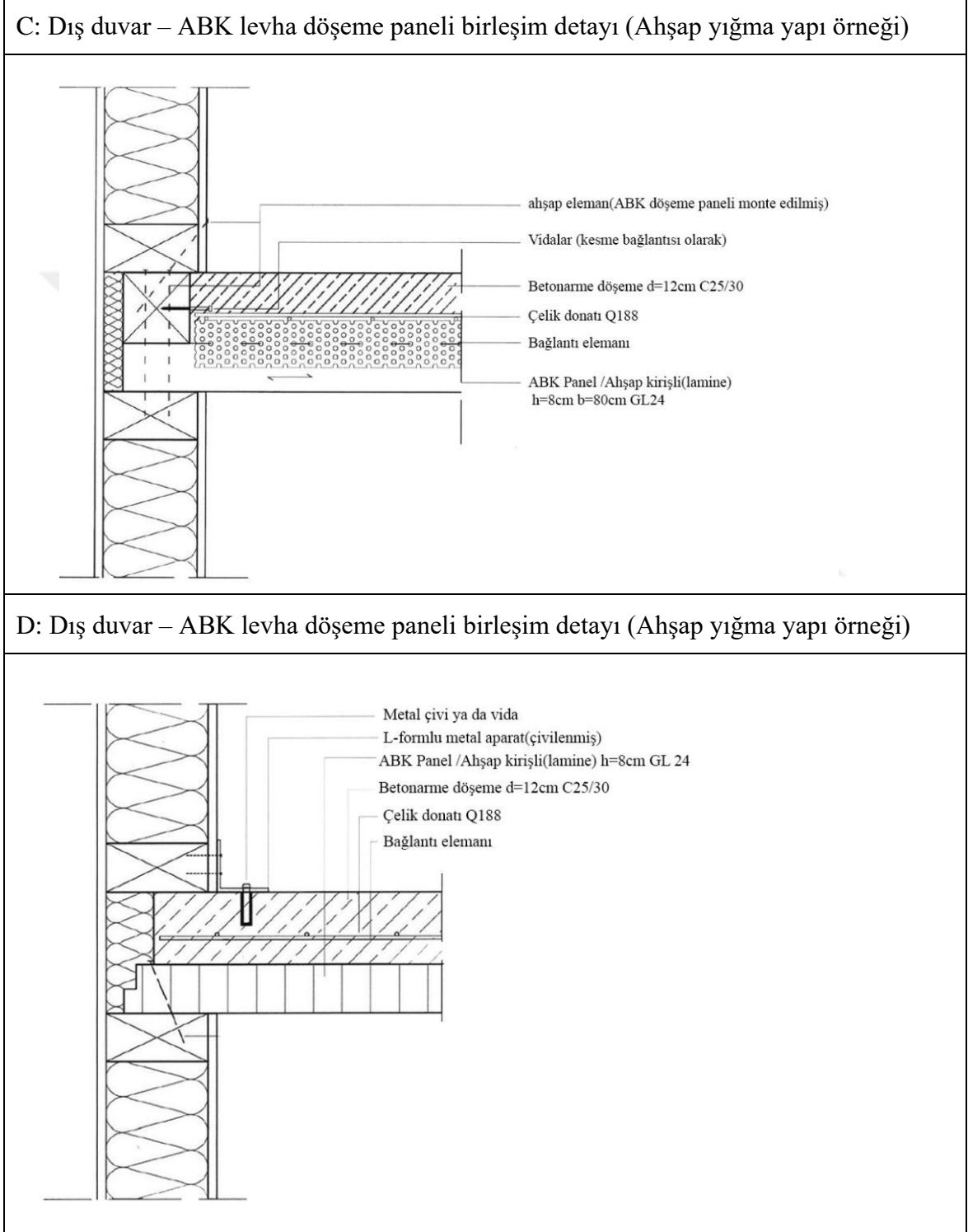
Şekil 52’de ABK kirişli döşeme panellerinin yığma bir kâgir yapıda dış duvar (Şekil 52/A) ve iç duvar (Şekil 52/B) uygulama örnek detayları verilmiştir[60].



Şekil 52. Yığma/Kâgir yapıda ABK kirişli döşeme paneli birleşim detayı (Dış-İç duvar) [60].

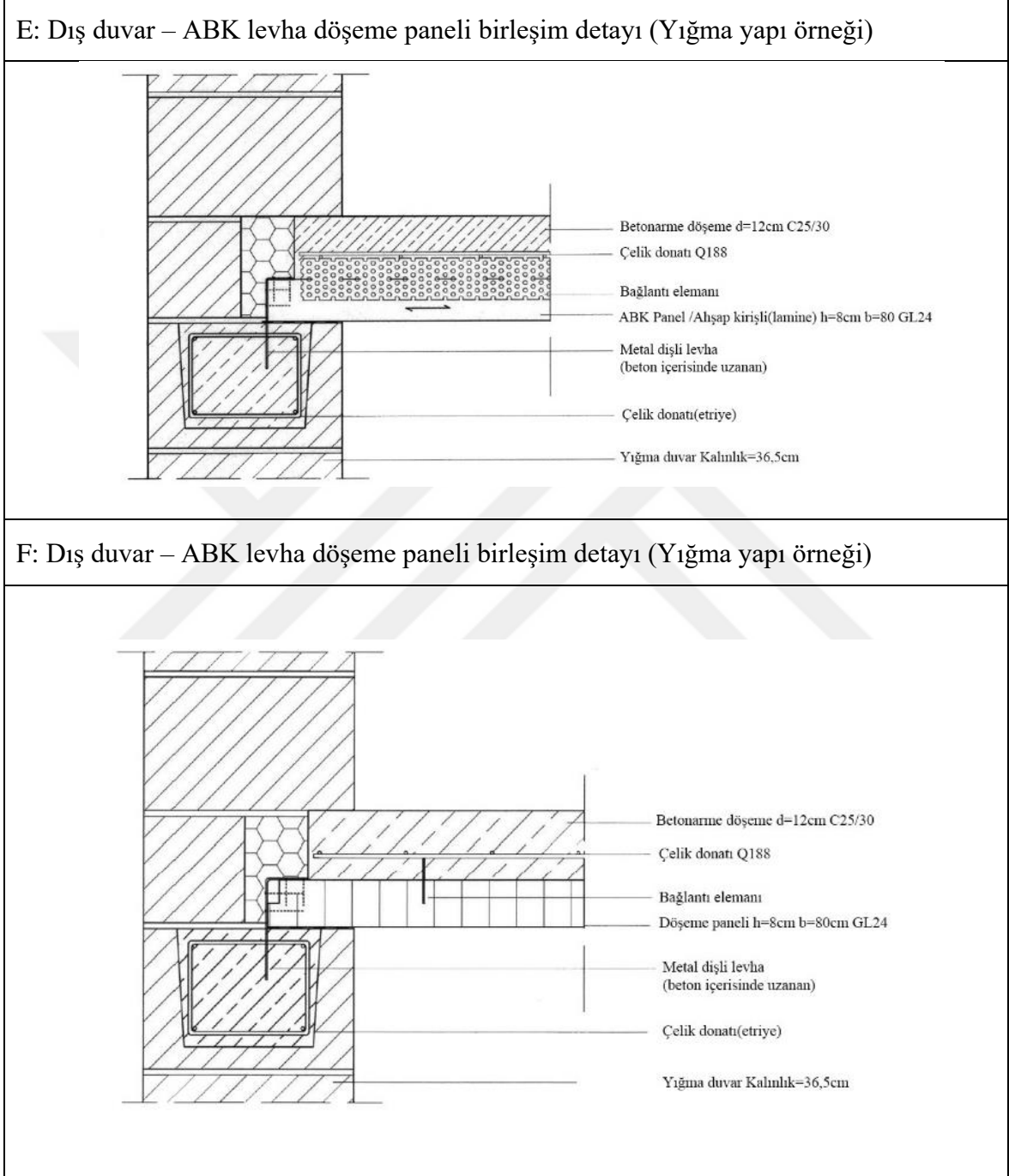


Şekil 53'te ABK döşeme panellerinin (levha tipi uygulama) yığma bir ahşap yapıda (ahşap panel sistem) dış duvar birleşimi örnek detayları çift yönlü kesitler biçiminde verilmiştir.



Şekil 53. Yığma ahşap yapıda ABK levha döşeme paneli birleşim detayı (Dış duvar) [60].

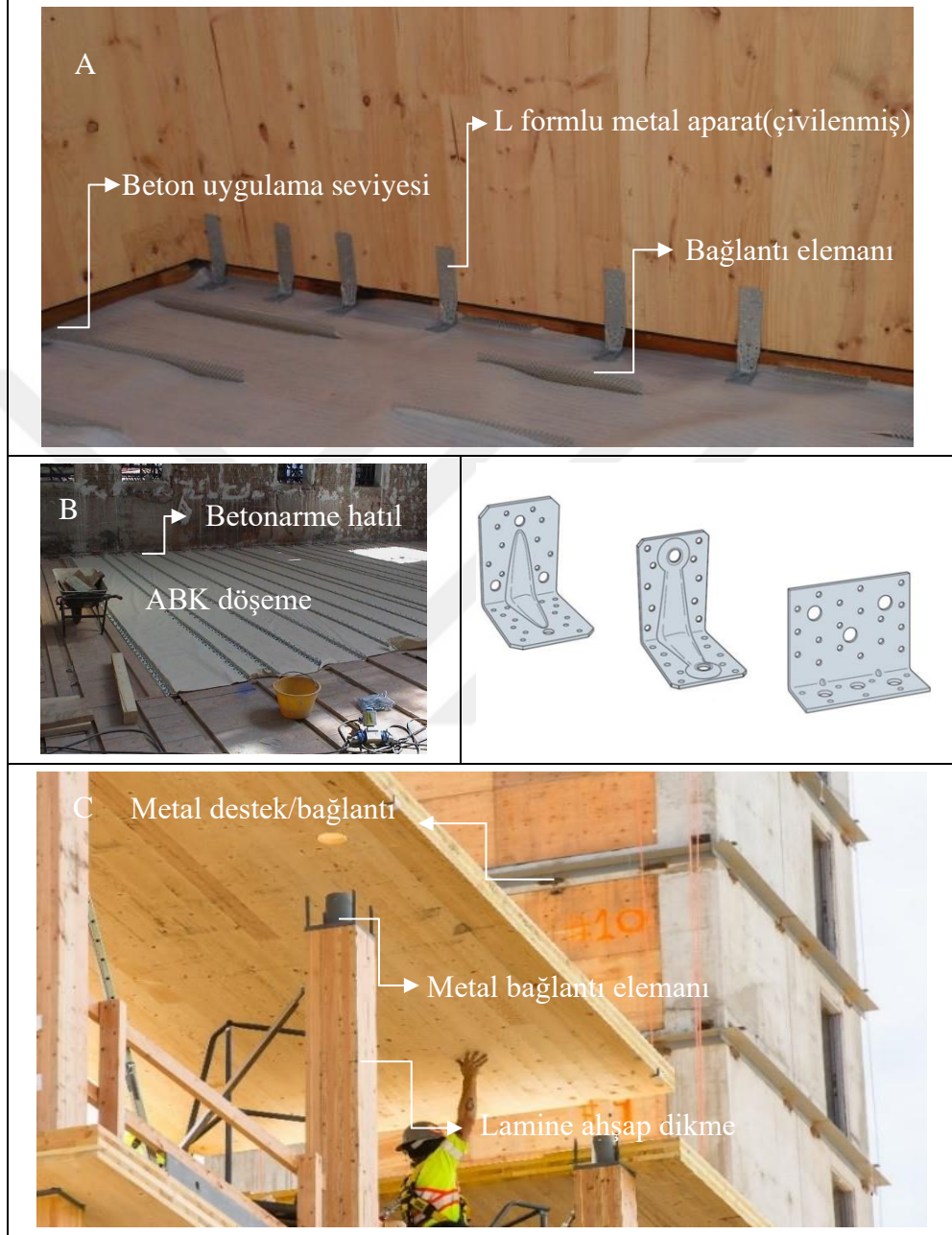
Şekil 54'te ABK döşeme panellerinin (levha tipi uygulama) yığma bir kâgir yapıda, dış duvar birleşimi örnek detayları çift yönlü kesitler biçiminde verilmiştir.



Şekil 54. Yığma/Kâgir yapıda ABK levha döşeme paneli birleşim detayı (Dış duvar) [60].

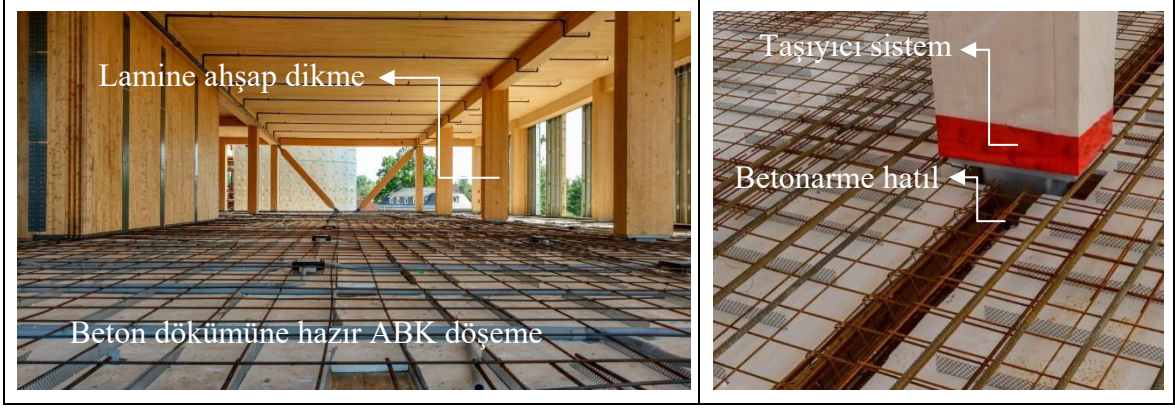
Şekil 55'te ABK döşeme panellerinin uygulanmasına ait görseller verilmiştir. Şekil 55/A'da C ve D detayına ait örnek uygulama, Şekil 55/B'de A ve B detayına ait örnek

uygulama ve Şekil 55/C’de ise uygulamalarda kullanılan metal bağlantı elemanlarına ait görseller verilmiştir.



Şekil 55. ABK döşeme panellerinin uygulanmasına ait görseller[60, URL-7, 9 ve 10].

ABK döşeme uygulamalarında panel-panel birleşimleri, tercih edilen yapım tekniğine göre ele alınabilir. Yerinde yapım ve yarı prefabrike (beton malzemenin şantiyede uygulandığı) yapım tekniği kullanılan uygulamalarda (Şekil 56) panel-panel birleşimlerinde temel faktör, tek parça şeklinde uygulanan beton malzemedir.



Şekil 56. Yerinde yapım, yarı prefabrike yapım tekniği kullanılan uygulamalar[URL-11].

Tam prefabrike yapım tekniği tercih edildiğinde ise çeşitli biçimlerde panel-panel birleşimleri tercih edilmektedir. Bunlar; prefabrike döşeme panellerinde bırakılan kısmi (şekil 57) ya da sürekli bağlantı boşlukları (Şekil 58) biçiminde uygulanmaktadır.



Şekil 57. Tam prefabrike yapım tekniği kullanılan uygulamalar (A) [63, URL-12 ve 13].



Şekil 58. Tam prefabrike yapım tekniği kullanılan uygulamalar (B) [URL-14].

#### 2.1.1.1.7. ABK Yapı Elemanlarının Binalarda Kullanımı

Ahşap-Beton Kompozit sistem yapı elemanları konut, eğitim, ticaret merkezi, ofis benzeri işlevlere sahip binalarda ve kısa açıklıklı köprülerin yapımında tercih edilebilmektedir. Çalışmada, ABK yapı elemanlarının binalarda kullanım olanakları incelenmiştir. Köprü yapımında kullanılan ABK yapı elemanları kapsam dışında tutulmuştur[12].

ABK sistem yapı elemanları, geleneksel ahşap döşemelere göre daha rijit, daha iyi bir ısı yalıtımı ve daha iyi bir akustik değer sağlıyor olması gibi olumlu özellikleri nedeniyle binalarda kullanılmaktadır. Ayrıca, betonarme döşemeye göre azaltılmış kütle, geniş açıklık

geçebilme, daha iyi çevresel özelliklere sahip olma ve ahşabın estetik özelliği de ABK yapı elemanlarının kullanımında etkilidir. Ahşap ve beton malzemenin: bir arada kullanılması malzemelerin tekil kullanımına oranla daha etkin mimari çözümler sunmaktadır.

Çalışma kapsamında 6 adeti yeni yapı, 1 adeti tadilat uygulaması olmak üzere toplam 7 adet bina, ABK sistem yapı elemanlarının (döşeme panelleri) taşıyıcı sistem ile ilişkisinin ve uygulama yöntemlerinin analiz edilmesi amacıyla incelenmiştir. Aşağıda incelen yapılara ait açıklamalar yer almaktadır:

- John W. Olver Tasarım Binası (John W. Olver Design Building): Massachusetts, Amherst Üniversitesi kampüsünde yer alan bina, aynı üniversitenin, Yapı ve İnşaat Teknolojisi programının Ahşap-Beton Kompozit sistemler üzerinde yürüttüğü çalışmaların bir sonucu ve kullanılabilirliğinin ortaya koyulduğu bir sonuç ürünü olarak, 18 aylık bir süre neticesinde 2017 yılında inşa edilmiştir.

Binanın inşa edilmesindeki temel amaç farklı disiplinleri bir araya getirmek ve ABK sistemlerin kullanım olanaklarını ortaya koymaktır. Bina, Amerika Birleşik Devletlerinde, ABK sistem kullanılarak üretilen ilk örneklerdendir ve akademik çalışmalar için kullanılan ilk örnektir. Bu nedenler ile inşa edilmeden önce binanın projesi, yerel bir yapı müzesinde sergilenmiştir.

İnşa edilen bina 4 katlıdır ve yaklaşık 8000 m<sup>2</sup> alanı içerisinde sınıflar, atölyeler, bilgisayar laboratuvarı, dijital üretim laboratuvarı, yeşil bina laboratuvarı, malzeme test laboratuvarı, telekonferans odaları, ahşap mağazası, açık çalışma alanları, yönetim birimleri, sergi alanları, kafe ve kütüphane işlevli mekânlara sahiptir. Bina, yapı ve inşaat teknoloji, çevre koruma programı, mimarlık, peyzaj ve şehir bölge planlama bölümlerine hizmet etmektedir.

Binanın taşıyıcı sistemi çelik ve endüstriyel ahşap malzemelerden oluşan (karma) iskelet sistem şeklinde inşa edilmiştir. İnşa edilen binada lamine ahşap, çapraz lamine ahşap (CLT) ve CLT levhalara yapıştırılmış parçalı metal bağlantı elemanı yerleştirilerek (prefabriğe) üzerine şantiyede beton plak uygulanan ABK döşeme panelleri tercih edilmiştir. Binada, tamamı Kuzey Amerika ormanlarından temin edilen yaklaşık olarak 2,000 m<sup>3</sup> ahşap malzeme kullanılmıştır.

Kullanılan ahşap malzemelerin bünyelerine atmosferden yaklaşık 2.000 ton CO<sub>2</sub> depoladıkları, bu miktarın kalıcı olarak inşa edilen binada depolandığı ve yaklaşık olarak 400 adet motorlu aracın 1 yılda atmosfere saldıdığı CO<sub>2</sub> miktarına eşit olduğu ifade edilmektedir[URL-15 ve 16].

Tablo 8. John W. Olver binasına ait görseller[URL-15 ve 16].

<b>John W. Olver Tasarım Binası Genel Görünüm</b>	
	
<b>Yapım Sürecine ve Yapının Taşıyıcı Sistemine Ait Görseller</b>	
	
<b>Ahşap-Beton Kompozit Panellerin Uygulanmasına Ait Görseller</b>	
	

- Yaşam Döngüsü Kulesi-I (The Life Cycle Tower One): Avusturya, Dornbirn’de yer alan “Yaşam Döngüsü Kulesi-I” binası, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı için yapılan bir pilot proje olarak 2012 yılında inşa edilmiştir.





Bina, boyutları 100 m<sup>2</sup> ila 1600 m<sup>2</sup> arasında değişen, iç mekân duvar elemanlarının taşıyıcı özellikte olmaması ile esnek yapıda, değiştirilebilir ofisler şeklinde işlevlendirilmiştir. Ayrıca, binada ziyaretçilere sürdürülebilir çözüm olanaklarının sergilendiği “Life Cycle Hub” adlı bir mekân bulunmaktadır.

Bina, düşey sirkülasyon elemanlarının (2 adet merdiven, asansör ve 1 adet yangın merdiveni bulunan) yer aldığı betonarme bir çekirdek ve bu çekirdeğe iki yönden bağlanan, 2.70 m aks aralıklı prefabrike Ahşap-Beton Kompozit paneller ile inşa edilen ana mekanlardan oluşmaktadır. Bu panellerde lamine ahşap (glue-laminated wood) kullanılmıştır. Binada, gerekli tüm detay çözümleri önceden tanımlanmıştır ve bileşenler şantiyede bir araya getirilerek binanın çekirdek harici bölümlerinin inşası 8 günde tamamlanmıştır. Binanın cephe kaplamaları, taşıyıcı sistem kurgusuna uygun olarak modüler, geri dönüştürülmüş metal elemanlardan oluşturulmuştur ve binanın pencereleri üç camlı olarak inşa edilmiştir. Binanın cephelerinde, otomatik kontrol edilebilen panjurlar bulunmaktadır. Binada ısıtma, soğutma ve iç mekan hava kalitesini kontrol etmek amacıyla mekanik sistemler kullanılmıştır. Bunların yanında binada yangın sensörleri, güneş kontrol sensörleri gibi sistemler de mevcuttur. Bu sistemler, ABK panellerde yer alan boşluklar içerisine yerleştirilmiştir ve bu uygulama, asma tavan gerekliliğini ortadan kaldırmıştır.

Binanın yapımında ABK yapı elemanları kullanımı ile yapım aşamasında düşük gürültü ve toz kirliliği, inşaat işlerinin yürütülmesinde hataların asgari düzeye indirgenmesi, yenilenebilir malzeme kullanımı ile çevreye olumlu katkı ve hızlı yapım sağlanmıştır. Ayrıca, ABK döşeme panelleri ile geniş açıklıklar geçilmiş (1. kat/9,45 m), katların yangın yönetmeliklerinin gerektirdiği şekilde birbirinden ayrılması sağlanmış, ahşabın görünür kalması ile estetik bir görüntü elde edilmiştir. Bunların yanında, prefabrike bir yapım sistemi olması nedeni ile betonarme ve çelik gibi geleneksel yapı sistemlerine oranla %50 daha kısa yapım (inşa) süresi gerektirmektedir; ahşap ve betonun bir arada kullanılması ile de binada kullanılan beton miktarını önemli oranda azaltarak, daha hafif bir bina elde edilmesi sağlanmıştır. Bu yolla temel boyutları küçültülmüş ve %90'a kadar daha düşük CO<sub>2</sub> salınımı sağlanmıştır. Bina ömrünün sonunda, yapı malzemeleri verimli bir şekilde yeniden kullanılabilir, geri dönüştürülebilir veya biyoenerjiye çevrilebilir düzeydedir[URL-17 ve 18].



Tablo 9. Yaşam Döngüsü Kulesi-I binasına ait görseller[URL-17 ve 18].

<b>Yaşam Döngüsü Kulesi-1 Binası Genel Görünüm</b>	
	
<b>Yapım Sürecine ve Yapının Taşıyıcı Sistemine Ait Görseller</b>	
 <p>ABK Döşeme Paneli</p> <p>Lamine Ahşap Dikme</p>	 <p>Betonarme Strüktür</p> <p>Cephe Panelleri</p>
<b>Ahşap-Beton Kompozit Panellerin Uygulanmasına Ait Görseller</b>	
 <p>Lamine kiriş (Tek)</p> <p>Lamine kiriş (Çift)</p> <p>Bağlantı boşluğu</p> <p>Metal bağlantı elemanı</p> <p>Lamine Ahşap Dikme</p>	

• CSH Hamburg Binası (CSH Case Study Hamburg): IBA Hamburg (Hamburg kentinin planlanması, geliştirilmesi ve kentsel uygulamaların gerçekleştirilmesinden sorumlu kentsel gelişim şirketi) tarafından, 2006-2013 yılları arasında gerçekleştirilen, Uluslararası Bina Sergisi (International Building Exhibition) kapsamında, 2013 yılında, 1500 m<sup>2</sup>'lik bir alan üzerinde inşa edilmiştir.

Adjaye Mimarlık Ofisi (Londra), (Adjaye Associates/London) tarafından tasarlanan bina, dört katlıdır ve 1200 m<sup>2</sup> kullanım alanına sahiptir. 10 aylık bir süreçte montajı tamamlanan konut işlevli binanın duvarları ahşap paneller, döşemeleri ise dikey sirkülasyon elemanlarını barındıran çekirdek etrafına yerleştirilen, Ahşap-Beton Kompozit paneller (tam prefabrike) kullanılarak üretilmiştir. ABK panellerde yapıştırılmış parçalı metal bağlantı elemanları kullanılmıştır.

Bina, dikey ya da yatay olarak birleştirilebilen ya da üst üste yerleştirilebilen kare planlı 45 m<sup>2</sup> modüllerden oluşmaktadır. Binada, modüler yapı sayesinde, kullanıcı değişikliklerine cevap verecek şekilde iç mekân düzenlemeleri yapmak da mümkün olmaktadır.






Binada bulunan mekânların boyutları 45 ile 140 m<sup>2</sup> arasında değişiklik gösterir şekilde tasarlanmıştır. Bunun yanında, her dairenin bahçe ve teraslara erişiminin sağlanması üzerinde özenle çalışılmıştır.

Binanın cephe düzeni, iç mekâna azami ışık alacak, ısı kaybını ise asgari düzeyde tutacak şekilde düşünülmüştür. Binada kullanılan ahşap esaslı prefabrike yapı elemanları ile sağlanan avantajlar şu şekildedir:

- Zaman tasarrufu,
- İş gücü tasarrufu,
- Kaynak tasarrufu,
- Kolay montaj,
- Kaynak korunumu,
- Esnek iç mekân kurgusu,
- Daha düşük çevre kirliliği oluşumu,
- Kalite kontrol sorunlarının çözümü.

Binanın inşa edilmesinin temel hedefi, yerel yapı sektöründe kullanımı oldukça az olan yeni nesil ahşap yapım sistemlerinin, esnek ve özelleştirilebilir nitelikli yapılar üretimine olanak sağlayan tasarımlar üzerinden tanıtılmasını sağlamaktır. Bu uygulama ile farklı gelir gruplarına ulaşmak amaçlanmıştır[URL-19 ve 21].

Tablo 10. CSH Hamburg binasına ait görseller[URL-19, 20 ve 21].

<b>CSH Hamburg Binası Genel Görünüm</b>		
		
<b>Yapım Sürecine ve Yapının Taşıyıcı Sistemine Ait Görseller</b>		
	 Panel-Panel Birleşimi (Döşeme)	
<b>Ahşap-Beton Kompozit Panellerin Uygulanmasına Ait Görseller</b>		
 → Tam Prefabrike ABK Döşeme Paneli		

• Arenz Ticaret Merkezi (Arenz Textilhandels): Almanya, Dernbach’da bulunan bir ticaret bölgesinde yer alan bina, Arenz isimli tekstil firmasının hizmet ve yönetim binası olarak inşa edilmiştir. 2012 yılında inşa edilen bina, 20\*20 m ölçülerinde bir arazi üzerinde yer almaktadır ve yaklaşık olarak 800 m<sup>2</sup> kullanım alanına sahiptir (Şekil 59).

Binada, eğimli bir araziye inşa edilmiş olması nedeniyle iki farklı temel tipi (toprağa oturan kısımda radye jeneral temel, oturmayan kısımlarda tekil temel) ve duvarlarında taşıyıcı nitelikte ahşap paneller, döşeme ve çatısında ise ahşap-beton kompozit paneller kullanılmıştır. Binanın yapım aşaması, özellikle de binada kullanılan ABK döşeme panel uygulamaları Almanya’nın, Hessen eyaletinin başkenti Wiesbaden’da yer alan RheinMain Uygulamalı Bilimler Üniversitesi (Hochschule RheinMain) tarafından takip edilerek, gerçekleştirilen çalışmalar için bir örnek üretim alanı olarak ele alınmıştır. Kullanılan ahşap ve ABK paneller prefabriğe olarak uygulanmıştır. Ayrıca, ahşap yapı elemanlarının kullanımı ile yaklaşık 223 ton CO<sub>2</sub> kalıcı olarak yapı bünyesinde depolanmıştır.





Ahşap kafes kirişler üzerine oturan binanın çatısı yaklaşık 900 m<sup>2</sup> alana sahiptir ve bu alanın tamamına yakınına güneş enerji panelleri yerleştirilmiştir. Bu sayede bina tükettiği enerji miktarından daha fazla enerji üretmektedir ve ürettiği bu fazla enerjiyi şehir şebekesine aktarmaktadır[URL-22 ve 23].



Şekil 59. Arenz Ticaret Merkezi çatısında yer alan güneş panelleri[URL-24].

Bina, sahip olduğu çevreci özellikler nedeniyle Avrupa Bölgesel Kalkınma Fonu (European Regional Development Fund-ERDF) tarafından desteklenmiştir. Bina, Rheinland-Pfalz eyaleti, Enerji Ajansı tarafından, yeni bina inşası ya da tadilat çalışmalarında enerji verimliliği sağlayan ve örnek olarak gösterilebilecek yapılara verilen Ulusal İklim Koruma Rozeti (H.ausgezeichnet) ile ödüllendirilmiştir.

Tablo 11. Arenz Ticaret Merkezi binasına ait görseller[URL-24].

<b>Arenz Ticaret Merkezi Binası Genel Görünüm</b>	
	
<b>Yapım Sürecine ve Yapının Taşıyıcı Sistemine Ait Görseller</b>	
 <p data-bbox="347 1216 624 1290">ABK Döşeme Paneli (Yarı Prefabriğe)</p>	 <p data-bbox="874 1312 1166 1350">Ahşap Cephe Panelleri</p>
<b>Ahşap-Beton Kompozit Panellerin Uygulanmasına Ait Görseller</b>	
 <p data-bbox="687 1798 1241 1832">Beton levha dökümüne hazır ABK döşeme</p>	


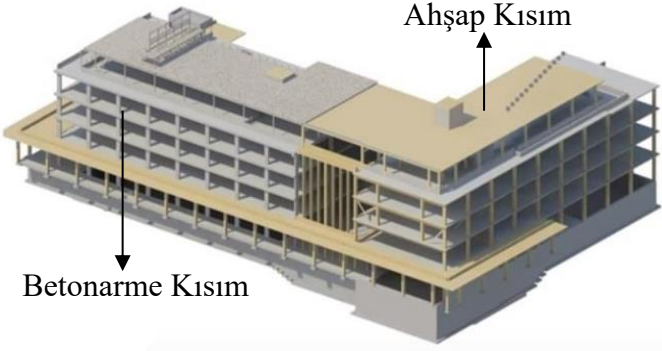


• Yer Bilimleri Binası (Earth Sciences Building): British Columbia Üniversitesi'nin Vancouver kampüsünde (Kanada/Vancouver) inşa edilen bina; Dünya, Okyanus ve Atmosferik Çalışmalar Merkezi, İstatistik Bölümü, Matematiksel Bilimler Pasifik Enstitüsüne hizmet etmektedir ve binada her bölüm için ofisler, araştırma laboratuvarları, konferans salonları, müze ve kafe bulunmaktadır. Bina, araştırma laboratuvarları ve ofisleri barındıran güney bölüm ile ofisler ve konferans salonlarının bulunduğu, kuzey bölüm olarak, bir atriyum ile ikiye ayrılmıştır. Bu ayrımın önemi, binanın güney bölümünün betonarme, kuzey bölümünün ise ahşap malzeme kullanılarak inşa edilmiş olmasıdır[URL-25 ve 26].



Şekil 60. Binayı ikiye ayıran atriyum alanının iç mekandan görünümü[URL-25 ve 26].

Binanın kuzey kısmı, ahşap iskelet sistem ve bu sistemi tamamlayan ahşap-beton kompozit döşeme panelleri ile üretilmiştir. Bu uygulamalarda kullanılan ahşap malzemeler; çapraz lamine ahşap (CLT), lamine şerit kereste (LSL) ve lamine ahşap (glulam)'dır ve bina Kuzey Amerika'da ABK döşeme panelleri ile inşa edilen en büyük örnektir (Şekil 60). Binada yaklaşık olarak  $1.317 \text{ m}^3$  ahşap malzeme kullanılmıştır ve kullanılan bu malzemelerin bünyelerinde yaklaşık 1.094 ton  $\text{CO}_2$  depoladığı, bu oranın 415 motorlu taşıtın 1 yılda atmosfere saldığı miktar ile eşit olduğu ifade edilmiştir. Bu binanın karbon ayak izi, eş değer bir betonarme yapıya göre yaklaşık olarak %50 oranında daha azdır. Bunun yanında, ahşap malzeme kullanımı ile estetik bir görüntü kalitesi sağlanmıştır. ESB projesi ağır ahşap yapımında yeni bir yapısal performans ve yenilikçilik standardı belirlemektedir ve mühendislik ürünü ahşap malzemelerin en zorlu kurumsal projelerde ne kadar verimli ve rekabetçi bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir[URL-25 ve 26].

Tablo 12. Yer Bilimleri binasına ait görseller[URL-25 ve 26].

<b>Yer Bilimleri Binası Genel Görünüm</b>	
	
<b>Yapım Sürecine ve Yapının Taşıyıcı Sistemine Ait Görseller</b>	
	
<b>Ahşap-Beton Kompozit Panellerin Uygulanmasına Ait Görseller</b>	
	

•Josefs Park Yaşlı Bakım Evi (Josefs Park Retirement Home): Almanya, Eberhardzell’de bulunan, Josefs Park Yaşlı Bakım Evi 2007 yılında inşa edilmiştir. Geniş bir kent parkına bakan hâkim bir noktada yer alan yaşlı bakım evi, yardımcı konutlar, konaklama ve idari birimlerden oluşan bir yapı topluluğu içerisinde yer almaktadır.

Binada, ahşap-beton kompozit döşeme, duvar ve çatı yapı elemanları kullanılmıştır. Kullanılan ABK yapı elemanları (paneller) tam prefabrike olarak üretilmiştir ve şantiyede bir araya getirilerek yapı inşa edilmiştir.

Binada kullanılan ABK döşeme, duvar ve çatı yapı elemanlarının tamamında yapıştirılmış parçalı metal bağlantı elemanları kullanılmıştır[URL-27].

Tablo 13. Josefs Park Yaşlı Bakım Evine ait görseller[URL-27].





• Rochlitz Kalesi (Schloss Rochlitz): Yapım tarihi yaklaşık olarak 1000 yıl öncesine dayandırılan, Almanya'nın Saksonya Eyaleti'nde, Mittelsachsen bölgesinde aynı adı taşıyan bir yerleşim yerinde bulunan bir yapıdır.

Zaman içerisinde farklı amaçlara yönelik kullanılan yapı, 18. yüzyılda yönetim merkezi ve bu yüzyılın ortasından 1892 yılına kadar hapisane olarak kullanılmıştır. 1892 yılında müzeye dönüştürülmüştür ve 1995 yılında kamu otoritesi tarafından satın alınarak bu müze genişletilmiştir. Rochlitz Kalesi günümüzde de müze olarak kullanılmaya devam etmektedir (Şekil 61).


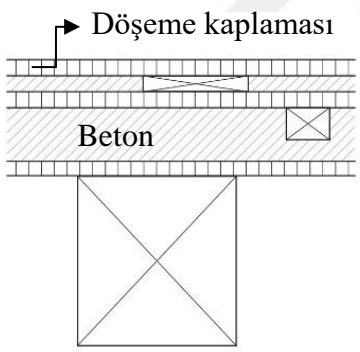
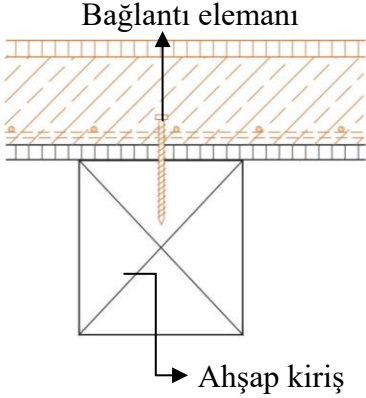

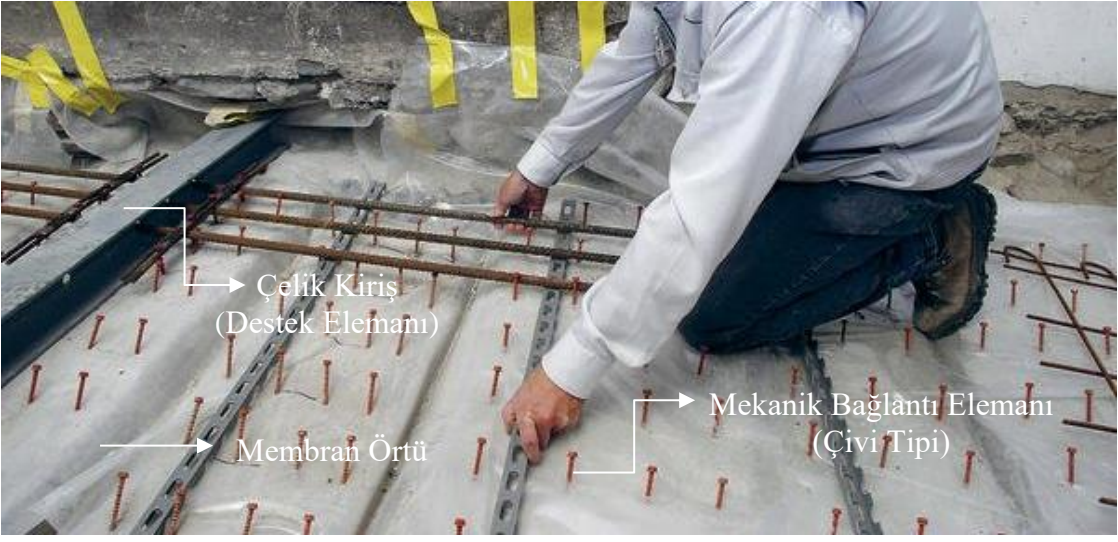
Farklı tarihlerde, çeşitli onarımlar geçiren tarihi kalenin, yangından korunma, ses yalıtımı veya artan kullanıcı yüklerine karşı yenilenme gerekliliği ortaya çıkmıştır. Yapılacak tadilatın, tarihi yapının mimari karakterine uygun ve istenilen yüksek dayanım özelliklerinde olması amacıyla ahşap zemin döşemeleri, ahşap-beton kompozit sistem kullanılarak yenilenmiştir[URL-28].



Şekil 61. Rochlitz Kalesi (Schloss Rochlitz) genel görünümü[URL-28].

Gerçekleştirilen tadilat uygulamalarında kullanılacak bağlantı elemanlarının tipi, fiziksel özellikleri (kalınlık vb.), sayısı ve aralıkları tarihi yapının ahşap döşeme kirişlerinin güncel durumlarına, en kesitlerine ve geçtikleri açıklığa bağlı olarak belirlenmiştir. Bu tür uygulamalarda çivi tipi bağlantılar, var olan ahşap kirişler üzerinde ön uygulama (delme, kesme vb.) gerektirmiyor olduğu için tercih edilmektedir. Ayrıca, bu uygulamalarda genellikle iç mekân yüksekliğinin azalmamasına özen gösterilmektedir. Tarihi yapıların ahşap kirişlerinin çok fazla deforme olduğu durumlarda çelik malzemeler ile ek kirişler kullanılabilir. Bu uygulamalarda lif katkılı beton kullanımı betonun çatlamasını engellemek için önerilmektedir.

Tablo 14. Rochlitz Kalesine ait görseller[URL-28].

<b>Rochlitz Kalesi Genel Görünüm</b>		
		
<b>Yapım Sürecine ve Yapının Taşıyıcı Sistemine Ait Görseller</b>		
 <p>Döşeme kaplaması</p> <p>Beton</p>	 <p>Bağlantı elemanı</p> <p>Ahşap kiriş</p>	
<b>Ahşap-Beton Kompozit Panellerin Uygulanmasına Ait Görseller</b>		
 <p>Çelik Kiriş (Destek Elemanı)</p> <p>Membran Örtü</p> <p>Mekanik Bağlantı Elemanı (Çivi Tipi)</p>		

### 2.1.1.1.8. Ahşap-Beton Kompozit Sistemin Avantajları ve Dezavantajları

Ahşap-Beton Kompozit sistem sahip olduğu avantajlar ve özellikle çevre koruma bilincinde yaşanan olumlu gelişmeler nedeniyle pek çok ülkede tercih edilmektedir. Ahşap ve betonun bir arada kullanılmasıyla oluşturulan ABK sistem sadece ahşap ya da sadece betonarme kullanılan sistemlere göre kullanım, taşıyıcılık ve çevre başlıklarında önemli avantajlara sahiptir ve bu avantajlar şu şekilde sıralanmıştır:

Ahşap sistemle inşa edilen yapılara göre;

- Geleneksel ahşap sistemlere göre daha rijit ve daha güçlüdür. Sağladığı rijitlik ile yapıların deprem dayanımını artırmaktadır.

- Geniş açıklıklar geçilebilmesi ile planlamada serbestlik sağlar.

- Daha iyi akustik performans gösteren yapılar inşa edilmektedir.

- Titreşim kaynaklı problemlerin önemli oranda çözümünü sağlar.

- Ahşap sistemlere göre katlar arasında yangın korunumunu daha etkin sağlar.

- Yüksek ısı kütlesi oluşturarak yapıların ısıtma ve soğutma enerji tüketimlerini azaltır.

Betonarme sistemle inşa edilen yapılara göre;

- Çekme kuvveti etkisi altında çatlama oluşan ve bu nedenle verimini kaybeden betonarme kesiti azaltılarak yerine ahşap kiriş ya da ahşap alt levha kullanılması ile daha verimli kesitler elde edilmektedir. Kirişli sistemlerde kirişler arasındaki boşluk, teknik yapı hizmetleri için kullanılır. Asma tavana oranla maliyeti düşüktür ve kurulum süresi azdır.

- Düşük öz ağırlık değerine sahiptir. Temele etki eden yükte azalma meydana gelir. Betonarme sistemlere göre ağırlığın azalması ile daha küçük kesitli temellere olanak sağlar. Ayrıca, kütle/ağırlığın azalması deprem etkisini önemli oranda azaltır.

- Ahşabın estetik üstünlüğünü sunmaktadır. Görünümde ahşap ön plandadır. Doğal ve sıcak etkisi ile mimari açıdan avantaj sağlamaktadır. Ahşabın sürdürülebilirlik yönünden barındırdığı avantajlara sahiptir. Özellikle tam prefabrike olan uygulamalarda ahşap bölümler düşük ağırlıklı olmaları ve sisteme uygulanacak beton malzeme dökümüne kalıp oluşturmaları nedeniyle oldukça hızlı kurulabilmektedir.

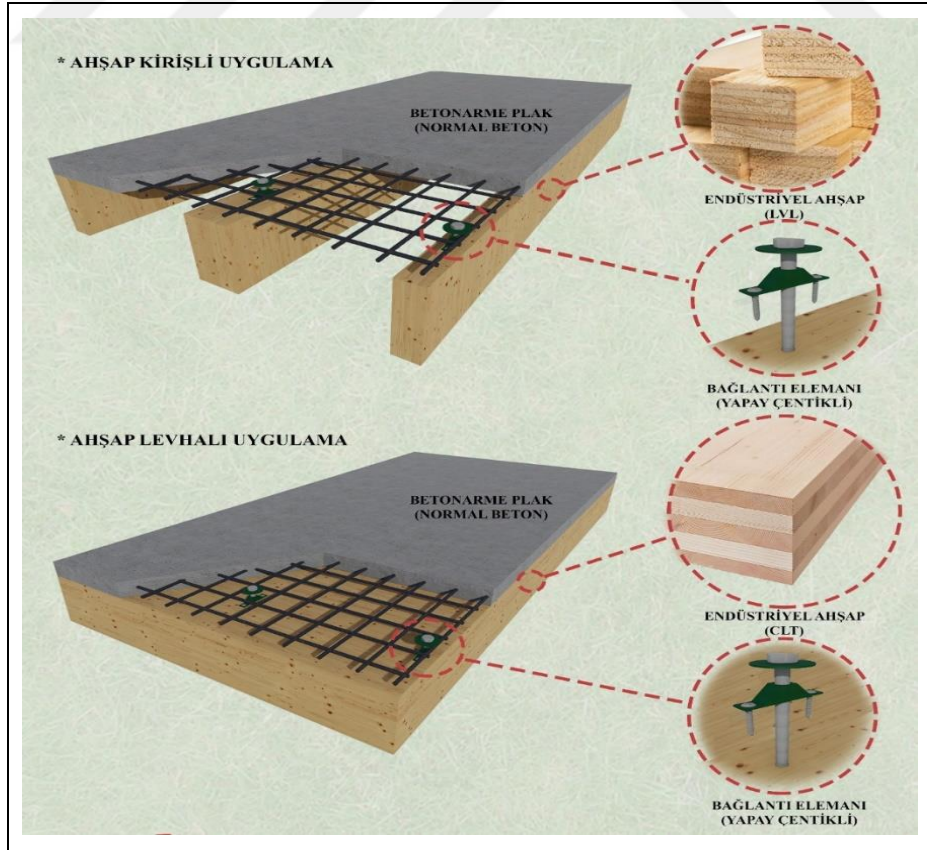
Sistem düşük gömülü karbon enerjisi barındırmaktadır. Betonarme ve çelik malzemeler ile yapı üretimine oranla oldukça az enerji gerektirir ve üretimleri sırasında atmosfere daha az karbondioksit salınımı olur. Bünyesindeki ahşap, karbonu bünyesinde depolayarak, diğer malzemelerin ve inşaat faaliyetlerinin saldırdığı sera gazlarını dengelerler[16, 17, 20].

### 2.1.1.2. ABK Sistem Önerisi “Yapay Çentikli Ahşap-Beton Kompozit Sistem”

Yapay çentikli Ahşap-Beton Kompozit sistem (YÇABK); ABK sistem uygulamalarında kullanılan farklı türde bağlantı elemanlarına alternatif olarak çalışma kapsamında geliştirilen, yapay çentikli bağlantı elemanlarının kullanıldığı, yeni bir sistemdir (Şekil 62). Sisteme adını veren bağlantı elemanı beton katman içerisinde boşluk oluşturması nedeniyle yapay çentik olarak isimlendirilmiştir.

Yapay çentikli ABK sistemin geliştirilmesindeki temel amaç, çalışma alanı özellikleri dikkate alınarak, hem tadilat hem yeni yapı uygulamalarında tercih edilebilecek, kolay ve hızlı uygulanabilen, ekonomik, yüksek dayanım ve rijitlik özelliklerine sahip bir bağlantı türü elde etmektir.

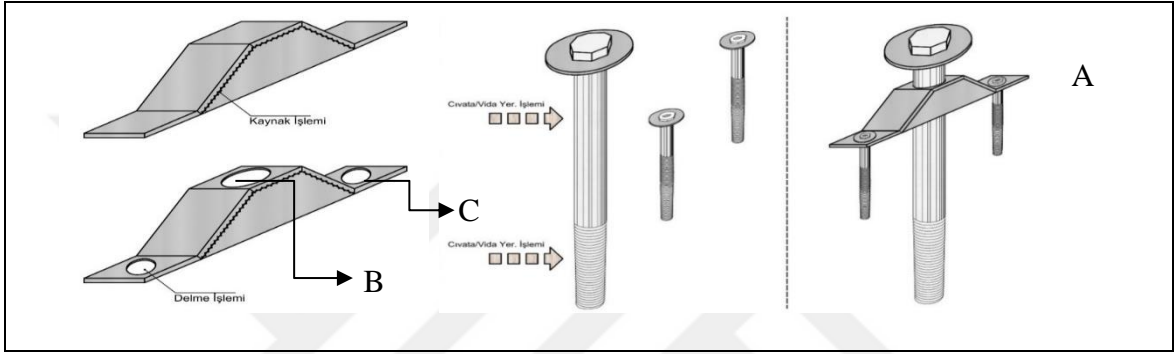
Yapay çentikli ABK sistem, ahşap kiriş ya da levha, beton plak ve yapay çentikli bağlantı elemanından oluşmaktadır (Şekil 62). Çalışma kapsamında yerel mimari özellikleri yansıtır olması ve daha geniş açıklıklar geçebilmesi nedenleri ile ahşap kirişli uygulama ele alınmıştır.



Şekil 62. Yapay çentikli ABK sistem uygulama türleri ve kullanılan elemanlar.

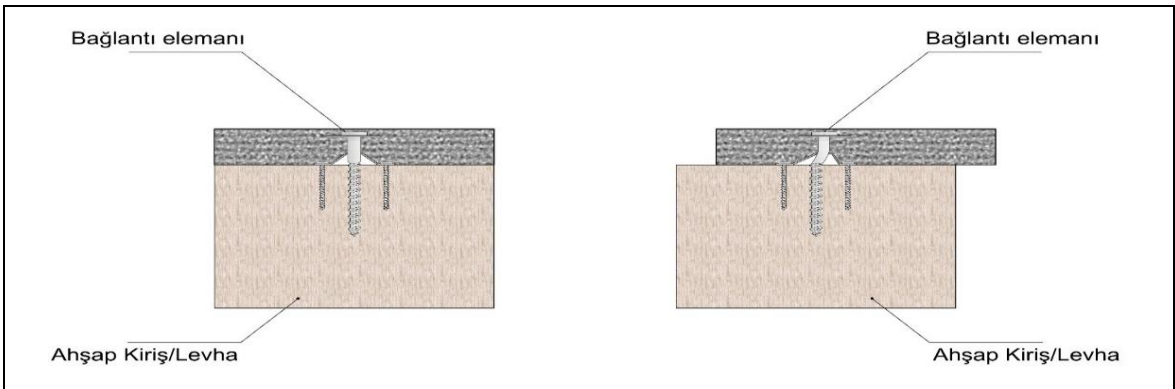
Çalışma kapsamında geliştirilen ve kullanılan yapay çentikli bağlantı elemanı, ahşap eleman ile beton plak arasındaki yük aktarımını (kompozit etkiyi) sağlamak üzere tasarlanmıştır.

Yapay çentikli bağlantı elemanı; başlıklı cıvata, metal pul ve metal yapay çentikten oluşmaktadır (Şekil 63/A). Yapay çentiğin (Şekil 63/B) orta kısmında, başlıklı cıvata için (kullanılan elemanının çapına bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir), iki kenarında ise ahşap kiriş ya da levhaya bağlantı için bırakılan montaj delikleri bulunmaktadır (Şekil 63/C).



Şekil 63. Yapay çentikli bağlantı elemanının parçalarına dair şematik görsel.

Yapay çentikli bağlantı elemanının yamuk şeklindeki orta kısmı, beton plak içerisinde kapalı ve içi boş bir hacim yaratmaktadır. Böylelikle buradan geçerek kiriş ve plak arasındaki bağlantıyı sağlayan başlıklı cıvatanın, beton döşeme ile ahşap eleman (kiriş ya da levha) arasındaki bağıl ötelenme neticesinde kesme etkisinden uzaklaşarak, boşluklu alan içerisinde serbestçe eğilmeye çalışması ve sünek davranış sergilemesi sağlanmaktadır (Şekil 64).



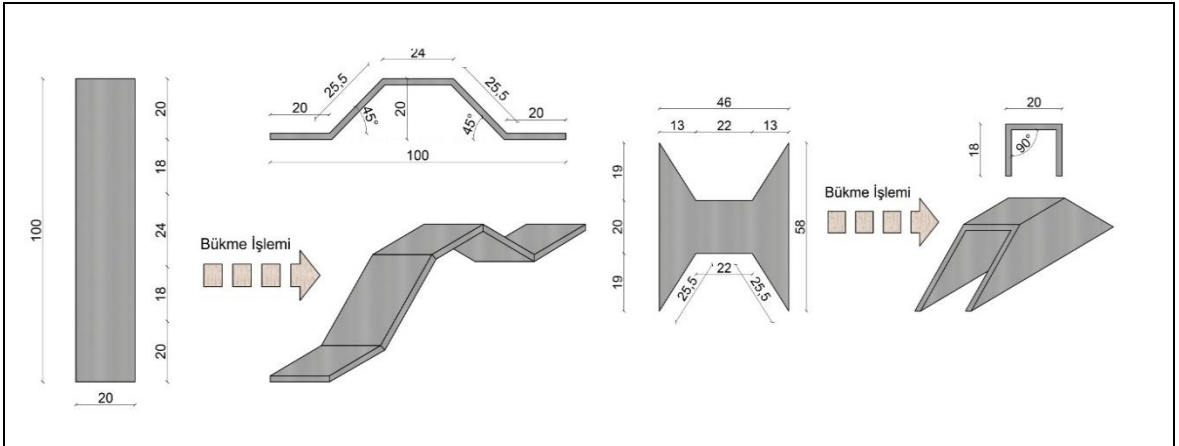
Şekil 64. Yapay çentikli Ahşap-Beton Kompozit sistemin yatay yük altında davranışı.

Yapay çentikli bağlantı elemanının yamuk şeklindeki orta kısmının içerisine beton girmemesi, sistemin davranışı için son derece önemlidir. Dolayısıyla, bağlantı elemanının Şekil 63’te de görüldüğü gibi kapalı olması gerekmektedir. Ayrıca, başlıklı cıvata ile beton plak arasındaki aderansı artırmak için kullanılan metal pulun, başlıklı cıvataya kaynaklanarak beton dökümü esnasında sabit kalması önemli ve gereklidir.

#### 2.1.1.2.1. Yapay Çentikli Bağlantı Elemanının Ön Boyutlandırılması

Yapay çentikli Ahşap-Beton Kompozit sistemin performansını etkileyecek en önemli unsur, yapay çentikli bağlantı elemanının boyutlarıdır. Kompozit verimlilik, süneklik ve enerji tüketim kapasitelerinin artırılabilmesi için yapay çentikli bağlantı elemanı ile beton plak arasındaki aderansın yeterli olması, yapay çentiğin başlıklı cıvataya sağladığı moment kolunun eğilmeye olanak verecek ölçülerde olması ve başlıklı cıvata çapının yeterli olması gerekmektedir.

Cıvatanın çapının gereğinden büyük olması, hasarın beton döşemede yoğunlaşarak cıvatanın eğilmeden beton döşeme ile arasındaki aderansın kaybolmasına neden olabilir. Cıvata çapının yetersiz olması durumu ise sistemin kompozit verimliliğini olumsuz etkileyecektir. Bu nedenle, bu ölçütlerin ne derecede sağlandığını tespit edebilmek ve yapay çentikli bağlantı elemanının boyutlarını belirleyebilmek için farklı boyutlarda, yapay çentikli bağlantı elemanları üzerinde öncü çalışmalar yapılmıştır ve bu çalışmalar sonucunda yapay çentikli bağlantı elemanının boyutlarının Şekil 65’te verildiği biçimde olmasına karar verilmiştir.



Şekil 65. Yapay çentikli bağlantı eleman boyutları ve oluşum adımları.

### 2.1.1.2.2. Yapay Çentikli Yapı Elemanlarının Ön Boyutlandırılması

Yapay çentikli Ahşap-Beton Kompozit yapı elemanlarının ön boyutları, tasarımı gerçekleştirilen yapı işlevi üzerinden belirlenecektir. Çalışma kapsamında sistemin döşeme uygulamaları ele alınmıştır ve döşeme elemanlarının boyutlandırılması amacıyla şu ölçütler oluşturulmuş ve kullanılmıştır (örnek çalışma için bkz. Ek-1):

- Endüstriyel üretim yöntemlerinde, yapı ürünleri arasında koordinasyon sağlanması ve malzeme kayıplarının önlenmesi gibi, üretime dönük ekonomik yarar sağlamak amacıyla, modüler koordinasyon uygulamaları gerçekleştirilmektedir. Modüler koordinasyon, tüm bileşenlerin ve planlamanın esas olan birim boyuta dayanarak tasarlanmasıdır. Döşeme elemanlarının en ve boy ölçüleri gerçekleştirilecek tasarım üzerinden, hazırlanan modülasyon kurgusu ile belirlenmiştir.

- En ve boy ölçülerine karar verilen döşeme elemanlarının, en kesitleri TS 500 ve TS EN 1995-1-1 standartları üzerinden hazırlanan Tablo 15 kullanılarak hazırlanmıştır.

Tablo 15. Boyut ve donatılara ilişkin sınırlar (TS 500 [64] ve TS EN 1995-1-1 [65] ).

Büyükklük	Sembol	$\leq / \geq$	Sınır Değerler ve Açıklamalar	
Dişler arası net açıklık	e	$\leq$	700 mm (TS 500)	
Diş genişliği	b	$\geq$	Min.	$\frac{h}{4}$ 50 mm (TBDY)
Betonarme döşeme kalınlığı	t	$\geq$	50 mm	e/10 (TS 500)
Betonarme plakta her bir doğrultudaki dağıtma donatısı oranı	$P_d = \frac{A_d}{e.t}$	$\geq$	0,0015 – $A_d = 0,0015.t.e$ . (TS 500)	
Dağıtma donatısı aralığı	$S_d$	$\leq$	250 mm	
Kiriş derinliği	h	$\geq$	$L_n/20$	Tek açıklıklı basit mesnetli
			$L_n/15$	Sehim hesabı gerektirmeyen
			$L_n/10$	Konsol
			$L_n/8$	Sehim hesabı gerektirmeyen
Enine kiriş sayısı		$\geq$	1 adet	4m-7m arası açıklık
			2 adet	7 m den büyük açıklık

• En-boy ve en kesit ölçüleri belirlenen, yapay çentikli ABK döşeme elemanlarının, bağlantı elemanı düzen ve sayısı Tablo 16’da ki veriler doğrultusunda belirlenmiştir.

Tablo 16. Bağlantı elemanlarının yerleştirilmesine (düzen ve sayısına) ait veriler.

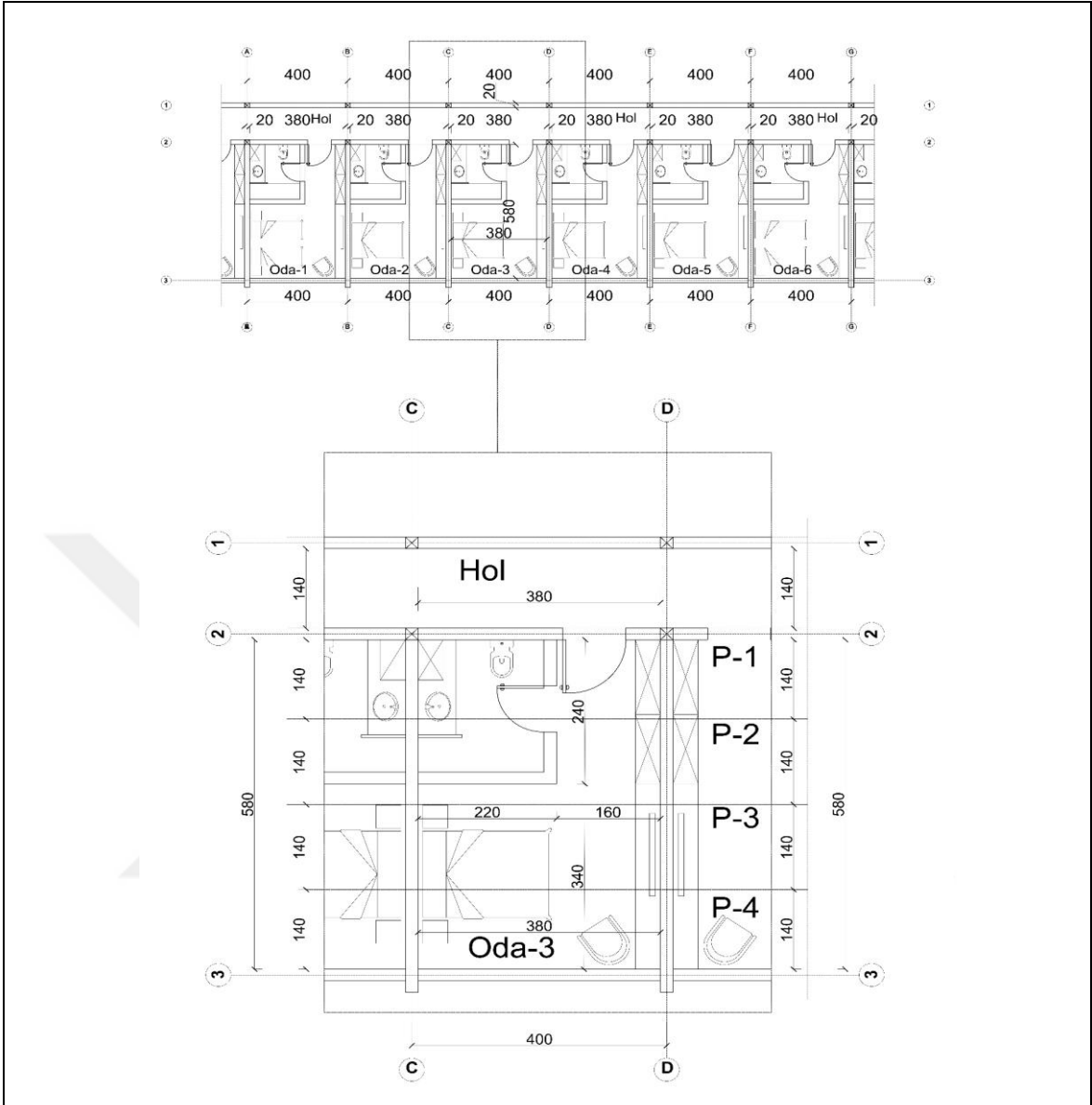
Ahşap Kiriş/ Levha Uzunluğu (m)	Bağlantı Elemanı Sayısı (adet)	Bağlantı Elemanı Aks Aralığı (cm)	Bağlantı Elemanı Konumu (cm)	
			Ahşap (a <sub>de</sub> )	Beton (b <sub>de</sub> )
0 – 15 m	$B_s \geq L/50$ cm	$A_k \leq d_b * 10$	$a_{de} \geq d_b * 0.6$	$b_{de} \geq 2.5$ cm
<p>* L: Açıklık, d<sub>b</sub>: Cıvata uzunluğu, a<sub>de</sub> ve b<sub>de</sub> Cıvatanın betona ve ahşaba nüfuz derinliği</p> <p>* Bağlantı elemanları yerleştirirlerken, ahşap kiriş ya da levhanın açıklık ortasında bir aks eksik bırakılır.</p>				

### 2.1.2. Deneysel Çalışma

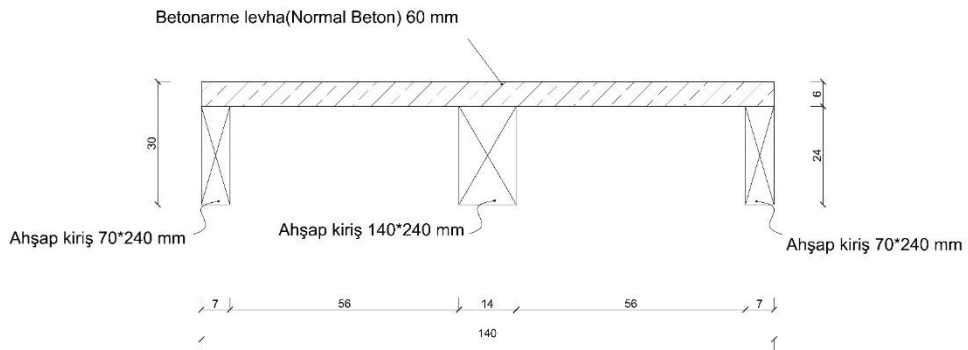
Çalışma kapsamında döşeme panelleri ele alınmıştır ve Ahşap-Beton Kompozit sistem döşeme panellerinin davranışlarını incelemek, bu sistemde kullanılmak üzere geliştirilen yapay çentikli bağlantı elemanı özelliklerini belirlemek ve özellikleri belirlenen yapay çentikli bağlantı elemanı kullanılan ABK döşeme panelleri ile çentikli bağlantı elemanı kullanılan ABK döşeme panelleri özelliklerinin karşılaştırılması amacıyla deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda, çentikli ABK yapı elemanları referans numune olarak kabul edilmiştir.

Deney elemanlarının boyutlandırılması amacıyla, standart bir (iki kişilik) konaklama ünitesi üzerinde modülasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Şekil 66/A). Modülasyon çalışması, ilgili yönetmeliklerde verilen gereklilikler doğrultusunda belirlenen asgari mekân boyutları üzerinden ve panellerinin üretim, taşıma vb. inşa olanakları dikkate alınarak yapılmıştır. Yapılan çalışma ile döşeme panellerinin en-boy ölçüleri 140\*380 cm olarak, en kesit ölçüleri ise Tablo 15’te yer alan veriler üzerinden ahşap kirişler, orta kiriş 14\*24 cm, kenar kirişleri 7\*24 cm, beton plak kalınlığı ise 6 cm olarak belirlenmiştir (Şekil 66/B).





A: Panel boyutları: 140\*380 cm olarak belirlenmiştir.



B: Panel en kesit boyutları: Ahşap kiriş merkez: 14\*24 cm, yan: 7\*24 cm/Beton plak: 6 cm olarak belirlenmiştir (P harfi panelleri temsil etmektedir).

Şekil 66. Konaklama ünitesi modülasyon çalışması (A), panel boyutlarının belirlenmesi (B).

Çalışma kapsamında, 3 adeti ön deney (öncü itme deneyleri), 2 adeti itme deneyi ve 2 adeti eğilme deneyi olmak üzere toplam 7 adet deney yapılmıştır. Deneyler, Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı ve Malzeme Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen deneylere ve bu deneylerde kullanılan eleman, malzeme ve ekipmanlara ait detaylı bilgiler başlıklar halinde verilmiştir.



Şekil 67. KTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı ve Malzeme laboratuvarı.

#### 2.1.2.1. Ön Deneyler (Öncü İtme Deneyleri)

Yapay çentikli bağlantılarda kullanılacak cıvatanın eğilme rijitliği, cıvata ile beton döşeme arasındaki aderans ve yapay çentiğin cıvataya sağladığı moment kolu, sistemin davranışını etkileyen temel parametrelerdir. Cıvata çapının gereğinden büyük olması durumunda hasarın beton döşemede yoğunlaşarak cıvatanın henüz eğilmeden beton döşeme ile arasındaki aderansın kaybolması beklenmektedir. Bununla birlikte yapay çentik içinde bırakılan 2 cm uzunluğundaki moment kolunun etkinliği cıvata çapına bağlı olarak değişecektir. Dolayısıyla süneklik ve enerji tüketme kapasitesi açısından en ideal cıvata çapının belirlenmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, ideal cıvata çapının tespit edilmesi için farklı çaplı cıvataların kullanıldığı yapay çentikli bağlantılar ile ön deney elemanları üretilmiştir.

##### 2.1.2.1.1. Ön Deney Elemanları ve Özellikleri

İdeal cıvata çapının belirlenmesi ve yapay çentikli bağlantı elemanı davranışlarının incelenmesi amacıyla gerçekleştirilen ön deneylerde 3 adet deney elemanı hazırlanarak, test edilmiştir. Ön deney elemanlarının özellikleri Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Ön deney elemanlarına ait çizimler (plan, kesit, perspektif).

Deneysel Eleman	Bağlantı elemanının civata çapı (mm) ve eleman sayısı		Beton plak boyutları (Normal beton), (cm)			Ahşap kiriş boyutları, (Lamine ahşap), (cm)	
			Genişlik	Uzunluk	Kalınlık	En kesit	Uzunluk
O-1	Ø 16	1 adet	75	35	6	14*24	35
O-2	Ø 16	1 adet					
O-3	Ø 18	1 adet					

**O-1**

**O-2**

**O-3**

- O-1 ön deney elemanı, Ahşap-Beton Kompozit sistem uygulamalarında ideal dayanım ve kompozit verimlilik sağladığı, bilimsel çalışmalar ile belirlenmiş olan çentikli bağlantı elemanını temsil ettiği için çalışma kapsamında referans numune olarak kabul edilmiştir. Üretilen ön deney elemanı; ahşap kirişin, beton plak ile temas eden yüzeyinde açılan 15 cm uzunluğunda ve 3 cm derinliğindeki çentik ve bu çentiğin merkezinde yer alan 8.8 kalitesinde, 16 mm çapında ve 18 cm uzunluğunda cıvata kullanılarak oluşturulan (her çentik için bir cıvata olacak şekilde uygulanmaktadır) bağlantı elemanı, 75 cm genişliğinde, 35 cm uzunluğunda ve 6 cm kalınlığında beton plak ve aynı uzunluktaki, 14\*24 cm en kesitli ahşap kirişten oluşmaktadır.

- O-2 deney elemanı, çalışma kapsamında tasarlanan yapay çentikli bağlantı elemanını temsil etmektedir. Bu deney elemanında, O-1 deney elemanından farklı olarak, çentik kiriş de değil beton plak içerisinde bırakılmıştır. Üretilen deney elemanı; beton plak içerisinde kapalı bir hacim sağlayan, derinliği (moment kolu) 2 cm olan yapay çentik ve bu çentiğin merkezinde yer alan 8.8 kalitesinde, 16 mm çapında ve 18 cm uzunluğunda başlıklı cıvata kullanılarak oluşturulan (her çentik için bir cıvata olacak şekilde uygulanmaktadır) bağlantı elemanı ve O-1 elemanı ile aynı boyutlarda beton plak ve ahşap kirişten oluşmaktadır. Bu ön deney elemanından elde edilen sonuçlar, çentiğin ahşap kiriş yerine beton plak içerisinde bırakılmasının sağlayacağı avantajların ve/veya dezavantajların belirlenmesini sağlamıştır.

- O-3 deney elemanı, çalışma kapsamında tasarlanan yapay çentikli bağlantı elemanını temsil etmekte olup O-2 deney elemanından farkı, kullanılan başlıklı cıvata çapının 18 mm olmasıdır. Bu tercihin nedeni, O-1 deney elemanında yatay yüke, cıvataya ilaveten beton çentik de karşı koyarken, O-2 de yalnızca başlıklı cıvata karşı koymakta olduğu için beton çentiğin O-1 elemanının yük taşıma kapasitesine sağlayacağı katkıyı dikkate alabilmektir.

Üretilen tüm ön deney elemanlarının beton plaklarında, aynı donatı düzeni kullanılmıştır. Kullanılan donatı düzeni; enine ve boyuna doğrultuda 10 cm aralıklar ile Ø 8 cm donatı çubuklarının, alt ve üst yüzeyde olacak şekilde yerleştirilmesidir.

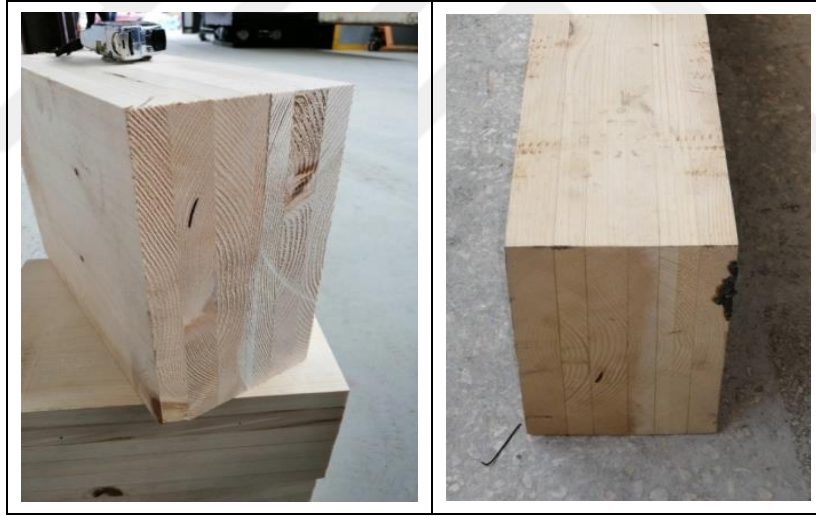
#### **2.1.2.1.2. Ön Deney Elemanlarında Kullanılan Malzeme Özellikleri**

Yapılan deneysel çalışmalarda, başta Ahşap-Beton Kompozit sistemin temel malzemeleri olmak üzere pek çok malzeme kullanılmıştır. Kullanılan malzemelere ilişkin özellikler başlıklar halinde bu bölümde açıklanmıştır:

### 2.1.2.1.2.1. Ahşap Malzeme Özellikleri

Yapay çentikli Ahşap-Beton Kompozit sistemde kullanılan ahşap kirişlerin malzemesi, endüstriyel ahşap ürünleri içerisinde yapı üretiminde taşıyıcı amaçlı kullanıma elverişli olması ve eşdeğerlerine oranla daha yaygın kullanılıyor oluşu dikkate alınarak Lamine ahşap (Glued Solid Timber/Lamine Masif Ahşap Kereste) olarak belirlenmiştir (Şekil 68).

Lamine ahşap ASTM D 5456 – 99a [66] standardına göre, iki veya daha çok kerestenin lifleri birbirine ve son ürünün uzun eksenine paralel gelecek şekilde, basınç altında yapıştırılmasıyla elde edilen yapısal bir ahşap kompozit elemandır. Lamine ahşap elemanlar, sağladıkları biçim ve boyut serbestisi ile aranan özel yapısal gereksinimlere cevap verebilir nitelikleri nedenleriyle geniş bir kullanım alanına sahiptir. Lamine ahşap eleman üretiminde, çam, köknar ve ladin gibi iğne yapraklı ağaç odunları tercih edilmektedir.



Şekil 68. Deneysel çalışmalarda kullanılan Lamine ahşap kirişlere ait görsel.

Deneysel çalışmalarda kullanılan Lamine ahşap kirişler, piyasadan rastgele seçim yöntemi ile temin edilmiş olan ladin kerestelerden yetkin firmalara ürettirilmiştir. Kerestelerin seçiminde; 1. sınıf kuru, sağlam, doğal renkli, lifleri birbirine paralel olması ve lif kıvrıklığının olmaması, ağaç kusurlarını içermemesi, böcek ve mantar zararlarına uğramaması gibi etmenler göz önünde bulundurulmuştur. Lamine ahşap kirişlerin üretiminde endüstriyel (kontakt) tutkal kullanılmış ve üretim süreci gözetim altında tutulmuştur.

Deneysel çalışmalarda kullanılan Lamine ahşap kirişlerin üretici firma tarafından belirlenmiş bazı mekanik özellikleri Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 18. Lamine ahşap kirişlerin bazı mekanik özellikleri.

<b>Eğilme gücü:</b> Yanlamasına Ölçü etki alanı Düzlemesine	24 N/mm <sup>2</sup> 0,15 36 N/mm <sup>2</sup>
<b>Gerilme gücü:</b> Damara paralel Yanlamasına, damara dik Düzlemesine, damara dik	26 N/mm <sup>2</sup> 0.6 N/mm <sup>2</sup> NPD
<b>Basınç gücü:</b> Damara paralel Yanlamasına, damara dik Düzlemesine, damara dik	32 N/mm <sup>2</sup> 4 N/mm <sup>2</sup> 2.7 N/mm <sup>2</sup>

#### 2.1.2.1.2.2. Bağlantı Elemanı Özellikleri

Deneysel çalışmalarda çentikli ve yapay çentikli iki tür bağlantı kullanılmıştır. Bağlantıların tamamında, 8.8 kalitesinde, karakteristik özellikleri Tablo 19’da verilen cıvatalar tercih edilmiştir. Yapay çentik ise S235 kalitesinde ve 2 mm kalınlığında çelik saç levhalardan üretilmiştir. Yapay çentiğin sistemin yük taşıma kapasitesine bir etkisi yoktur. Yalnızca beton plak içerisinde istenilen boşluğun bırakılması için kullanılmaktadır. Bu nedenle farklı özelliklerde malzemelerden de üretilebilir.

Tablo 19. Bağlantı cıvatalarının karakteristik özellikleri.

Çap, d <sub>c</sub> (mm)	Anahtar ağızı, D <sub>c</sub> (mm)	Kafa kalınlığı, K <sub>c</sub> (mm)	Cıvata boyu, L <sub>c</sub> (mm)	Diş boyu, b <sub>c</sub> (mm)	Karakteristik akma dayanımı (MPa)	Karakteristik çekme dayanımı (MPa)
M16	24	10	180	44	640	800
M18	27	12	180	48	640	800

### 2.1.2.1.2.3. Agregasın Özellikleri

Deneysel çalışmalarda kullanılan beton malzeme üretiminde maksimum 12 mm çapında, kalker agregası kullanılmıştır. Bu agregalar üzerinde gerçekleştirilen fiziksel özellik deneylerinden elde edilen sonuçlar Tablo 20’de verilmiştir.

Tablo 20. Beton üretiminde kullanılan agregaların fiziksel özellikleri.

Agrega dane boyutu	Özgöl kütle (kg/m <sup>3</sup> )		Su emme (%)
	Kuru	Doygun	
İri (4 mm-12 mm)	2643	2655	0.45
İnce(0-4 mm)	2632	2647	0.57

Çalışma kapsamında üretilen betonların tümünde aynı tür agrega ile aynı granülometrik bileşim kullanılmıştır (Tablo 21).

Tablo 21. Agreganın granülometrik bileşimi.

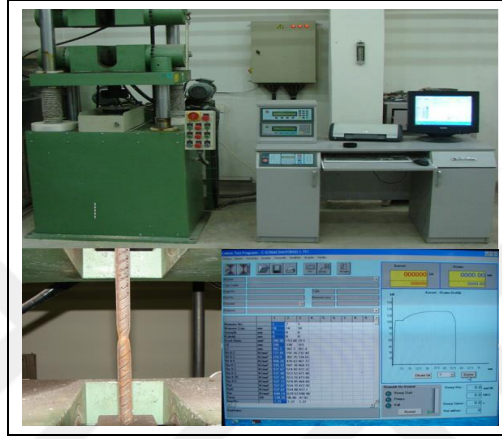
Granülometrik sınıflar (mm)	Toplam kütle (%)
0-2	30
2-4	17
4-8	30
8-12	23

### 2.1.2.1.2.4. Çimento, Su ve Katkı Maddelerinin Özellikleri

Deneysel çalışmalarda kullanılan beton malzeme üretiminde CEM II 42.5 R tipi çimento kullanılmıştır. Beton malzemenin üretiminde ve küründe, laboratuvarda mevcut içme suyu özeliğinde olan su kullanılmıştır. Beton malzeme üretiminin hiç bir evresinde mineral katkı maddesi (uçucu kül, mikro silis vb.) kullanılmamıştır. Kimyasal katkı maddesi olarak ise betonun istenen kıvam özelliklerini sağlaması için yapı kimyasal ürünlerinden, süper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Bu kimyasal ürün, polikarboksilik eter esaslı, yüksek oranda su azaltan, erken ve nihai yüksek dayanım ve dayanıklılığa gereksinim duyulan hazır beton ve prekast endüstrisi için geliştirilmiş, yeni nesil süper akışkanlaştırıcı beton katkı malzemesidir.

### 2.1.2.1.2.5. Donatı Özellikleri

Deney elemanı, beton plaklarının üretiminde 8 mm çapında ve B420C kalitesinde, nervürlü donatılar kullanılmıştır. Donatılardan alınan 3 adet numune üzerinde, 600 kN kapasiteli Universal deney aleti ile merkezi çekme deneyi yapılmıştır (Şekil 69). Kullanılan donatıların ortalama akma ve çekme dayanımları sırasıyla 522 ve 639 MPa'dır.



Şekil 69. Merkezi çekme deneyine ait görsel.

### 2.1.2.1.2.6. Beton Malzeme Özellikleri

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 [67]'de ön üretimli betonarme elemanlarda en düşük C30/37 kalitesinde beton kullanılabilir. Bu nedenle, deney elemanlarının beton plakları C30/37 kalitesinde üretilmesi planlanmıştır. Bu amaçla, hedeflenen basınç dayanımında beton üretebilmek için deneme üretimleri yapılmıştır (Şekil 70).



Şekil 70. Deneme betonu üretimine ait görsel.



Deneme üretimleri sonucunda belirlenen ve hedeflenen basınç dayanımlarını sağlayan karışım oranları Tablo 22’de verilmiştir.

Tablo 22. Beton malzemelerin karışım oranları (1 m<sup>3</sup>).

Çimento tipi	Çimento miktarı (kg)	S/Ç Oranı	Agrega (kg)	Su (kg)	Katkı Maddesi (kg)
Cem II 42.5 R	350	0.60	1746	210	4.2

Tablo 22’de verilen karışım oranları kullanılarak üretilen beton malzemelerden 6 adet küp numune alınarak 28 gün boyunca, standart küre bırakılmıştır. Bu süre sonunda kür havuzundan çıkartılan numuneler üzerinde, 2500 kN kapasiteli, bilgisayar kontrollü, sabit hızla yükleme yapabilen bir deney aleti kullanılarak basınç deneyleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 71).



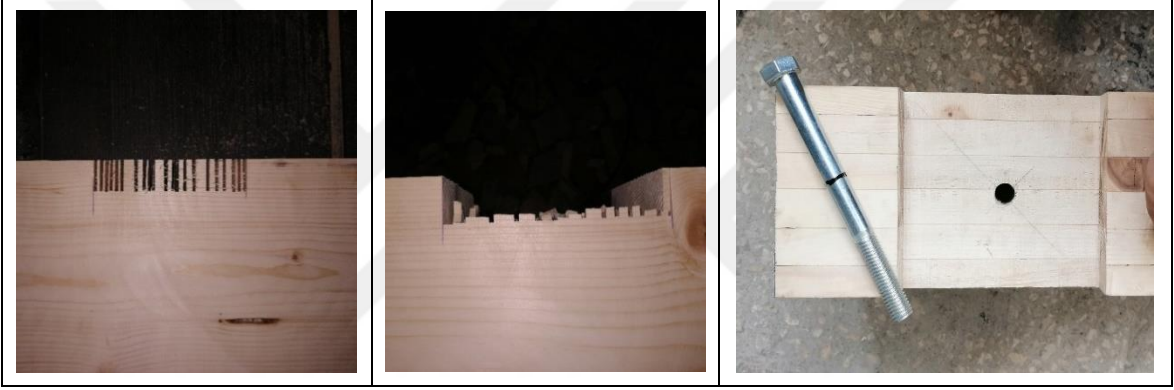
Şekil 71. Beton basınç deneyine ait görseller.

Deneme karışımları kullanılarak elde edilen beton malzemelerin basınç dayanımlarının ortalaması 44.8 MPa olarak tespit edilmiştir.

Tablo 22’de verilen karışım oranları kullanılarak üretilen beton malzemenin, basınç dayanım olarak hedeflenen düzeyde olduğu belirlenmiştir.

### 2.1.2.1.3. Ön Deney Elemanlarının Üretimi

Ön deney elemanları; 14\*24 cm en kesitli, 35 cm uzunluğunda Lamine ahşap kirişlerin kesilerek, Lamine ahşap kirişler üzerinde, sistemde kullanılacak bağlantı tipi ve özelliklerine bağlı olarak gerekli düzenlemeler (kesme, delik açma vb.) yapılarak hazırlanmıştır. Bu düzenlemeler; çentik tipi bağlantılar için ahşap kiriş üzerine, 3 cm derinliğinde ve 15 cm uzunluğunda çentik açılması ve açılan çentiğin merkezinde 10 cm derinliğinde, Ø 16 mm çapında delik oluşturulmasıdır (Şekil 72). Bu işlem yapay çentik tipi bağlantılar için ahşap kirişin merkezinde 13 cm derinliğinde, Ø 16 ve Ø 18 mm çapında deliklerin açılmasıdır.



Şekil 72. Çentikli bağlantılar için Lamine ahşap kirişlerin hazırlanması.

Çentikli bağlantı uygulamalarında tüm işlemler ahşap eleman üzerinde gerçekleştirilmektedir. Yapay çentikli bağlantı uygulamalarında ahşap kiriş üzerinde gerçekleştirilen işlemler sınırlıdır. Bu uygulamalarda, 2 mm kalınlığında çelik sacın, CNC tezgâhında kesildikten sonra bükme makinesinde bükülmesi ve son olarak bu parçaların kaynak ile birleştirilmesi şeklinde üretilen, yapay çentik kullanılmaktadır (Şekil 73).



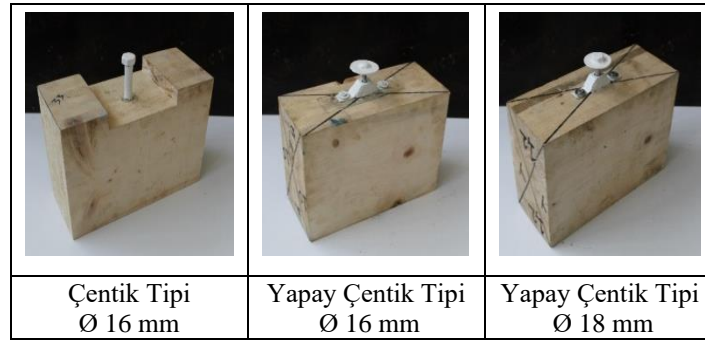
Şekil 73. Yapay çentik imalat adımları; a) kesme, b) bükme, c) kaynaklama ve d) birleştirme.

Lamine ahşap kirişler üzerinde gerekli çentik ve deliklerin açılması ile yapay çentiklerin üretilmesinin ardından, bu boşluklara özellikleri bölüm 2.1.2.1.2.2.'de verilen, farklı çaplardaki cıvatalar yerleştirilmiştir. Bu yerleştirme işlemi öncesinde deliklere, solventsiz inşaat yapıştırıcısı, cıvatanın sabitlenmesi amacı ile uygulanmıştır (Şekil 74).



Şekil 74. Cıvata/bağlantı yerleştirme adımları; a) yapıştırıcı uygulanması, b-c) yerleştirme.

Cıvataların ve bağlantı elemanlarının montajı ile ön deney elemanları beton dökümüne hazır hale gelmiştir. Beton dökümüne hazır hale gelen, Ø16 mm çentik tipi, Ø16 mm yapay çentikli ve Ø18 mm yapay çentikli 3 adet deney elemanı Şekil 75'te gösterilmektedir. Bu işlemlerin ardından beton plak için kalıp üretim sürecine başlanmıştır.



Şekil 75. Beton dökümüne hazır hale getirilmiş ön deney elemanları.

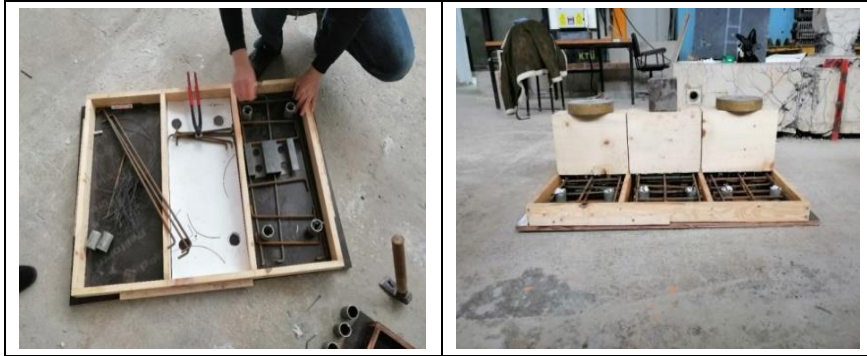
Kalıp üretim süreci, 1 adet 100\*75 cm ölçülerinde ve 6 cm yüksekliğinde kalıp hazırlanmasını kapsamaktadır. Hazırlanan bu kalıpta 3 adet deney elemanı üretilmiştir. Kalıpların hazırlanması işlemi, deney elemanlarının deney düzeneğine sabitlenmesinde kullanılacak çelik boruların yerleştirilmesi ve kalıp elemanlarının iç yüzeylerine betonun

kalıba yapışmaması için ince bir tabaka halinde ayırıcı madde sürülmesi ile tamamlanmıştır (Şekil 76).



Şekil 76. Ön deney elemanlarının üretimi için hazırlanan kalıplara ait görseller.

Kalıp işlemlerinin tamamlanması ile donatı çubuklarının yerleştirilmesi işlemine başlanmıştır. Donatı çubukları, her bir deney elemanında kısa kenar yönünde, 10 adet, uzun kenar yönünde ise 6 adet olacak şekilde, alt ve üst yüzeylerde yerleştirilmiştir (Tablo 15’te yer alan veriler dikkate alınmıştır). Donatı çubuklarının hazırlanarak, kalıpların içerisine yerleştirilmesi ve hazırlanan ahşap kirişlerin kalıpların üzerine, bağlantı elemanları zemine bakacak şekilde konumlandırılması ile ön deney elemanları beton dökümü için hazır hale getirilmiştir (Şekil 77).



Şekil 77. Donatı çubuklarının yerleştirilmesine ait görseller.

Beton döküm işlemi gerçekleştirilirken, betonun kalıbın her tarafına yayılmasını, donatı çubuklarını iyice sarmasını sağlamak ve hava boşluklarını dışarıya çıkararak doluluğu artırmak için şişleme ve tokmaktama yöntemleri ile sıkıştırma işlemi uygulanmıştır. Sıkıştırma işleminin ardından, betonun istenilen yüzey görünüşünü elde etmek amacıyla

yüzey düzeltme araçları (çelik mala ve ahşap master) kullanılarak yüzey bitirme uygulamaları gerçekleştirilmiştir (Şekil 78).



Şekil 78. Beton döküm sürecine ait görseller.

Beton döküm işleminin tamamlanmasından bir gün sonra kalıplar sökülüştür. Beton plağa 28 gün boyunca kür işlemi uygulanarak bakımı sağlanmıştır (Şekil 79).



Şekil 79. Deney elemanlarının bakımı (kürlenmesi).

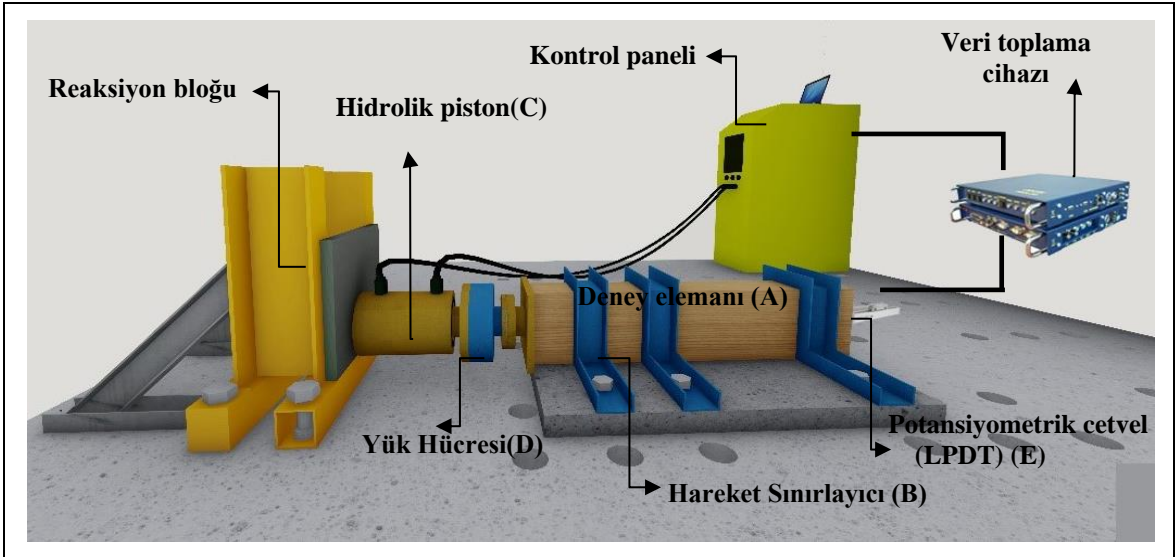
#### 2.1.2.1.4. Ön Deney Düzeneği ve Ölçüm Sistemleri

Ön deneyler ve itme deneyleri Karadeniz Teknik Üniversitesi, Yapı Mekaniği Laboratuvarında bulunan rijit yükleme platformunda gerçekleştirilmiştir. Rijit yükleme platformu deney düzeneğinin montajına imkân sağlayan delikli rijit döşeme (Şekil 81) ve reaksiyon bloğundan meydana gelmektedir (Şekil 80).



Şekil 80. Rijit yükleme platformuna ve alt odasına ait görseller.

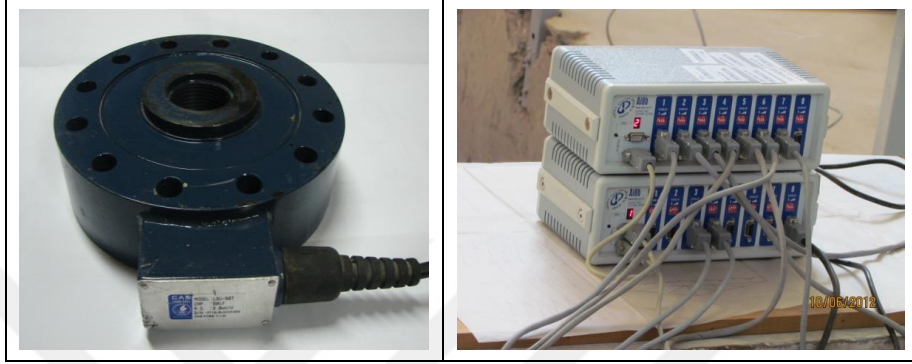
Deney elemanlarının deney düzeneğine yerleştirilmesi işlemi, uygulama kolaylığı açısından ters çevrilen deney elemanlarının delikli rijit platform üzerine yerleştirilmesi ile başlamaktadır (Şekil 80/A). Yerleştirilen deney elemanı üzerine, ahşap kirişin yalnızca itme yönünde hareketine izin verecek nitelikteki hareket sınırlayıcı elemanlar yerleştirilmiştir (Şekil 80/B). 32 mm çapındaki gijonlar, deney elemanlarının üretimi esnasında montaj için beton plak bünyesinde bırakılan boşluklardan ( $\varnothing 4$  cm) geçirilerek hareket sınırlayıcılar ile deney elemanını delikli rijit platforma sabitlemek amacıyla sıkılmıştır.



Şekil 81. İtme deney düzeneğine ait perspektif modelleme.

Ahşap kiriş, bir ucundan reaksiyon bloğuna sabitlenmiş hidrolik piston (Şekil 80/C) vasıtasıyla itilerek beton döşeme üzerinde kaymaya zorlanmıştır. Pistonun ucuna

yerleştirilen bir adet, 50 ton kapasiteli yük hücresi (Şekil 80/D) vasıtası ile yatay yük deney süresince ölçülmüştür. Aynı zamanda ahşap kirişin serbest ucuna yerleştirilen bir adet potansiyometrik cetvel (Şekil 80/E) aracılığıyla kirişin beton plağa göre yaptığı bağıl yer değiştirme (kayma), deney süresince ölçülmüştür. Ölçümler saniyede 8 veri kaydedebilen Coda AI8b veri toplama cihazı ile bilgisayara kaydedilmiştir (Şekil 82).



Şekil 82. 50 ton kapasiteli yük hücresi ve Coda AI8b veri toplama cihazı.

#### 2.1.2.1.5. Ön Deney Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

Gerçekleştirilen deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen veriler ve deney elemanları üzerinde gerçekleştirilen incelemeler ile deney elemanlarına ait yatay yük-yatay yer değiştirme grafikleri ve enerji tüketme kapasiteleri belirlenmiştir. Bu değerlendirmeler başlıklar halinde açıklanmıştır:

##### 2.1.2.1.5.1. Yatay Yük-Yatay Yer Değiştirme Grafiklerinin Elde Edilmesi

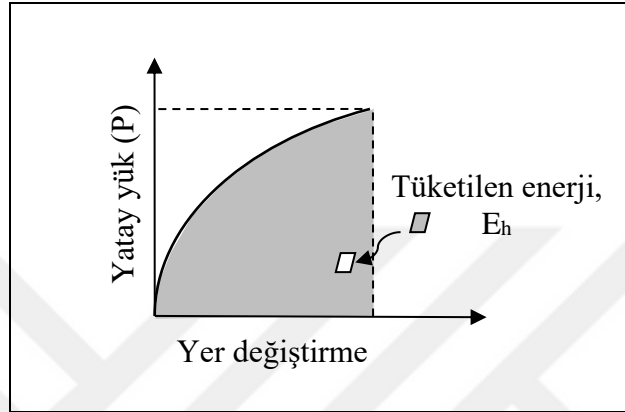
Gerçekleştirilen deneylerde her bir deney elemanı için, ahşap kirişin beton plağa göre bağıl yer değiştirmesi ve buna karşılık gelen yatay yük değerleri, ölçüm sisteminde kullanılan aletler ile ölçülmüş ve kayıt altına alınmıştır.

##### 2.1.2.1.5.2. Enerji Tüketme Kapasitelerinin Hesabı

Yük altındaki yapılar, üzerlerine etkiyen yüklerin oluşturduğu enerjinin bir kısmını şekil değiştirerek tüketmektedir. Tüketilen bu enerji, özellikle deprem gibi dinamik yükleme

durumları için oldukça önemlidir. Deney elemanlarının tüketebileceği enerji, plastik şekil değiştirme kapasitelerine bağlıdır.

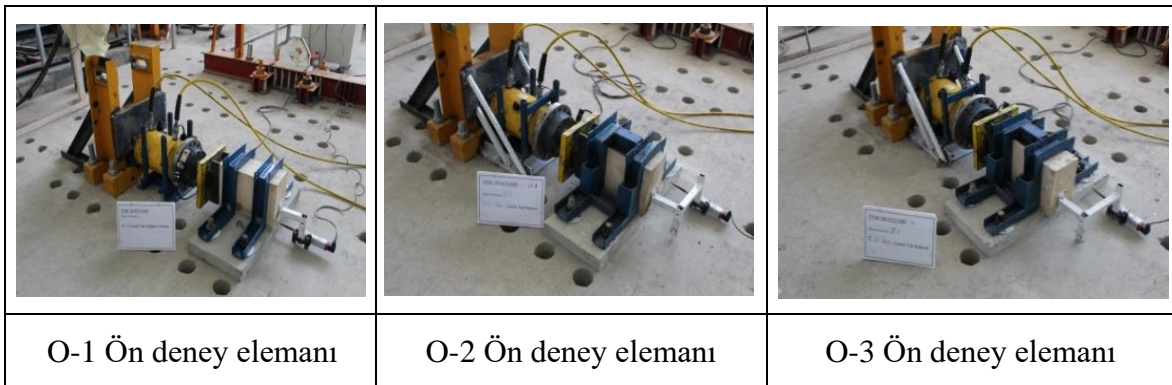
Deney elemanlarının enerji tüketme kapasiteleri, uygulanan yatay yükleme neticesinde elde edilen yatay yük-yatay yer değiştirme eğrisinin altında kalan alan ( $E_h$ ) hesaplanarak belirlenmiştir (Şekil 83).



Şekil 83. Toplam tüketilen enerji grafiği.

#### 2.1.2.1.6. Ön Deney Sonuçları ve İrdemeler

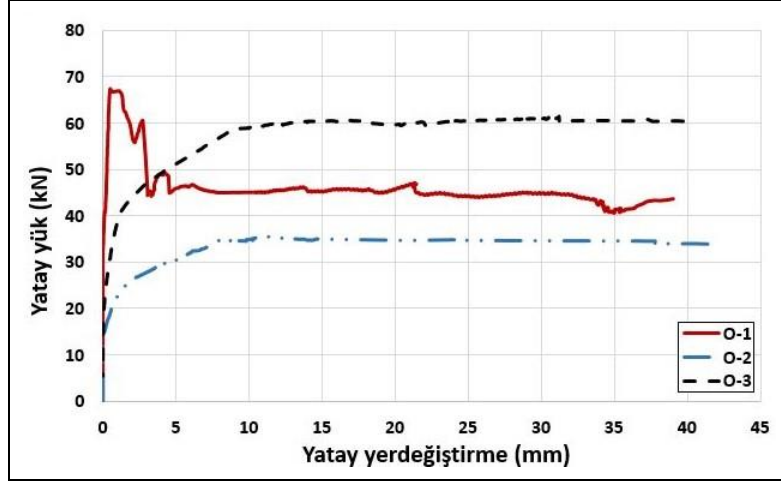
Ön deneyler kapsamında özellikleri Tablo 17’de verilen farklı bağlantı elemanlarına sahip 3 adet deney elemanı, statik itme etkisi altında kaymaya zorlanmıştır (Şekil 84).



Şekil 84. Deneye hazır hale getirilmiş ön deney elemanları.

Gerçekleştirilen deneyler sonucunda, her bir deney elemanı için ayrı ayrı elde edilen yatay yük-yatay yer değiştirme eğrileri karşılaştırılarak Şekil 85’te verilmiştir.





Şekil 85. Ön deney elemanlarının yatay yük-yatay yer değiştirme eğrileri.

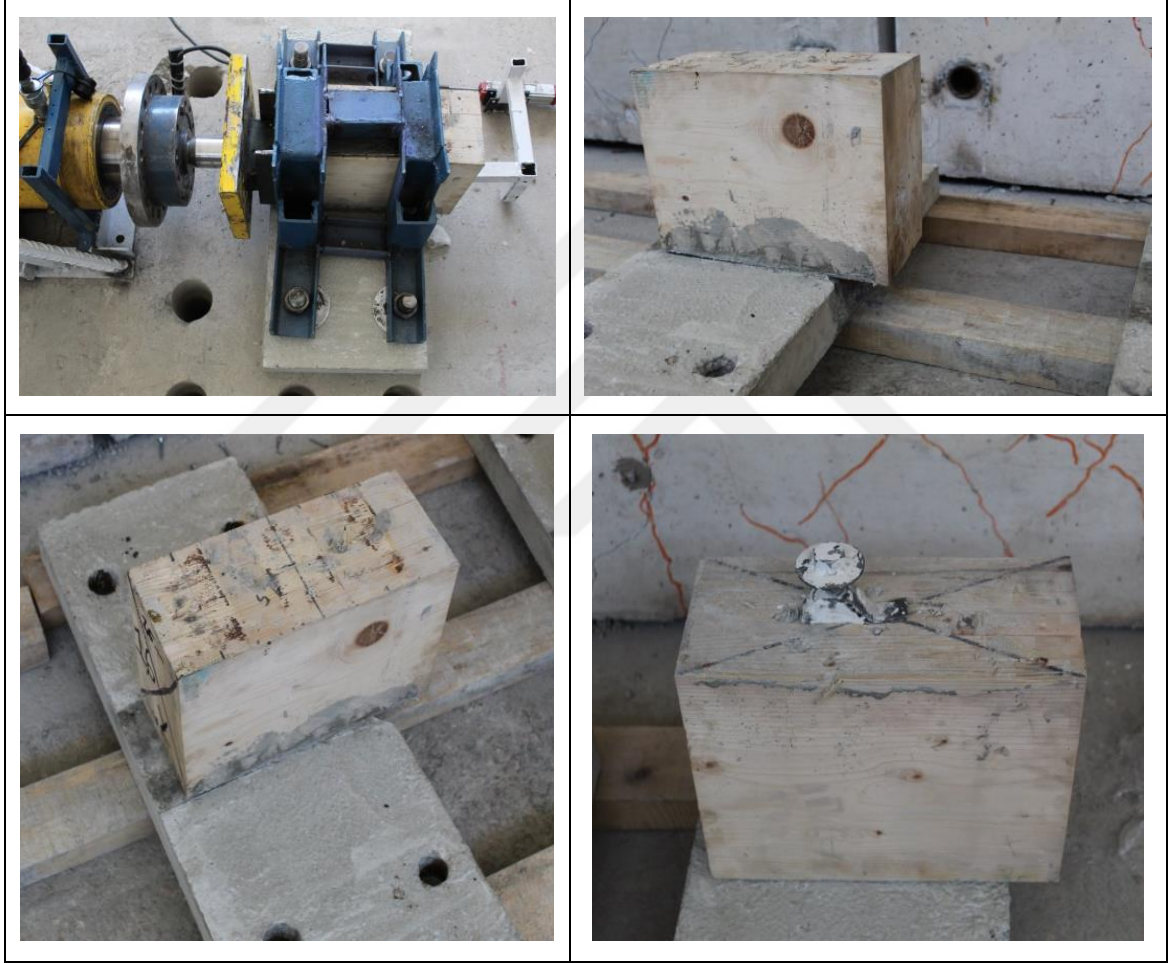
Çentikli bağlantı tipini temsil eden O-1 deney elemanında, 67.38 kN'luk maksimum yüke ahşap kirişin beton plağa göre 0.51 mm'lik bağıl yer değiştirmesi ile ulaşılmıştır. Bu andan sonra çentik içerisindeki beton ile beton plağın ara yüzünde kesme çatlakları meydana gelmeye başlamıştır. Beton çentiğin kesilerek beton plaktan ayrılması ile yük taşıma kapasitesi maksimum yüke göre %34 azalmış ve 44.44 kN'a düşmüştür. Artan yer değiştirmeler neticesinde beton plakta önemli boyutta hasarlar meydana gelmiş ve deney sonlandırılmıştır (Şekil 86).



Şekil 86. O-1 deney elemanında hasar durumu.

Yapay çentikli bağlantı elemanını temsil eden, 16 mm çapında bağlantı civatası kullanılan O-2 deney elemanı ahşap kirişin beton plağa göre 1.87 mm'lik bağıl yer değiştirmesi neticesinde 25.90 kN'luk akma yüküne ulaşmıştır. Maksimum yük ise 11.42 mm'lik bağıl yer değiştirmede 35.48 kN olarak elde edilmiştir.

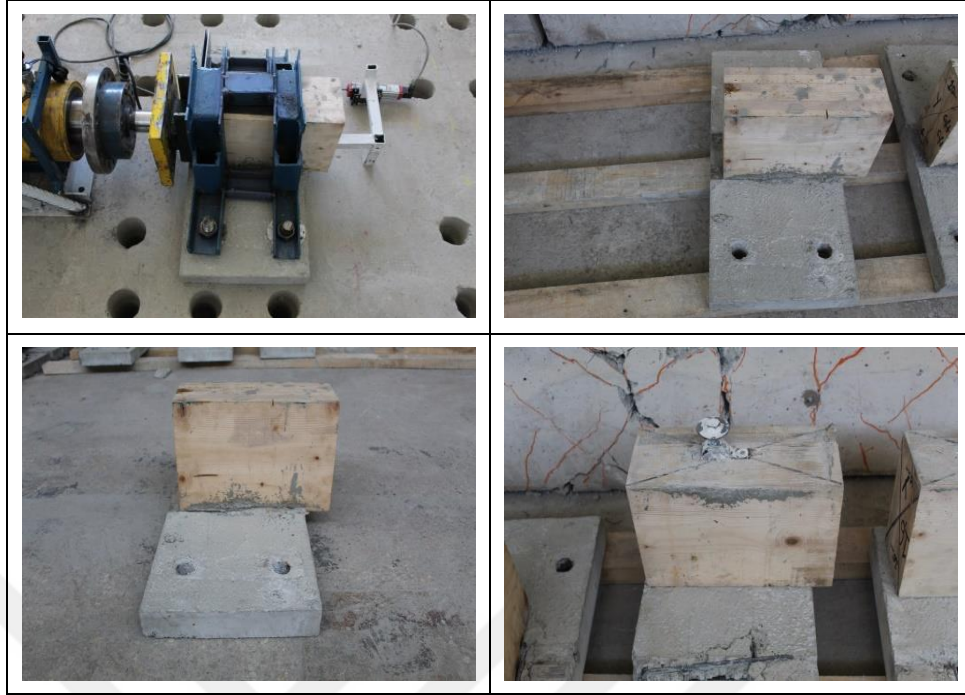
Maksimum yükten sonra sistem yük taşıma kapasitesini korumuştur. Beton plakta deney sonuna kadar herhangi bir hasar gözlemlenmemiştir (Şekil 87).



Şekil 87. O-2 deney elemanında hasar durumu.

Yapay çentikli bağlantı elemanını temsil eden, 18 mm çapında bağlantı civatası kullanılan O-3 deney elemanı ahşap kirişin beton plağa göre 1.22 mm'lik bağıl yer değiştirmesi neticesinde 40.68 kN'luk akma yüküne ulaşmıştır.

Maksimum yük ise 31.21 mm'lik bağıl yer değiştirmede 61.44 kN olarak elde edilmiştir. Deney sonuna kadar sistem yük taşıma kapasitesini korumuş ve beton plakta herhangi bir hasar gözlemlenmemiştir (Şekil 88).



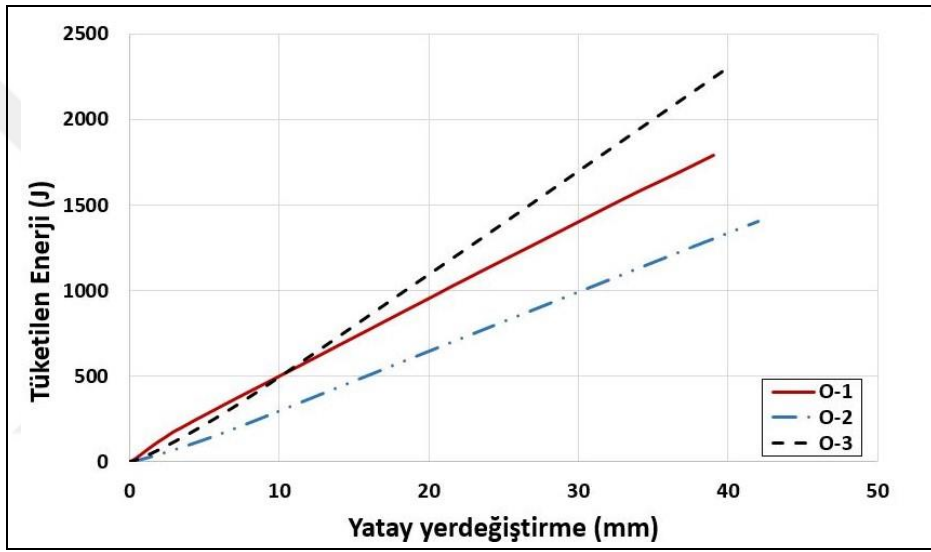
Şekil 88. O-3 deney elemanında hasar durumu.

Deney elemanları karşılaştırıldığında O-1 deney elemanında beton çentiğin bağlantı elemanı ile birlikte itme yüküne karşı direnmesi, bu deney elemanının başlangıç rijitliğini oldukça artırmıştır. Ancak beton çentik, kayma gerilmelerinin aşılması ile beton plaktan ayrılmıştır. Bu durum yük taşıma kapasitesinde ani bir azalmaya neden olmuştur. Bununla birlikte beton plakta istenmeyen hasarlar meydana gelmiştir. Bu hasarlar ahşap kirişteki bağlantı civatası ile beton plağın birbirinden tamamen ayrılmasına neden olmuştur. O-2 ve O-3 elemanlarında bağlantı civatalarının yapay çentik içerisinde eğilmesi sonucu hasar tamamen bağlantı civatasında yoğunlaşmış, beton plakta hiçbir hasar meydana gelmemiştir. Bu sayede deney sonunda ahşap kiriş ile beton plak arasında aderans kaybı yaşanmadığı ve beton plağın hala ahşap kiriş tarafından taşınmaya devam ettiği görülmüştür.

Yük taşıma kapasiteleri açısından O-1 ve O-2 deney elemanları karşılaştırıldığında O-1 elemanında bulunan beton çentiğin, yük taşıma kapasitesinin önemli oranda artırdığı görülmektedir.

O-1 ile O-3 deney elemanları kıyaslandığında ise O-1 elemanının beton çentikte kayma gerilmeleri aşılanaya kadar daha büyük yük taşıma kapasitesine ulaştığı, ancak beton çentiğin kesilmesi ile yük taşıma kapasitesinin oldukça azalarak O-3 elemanının yük taşıma kapasitesinin de altına düştüğü görülmüştür. O-3 elemanının yük taşıma kapasitesi ise kararlı bir şekilde artarak deney sonuna kadar devam etmiştir.

Deney elemanlarının enerji tüketme kapasiteleri ise Şekil 89’da verilmiştir. Deneyler sonucunda O-1, O-2 ve O-3 elemanları sırasıyla 1778.60, 1393.50 ve 2305.86 joule enerji tüketmişlerdir. Görüldüğü gibi en fazla enerji O-3 elemanı tarafından tüketilmiştir. O-3 elemanında hasarın beton yerine bağlantı civatasında yoğunlaşması, sistemin daha fazla enerji tüketmesini sağlamıştır. Bunun yanında, beton çentik O-1 elemanının yük taşıma kapasitesini artırsa da, beton plak ile beton çentik arasında kesilmenin olması nedeni ile beton, gevrek davranış göstermiş ve deney elemanının enerji tüketimine sınırlı bir katkı sağlayabilmiştir.



Şekil 89. Ön deney elemanlarının enerji tüketme kapasiteleri.

Sonuç olarak, ön deney elemanlarının yük taşıma kapasiteleri, enerji tüketme kapasiteleri ve hasar durumları değerlendirildiğinde yapay çentikli deney elemanlarında 18 mm çapında bağlantı civatası kullanılmasının uygun olduğu görülmüştür.

### 2.1.2.2. İtme Deneyleri

Bir önceki bölümde yapılan ön deneyler kapsamında 16 mm çapında civata kullanılan çentikli bağlantıya (referans tür) alternatif olarak yapay çentikli bağlantı uygulamalarında 18 mm çapında civata kullanılmasının yeterli olduğu belirlenmiştir. Bu bölümde ise ahşap kiriş ile beton plak bağlantısının birden çok bağlantı elemanı ile sağlanması durumunda deney elemanlarının itme etkisindeki (yatay yükleme) performansları incelenmiştir.

### 2.1.2.2.1. İtme Deney Elemanları ve Özellikleri

Bağlantı elemanlarının itme yüklemesi etkisinde kayma dayanımını belirlemek amacıyla toplam 2 adet deney elemanı üretilmiştir. Üretilen deney elemanlarına ait bilgiler Tablo 23'te verilmektedir.

Tablo 23. İtme deney elemanlarına ait çizimler (plan, kesit, perspektif).

Deney Elemanı	Bağlantı tipi	Bağlantı elemanı ve adedi (mm)	Çentik boyutları, (cm)			Betona plak boyutları, (cm)			Ahşap kiriş boyutları, (cm)	
			Genişlik	Uzunluk	Derinlik	Genişlik	Uzunluk	Kalınlık	En kesit	Uzunluk
I-1	Çentikli	2 Ø 16	14	15	3	75	100	6	14*24	100
I-2	Yapay çentikli	2 Ø 18	-	-	-					

**I-1**

**I-2**

Üretilen I-1 itme deney elemanında iki adet çentikli bağlantı elemanı, I-2 deney elemanında ise ön deneyler sonucunda belirlenen, Ø 18 mm çaplı cıvata kullanılan iki adet yapay çentikli bağlantı elemanı kullanılmıştır. I-1 deney elemanı, uygulamada ideal özellikteki çentikli bağlantı tipini temsil etmesi sebebiyle aynı zamanda referans numunedir.

### 2.1.2.2.2. İtme Deney Elemanlarında Kullanılan Malzeme Özellikleri

Yapılan deneysel çalışmalarda, kullanılan malzemelerle ilgili özellikler bölüm 2.1.2.1.2.'de açıklanmıştır.

### 2.1.2.2.3. İtme Deney Elemanlarının Üretimi

İtme deney elemanları; 14\*24 cm en kesitli, 100 cm uzunluğunda Lamine ahşap kirişlerin kesilerek, Lamine ahşap kirişler üzerinde, sistemde kullanılacak bağlantı tipi ve özelliklerine bağlı olarak gerekli düzenlemeler (kesme, delik açma vb.) yapılarak hazırlanmıştır. Bu düzenlemelere ait detaylı bilgiler ön deney elemanlarının üretim sürecinde açıklanmıştır ve itme deney elemanlarında da aynı şekilde uygulanmıştır (Şekil 90).



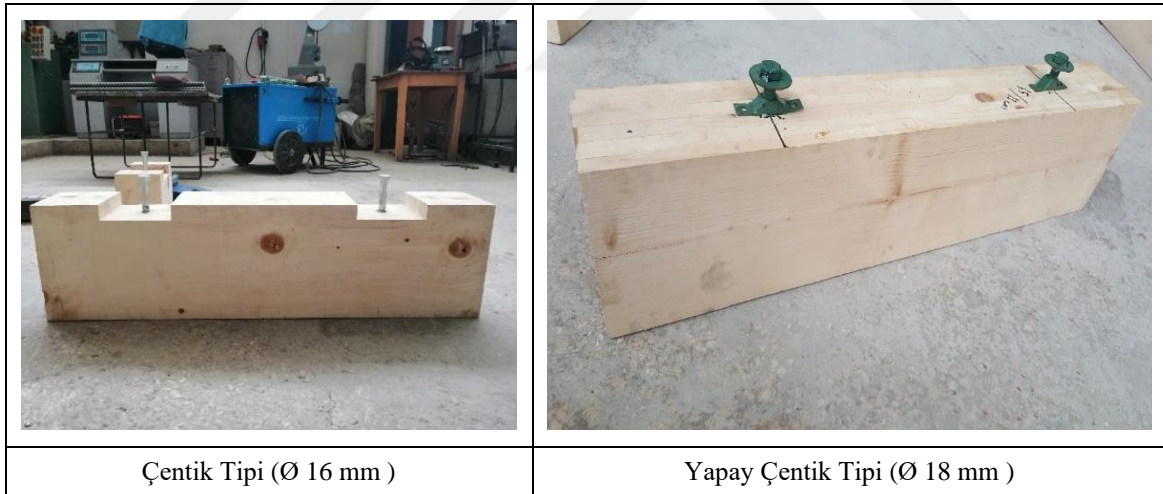
Şekil 90. Çentikli ve yapay çentikli bağlantılar için Lamine ahşap kirişlerin hazırlanması.

Lamine ahşap kirişler üzerinde gerekli çentik ve deliklerin açılması ile yapay çentiklerin üretilmesinin ardından, bu boşluklara özellikleri bölüm 2.1.2.1.2.2.'de verilen, farklı çaplardaki cıvatalar yerleştirilmiştir. Bu yerleştirme işlemi öncesinde deliklere, solventsiz inşaat yapıştırıcısı, cıvatanın sabitlenmesi amacı ile uygulanmıştır (Şekil 91).



Şekil 91. Cıvata/bağlantı yerleştirme adımları; a) yapıştırıcı uygulanması, b-c) yerleştirme.

Cıvataların ve bağlantı elemanlarının montajının tamamlanması ile itme deney elemanları beton dökümüne hazır hale gelmiştir. Beton dökümüne hazır hale gelen, çentik tipi ( $\text{Ø}$  16 mm) ve yapay çentikli ( $\text{Ø}$  18 mm) 2 adet deney elemanı Şekil 92’de gösterilmiştir. Bu işlemlerin ardından beton plak için kalıp üretim sürecine geçilmiştir.



Şekil 92. Beton dökümüne hazır hale getirilmiş itme deney elemanları.

Kalıp üretim süreci, 2 adet 100\*75 cm ölçülerinde ve 6 cm yüksekliğinde kalıp hazırlanmasını kapsamaktadır. Hazırlanan bu kalıpların her birinde 1 adet deney elemanı üretilmiştir. Kalıpların hazırlanması işlemi ön deney elemanlarının üretiminde olduğu gibi, deney elemanlarının deney düzeneğine sabitlenmesinde kullanılacak çelik boruların yerleştirilmesi ve kalıp elemanlarının iç yüzeylerine betonun kalıba yapışmaması için ince bir tabaka halinde ayırıcı madde sürülmesi ile tamamlanmıştır (Şekil 93).



Şekil 93. İtme deney elemanlarının üretimi için hazırlanan kalıplara ait görseller.

Kalıp işlemlerinin tamamlanması ile donatı çubuklarının yerleştirilmesi işlemine başlanmıştır. Donatı çubukları, her bir deney elemanında kısa kenar yönünde, 10 adet, uzun kenar yönünde ise 8 adet olacak şekilde, alt ve üst yüzeylerde yerleştirilmiştir (Tablo 15’te yer alan veriler dikkate alınmıştır). Donatı çubuklarının hazırlanarak, kalıpların içerisine yerleştirilmesi ve hazırlanan ahşap kirişlerin kalıpların üzerine, bağlantı elemanları zemine bakacak şekilde konumlandırılması ile itme deney elemanları beton dökümü için hazır hale getirilmiştir (Şekil 94).



Şekil 94. Donatı çubuklarının yerleştirilmesine ait görseller.



Beton döküm işlemi gerçekleştirilirken, betonun kalıbın her tarafına yayılmasını, donatı çubuklarını iyice sarmasını sağlamak ve hava boşluklarını dışarıya çıkararak doluluğu artırmak için şişleme ve tokmaktama yöntemleri ile sıkıştırma işlemi uygulanmıştır. Sıkıştırma işleminin ardından, betonun istenilen yüzey görünüşünü elde etmek amacıyla yüzey düzeltme araçları (çelik mala ve ahşap master) kullanılarak yüzey bitirme uygulamaları gerçekleştirilmiştir (Şekil 95).



Şekil 95. Beton döküm sürecine ait görseller.

Beton döküm işleminin tamamlanmasından bir gün sonra kalıplar sökülüştür. Beton plağa 28 gün boyunca kür işlemi uygulanarak bakımı sağlanmıştır (Şekil 96).



Şekil 96. Deney elemanlarının bakımı (kürlenmesi).

#### 2.1.2.2.4. İtme Deney Düzenegi ve Ölçüm Sistemi

İtme deneyleri, ön deneylerin (öncü itme deneyleri) gerçekleştirildiği deney düzeneginde gerçekleştirilmiştir. Deney düzenegine ait bilgiler bölüm 2.1.2.1.4.'te verilmiştir.

#### 2.1.2.2.5. İtme Deneyi Ölçümlerin Değerlendirilmesi

Gerçekleştirilen itme deneylerinde, ön deneylerde olduğu gibi her bir deney elemanı için, ahşap kirişin beton plağa göre bağıl yer değiştirmesi ve buna karşılık gelen yatay yük değerleri ölçüm sisteminde kullanılan aletler vasıtası ile ölçülmüş ve kayıt altına alınmıştır.

Deney elemanlarının enerji tüketme kapasiteleri, uygulanan yatay yükleme neticesinde elde edilen yatay yük-yatay yer değiştirme eğrisinin altında kalan alan (Eh) hesaplanarak belirlenmiştir.

#### 2.1.2.3. Eğilme Deneyleri

Sistemin rijitliğini ve yük taşıma kapasitesini arttırarak sistemin yapısal performansını geliştirmesi nedeniyle Ahşap-Beton Kompozit sistemlerin yüksek oranda kompozit hareket göstermesi istenmektedir. ABK uygulamaları, kompozit kirişleri üretmek için ahşabın çekme ve eğilmeye karşı direnci ile betonun yüksek basınca karşı dayanımını bir arada kullanmayı hedeflemektedir.

Beton ve ahşap katmanlar arasında bağlantı elemanı kullanılan sistemlerde genelde kısmi kompozit hareket gözlemlenmektedir. Bu tür sistemlerde her iki katman basınç ve çekmeye maruz kalıyor olsa da sistem kompozit olmayan sistemlere oranla daha fazla gelişmiştir. Bu sistemde basıncın büyük kısmı beton malzemeye, çekmenin büyük kısmı ise ahşap malzemeye etki etmektedir. Sınırlı ara katman kayması oluşmaktadır, kompozit olmayan sistemlere göre oldukça kısa boyutludur.

Çalışma kapsamında, kirişlere yükleme yapılması ile kirişin orta açıklığında oluşan düşey yer değişiminin ölçülmesi ve sisteme ait kompozit verimliliğin belirlenmesi amacıyla eğilme deneyleri yapılmıştır. Bu deneysel çalışmalarda temel amaç, kompozit sistemin verimliliğini belirlemektir.

Deney elemanlarının kompozit verimliliğinin belirlenmesinde, Pault ve Gutkowski [13] tarafından verilen Tablo 24'teki formül kullanılmıştır.

Tablo 24. Ahşap-Beton kompozit döşeme panellerinin kompozit verimlilik formülleri.

Kompozit Verimlilik $= \frac{D_{nc}-D_m}{D_{nc}-D_{fc}} \times 100$	$D_{nc}$	= Kompozit olmayan sistemde yer değiştirme, Teorik olarak
	$D_m$	= Kısmi kompozit sistemde yer değiştirme, Deneysel olarak
	$D_{fc}$	= Tam kompozit olan sistemde yer değiştirme, Teorik olarak
$D_{nc} = \frac{23P_u L^3}{648 (E_w I_w + E_c I_c)}$	$P_u$	= Kullanım sınır yükü
	$L$	= Geçilen açıklık
	$E_w$ ve $I_w$	= Sırasıyla ahşap elemanın elastik modülü ve atalet momenti
	$E_c$ ve $I_c$	= Sırasıyla beton elemanın elastik modülü ve atalet momenti
$D_{fc} = \frac{23P_u L^3}{648 E_w I_{tr}}$	$I_{tr}$	= Dönüştürülmüş kesitin atalet momenti

Yapay çentikli bağlantı elemanının 4 nokta eğilme testi etkisinde kompozit verimliliğini belirlemek ve çentikli bağlantı elemanı ile kıyaslamak amacıyla 2 adet deney elemanı üretilmiştir.

Deney elemanları A-1 tipi çentikli bağlantı sistemi; B-1 tipi ise yapay çentikli bağlantı elemanı ( $\emptyset$  18 mm) kullanılarak üretilmiştir. Üretilen her iki deney numunesi üzerinde 4'er adet bağlantı elemanı kullanılmıştır. Üretilen deney elemanlarına ait bilgiler Tablo 25-26'da verilmiştir. Deney elemanlarının uzunluğu 250 cm, net açıklığı 225 cm olarak belirlenmiştir (deney düzeneğinin sunduğu olanaklar doğrultusunda uzunluğa karar verilmiştir) (Şekil 65).

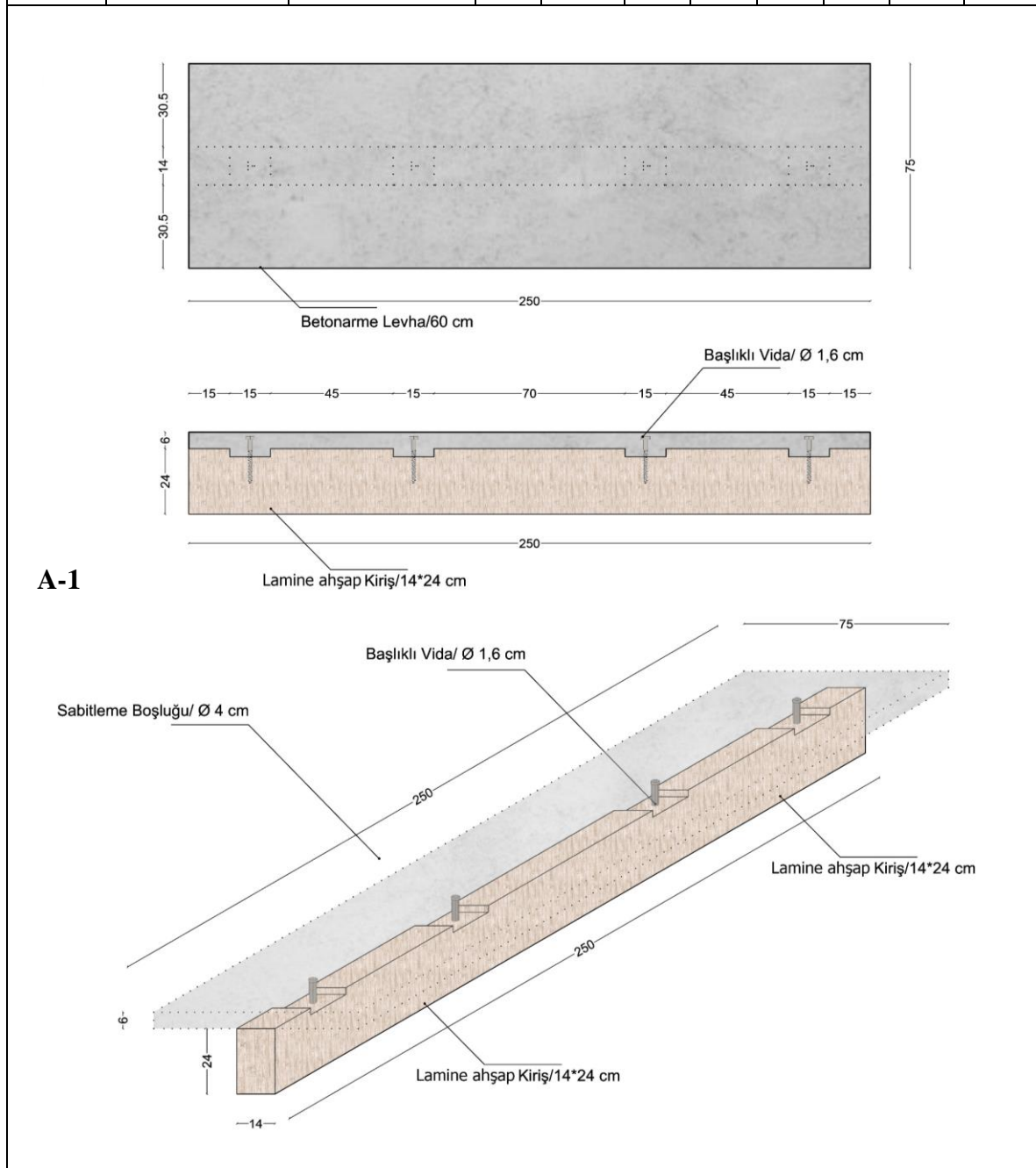
Gerçekleştirilen deneysel çalışmaların temel amacı, yapay çentikli ABK yapı elemanlarının kompozit verimlilik açısından kullanım koşullarını yerine getirdiklerini ortaya koymaktır.

### 2.1.2.3.1. Eğilme Deney Elemanları ve Özellikleri

Yapay çentikli bağlantı elemanının dört nokta eğilme testi etkisinde kompozit verimliliğini belirlemek ve çentikli bağlantı elemanı ile karşılaştırmak amacıyla 2 adet deney elemanı üretilmiştir. Deney elemanlarının özellikleri Tablo 25 ve Tablo 26'da verilmiştir.

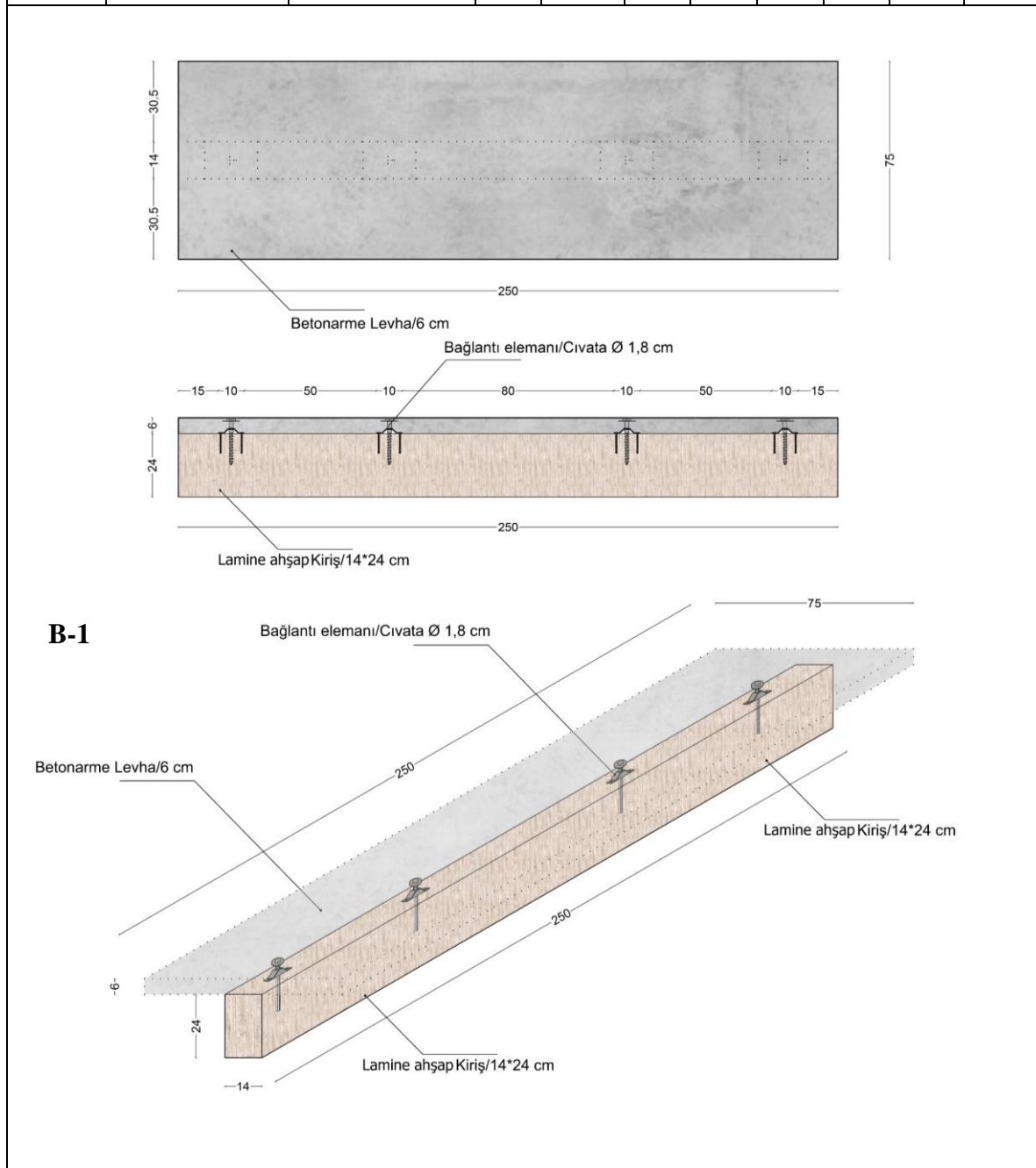
Tablo 25. A-1 eğilme deney elemanına ait çizimler (plan, kesit, perspektif).

Deney Elemanı	Bağlantı tipi	Bağlantı elemanı cıvata tipi ve adedi, (mm)	Çentik boyutları, (cm)			Beton plak boyutları, (cm)			Ahşap kiriş boyutları, (cm)	
			Genişlik	Uzunluk	Derinlik	Genişlik	Uzunluk	Kalınlık	En kesit	Uzunluk
A-1	Çentikli	4 Ø 16	14	15	3	75	250	6	14*24	250



Tablo 26. B-1 eğilme deney elemanına ait çizimler (plan, kesit, perspektif).

Deney Elemanı	Bağlantı tipi	Bağlantı elemanı cıvata tipi ve adedi, (mm)	Çentik boyutları, (cm)			Beton plak boyutları, (cm)			Ahşap kiriş boyutları, (cm)	
			Genişlik	Uzunluk	Derinlik	Genişlik	Uzunluk	Kalınlık	En kesit	Uzunluk
B-1	Yapay çentikli	4 Ø 18	-	-	-	75	250	6	14*24	250



A-1 eğilme deney elemanı, Ahşap-Beton Kompozit döşeme paneli uygulamalarında diğer bağlantı tiplerine oranla daha gelişmiş özellikler sunan çentikli bağlantı sistemi kullanılarak üretilmiş referans numunesidir. B-1 eğilme deney elemanında ise çalışma kapsamında tasarlanmış olan yapay çentikli bağlantı elemanı (Ø 18) kullanılmıştır. Her iki deney elemanı üzerinde 4'er adet bağlantı elemanı kullanılmış olup deney elemanlarının uzunluğu 250 cm'dir.

Üretilen tüm eğilme deney elemanlarının beton plaklarında, aynı donatı düzeni kullanılmıştır. Kullanılan donatı düzeni; enine ve boyuna doğrultuda 10 cm aralıklar ile Ø 8 cm donatı çubuklarının yerleştirilmesidir.

### 2.1.2.3.2. Eğilme Deney Elemanlarında Kullanılan Malzeme Özellikleri

Yapılan deneysel çalışmalarda, kullanılan malzemeler ile ilgili özellikler bölüm 2.1.2.1.2.'de açıklanmıştır.

### 2.1.2.3.3. Eğilme Deney Elemanlarının Üretimi

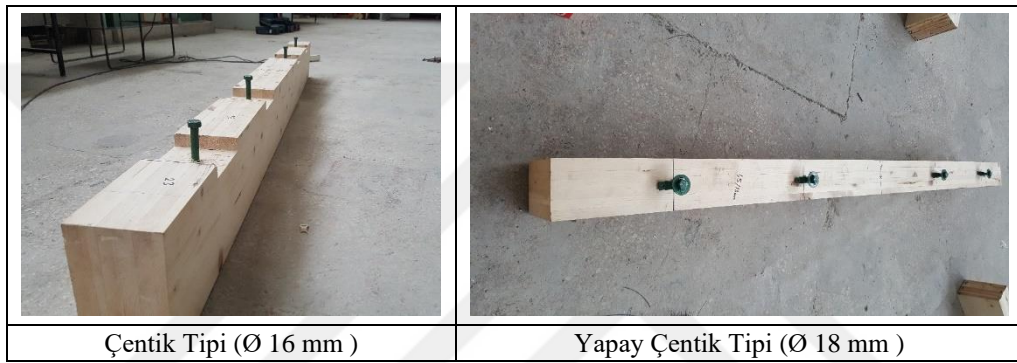
Eğilme deney elemanları; 14\*24 cm en kesitli, 250 cm uzunluğunda Lamine ahşap kirişlerin kesilerek, Lamine ahşap kirişler üzerinde, sistemde kullanılacak bağlantı tipi ve özelliklerine bağlı olarak gerekli düzenlemeler (kesme, delik açma vb.) yapılarak hazırlanmıştır. Bu düzenlemelere ait detaylı bilgiler, ön deney elemanlarının üretim sürecinde açıklanmıştır. Eğilme deney elemanlarında da aynı şekilde uygulanmıştır (Şekil 97).



Şekil 97. Çentikli/yapay çentikli bağlantılar için Lamine ahşap kirişlerin hazırlanması.

Lamine ahşap kirişler üzerinde gerekli çentik ve deliklerin açılması ile yapay çentiklerin üretilmesinin ardından, bu boşluklara özellikleri bölüm 2.1.2.1.2.2.'de verilen, farklı çaplardaki cıvatalar yerleştirilmiştir. Yerleştirme işlemi öncesinde deliklere, itme deneylerinde olduğu gibi, yapıştırıcı uygulanmıştır.

Cıvataların ve bağlantı elemanlarının montajının tamamlanması ile eğilme deney elemanları beton dökümüne hazır hale getirilmiştir. Çentik tipi ( $\text{Ø}$  16 mm) ve yapay çentikli ( $\text{Ø}$  18 mm) bağlantı elemanı kullanılan 2 adet eğilme deney elemanı Şekil 98'de gösterilmiştir. Bu işlemlerden sonra beton plak için kalıp üretim sürecine geçilmiştir.



Şekil 98. Beton dökümüne hazır hale getirilmiş eğilme deney elemanları.

Deney için hazırlanan kalıp, 250\*75 cm ölçülerinde ve 6 cm yüksekliğindedir. Hazırlanan bu kalıpta 2 adet deney elemanı üretilmiştir. Kalıbın hazırlanması işlemi, kalıp elemanlarının iç yüzeylerine betonun kalıba yapışmaması için ince bir tabaka halinde ayırıcı madde sürülmesi ile tamamlanmıştır (Şekil 99).



Şekil 99. Eğilme deney elemanlarının üretimi için hazırlanan kalıba ait görsel.

Kalıp işlemlerinin tamamlanması ile donatı çubuklarının yerleştirilmesi işlemine başlanmıştır. Donatı çubukları, her bir deney elemanında kısa kenar yönünde, 24 adet, uzun kenar yönünde ise 8 adet olacak şekilde, alt ve üst yüzeylerde yerleştirilmiştir. Donatı çubuklarının, kalıpların içerisine yerleştirilmesi ve hazırlanan ahşap kirişlerin kalıpların üzerine, bağlantı elemanları zemine bakacak şekilde konumlandırılması ile eğilme deney elemanları beton dökümü için hazır hale getirilmiştir (Şekil 100).



Şekil 100. Donatı çubuklarının yerleştirilmesine ait görsel.

Beton döküm işlemi gerçekleştirilirken, betonun kalıbın her tarafına yayılmasını, donatı çubuklarını iyice sarmasını sağlamak ve hava boşluklarını dışarıya çıkararak doluluğu artırmak için şişleme ve tokmaktama yöntemleri ile sıkıştırma işlemi uygulanmıştır. Sıkıştırma işleminin ardından, betonun istenilen yüzey görünüşünü elde etmek amacıyla yüzey düzeltme araçları (çelik mala ve ahşap master) kullanılarak yüzey bitirme uygulamaları gerçekleştirilmiştir (Şekil 101).



Şekil 101. Beton döküm sürecine ait görsel.



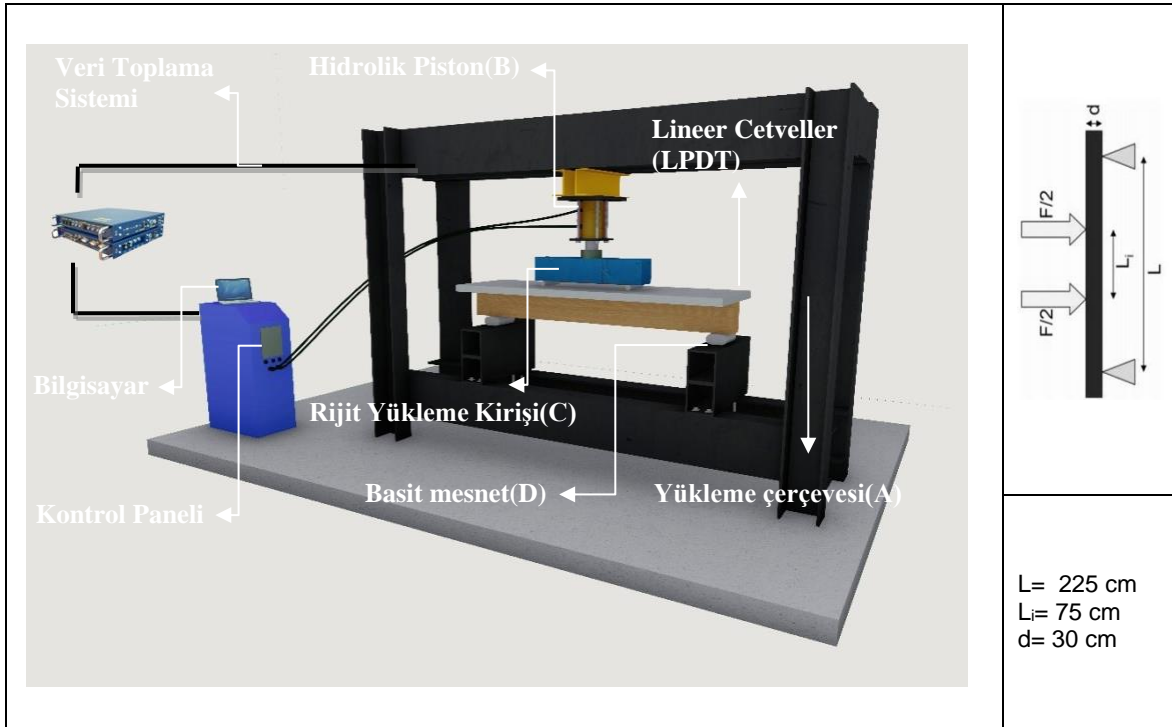
Beton döküm işleminin tamamlanmasından bir gün sonra kalıplar sökülüştür. Beton plağa 28 gün boyunca kür işlemi uygulanarak bakımı sağlanmıştır (Şekil 102).



Şekil 102. Deney elemanlarının bakımı (kürlenmesi).

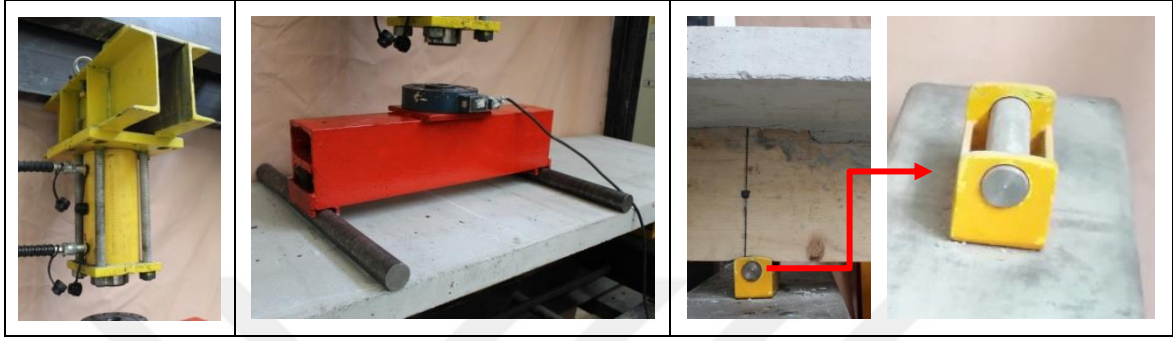
#### 2.1.2.3.4. Eğilme Deney Düzeneği ve Ölçüm Sistemi

Eğilme deneyleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Yapı Mekaniği Laboratuvarında bulunan yükleme düzeneğinde gerçekleştirilmiştir. Şekil 103'te deney düzeneğinin şematik görünümü verilmiştir.



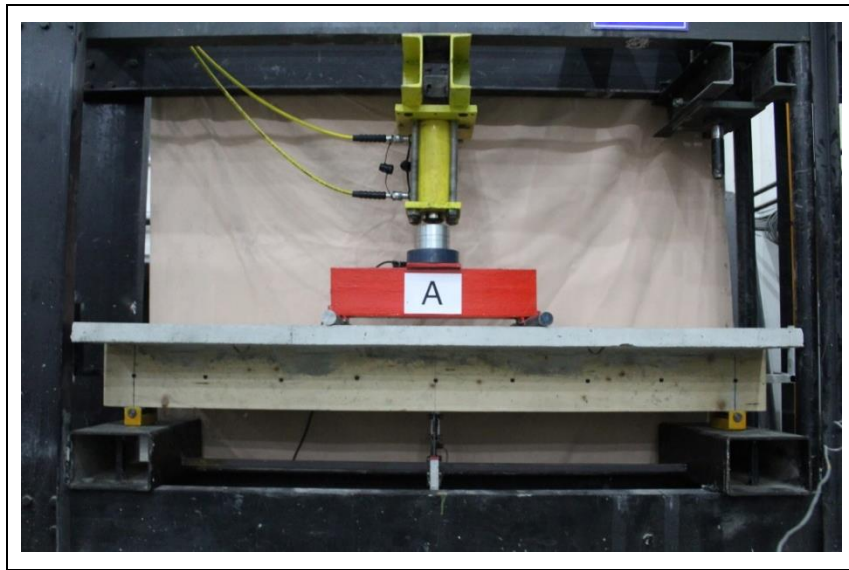
Şekil 103. Eğilme deneylerinin gerçekleştirildiği düzeneğe ait perspektif modelleme.

Eğilme deney düzeneği yükleme çerçevesi (Şekil 103/A), bu çerçeveye düşey olarak mesnetlenmiş 80 ton yükleme kapasiteli hidrolik piston (Şekil 103/B), elektrikli hidrolik pompa, rijit yükleme kirişi (Şekil 103/C) ve basit mesnetlerden (Şekil 103/D) meydana gelmektedir (Şekil 104).



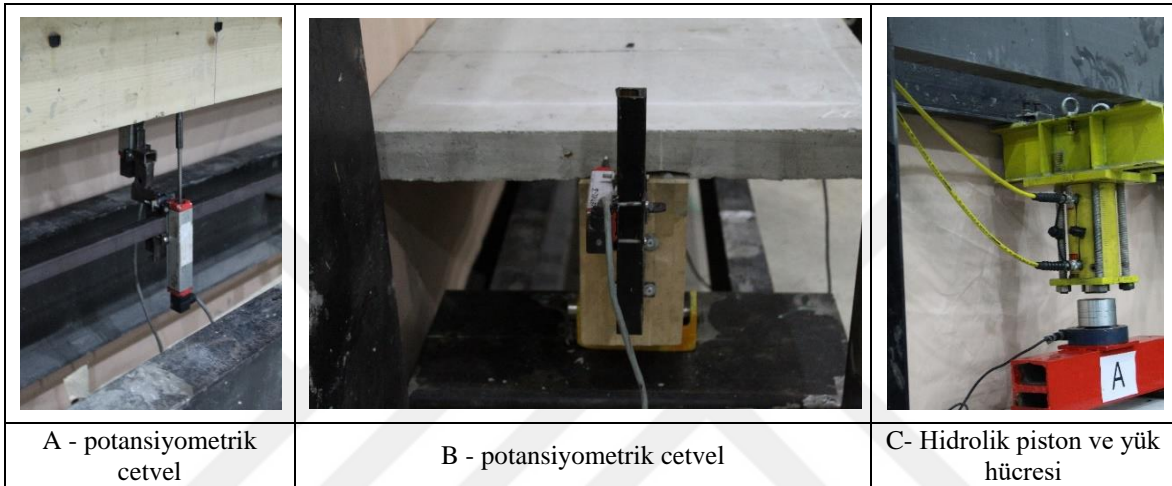
Şekil 104. 80 ton kapasiteli düşey yükleme pistonu, rijit yükleme kirişi ve basit mesnet.

Deneye hazır hale getirilmiş bir eğilme deney elemanı Şekil 105'te görülmektedir. İlk olarak deney elemanları net açıklık 225 cm olacak şekilde yükleme çerçevesinde bulunan iki adet basit mesnedin üzerine yerleştirilmiştir. Daha sonra deney elemanlarının üzerine, düşey yükü mesnetlere aktarabilmek için, rijit yükleme kirişi konulmuştur. Rijit yükleme kirişine bağlı mesnetler arası net açıklık 75 cm'dir. Böylelikle dört noktalı yükleme deney düzeneğinde mesnetler arası mesafeler 75'er cm olarak ayarlanmıştır.



Şekil 105. Deneye hazır hale getirilmiş bir eğilme deney elemanı.

Eğilme deneylerinde, deney elemanları bir ucundan yükleme çerçevesine sabitlenmiş hidrolik piston vasıtasıyla itilerek eğilmeye zorlanmıştır. Pistonun ucuna yerleştirilen bir adet 50 ton kapasiteli yük hücresi (Load cell) vasıtası ile düşey yük, deney süresince ölçülmüştür. Deneyler esnasında deney elemanlarının yaptığı düşey yer değiştirmeler ahşap kirişin orta alt bölgesine yerleştirilen potansiyometrik cetveller ile (LPDT) ile ölçülmüştür (Şekil 106).



Şekil 106. Eğilme deney düzeneğinde kullanılan ölçüm ekipmanlarının yerleşimi.

Kompozit verimlilik hesaplarında kullanılmak üzere deney esnasında ahşap kiriş ile beton plak arasındaki sıyrılma, kirişin sol ve sağ uçlarına yerleştirilen potansiyometrik cetveller ile ölçülmüştür. Ölçümler saniyede 8 veri kaydedebilen Coda AI8b veri toplama cihazı ile anlık olarak elde edilerek, bilgisayara kaydedilmiştir (Şekil 107).



Şekil 107. Ölçüm düzeneğine ait görsel.

### **2.1.2.3.5. Ölçümlerin Değerlendirilmesi**

Gerçekleştirilen eğilme deneylerinde elde edilen veriler kullanılarak, her bir deney elemanı için, düşey yük-düşey yer değiştirme grafikleri ve kompozit verimlilik hesabı yapılmıştır.

#### **2.1.2.3.5.1. Düşey Yük- Düşey Yer Değiştirme Grafiklerinin Elde Edilmesi**

Gerçekleştirilen deneylerde her bir deney elemanı için, kompozit döşeme panelinin orta noktasının düşey yer değiştirmesi ve buna karşılık gelen düşey yük değerleri ölçüm sisteminde kullanılan aletler ile ölçülmüş ve kayıt altına alınmıştır.

#### **2.1.2.3.5.2. Kompozit Verimlilik Hesabı**

Sistemin eğilme rijitliğini ve yük taşıma kapasitesini arttırarak yapısal performansını geliştirmesi nedeniyle Ahşap-Beton Kompozit sistemlerin yüksek oranda kompozit hareket göstermesi istenmektedir. Eğilmeye maruz kalan basit mesnetli bir sistemde alt yüzeyin en dış kısmındaki lifler çekme etkisi altındayken, üst yüzeyin en dış kısmındaki lifler basınç etkisi altında kalmaktadır.

ABK uygulamaları, gelişmiş kompozit kirişleri üretmek için ahşabın çekmeye ve eğilmeye karşı direnci ile betonun basınca karşı dayanımını bir arada kullanmayı hedeflemektedir. Tam kompozit hareket sağlandığında, farklı katmanlardan oluşan kompozit eleman tek katmanlıymış gibi hareket etmektedir. Bu durumda, sistemde kullanılan malzemelerin kalınlığına bağlı olarak; beton, basıncın tamamını ya da büyük bir kısmını; ahşap, çekmenin tamamını ya da büyük bir kısmını karşılamaktadır. Ayrıca tam kompozit harekette katmanlar arası yük aktarımı iç yüzeylerde gerçekleştirilir ve iç katmanda herhangi bir kayma oluşmaz.

Farklı malzemelerin bir arada kullanıldığı sistemlerde tam kompozit hareket oldukça verimli bir durumdur. Bu durumun tersine, sistem kompozit hareket göstermediğinde beton katman, ahşap kiriş üzerinde kaymaya uğrayacaktır. Bu durumda, ahşap ve beton katmanlar basit eğilme etkisi altında kalacaktır. Ayrıca kompozit hareket göstermeyen kirişlerde, iki katman arası kesme yükü aktarılamamakta ve ahşap katmana oranla beton katmanda daha

fazla hareket oluşmaktadır. Tüm bunların sonucu olarak, sistem fazla sehim yapacak ve malzemeler daha fazla gerilmeye maruz kalacaktır.

Beton ve ahşap katmanlar arasında bağlantı elemanı kullanılan sistemlerde genelde kısmi kompozit hareket gözlemlenmektedir. Bu tür sistemlerde her iki katman basınç ve çekmeye maruz kalıyor olsa da sistemin durumu kompozit olmayan sistemlere oranla oldukça fazla gelişmiştir. Bu sistemde basıncın büyük kısmı beton malzemeye, çekmenin büyük kısmı ise ahşap malzemeye etki etmektedir. Sınırlı ara katman sıyrılması oluşmaktadır. Ancak kompozit olmayan sistemlere göre bu durum, çok daha azdır. Tüm bu nedenler ile kısmi kompozit hareket, kötü performans kabul edilen kompozit olmayan hareket ve ideal performans olarak kabul edilen tam kompozit hareketlerin arasında konumlandırılmaktadır. Kompozit hareket sayesinde ahşap malzemenin tek başına sağlayabileceğinden daha fazla dayanım ve daha az sehim elde edilebilmektedir. Bu nedenle ahşap ve beton katmanlar arasındaki bağlantı elemanları, sistemin kullanım ve hizmet sınır durumlarında gösterdiği yapısal performans üzerinde oldukça etkilidir. Tam kompozit hareket gösteren sistemlerin en ideal yapısal performans gösteriyor olmaları nedeniyle rijit bağlantı elemanlarının kullanılması oldukça önemlidir. Şekil 41'deki görselde kompozit olmayan, kısmi kompozit olan ve tam kompozit olan hareketlerin tanımlamasına yer verilmiştir.

Çalışma kapsamında test edilen eğilme deney elemanlarının kompozit verimlilikleri aşağıdaki formül ile belirlenmiştir[13]:

$$\eta = \frac{D_{nc} - D_m}{D_{nc} - D_{fc}} \times 100 \quad (2)$$

Burada  $D_{nc}$  kompozit olmayan teorik yer değiştirme,  $D_{fc}$  tam kompozit teorik yer değiştirme ve  $D_m$  deneysel olarak ölçülen yer değiştirmedir.  $D_{nc}$  katmanları arasında kesme yükü aktarımı olmayan bir kiriş gibi aşağıdaki şekilde hesaplanabilmektedir:

$$D_{nc} = \frac{23P_u L^3}{648(E_w I_w + E_c I_c)} \times 100 \quad (3)$$

Burada  $P_u$  maksimum yükü,  $L$  mesnetler arası net açıklığı,  $E_w$  ve  $I_w$  sırasıyla ahşap kirişin elastisite modülünü ve atalet momentini,  $E_c$  ve  $I_c$  sırasıyla betonun elastisite modülünü ve atalet momentini göstermektedir.  $D_{fc}$  ise,  $I_{tr}$  dönüştürülmüş en kesitin atalet momentini göstermek üzere, aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir:

$$D_{fc} = \frac{23P_u L^3}{648E_{tr}I_{tr}} \times 10 \quad (4)$$



### 3. BULGULAR VE İRDELEMELER

Ahşap-Beton Kompozit sistem uygulamalarında, hem tadilat hem yeni yapı inşasında tercih edilebilecek, ekonomik, kolay ve hızlı uygulanabilen, literatürde ideal bağlantı olarak öne çıkan çentikli bağlantı elemanlarına eşdeğer dayanım ve rijitlik özelliklerine sahip bir bağlantı türü elde etmek amacıyla gerçekleştirilen çalışmalarda elde edilen bulgular irdelenmiştir.

#### 3.1. Genel Bulgular ve İrdemeler

Doğu Karadeniz Bölgesi kırsal alanlarında yapılacak turizm tesislerinde, ABK sistem kullanımının araştırıldığı çalışmada elde edilen genel bulgular ve irdemeler şu şekildedir:

- Doğu Karadeniz Bölgesi kırsal turizm potansiyeli yüksek bir alandır ancak bölgenin fiziki yapısı ve iklimsel özellikleri başta olmak üzere mevcut olumsuz şartlar, bu potansiyelin etkin kullanımını engellemektedir. Bölge kırsal alanlarında konaklama süresi Türkiye ortalamasının altındadır ve bu sürenin artırılması bölge turizminin gelişimi açısından önemlidir.

- ABK sistemlerde yapısal verimlilik, iki malzeme arasında karma eylem oluşturularak elde edilmektedir.

- Sistem hem yığma yapılarda hem de iskelet yapılarda kullanılabilir.

- ABK sistem üzerinde ilk uygulamalar 1920'li yıllara dayandırılmaktadır ve o tarihten günümüze farklı araştırmacılar tarafından incelemeler gerçekleştirilmiştir. Son 50 yılda ABK sistemlere olan ilgi özellikle A.B.D, Yeni Zelanda, Avustralya, İsviçre ve İskandinav ülkelerinde önemli oranda artış göstermiştir.

- ABK sistemin temel bileşenleri yapısal ahşap elemanlar, farklı tür ve tipte bağlantı elemanları ve beton plaklardır. ABK sistemlerde doğal ahşaba oranla yapay ahşap malzemeler daha yaygın kullanılmaktadır. Bu sistemlerde; beton yoğunluğunun sistem üzerindeki etkisinin kısıtlı olması nedeniyle genellikle normal beton tercih edilmektedir.

- ABK yapı elemanları konut, eğitim, ofis vb. işlevlere sahip binalarda ve kısa açıklıklı köprülerin yapımında da tercih edilebilir.

- ABK sistem sadece ahşap ya da sadece beton kullanılan sistemlere göre kullanım, taşıyıcılık ve çevre başlıklarında önemli avantajlara sahiptir.

### 3.2. Deneysel Bulgular ve İrdellemeler

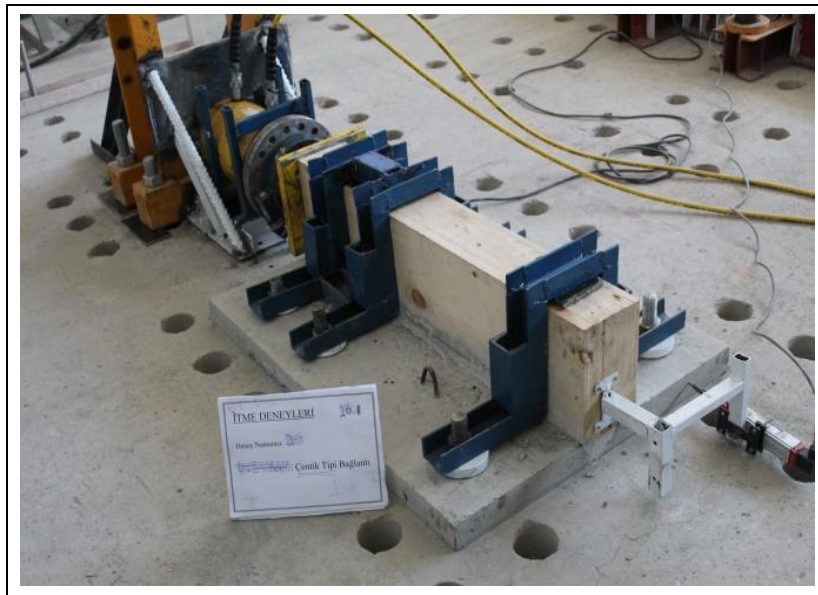
Ahşap-Beton Kompozit sistem döşeme panellerinin davranışlarını incelemek, bu sistemde kullanılmak üzere geliştirilen yapay çentikli bağlantı elemanı özelliklerini belirlemek ve özellikleri belirlenen yapay çentikli bağlantı elemanı kullanılan ABK döşeme panelleri ile çentikli bağlantı elemanı kullanılan ABK döşeme panelleri özelliklerinin karşılaştırılması amacıyla gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda elde edilen bulgular ve irdellemeler şu şekildedir:

#### 3.2.1. İtme Deneysel Elemanlarının Yük Altındaki Davranışları

Çalışmada ahşap kiriş ile beton plak bağlantısının birden çok bağlantı elemanı ile sağlanması durumunda deney elemanlarının itme etkisindeki (yatay yükleme) performanslarına yönelik bulgular elde edilmiş ve irdelenmiştir.

##### 3.2.1.1. I-1 İtme Deneysel Elemanı

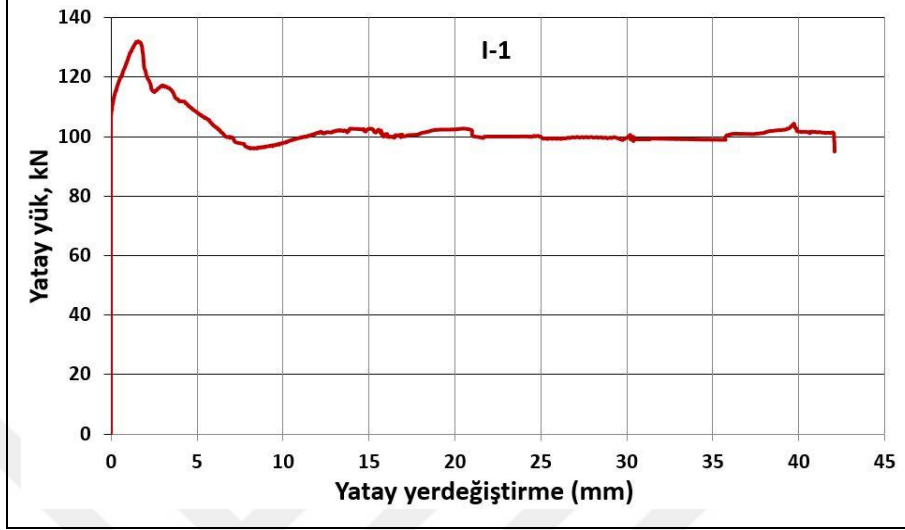
İtme yükü etkisi altında davranışı incelenen I-1 deney elemanının, deney sırasındaki görünümü Şekil 108’de verilmiştir.



Şekil 108. I-1 elemanının deney öncesi ve sırasında görünümü.

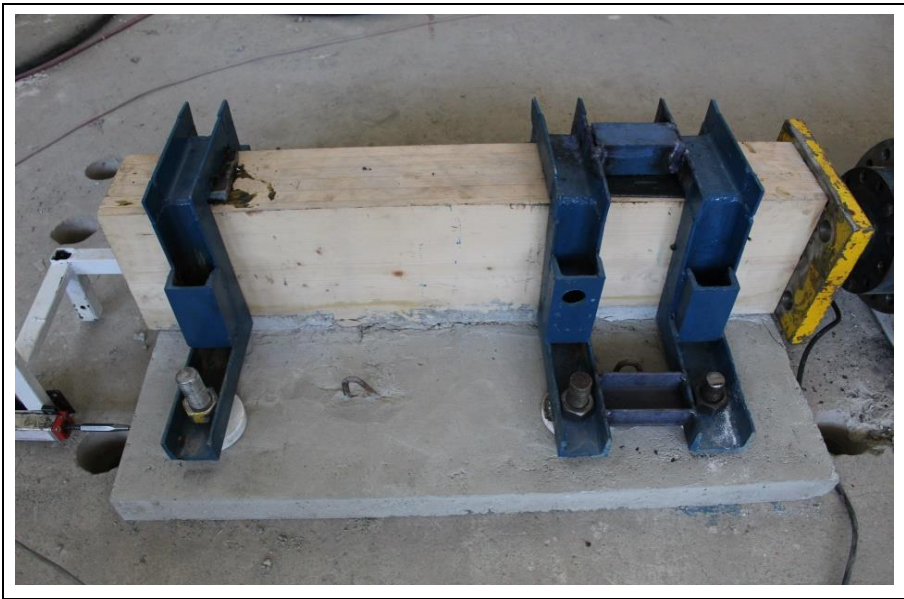


I-1 itme deney elemanının, gerçekleştirilen deney sonucunda elde edilen yatay yük, yatay yer değiştirme eğrisi ise Şekil 109'da verilmiştir.



Şekil 109. I-1 deney elemanına ait yatay yük yatay yer değiştirme eğrisi.

I-1 itme deney elemanında 106 kN'luk yük seviyesine kadar herhangi bir hasar gözlemlenmemiştir. Bu seviyeden sonra beton çentik ile beton plak ara yüzünde kesme çatlakları meydana gelmeye başlamış ve yük yer değiştirme eğrisinin eğimi azalmaya başlamıştır (Şekil 110).



Şekil 110. Beton çentik ile beton plak ara yüzünde oluşan kesme çatlakları.

I-1 itme deney elemanı, 1.58 mm'lik yer değiştirmede 131.98 kN'luk maksimum yüke ulaşmıştır. Bu esnada beton çentik betonarme plaktan tamamen sıyrılmıştır (şekil 111).



şekil 111. Beton plak ve beton çentik arasında oluşan sıyrılma.

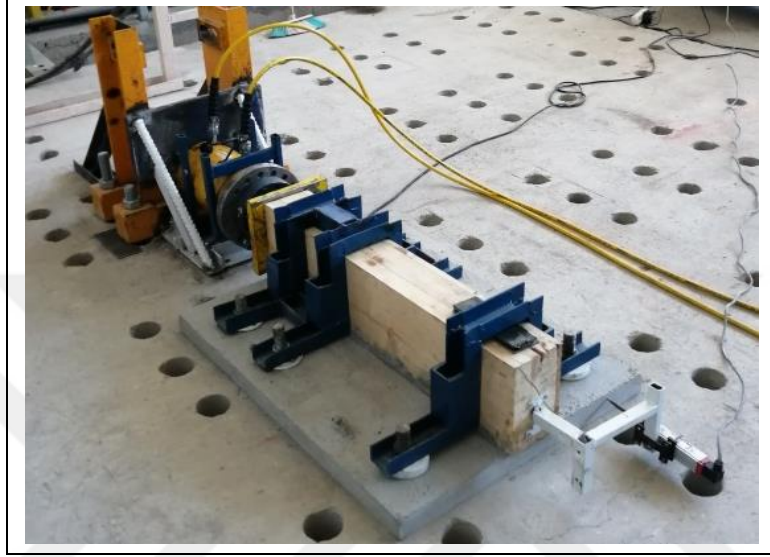
Beton entiğin kesme etkisiyle beton plaktan sıyrılmasının ardından yk, bağlantı cıvatasının eğilmesi ve beton yüzeyler arasındaki sürtünme etkisi ile taşınmaya devam ederken yük taşıma kapasitesi 100 kN seviyelerinde değişkenlik göstermiştir. Deney elemanının deney sonunda görünümü şekil 112'de verilmiştir.



şekil 112. I-1 deney elemanının deney sonrası görünümü.

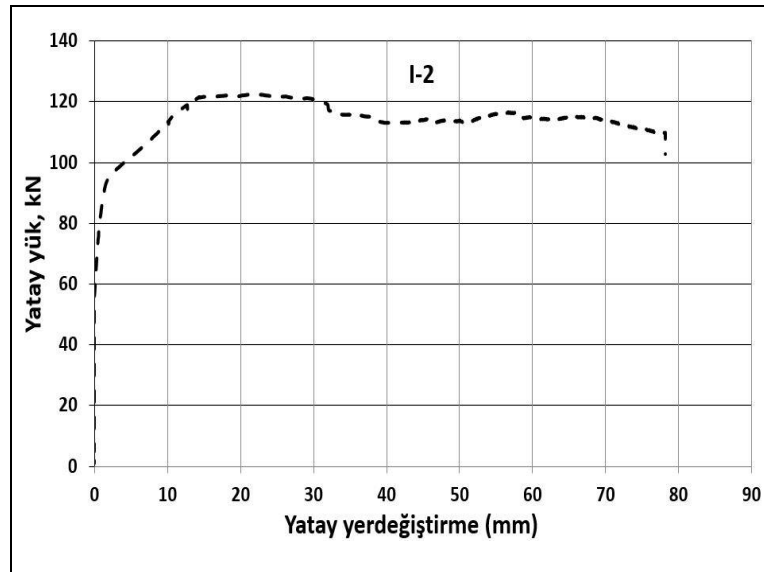
### 3.2.1.2. I-2 İtme Deney Elemanı

İtme yükü etkisi altında davranışı incelenen I-2 deney elemanının deney esnasına ait görünümü Şekil 113'te verilmiştir.



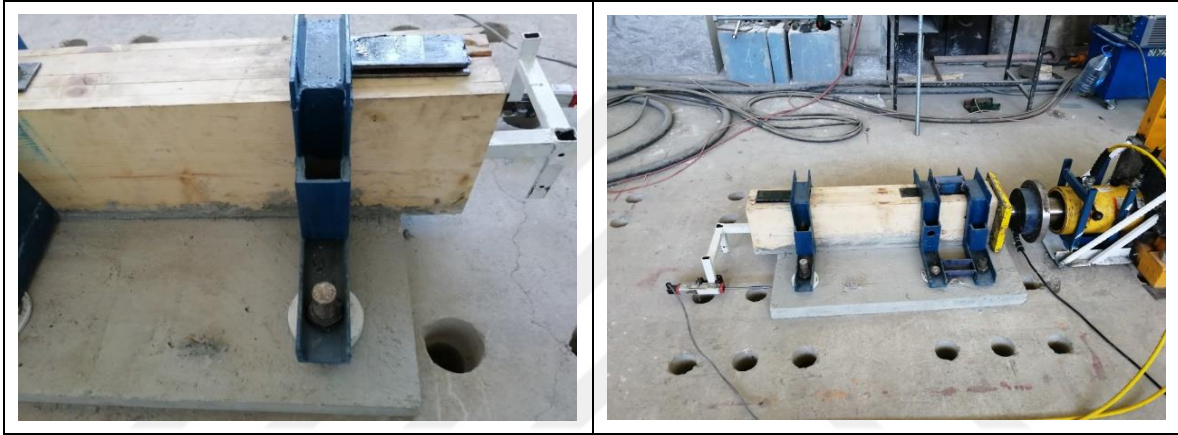
Şekil 113. I-2 elemanının deney sırasında bir görünümü.

I-2 itme deney elemanının, gerçekleştirilen deney sonucunda elde edilen yatay yük, yatay yer değiştirme eğrisi ise Şekil 114'te verilmiştir.



Şekil 114. I-2 deney elemanına ait yatay yük yatay yer değiştirme eğrisi.

I-2 itme deney elemanının beton plak kısmında, gerçekleştirilen deneyler boyunca herhangi bir hasar gözlemlenmemiştir. Bağlantı civatasının yapay çentik içerisinde eğilmesi neticesinde hasar, bağlantı civatasında yoğunlaşmış ve deney elemanı 1.56 mm'lik bağıl yer değiştirme anında 92.63 kN'luk akma yüküne ulaşmıştır. Bu aşamadan sonra yük-yer değiştirme eğrisi yatay seyretmeye başlamıştır. 14.10 mm'lik yatay yer değiştirmede ise 122.21 kN'luk maksimum yüke ulaşılmıştır. I-2 itme deney elemanı, deney sonlandırılana kadar kararlı bir davranış sergileyerek, yük taşıma kapasitesini 115-120 kN aralığında korumuştur. Deney elemanının deney sonundan bir görünümü Şekil 115'de gösterilmiştir.

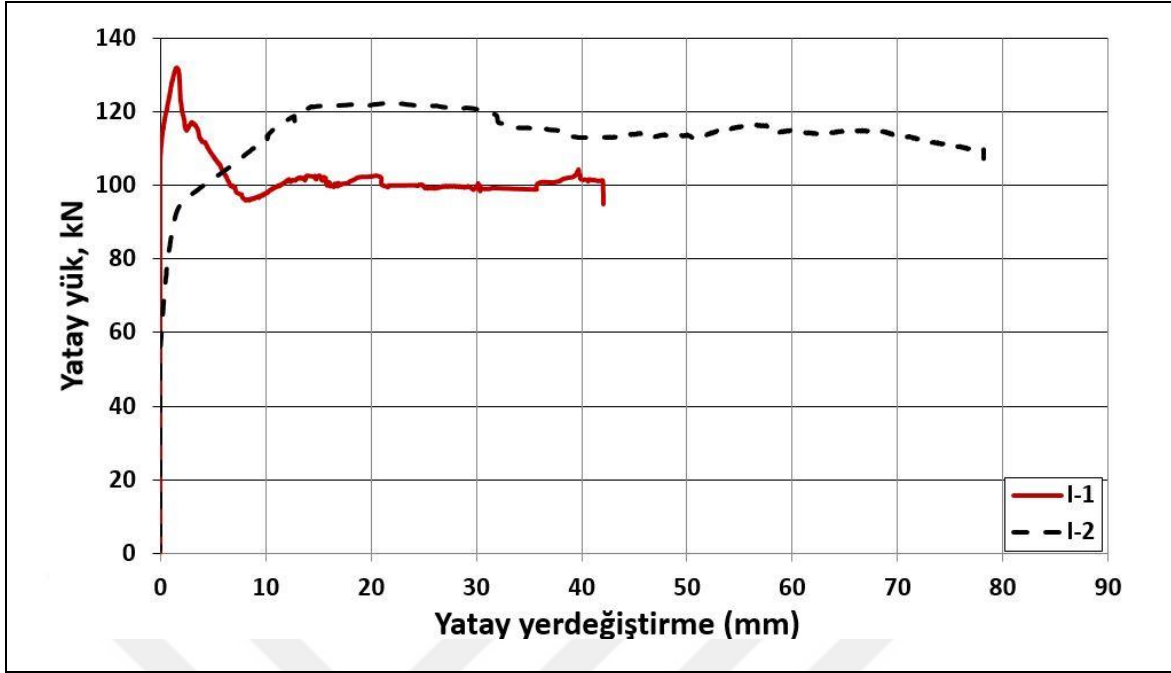


Şekil 115. I-2 deney elemanının deney sonrası görünümü.

### 3.2.1.3. İtme Deneyleri Sonuçlarının Karşılaştırılması

I-1 ve I-2 itme deney elemanlarının yük-yer değiştirme eğrileri Şekil 116'da karşılaştırılmıştır.

I-1 ve I-2 itme deney elemanlarının başlangıç rijitlikleri sırasıyla 83.53 ve 59.44 kN/mm olarak hesaplanmıştır. I-1 elemanında çentikli bölgedeki betonun maksimum yüke kadar yük taşıma kapasitesine sağladığı katkı başlangıç rijitliğini artırmıştır. I-2 elemanında ise yalnızca bağlantı elemanı yük taşımıştır. Çentikli bölgedeki betonun kayma dayanımının aşılmasının ardından I-1 elemanında yük, beton yüzeyler arasındaki sürtünme ve bağlantı civatası tarafından taşınmaya başlamıştır. I-2 elemanında ise yük yalnızca bağlantı elemanı tarafından taşındığı için I-1 elemanına göre daha sünek bir davranış sergilemiştir. Dolayısıyla I-1 elemanında betonda meydana gelen hasarlar, ahşap kiriş ile beton plak arasındaki aderansın kaybolmasına neden olmuştur.



Şekil 116. I-1 ve I-2 itme deney elemanlarının yük-yer değiştirme eğrileri.

I-2 elemanında ise beton plakta hiçbir hasar meydana gelmemiş ve bu sayede deney sonunda ahşap kiriş ile beton plak arasındaki aderans korunmuştur. I-2 elemanında ahşap kirişin beton plağı hala güvenle taşıyabileceği görülmüştür. Tablo 27'de sonuçlar özetlenmiştir.

Tablo 27. İtme deney sonuçlarının karşılaştırılması.

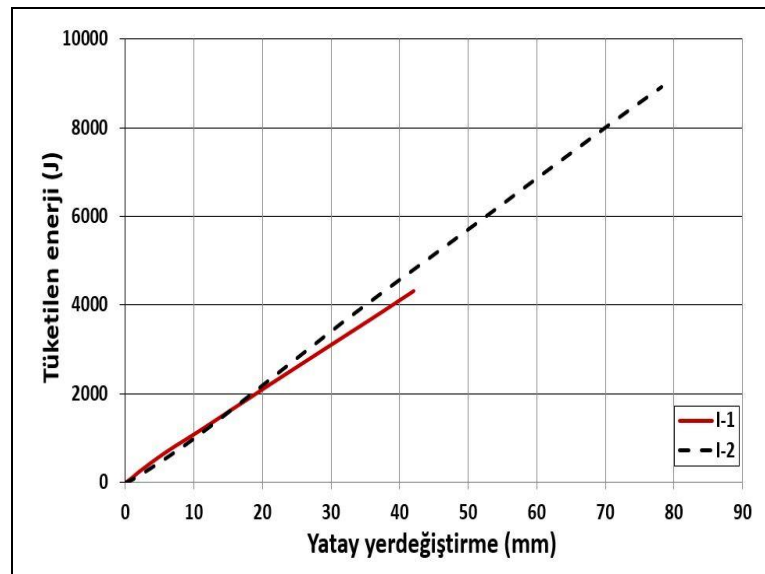
Deney elemanı	Akma Yüğü		Maks. Yüğü		Başlangıç Rijitliğı,
	$P_y$ , (kN)	$D_y$ , (mm)	$P_u$ , (kN)	$D_m$ , (mm)	$K_i$ , (kN/mm)
I-1	-	-	131.98	1.58	83.53
I-2	1.56	92.73	122.21	14.10	59.44

Şekil 117'de deneyler sonunda bağlantı elemanlarının şekil değiştirmiş halleri verilmiştir. Görüldüğü gibi I-2 elemanında, yapay çentik sayesinde bağlantı elemanının davranışına eğilme hâkim olmuştur.



Şekil 117. Yapay çentikli bağlantı uygulamalarında, cıvatanın eğilmesi.

Şekil 118’de ise I-1 ve I-2 itme deney elemanlarının enerji tüketme kapasiteleri karşılaştırılmıştır. I-1 elemanı maksimum yer değiştirme anında (42 mm) 4311 Joule enerji tüketirken aynı yer değiştirme seviyesinde I-2 elemanı, 4520 Joule enerji tüketmiştir. Nihai durumda ise I-2 elemanının tükettiği enerji 8912 Joule olarak hesaplanmıştır. Görüldüğü gibi I-2 elemanının enerji tüketme kapasitesi, I-1 elemanına göre oldukça yüksektir. Bu sonuç, yükün bağlantı elemanında yoğunlaşması ve sistemin I-1 elemanına göre daha sünek ve kararlı bir davranış sergilemesinden kaynaklanmaktadır. Tüketilen bu enerji özellikle deprem gibi dinamik yükleme durumları için oldukça önemlidir.



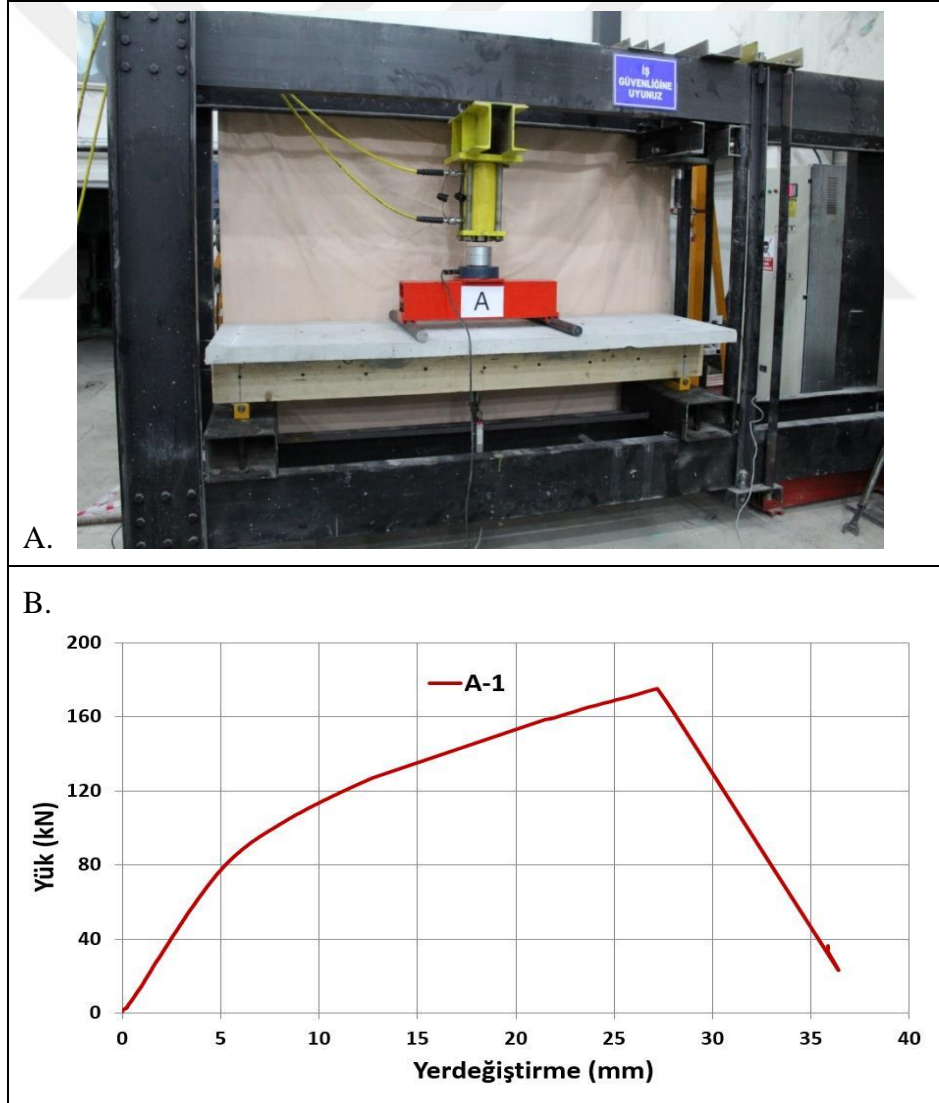
Şekil 118. I-1 ve I-2 deney elemanlarının enerji tüketme kapasiteleri.

### 3.2.2. Eğilme Deney Elemanlarının Yük Altındaki Davranışları

Çalışmada Ahşap-Beton Kompozit yapı elemanlarının, kompozit verimliliğine yönelik bulgular elde edilmiş ve irdelenmiştir.

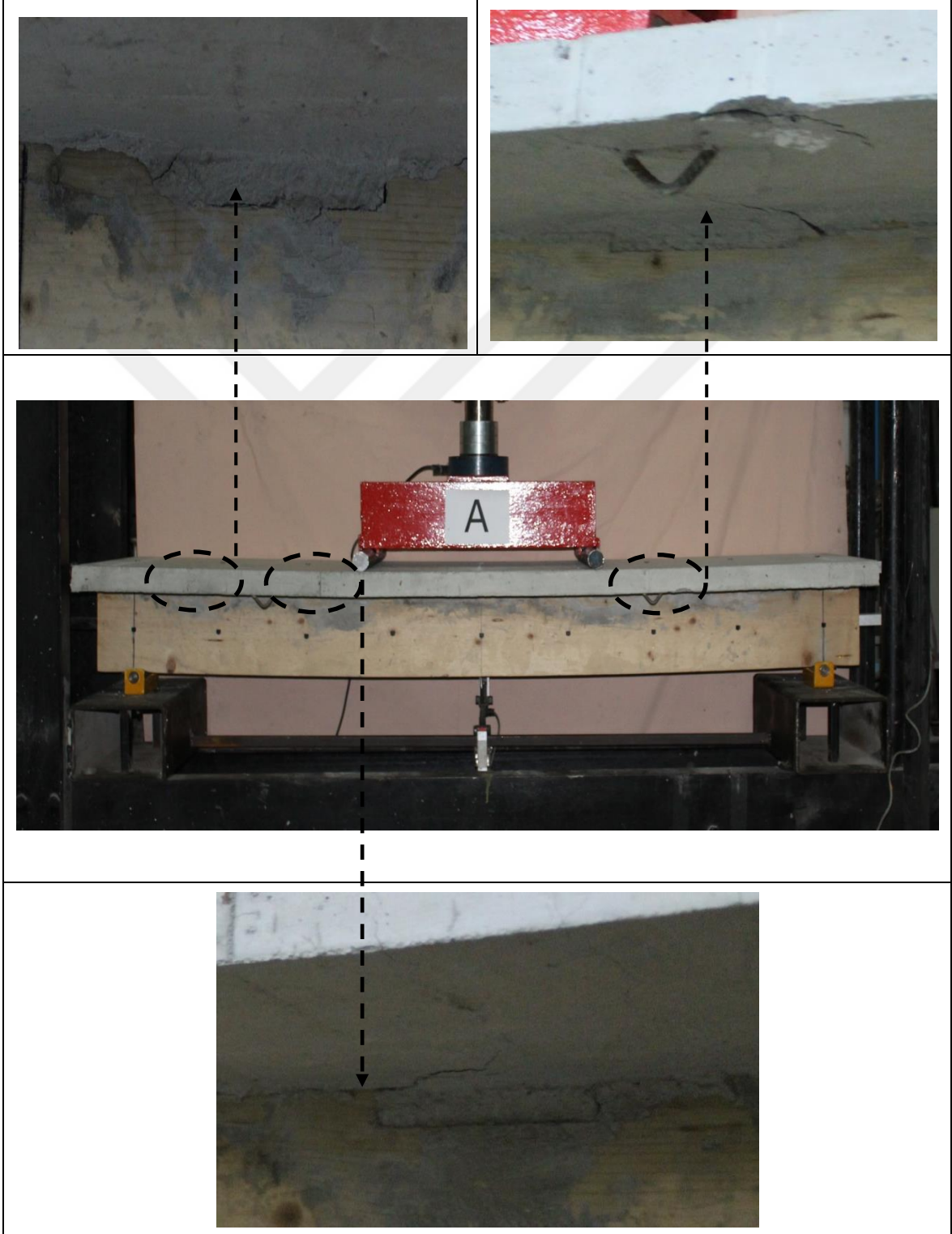
#### 3.2.2.1. A-1 Eğilme Deney Elemanı

Eğilme yükü etkisi altında davranışı incelenen A-1 elemanının, deney esnasına ait görünümü (Şekil 119/A) ve deney sonunda elde edilen yük-yer değiştirme eğrisi (Şekil 119/B) verilmiştir.



Şekil 119. A-1'in deney sırasında bir görünümü (A), yük-yer değiştirme eğrisi (B).

A-1 deney elemanının başlangıç rijitliği 16.44 kN/mm olarak elde edilmiştir. Yaklaşık 7.30 mm'lik yer değiştirme ve 97.27 kN'luk yük seviyesinde beton çentik kenarlarında çatlamlar meydana gelmeye başlamıştır (Şekil 120).



Şekil 120. A-1 deney elemanında oluşan çatlaklar.



Artan yer değiştirmeler neticesinde beton çentik kenarlarındaki çatlaklar artmaya başlamış ve yük-yer değiştirme eğrisinin eğimi azalmıştır. A-1 deney elemanı 27.21 mm'lik yer değiştirme seviyesinde 175.17 kN'luk maksimum yüke ulaşmıştır. Bu ana kadar sadece beton plakta çatlaklar oluşurken, ahşap kirişte belirgin bir hasar gözlemlenmemiştir. Ancak maksimum yüke ulaşır ulaşmaz ahşap kirişte ani göçme meydana gelerek deney elemanı taşıma gücünü kaybetmiştir (şekil 121).



şekil 121. Ahşap kirişin göçme durumu (A-1) (n-arka görünüm).

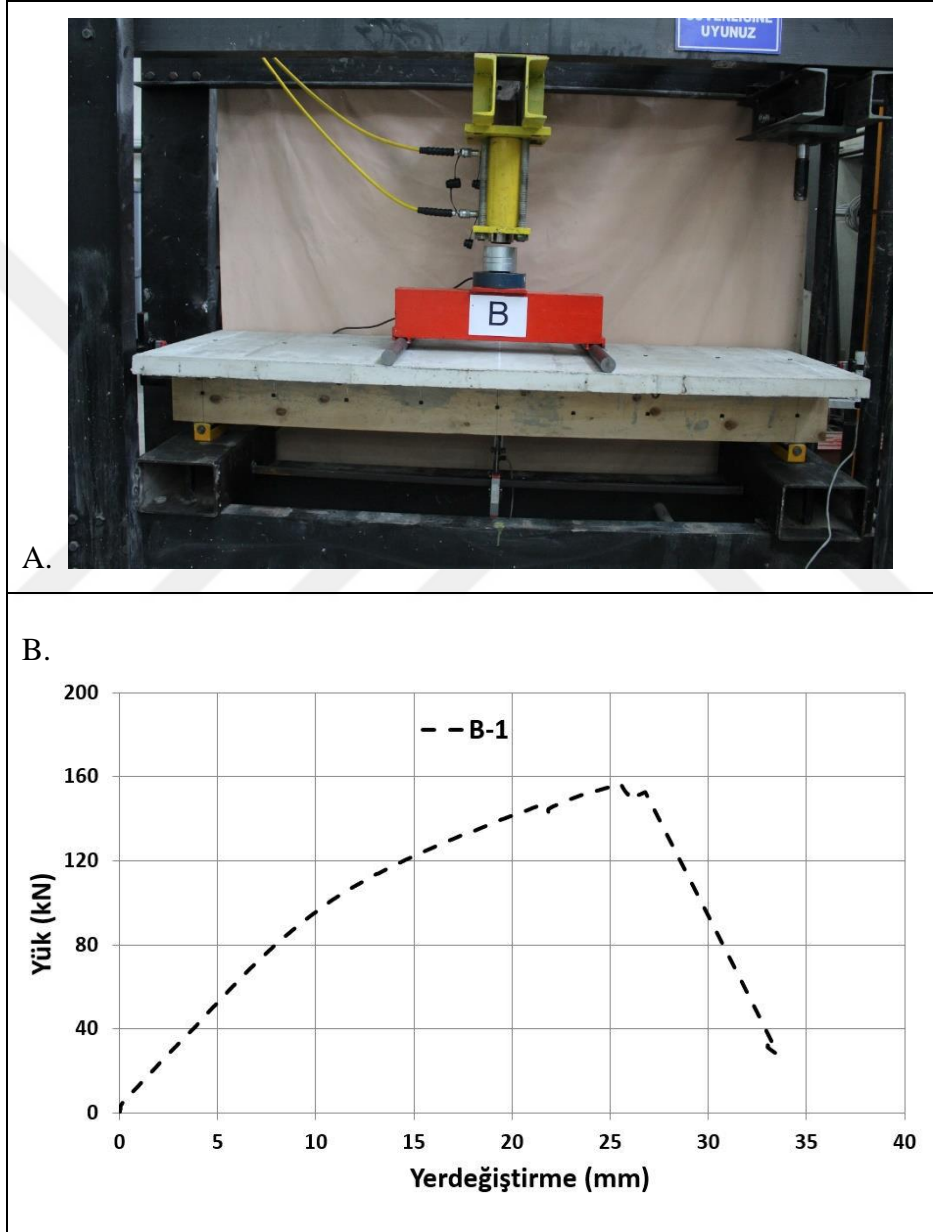
Deney sonunda beton plakta çok sayıda çatlak meydana gelmiştir. Bu çatlakların geneli beton çentik kenarlarında oluşan çatlakların ilerlemesi ile plak kenarlarına kadar yayılmıştır (şekil 122).



şekil 122. Deney sonunda beton plaktaki çatlaklar (A-1 deney elemanı).

### 3.2.2.2. B-1 Eğilme Deney Elemanı

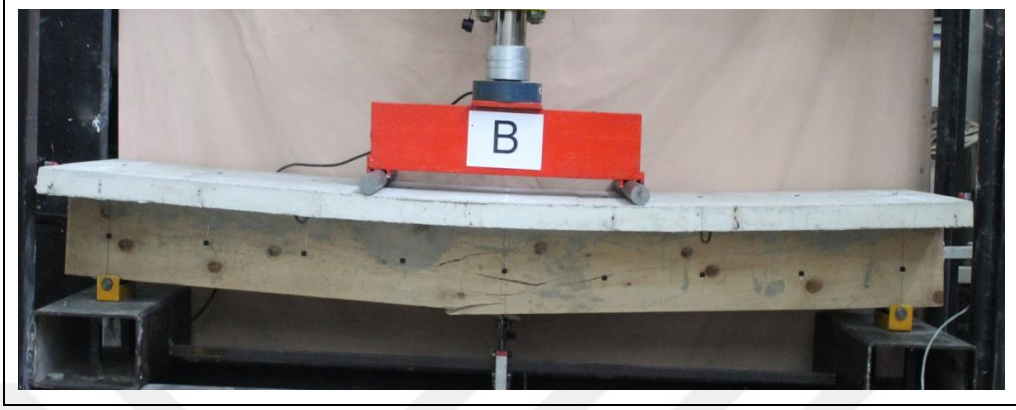
Eğilme yükü etkisi altında davranışı incelenen B-1 elemanının, deney esnasına ait görünümü (Şekil 123/A) ve deney sonunda elde edilen yük-yer değiştirme eğrisi (Şekil 123/B) verilmiştir.



Şekil 123. B-1'in deney sırasında bir görünümü (A), yük-yer değiştirme eğrisi (B).

Yapay çentikli bağlantı elemanı kullanılan B-1 eğilme deney elemanının, eğilme yükü etkisindeki performansı Şekil 123'te verilmiştir.

Sistemin başlangıç rijitliği 9.91 kN/mm olarak hesaplanmıştır. Maksimum yüke kadar beton plakta ve ahşap döşemede herhangi bir hasar gözlemlenmemiştir (Şekil 124).



Şekil 124. Maksimum yük sırasında B-1 deney elemanının görünümü.

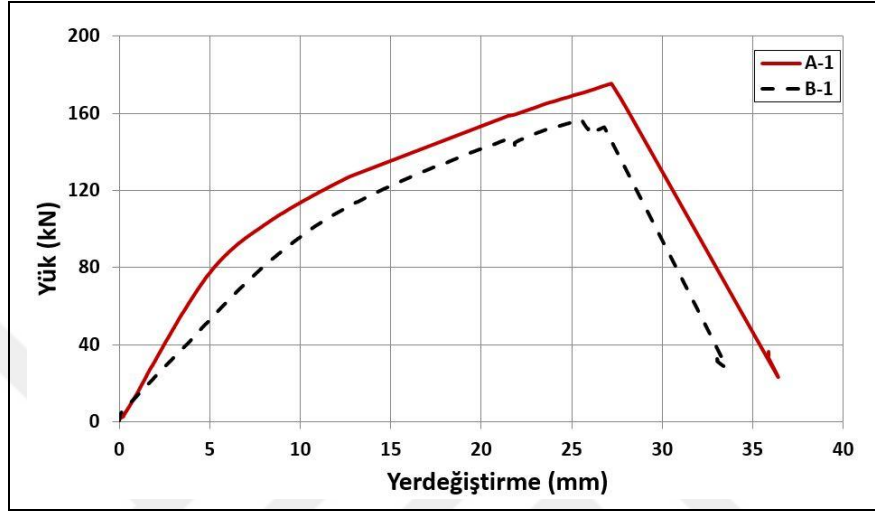
25.21 mm'lik yer değiştirme seviyesinde 156.10 kN'luk maksimum yüke ulaşılmıştır. Bu andan sonra ahşap kirişte ani kırılma meydana gelerek deney elemanı taşıma gücünü yitirmiştir (Şekil 125).



Şekil 125. B-1 deney elemanının taşıma gücünü kaybettikten sonra görünümü.

### 3.2.2.3. Eğilme Deneyleri Sonuçlarının Karşılaştırılması

A-1 ve B-1 eğilme deney elemanlarının, yük-yer değiştirme eğrileri Şekil 126'da karşılaştırılmıştır.



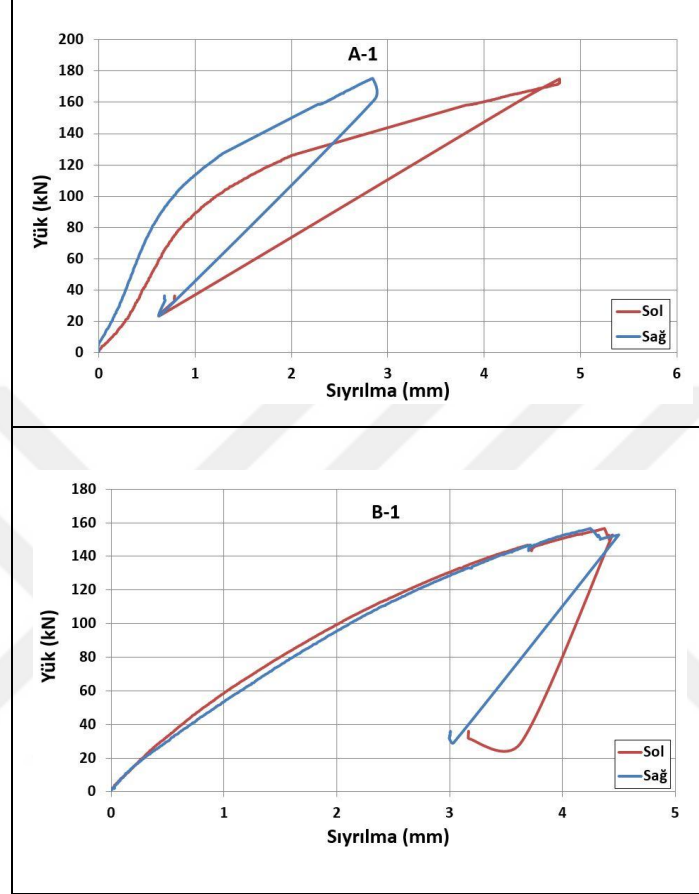
Şekil 126. Deney elemanlarının, yük-yer değiştirme eğrilerinin karşılaştırılması.

A-1 elemanında çentikli bölgedeki betonun, beton plak ve ahşap kiriş arasındaki yük aktarımına sağladığı katkı, deney elemanının başlangıç rijitliğini ve yük taşıma kapasitesini artırmıştır. B-1 de ise yalnızca bağlantı elemanı yük aktarımını sağlamıştır. Beton çentik, yük aktarımı nedeniyle kesme kuvvetlerine maruz kalmış ve neticede çentik kenarlarında ilk çatlaklar oluşmuştur. Artan yük değerleri neticesinde bu çatlaklar beton plak kenarlarına kadar ilerlemiştir. B-1 elemanında ise yük aktarımı yalnızca bağlantı elemanları ile sağlandığı için beton plakta herhangi bir hasar meydana gelmemiştir. Her iki deney elemanında da göçme, ani olarak meydana gelirken, ahşap kirişlerdeki hasarlar da benzerlik göstermiştir. Tablo 28'de sonuçlar özetlenmiştir.

Tablo 28. Eğilme deneyleri sonuçları.

Deney elemanı	Maks. Yük		Maks. Görelî Ötelenme		Başlangıç Rijitliği
	$P_u$ , (kN)	$D_m$ , (mm)	Sol (mm)	Sağ(mm)	$K_i$ , (kN/mm)
A	175.17	27.21	4.78	2.86	16.44
B	156.10	25.51	4.50	4.44	9.91

Deneysel esnasında deney elemanlarının sol ve sağ uçlarında beton plak ile ahşap döşeme arasındaki bağıl ötelenme değişimleri ölçülmüştür (Şekil 127).



Şekil 127. Beton plak ile ahşap döşeme arasındaki bağıl ötelenme.

A-1 elemanında sol ve sağ uçlardaki maksimum bağıl ötelenmeler sırasıyla 4.78 ve 2.86 mm olarak ölçülmüştür.

- A-1 elemanında hasarların, deney elemanının sol tarafındaki beton çentiklerde yoğunlaşması bağıl ötelenmenin de sol tarafta daha fazla olmasına neden olmuştur.

- B-1 elemanında ise beton plakta herhangi bir hasar meydana gelmediği için deney elemanının sol ve sağ uçlarındaki bağıl ötelenme değerleri yaklaşık eşit olmak üzere sırasıyla 4.50 ve 4.44 mm olarak elde edilmiştir.

- Toplam bağıl ötelenme değerleri karşılaştırıldığında ise A-1 elemanı (7.64 mm) B-1 elemanına (8.94 mm) göre 1.30 mm daha az bağıl ötelenme yapmıştır.

Eğilme deney elemanlarının kompozit verimlilikleri, kullanılabilirlik sınır durumu ve göçme anı için ayrı ayrı hesaplanarak Tablo 29'da verilmiştir.

Tablo 29. Eğilme deney elemanlarının kompozit verimlilikleri.

Deney Elemanı	$P_u$ (kN)	$D_m$ (mm)	$D_{fc}$ (mm)	$D_{nc}$ (mm)	Kompozit Verimlilik, (%)	
					Kullanılabilirlik Sınır Durumu	Göçme Anı
A	175.17	27.21	8.45	33.78	86.60	25.94
B	156.10	25.51	7.54	30.17	84.40	20.59

Kullanılabilirlik sınır durumu için ilgili yönetmelikte verilen sehim sınırları dikkate alınmıştır. Kullanılabilirlik sınır durumunda A-1 ve B-1 elemanlarının kompozit verimlilikleri oldukça yakın olup sırasıyla %86.60 ve 84.40 olarak hesaplanmıştır. Göçme anında ise bu değerler A-1 ve B-1 elemanı için sırasıyla %25.94 ve %20.59 olarak hesaplanmıştır. Görüldüğü gibi yapay çentikli bağlantı türü kullanılan B-1 elemanının kompozit verimliliği, çentikli bağlantı türü kullanılan A-1 elemanına oldukça yakındır. Bununla birlikte bağlantı cıvatalarının rijitliklerini ya da sayılarını artırarak sistemin kompozit verimliliğini artırmakta mümkündür.

## 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Doğu Karadeniz Bölgesinin mimari karakterine uygun, aynı zamanda çağın gerekliliklerini yerine getirebilen, endüstriyel bir yapım sistemi ve elemanları kullanımı ile bölgede konaklama ve diğer ihtiyaçların karşılanmasına yönelik, çevresel değerler ile uyumlu, yöredeki kültürel yapıyı bozmayan tesislerin yapımında; hızlı üretilebilen ve kolay monte edilebilen, düşük enerji, kaynak ve iş gücü tüketen, esnek tasarımlara imkân veren endüstriyel bir yapım sistemi olan Ahşap-Beton Kompozit sistem kullanımının araştırıldığı, ABK sistemlerde kullanılmak üzere yeni bir bağlantı türünün geliştirildiği çalışmada ulaşılan sonuçlar genel sonuçlar ve deneysel sonuçlar olarak açıklanmıştır:

### 4.1. Genel Sonuçlar

Son yıllarda gelişmiş ülkelerin yapı teknolojisinde, enerji tüketimini ve CO<sub>2</sub> salınımını azaltmak amacıyla hammaddesi ahşaba dayalı yapı malzemeleri, giderek artan oranda kullanılmakta; ahşap yapı malzemelerinin kullanımının geliştirilmesi üzerine çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Yapılan çalışmalar içerisinde, sürdürülebilir yapım şartlarına, malzemelerin tek başlarına sağlayamayacağı özelliklere, farklı malzemelerin bir arada kullanılması ile erişilmesi uygulamaları ön plana çıkmaktadır. Bu uygulamalar içerisinde, ahşap ve beton bileşenleri arasındaki yapısal bağlantı ile malzeme ihtiyaçlarını optimize etmeye odaklanan bir teknoloji olan Ahşap-Beton Kompozit sistem, sahip olduğu avantajlar nedeniyle gelişmiş ülkelerde önemli bir yer tutmaktadır.

ABK sistemin yapısal performansı üzerinde ana belirleyici etkenin bağlantı elemanı olması nedeniyle gerçekleştirilen araştırmaların pek çoğu kullanılan bağlantı elemanları üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışmalar incelendiğinde ABK sistem uygulamalarında farklı tipte bağlantı elemanlarının kullanıldığı ve çentikli bağlantıların dayanım ve rijitlik değerleri dikkate alındığında kullanılan en ideal bağlantı tipi olarak ön plana çıktığı anlaşılmıştır. Ancak çentikli bağlantılar; ahşap kiriş ya da levhaya çentik açılması işleminin ekonomik olmaması, açılan çentiklerin taşıyıcı elemanların en kesitlerinde azalmaya neden olması ve beton priz sürecinde oluşan büzülmenin çentik yüzeylerinde boşluk oluşturarak sistem dayanımını zayıflatması gibi olumsuzluklara neden olmaktadır. Tüm bunlara ek olarak çentikli birleşimler tadilat uygulamaları için de elverişli değildir.

Çalışma, çentikli bağlantıların neden olduğu bu olumsuzlukların giderilmesi için yeni bir bağlantı elemanı geliştirilmesi odağında gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, çalışma kapsamında ABK sistem tanıtılmış, sistemin yapısal performansı deneysel olarak incelenmiş, sistemin günümüzde yaşadığı gelişmeler ve gelecekte oynayacağı rol, sistemin kullanım olanakları üzerinden ele alınmıştır. Gerçekleştirilen bu çalışmalar ile aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Orman alanları ve üretim potansiyeli açısından zengin olan Türkiye’de hala endüstriyel ahşap yapılara çok sık rastlanamamaktadır. Hızlı büyüyen yapı sektöründe, bu konuya olan ilgiyi arttırmak için daha fazla çalışma yürütülmelidir.

- Türkiye gibi orman alanları bakımından zengin olan bir ülkenin de bu potansiyelini kullanması hem yapı sektörüne hem de sürdürülebilir yaşam çevreleri oluşturmaya katkı sağlayacaktır. Türkiye’de ahşap yapı malzemesi hakkındaki olumsuz ön yargının giderilmesi ahşap yapı malzemesinin ve dolayısıyla ABK sistemin kullanımını teşvik edebilir.

- Türk yapı sektöründe ABK yapı elemanlarının üretilme potansiyelinin araştırılması, Türkiye’de böyle bir kompozit sistemin üretiminin ve binalarda uygulanabilirliğinin sağlanmasına yönelik önerilerin geliştirilmesinde etkili olabilir.

- Türkiye’de gerçekleştirilecek yasal düzenlemeler ve devlet desteği ile ABK sistem, yapıların yenilenmesinde ve farklı işlevli binalar ile köprülerin yapımında kullanılabilir. Özellikle geçmişte ahşap yapı kültürünün yerleşik olduğu bölgelerde ABK sistem kullanımı yaygınlaştırılabilir. Bu yolla özellikle kırsal bölgelerde yok olma tehlikesi altında olan geleneksel ahşap yapı varlığının korunmasına da katkı sağlanabilir.

- ABK sistemlerin yapılarda 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 ABK sistemin kullanımında etkilidir. Ahşap ve beton malzemenin bir arada kullanılması malzemelerin tekil kullanımına oranla daha etkili mimari çözümler sunmaktadır.

- ABK sistem; Doğu Karadeniz Bölgesinin arazi yapısına, iklimsel özelliklerine ve geleneksel mimari karakterine uygun, ahşap esaslı, kırsal turizm tesislerinin inşasında tercih edilebilir.

- ABK sistemler yapım açısından zamandan ve işçilikten büyük tasarruflar sağlamakta, beraberinde verimli olmayı getirmektedir. Bu yolla geleneksel ahşap yapılara oranla daha ekonomik kırsal turizm tesisleri inşa edilebilir. ABK sistem kullanımı, Doğu



Karadeniz Bölgesinde ahşap malzemenin yangın dayanımı konusunda yetersiz olduğu ön yargısını ortadan kaldırabilir.

#### 4.2. Deneysel Sonuçlar

Doğu Karadeniz Bölgesi kırsal alanlarındaki konaklama tesisi ihtiyacına çözüm olabilecek, daha hızlı ve daha kolay uygulanabilecek endüstriyel bir yapım sistemi olarak seçilen Ahşap-Beton Kompozit sistem özelliklerinin incelenmesi ve sistem elemanlarında yüksek rijitlik ve kompozit verimlilik değerine sahip bir bağlantı elemanı geliştirilmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmada elde edilen deneysel sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- Yapay çentikli bağlantı elemanları, çentikli bağlantı elemanlarına oranla daha kolay uygulanabilmektedir. Ayrıca yapım açısından zamandan ve işçilikten tasarruf sağlamaktadır.

- Çentikli bağlantı elemanlarında kirişe açılan çentik, en kesitte azalmaya neden olarak taşıyıcı elemanı zayıflatmaktadır. Yapay çentikli bağlantı elemanında ise böyle bir problemin olmayışı, bu sistemin en önemli kazanımlarından birisidir. Bu yolla aynı zamanda malzeme ve kaynak korunumuna da katkı sağlanmaktadır.

- Çentikli ABK sistem deneylerinde, beton çentik nedeniyle beton plakta ağır hasarlar oluşmakta ve sistem kullanılamaz hale gelmektedir. Yapay çentikli ABK sistem deneylerinde ise hasarın yapay çentik içindeki bağlantı elemanında yoğunlaşması ile beton plakta hiçbir hasar meydana gelmemektedir. Bu sayede bağlantı elemanı ile beton plak arasındaki aderans korunmakta ve sistem, taşıyıcılığını kaybetmemektedir.

- Yapay çentikli ABK döşeme panelleri, çentikli uygulamalar ile oldukça yakın oranda kompozit verimlilik değeri göstermektedir. Bağlantı elemanı sayısı artırılarak kompozit verimlilik artırılabilir.

- Yapay çentikli bağlantı elemanlarında hasar, beton yerine bağlantı elemanında yoğunlaşmaktadır. Bu durum sistemin sünek davranış göstererek daha fazla enerji tüketmesini sağlamıştır. Bunun yanında, çentikli uygulamalarda beton çentik, yapı elemanının yük taşıma kapasitesini artırsa da, beton plak ile beton çentik arasındaki kesme etkisi nedeni ile beton, gevrek davranmış göstermekte ve yapı elemanının enerji tüketimine sınırlı bir katkı sağlamaktadır.

### 4.3. Öneriler

Çalışma, Doğu Karadeniz Bölgesi kırsal turizm tesislerinde, geleneksel yapım sistemleri yerine Ahşap-Beton Kompozit Sistem kullanımı fikri doğrultusunda geliştirilmiştir. Bu amaçla, ABK sistem analiz edilerek, sistemde kullanılmak üzere yeni bir bağlantı türü olan yapay çentikli bağlantı elemanı geliştirilmiş ve özellikleri deneysel olarak ortaya koyulmuştur. Geliştirilen bu bağlantı elemanı, yeni yapı ya da tadilat uygulamalarında kullanılabilir, yüksek dayanım ve rijitlik özelliklerine sahip, kolay uygulanabilen ve iş gücü, kaynak tüketimini azaltan özelliklere sahiptir.

Çalışma konusunun ve çalışma kapsamında geliştirilen yapay çentikli bağlantı elemanların kullanıldığı ABK sistemlerin, daha sonra yapılacak araştırmalar için yeni imkânlar ortaya çıkardığı söylenebilir.

Çalışmanın ortaya çıkardığı bu imkânlar, öneriler halinde şu şekilde sıralanabilir:

- ABK sistem yapı elemanları üzerinde, farklı bağlantı elemanları özelliklerinin belirlenmesi, yapay çentikli bağlantı elemanı kullanılan yapı elemanlarının uzun dönem davranışlarının incelenmesi amacıyla deneysel çalışmalar gerçekleştirilebilir. Ayrıca, farklı ahşap ve beton malzeme türlerinin kullanıldığı sistemler karşılaştırılabilir.

- Sonraki çalışmalarda özellikle bölge şartlarına uygun kırsal konaklama tesisinin ABK sistem kullanılarak yapımı; prefabrikasyon kurallarının çok yönlü ele alınması, mimari tasarım, farklı yapı elemanlarının (duvar, çatı) geliştirilmesi ve bu elemanların tez kapsamında geliştirilen döşeme elemanı ile entegrasyonunun sağlanması ile daha da geliştirilebilir (boyutsal koordinasyon, zaman, taşıma, montaj, standardizasyon vb.) (Ek 2).

- ABK sistem elemanlarının, birleşim detayları üzerine çalışmalar yapılabilir. Bu çalışmalar birleşimlerin yapısal özellikleri (dayanım, rijitlik vb.) ve yapı fiziği özellikleri (ısı, su, nem geçirimi vb. ) başlıklarında ele alınabilir. Gerçekleştirilecek çalışmalar ile seçilen çalışma/uygulama alanının yapısal ve iklimsel özellikleri üzerinde en ideal kullanım olanaklarını sunan sistem geliştirilebilir.

- Yapay çentikli ABK sistemler ile yapı inşa süreci üzerine çalışmalar gerçekleştirilebilir (Ek-3). Bu çalışmalarda seçilen çalışma alanına ait yöresel özellikler (ulaşım altyapısı, yasal statü, sektör durumu) analiz edilerek, yöreye uygun inşa adımlarına yönelik araştırmalar yapılabilir.

Çalışmanın elde edilen sonuçlar ve sunulan öneriler ile gelecekte yapılacak çalışmalara kaynak olacağına inanılmaktadır.

## 5. KAYNAKLAR

1. Cengiz, T., ve Çelem, H., Kırsal Kalkınmada Analitik Hiyerarşi Süreci (Ahs) Yönteminin Kullanımı, Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 1-2 (2003) 144-153.
2. Çeken, H., Karadağ, L., ve Dalgın, T., Kırsal Kalkınmada Yeni Bir Yaklaşım Kırsal Turizm ve Türkiye'ye Yönelik Teorik Bir Çalışma, Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 8, 1 (2011) 1-14.
3. Ün, E., Tutar, F., Tutar, E., ve Erkan, Ç., Ekonomik Kalkınmada Kırsal Turizmin Rolü: Türkiye Örneği, International Conference on Eurasian Economies, Ekim 2012, Almaty, Kazakistan, Bildiriler Kitabı: 345-350.
4. D.P.T., Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı, (1990-1994), Yayın No: 2174, Ankara, 1990.
5. Esen, Ş., Hükümet ve Siyasi Parti Programlarında" Turizmde Sürdürülebilirlik" Kavramı, Doğu Karadeniz Bölgesi Sürdürülebilir Turizm Kongresi, Mayıs 2015, Gümüşhane, Bildiriler Kitabı: 112-121.
6. Doğaner, S., Türkiye Turizm Coğrafyası, 1. Baskı, Çantay Kitabevi, İstanbul, 2001.
7. T. C., Kültür ve Turizm Bakanlığı, Türkiye Turizm Stratejisi 2023 Eylem Planı 2007–2013, Yayın No: 3085, Ankara, 2007.
8. Somuncu, M., Akpınar, N., Kurum, E., Kaya, N. Ç., ve Ecerel, T. Ö., Doğu Karadeniz Bölgesi Yaylalarının İşlevlerinde Meydana Gelen Değişim ve Sonuçları, Yayla Kültürü ve Yaylacılık Sempozyumu, Kasım 2014, Bilecik, Türkiye, Bildiriler Kitabı: 6-7.
9. Bilici, N., ve Işık, Z., Bölgesel Kalkınmada Yayla Turizmi: Rize İli Örneği, Artvin Çoruh Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi, 4, 1 (2018) 1-21.
10. T.C. Resmi Gazete, 4342 Sayılı Mera Kanunu, (23272), 28.2.1998.
11. Özçatalbaşı, O., Türkiye'de Kırsal Turizm Potansiyeli ve Geliştirilmesi. Turizm ve Mimarlık Sempozyumu, Nisan 2006, Antalya, Türkiye, Bildiriler Kitabı: 272-278.
12. Van der Linden, M. L. R., Timber-Concrete Composite Floor Systems, Doktora Tezi, Technische Universiteit Delft, İnşaat Mühendisliği ve Yerbilimleri Fakültesi, Delft, Hollanda, 1999.
13. LeBorgne, M. R., Gutkowski, R. M.. Load testing of wood-concrete beams incorporating recycled utility poles (No. MPC-08-197). Mountain-Plains Consortium, 2008.

14. Yeoh, D. E. C., Behaviour and Design of Timber-Concrete Composite Floor System. Doktora Tezi, University of Canterbury, İnşaat ve Doğal Kaynaklar Mühendisliği Bölümü, Christchurch, Yeni Zellenda, 2010.
15. Lukaszewska, E., Development of Prefabricated Timber-Concrete Composite Floors, Doktora Tezi, Luleå University, İnşaat, Madencilik ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Luleå, İsviçre, 2009.
16. Rijal, R., Dynamic Performance of Timber and Timber-Concrete Composite Flooring Systems, Doktora Tezi, University of Technology, Mühendislik ve Bilgi Teknolojisi Fakültesi, Sydney, Avusturalya, 2013.
17. Amani, A., ve Niyazi, A. Q., Türkiye’de Prefabrik Yapı Sektörünün Hızlı Gelişimi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 6, 3 (2018) 487-494.
18. Dias, A. M. P. G., Mechanical Behaviour of Timber-Concrete Joints, Doktora Tezi, Technische Universiteit Delft, İnşaat Mühendisliği ve Yerbilimleri Fakültesi, Delft, Hollanda, 2005.
19. Koçhan A., Doğu Karadeniz Bölgesi Yaylaları İçin Enerji Duyarlı Bir Bungalov Önerisi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1997.
20. EN 1994-1-1, Eurocode 4: Design of Composite Steel and Concrete Structures, European Standard, Brüksel, 2004.
21. <https://www.dokap.gov.tr/>, Doğu Karadeniz Projesi (Dokap) Eylem Planı (2014-2019), 15 Kasım 2019.
22. İstanbul Ticaret Odası, Karadeniz Bölgesinde Yayla Turizminin Geliştirilmesi, Bölgesel Gelişme ve Çevreye Uyumlu Yapılaşma, Yayın No: 1997-27, İstanbul, 1997.
23. Vural N., Doğu Karadeniz Bölgesi Kırsal Yerleşmelerinde Ahşap Esaslı Prefabrike Sistem Kullanımı, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2005.
24. Yürekli B., Binalarda Ahşap-Beton Kompozit Döşemelerin Yapısal Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2015.
25. Başer, V., Yaylalardaki Arazi Kullanım Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemi ile Analizi: Giresun Örneği, Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8, 1 (2019) 167-175.
26. Durmuşoğlu, İ., Kompozit Döşeme ve Kirişlerin Hesabı ve Kompozit Kirişlerin Stabilitate Problemleri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005.
27. Nežerka, V., Timber-Concrete Composite Structures, Yüksek Lisans Tezi, Czech Technical University, İnşaat Mühendisliği Fakültesi, Prague, Çekya, 2010.

28. Costa, L., Timber Concrete Composite Floors with Prefabricated Fiber Reinforced Concrete, Deneý Raporları Lunds University, Lund Teknoloji Enstitüsü, Lund, İsviçre, 2011.
29. Dalli, G., Türkiye’de Kaplama Tabakalı Kereste (LVL) Üretim İmkanlarının Araştırılması ve Teknolojik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005.
30. Güzel, N., ve Yesügey, S. C., Çapraz Lamine Ahşap (CLT) Malzeme ile Çok Katlı Ahşap Yapılar, Mimarlık, 382 (2015) 60-65.
31. Fragiacom, M., Gutkowski, R. M., Balogh, J., & Fast, R. S., Long-term behavior of wood-concrete composite floor/deck systems with shear key connection detail, Journal of Structural Engineering, 133, 9 (2007) 1307-1315.
32. Capozucca, R., Bond Stress System of Composite Concrete-Timber Beams, Materials and Structures, 31, 9 (1998) 634-640.
33. Mungwa, M. S., Jullien, J. F., Foudjet, A., ve Hentges, G., Experimental Study of A Composite Wood–Concrete Beam with The INSA–Hilti New Flexible Shear Connector, Construction and Building Materials, 13, 7 (1999) 371-382.
34. Aicher S., Klöck W., Dill-Langer G. ve Radovic B., Nails and Nailplates as Shear Connectors for Timber-Concrete Composite Constructions, Otto-Graf-Journal, 14 (2003) 189.
35. Gutkowski, R. M., Brown, K., Shigidi, A., ve Natterer, J., Investigation of Notched Composite Wood–Concrete Connections, Journal of Structural Engineering, 130, 10 (2004) 1553-1561.
36. Clouston, P., Bathon, L. A., ve Schreyer, A., Shear and Bending Performance of a Novel Wood–Concrete Composite System, Journal of Structural Engineering, 131, 9 (2005) 1404-1412.
37. Fragiacom, M., Gutkowski, R. M., Balogh, J., ve Fast, R. S., Long-Term Behavior of Wood-Concrete Composite Floor/Deck Systems with Shear Key Connection Detail, Journal of Structural Engineering, 133, 9 (2007) 1307-1315.
38. Lukaszewska, E., Johnsson, H., ve Fragiacom, M., Performance of Connections for Prefabricated Timber–Concrete Composite Floors, Materials and structures, 41, 9 (2008) 1533-1550.
39. Ceccotti, A., Timber-Concrete Composite Structures, Timber Engineering, 1995.
40. CEN - EN 26891, Timber Structures - Joints Made With Mechanical Fasteners - General Principles for The Determination of Strength and Deformation Characteristics, Brüksel, 1991, 6.

41. Murthy, C. K., Timber Concrete Composites for Low Cost Housing, Housing Science, 8, 2, (1984), 209-215.
42. Meierhofer, U. A., A New Efficient System for Timber/Concrete Composite Structural Elements. Test, Research And Development, 8th World Conference on Timber Engineering, 1992, Lahti, Finlandiya, Bildiriler Kitabı: 5, 383-393.
43. Jorge, L. F. C., Timber-concrete composite structures using LWAC, Department of Civil Engineering, University of Coimbra, Coimbra, Portekiz.
44. Van der Linden, M. L. R., ve Blass, H. J. Timber-concrete composite floor systems, International Wood Engineering Conference, Ekim, 1996, New Orleans, USA, Bildiriler Kitabı: 3-309-3-316.
45. Ahmadi, B. H., ve Saka, M. P., Behavior of composite timber-concrete floors, Journal of structural engineering, 119, 11 (1993) 3111-3130.
46. Mungwa M. S., Jullien, J. F., Foudjet, A., ve Hentges, G., Experimental Study of a Composite Wood–Concrete Beam with the INSA–Hilti New Flexible Shear Connector, Construction and Building Materials, 13, 7 (1999) 371-382.
47. Maurizio P. ve Ballerini M. Experimental and Numerical Results on Timber-Concrete Composite Floors with Different Connection Systems. 6th World Conference, Temmuz, 2000, Whistler Resort, British Kolombiya, Kanada.
48. Lehmann, S., Grosse, M., ve Rautenstrauch, K., New Connector Types of Laminated Timber-Concrete Composite Element Joints. International RILEM Symposium, 2001, Bildiriler Kitabı: 22, 301-310.
49. Ceccotti, A., Fragiacomio, M., ve Giordano, S., Long-Term And Collapse Tests on a Timber-Concrete Composite Beam With Glued-In Connection, Materials and Structures, 40, 1 (2007) 15-25.
50. Natterer, J., Hamm, J., ve Favre, P., Composite Wood-Concrete Floors for Multi-Story Buildings. In Proceedings of the international wood engineering conference, Ekim, 1996, New Orleans, A.B.D., Bildiriler Kitabı: 3, 431-435.
51. Jorge, L. F., Schänzlin, J., Lopes, S. M. R., Cruz, H., ve Kuhlmann, U., Time-Dependent Behaviour of Timber Lightweight Concrete Composite Floors, Engineering structures, 32, 12, (2010) 3966-3973.
52. Bathon, L., ve Graf, M., A Continuous Wood-Concrete-Composite System, World Conference of Timber Engineering, Temmuz 2000, Whistler, Kanada.
53. Clouston, P., Civjan, S., ve Bathon, L., Experimental Behavior of a Continuous Metal Connector for a Wood-Concrete Composite System, Forest products journal, 54, 6 (2004).

54. Capozucca, R., Detection Of Damage Due to Corrosion in Prestressed RC Beams By Static and Dynamic Tests, Construction and Building Materials, 22, 5 (2008) 738-746.
55. Kuhlmann, U., ve Michelfelder, B., Optimised Design of Grooves in Timber-Concrete Composite Slabs, 9th World Conf. on Timber Engineering, Ağustos 2006, Portland, Amerika.
56. Kızılırmak, İ., Çifçi, İ., ve Kaya, F., Sürdürülebilir Turizm Kapsamında Alternatif Konaklama İşletmelerinin Kullanılması: Yayla Evleri Örneği, Gümüşhane University Electronic Journal Of The Institute Of Social Science, 6, 3 (2015) 99-109.
57. O' Neill, J., W., The Fire Performance of Timber-Concrete Composite Floors , Yüksek Lisans Tezi, Canterbury Üniversitesi, İnşaat ve Çevre Bilimleri Enstitüsü, Christchurch, 2009.
58. Fontana, M., ve Frangi, A., Fire Behaviour of Timber-Concrete Composite Slabs, Fire Safety Science, 6 (2000) 891-902.
59. Manaridis, A., Evaluation of Timber-Concrete Composite Floors, Lunds University, Denev Raporları, Lund Teknoloji Enstitüsü, Lund, İsviçre, 2010.
60. [https://ticomtec.de/wp-content/uploads/2016/07/Technisches\\_Dossier\\_HBV-Systems\\_englisch.pdf](https://ticomtec.de/wp-content/uploads/2016/07/Technisches_Dossier_HBV-Systems_englisch.pdf), Load Bearing Constructions using Wood-Concrete-Composite Technique with glued-in HBV ® - Shear Connectors, 16 Kasım 2019.
61. EN 1995-1-1, Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-1: General - Common rules and rules for buildings, European Standard, Brüksel, 2006.
62. Toratti, T., ve Kevarinmäki, A., Development of Wood-Concrete Composite Floors, IABSE Symposium Report, Ağustos, 2001, Lahti, Finlandiya, Bildiriler Kitabı: 25-30.
63. Hein, C., Developing Hybrid Timber Construction for Sustainable Tall Buildings, Arup Grup, Araştırma Raporları, CTBUH, 2014.
64. TS 500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, T.S.E., Ankara, Şubat 2000.
65. TS EN 1995-1-1, Ahşap Yapıların Projelendirilmesi Bölüm 1-1: Genel Kurallar ve Bina Kuralları, T.S.E., Ankara, Aralık 2005.
66. ASTM D5456 – 99a, Standard Specification for Evaluation of Structural Composite Lumber Products, ASTM, Philadelphia, 1999.
67. T.C. Resmi Gazete, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, 30364, 18.03.2018.
68. Orhon, A., V. ve Altın, M., Beton Yapıların Karbon Ayak İzi, Sürdürülebilir Yapı Tasarımı Ulusal Konferansı, Kasım 2012, İzmir, Bildiriler Kitabı 288-296.

69. Tokgöz, H., ve Koçak, Y. Modüler Koordinasyonun Bina Tasarımına Uygulanması, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 20 (2009) 83-92.
70. Kozak, M., Çelik Lifli Betonlar ve Kullanım Alanlarının Araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Bilimler Dergisi, 3, 5 (2003) 26-35.
71. Aydın, A. C., Arslan, A. S., ve Rüstem, G. Ü. L., Çimento Esaslı Malzemelerin Zamana Bağlı Davranışının Simülasyonu.
72. Toydemir, N., Gürdal, E. ve Tanaçan, L., Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme, Birinci Baskı, Literatür Yayıncılık, İstanbul, 2000.

URL-1, <https://yigm.ktb.gov.tr/TR-9669/ktkgb-ve-turizm-merkezleri.html> KTKGB ve Turizm Merkezleri. 06.09.2019.

URL-2, <http://www.ktbyatirimisletmeler.gov.tr> Bakanlıkça Yapılan Çalışmalar. 06.09.2019.

URL-3, <https://yigm.ktb.gov.tr/TR-9851/turizm-istatistikleri.html> Turizm İstatistikleri. 03.06.2019.

URL-4, <https://www.ensonhaber.com/imar-barisini-duyan-yaylalarda-kacak-yapiya-basladi.html> 'İmar Barışı'nı duyan yaylalarda kaçak yapıya başladı. 25.04.2018.

URL-5, <https://www.sepa.fi> SEPA Grup. 19.05.2018.

URL-6, <https://www.tib.eu/en/search/id/BLCP%3ACN048131864/Composite-Wood-Concrete-Floors-for-Multi-Story> Composite Wood-Concrete Floors for Multi-Story Buildings. 07.01.2018.

URL-7, <https://www.tecnaria.com/en/portfolio/teatro-la-fenice-venezia-connettori-per-solai-in-legno> Tecnaria. 10.11.2019.

URL-8, <https://ticomtec.de/en/referenz/appartment-wohnanlage> Timber Composite Technology. 09.09.2019.

URL-9, <https://www.fireengineering.com/2016/03/15/284543/construction-concerns-clt-connections/> Construction Concerns: Connecting Cross-Laminated Timber. 09.09.2019

URL-10, <https://www.nrcan.gc.ca/worlds-tallest-hybrid-wood-building-vancouvers-18-storey-student-residence/20305> World's tallest hybrid wood Building. 09.10.2019.

URL-11, <https://bct.eco.umass.edu/research/research-areas/wood-concrete-composite-systems> Wood-Concrete Composite Systems. 09.10.2019.

URL-12, <https://www.detail-online.com/article/a-hybrid-timber-building-system-office-for-hydroelectric-power-plant-16664/> A Hybrid Timber Building System: Office for



Hydroelectric Power Plant. 09.10.2019.

URL–13, <https://www.treehugger.com/green-architecture/cree-brings-wood-and-concrete-hybrid-construction-north-america.html> CREE Brings Wood and Concrete Hybrid Construction to North America. 09.10.2019.

URL–14, <https://www.concrete-solutions.eu/en/geschaeftsfelder/building-construction/Paulasgasse-Residential-Development>. 09.10.2019.

URL–15, <https://www.lwa-architects.com/project/integrated-design-building> John W. Olver Design Building. 10.09.2019.

URL–16, <https://bct.eco.umass.edu/research/research-areas/wood-concrete-composite-systems> Research Spotlight: Wood-Concrete Composite Systems. 09.09.2019.

URL–17, <http://www.wooddays.eu/it/architecture/projekt/detail/lct-one> Lifecycle Tower Construction System Independent of Location. 09.09.2019

URL–18, <https://www.buildup.eu/en/practices/cases/lifecycle-tower-one-building> Life Cycle Tower One Building. 09.09.2019.

URL–19, <https://www.internationale-bauausstellung-hamburg.de/en/projects/the-building-exhibition-within-the-building-exhibition/smart-price-houses/csh-case-study-hamburg/projekt/csh-case-study-hamburg.html> CSH Case Study Hamburg. 09.09.2019.

URL–20, <https://docplayer.net/50722646-Projects-of-iba-hamburg-from-smart-city-to-smart-price-smart-material-hybrid-houses.html> Projects of IBA Hamburg From Smart City to Smart Price Smart Material Hybrid Houses. 09.09.2019.

URL–21, [https://www.nordicmarket.de/news/7552/case\\_study\\_hamburg\\_modernes\\_wohnen\\_im\\_kompakten\\_baukoerper.htm](https://www.nordicmarket.de/news/7552/case_study_hamburg_modernes_wohnen_im_kompakten_baukoerper.htm) Case Study Hamburg. 09.09.2019.

URL–22, <https://ticomtec.de/en/referenz/arenz> Timber Composite Technology. 09.09.2019.

URL–23, <https://www.karnevalshop24.de/aktuelles/35-verkaufs-und-produktionsgebäude-arenz> Verkaufs- Und Produktionsgebäude Arenz. 09.09.2019.

URL–24, <http://www.xn--plus-energie-gewerbe-gebude-ykc.de/fotos.html> Josef Arenz. 09.09.2019.

URL–25, <https://www.architectmagazine.com/project-gallery/earth-sciences-building-esb> Earth Sciences Building. 09.09.2019.

URL–26, <https://www.architectmagazine.com/project-gallery/ubc-earth-systems-science-building-essb-3791> UBC Earth Systems Science Building. 09.09.2019.

URL–27, <https://ticomtec.de/en/referenz/altenwohnheim> Retirement Home, Municipal Constructions, Ger. 09.09.2019.

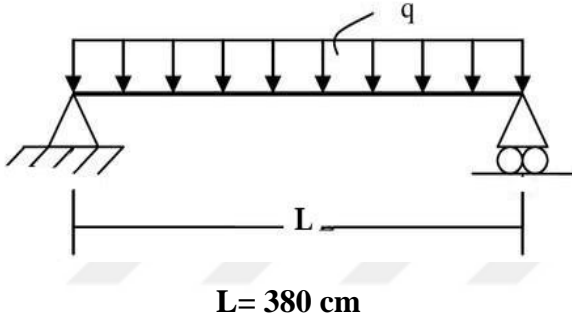
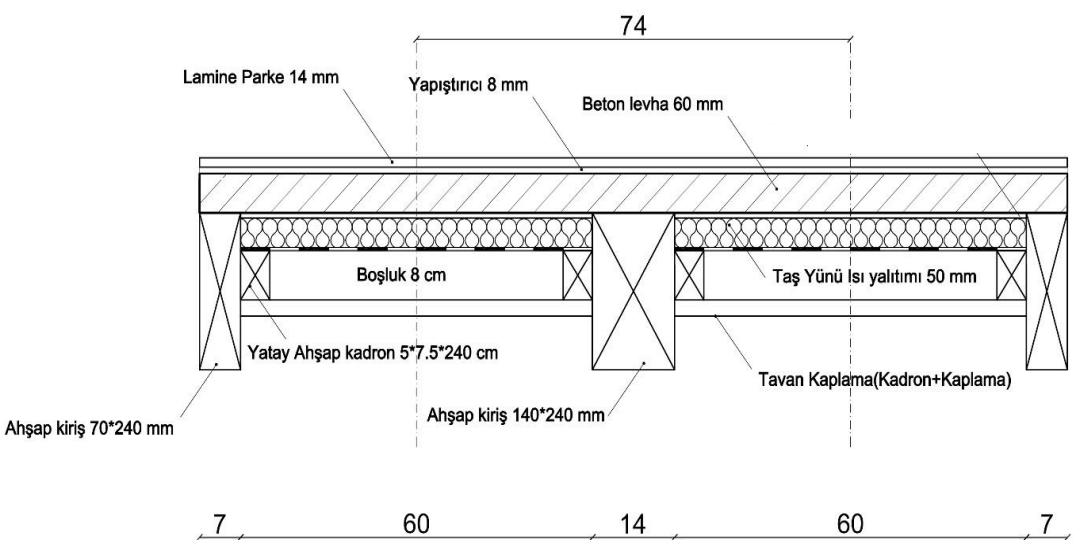
- URL–28, <https://www.schloss-rochlitz.de/de/startseite> Schloss Rochlitz. 09.09.2019.
- URL–29, <https://insapedia.com/rijitlik-nedir>, Rijitlik Nedir. 16.02.2020.
- URL–30, <https://insapedia.com/elastisite-modulu-nedir-young-modulu-ve-hooke-kanunu>, Elastisite Modülü Nedir? Young Modülü ve Hooke Kanunu. 16.02.2020.
- URL–31, <https://tr.411answers.com/a/kesme-kuvveti-nedir.html>, Kesme Kuvveti Nedir. 16.02.2020.
- URL–32, <https://www.humbarahane.com/kesme-kuvveti-kayma-gerilmesi>, Kesme Kuvveti – Kayma Gerilmesi. 16.02.2020.
- URL–33, [https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/91578/mod\\_resource/content/1/ZTY%20203-%20Mukavemet-2.%20Hafta.pdf](https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/91578/mod_resource/content/1/ZTY%20203-%20Mukavemet-2.%20Hafta.pdf), Mukavemet Dersi Temel Kavramlar. 16.02.2020.
- URL–34, <https://muhendishane.org/kutuphane/malzemelerin-mekanik-davranisi/gerilim-ve-gerinim>, Gerilim ve Gerinim. 16.02.2020.
- URL–35, [https://www.academia.edu/11241841/%C3%87imentoda\\_Priz\\_S%C3%BCresi](https://www.academia.edu/11241841/%C3%87imentoda_Priz_S%C3%BCresi), Çimentoda Priz Süresi. 16.02.2020.
- URL–36, <https://www.metalurjik.net/cekme-dayanimi-ve-cekme-deneyi>, Çekme Deneyi ve Çekme Dayanımı. 16.02.2020.
- URL–37, <https://www.insaport.com/makale/yuksel-kaya/etkin-kesit-rijitligi-nedir-hangi-durumlarda-kullanacagiz>, Etkin Kesit Rijitliği nedir? Hangi durumlarda kullanacağız? 16.02.2020.

## 6. EKLER

### Ek 1. TS EN 1995-1-1 (Ahşap Yapıların Tasarımı)'e göre Ahşap Kiriş Hesabı

Çalışma kapsamında, geliştirilen ve özellikleri deneysel olarak ortaya koyulan yapay çentikli bağlantı elemanlarının kullanıldığı örnek bir döşeme paneli tasarlanmıştır. Tasarımı yapılan örnek döşeme paneli üzerinde TS EN 1995-1-1 (Ahşap Yapıların Tasarımı)'e göre hazırlanan ahşap kiriş hesabı Tablo 30'da gösterilmiştir:

Tablo 30. Tasarlanan ABK döşeme paneline ait mesnet, açıklık ve en kesit bilgileri.

 <p><b>L= 380 cm</b></p>	<b>Yük.: 24 cm</b>	<b>En: 14 cm</b>
		
* Lamine Parke ( $800 \text{ kg/m}^3$ ) = 1,4 cm		
* Yapıştırıcı ( $1340 \text{ kg/m}^3$ ) = 0,8 cm		
* Betonarme Döşeme ( $2400 \text{ kg/m}^3$ ) = 0,6 cm		
* Taş Yünü Isı Yalıtımı ( $150 \text{ kg/m}^3$ ) = 0,5 cm		
* Ahşap Tavan Kaplama(Kadron+Kaplama) ( $600 \text{ kg/m}^3$ ) = 2,5 cm		

• **Malzeme Özellikleri: Lamine Ahşap Kiriş**

- Dayanım Sınıfı: D50 (EN338)
- Kullanım Sınıfı: 2 [TS EN 1995-1-1/Bölüm 2.3.1.3.]
- Yük. Süre Sınıfı: Orta dönemli-Kalıcı
- Kısmi Faktör ( $\gamma_M$ ): 1,25 (TS EN 1995-1-1/Çizelge 2.3.)
- Karakteristik Eğilme Dayanımı ( $f_{m,k}$ ): 36 MPa
- Yük Süresi ve Rutubet İçeriği İçin Düzeltme Faktörü ( $k_{mod}$ ): 0,80 ve 0,60 (TS EN 1995/Çiz. 3.1.) değerlerinin (TS EN 1995-1-1/Denklem 2.6.)  $k_{mod} = \sqrt{k_{mod1} \cdot k_{mod2}} = 0,693$
- Elastisite Modülü (E): 14000 (N/mm<sup>2</sup>)
- Karakteristik Kayma Dayanımı ( $f_{vk}$ ): 4 MPa

• **Ölü Yükler ( $G_k$ )**

- Betonarme Döşeme: 2400 kg/m <sup>3</sup> x 0,06 m x 0,74 m	=	106,56 kg/m
- Yapıştırıcı: 1340 kg/m <sup>3</sup> x 0,008 m x 0,74 m	=	7,93 kg/m
- Lamine Parke: 800 kg/m <sup>3</sup> x 0,014 m x 0,74 m	=	8,29 kg/m
- Kiriş Öz ağırlığı: 480 kg/m <sup>3</sup> x 0,24 m x 0,14 m	=	16,13 kg/m
- Isı Yalıtımı: 150 kg/m <sup>3</sup> x 0,05 m x 0,6 m	=	4,5 kg/m
- Tavan Kaplama: 600 kg/m <sup>3</sup> x [0,03x0,08x2)+(0,025x0,6)]0,06 m x 0,74 m	=	104,5 kg/m
- Tesisat:	=	0,3 kN/m
<b><math>G_k</math></b>	=	<b>1,73 kN/m</b>

• **Hareketli Yükler ( $Q_k$ )**

$$2 \text{ kN/m}^2 \times 0,74 \text{ M} = 1,48 \text{ kN/m}$$

• **Tasarım Yüğü ( $F_d$ )**

$$F_d = 1,35 G_k + 1,5 Q_k$$

$$F_d = 1,35 \times 1,73 + 1,5 \times 1,48$$

$$F_d = 4,56 \text{ kN/m}$$

• **Tasarım Momenti ( $M_d$ )**

$$M_d = F_d L^2 \quad \frac{F_d L^2}{8} = \frac{4,56 \times (3,80)^2}{8} = M_d = 8,231 \text{ kN. m}$$

• **Kirişin Moment Taşıma Kapasitesi ( $M_r$ )**

- Derinlik Faktörü ( $k_h$ ) =  $\min \left( \left( \frac{150}{h} \right)^{0,2}, \left( \frac{150}{240} \right)^{0,2} \right) = \left( \frac{150}{240} \right)^{0,2} = 0,91$

(TS EN 1995-1-1/ Bölüm 3.2. )

- Lamine ahşabın tasarım eğilme dayanımı  $F_{m,d} = K_{mod} \cdot k_h \cdot \frac{F_{m,k}}{\gamma_m}$

$$F_{m,d} = 0,693 \cdot 0,91 \cdot \frac{36}{1,25}$$

$$F_{m,d} = 18,162 \text{ MPa} = \text{N/mm}^2$$

- Elastik kesit modülü  $W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{140 \cdot 240^2}{6} = 1344 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

$$M_r = F_{m,d} \cdot W_y = 18,162 \text{ N/mm}^2 \cdot 1344 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$M_r = 24,41 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{M_d}{M_r} = \frac{8,231}{24,41} = 0,34 \leq 1$$

\*\*\* Kiriş ebatları eğilmede yeterlidir.

• **Kirişin Kesme Güvenliği**

-  $k_{sys} = 1,1 =$  Sistem Dayanım Faktörü

- (Kirişin Tasarım Kayma Dayanımı)  $F_{v,d} = k_{sys} \cdot k_{mod} \cdot \frac{F_{v,k}}{\gamma_m}$

$$F_{v,d} = 1,1 \cdot 0,693 \cdot \frac{4}{1,25}$$

$$F_{v,d} = 2,4393 \text{ MPa}$$

- (Tasarım Kesme Kuvveti)  $V_d = \frac{F_d \cdot L}{2} = \frac{4,56 \cdot 3,80}{2} = 8,66 \text{ kN}$

- (Tasarım Kayma Gerilmesi)  $\tau_d = \frac{1,5 V_d}{A} = \frac{1,5 \cdot 8,66}{0,14 \cdot 0,24} = 0,387 \text{ MPa} \leq F_{v,d}$

\*\*\* Kiriş ebatları kesmede yeterlidir.

\*\*\* Not: Moment ve kesme hesapları taşıma gücü sınır durumuna göre hesaplanmıştır.

• **Kullanılabilirlik Sınır Durumuna Göre Sehım Hesabı**

- Ölü yükten kaynaklı anlık sehım  $W_{inst,G_k}$

$$W_{inst,G_k} = \frac{5}{384} \cdot \frac{G_k \cdot L^4}{E \cdot I} \quad \left( I = \text{Atalet Momenti} = \frac{b \cdot h^3}{12} \right)$$

$$W_{inst,G_k} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,73 \cdot 3800^4}{14000 \cdot \frac{140 \cdot 240^3}{12}}$$

$$W_{inst,G_k} = 2,08 \text{ mm}$$

- Hareketli yükten kaynaklı anlık sehım  $W_{inst,Q_k}$

$$W_{inst,Q_k} = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_k \cdot L^4}{E \cdot I} \quad (I = \text{Atalet Momenti} = \frac{b \cdot h^3}{12})$$

$$W_{inst,Q_k} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,48 \cdot 3800^4}{14000 \cdot \frac{140 \cdot 240^3}{12}}$$

$$W_{inst,Q_k} = 1,78 \text{ mm}$$

- Ölü yükten kaynaklı nihai sehim  $W_{fin,G_k}$

$$W_{fin,G_k} = W_{inst,G_k} \cdot (1 + k_{def}) = 2,08 \cdot (1+0,8) = 3,74 \text{ mm} \quad [\text{TS EN 1995-1-1/}$$

Denklem 2.3.]

- Hareketli yükten kaynaklı nihai sehim  $W_{fin,Q_k}$

$$W_{fin,Q_k} = W_{inst,Q_k} \cdot (1 + \tilde{\omega}_2 \cdot k_{def}) = 1,78 \cdot (1+0,3 \cdot 0,8) = 2,21 \text{ mm} \quad [\text{TS EN 1995-1-}$$

1/ Denklem 2.4.]

- Toplam nihai sehim  $W_{fin}$

$$W_{fin} = W_{fin,G_k} + W_{fin,Q_k}$$

$$W_{fin} = 3,74 + 2,21$$

$$W_{fin} = 5,95 \text{ mm}$$

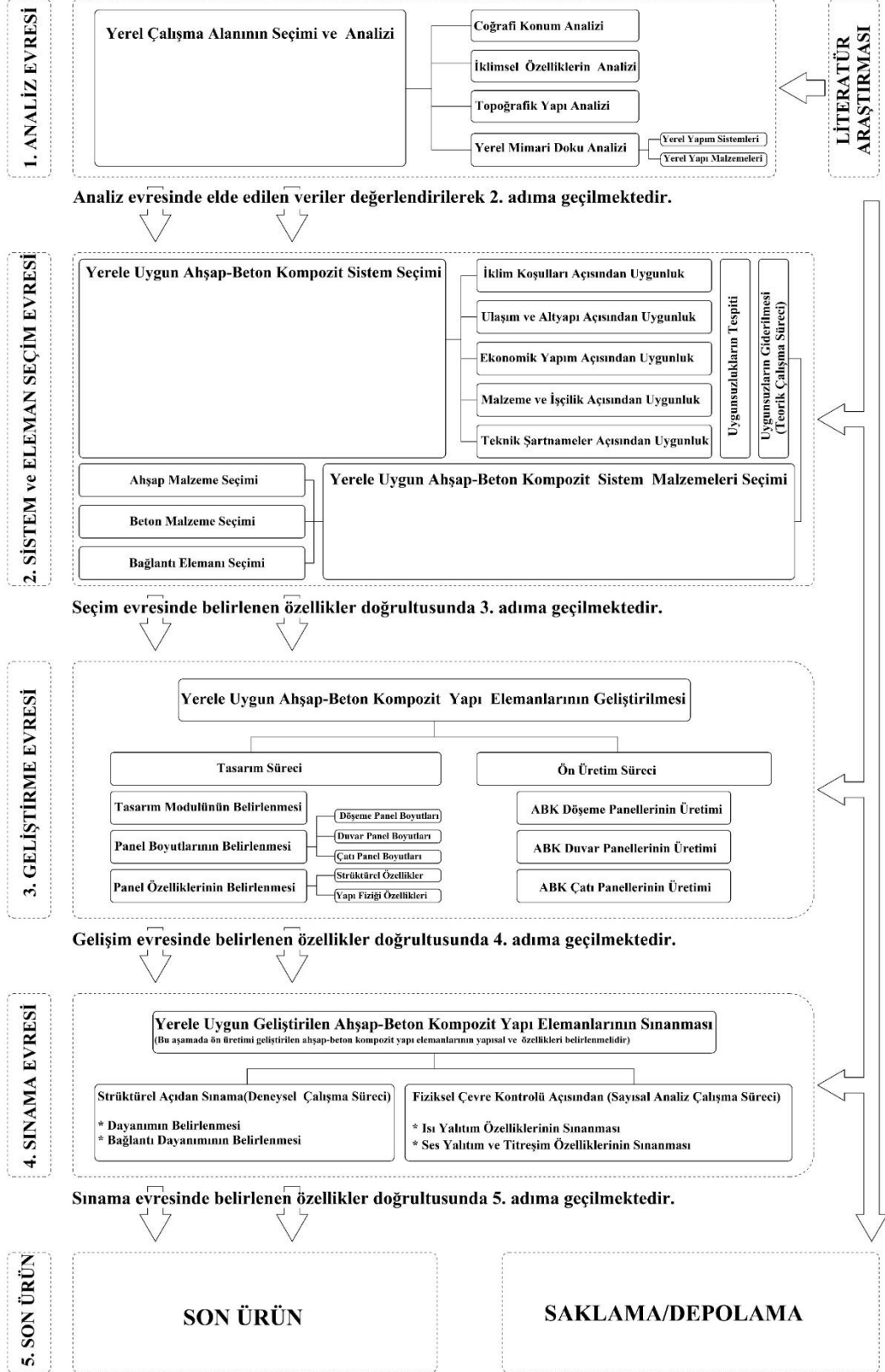
$W_{fin}$  için sınır değer 1/150 – 1/300 olarak verilmiştir. En olumsuz durum dikkate alınarak 1/300 kullanılırsa

$$W_{fin} \leq 1/300$$

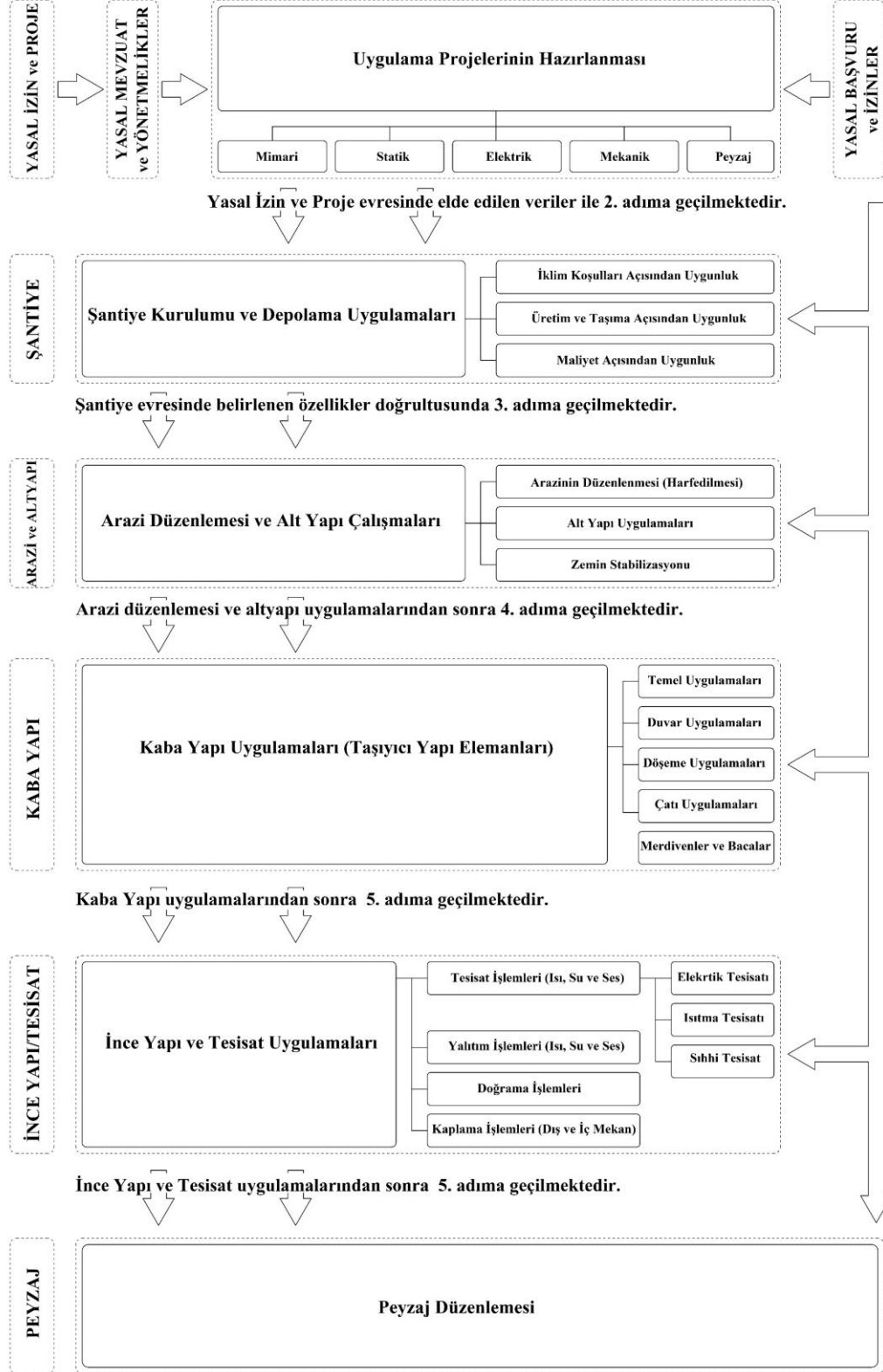
$$5,95 \leq \frac{3800}{300}$$

$$5,95 \leq 12,67 \text{ mm ( yeterlidir)}$$

## Ek 2. ABK Yapıların Tasarımına Yönelik Öneri Şeması



### Ek 3. ABK Yapıların Uygulanmasına Yönelik Öneri Şeması





#### Ek 4. Terimler ve Tanımlar Sözlüğü

- **Akma dayanımı:** Malzemenin plastik şekil değiştirmeye başladığı gerilme değerine “akma dayanımı” adı verilir. Akma dayanımını aştıktan sonra malzeme plastik şekil değişimine uğrar. Akma dayanımı aşılmadan önce yani elastik bölgede malzemeye etki eden yüklenme, kuvvet ortadan kalkarsa malzeme bir süre sonra eski haline döner elastik davranır ama artık akma dayanımı aşılmış plastik bölgeye geçilmişse malzemenin maruz kaldığı kuvvet ortadan kaldırılsa dahi malzeme eski haline dönemez. Şekil değiştirme artık kalıcıdır yani plastik şekil değiştirme söz konusu olmuştur.

- **Akma yükü:** Akmaya neden olacak yük değeridir. Akma, plastik deformasyonun başladığı nokta olarak ifade edilirken bu noktaya karşılık gelen gerilme değerine de akma dayanımı adı verilir.

- **Atalet momenti (Eylemsizlik Momenti):** Geometrik olarak cismin (katı) eğilme, burulma vb. zorlanmalara karşı direncinin bir ölçütüdür. (SI birimi kilogram metrekare -  $\text{kg}\cdot\text{m}^2$ ).

- **Bağlı hareket:** Bir hareketlinin herhangi bir gözlem çerçevesindeki gözlemciye göre hareketine bağlı hareket denir.

- **Basma gerilmesi:** Cismi ezmeye ve boyunu kısaltmaya çalışan kuvvete karşı oluşan içsel dirençtir.

- **Basınç dayanımı/gücü:** Malzemenin kırılma olmadan taşıyabileceği en yüksek gerilmedir.

- **Basit eğilme:** Cismi, bir kesitle ikiye böldüğümüz takdirde parçalardan birini dengede tutacak etki kesit ağırlık merkezine tesir eden yalnız bir eğilme momentinden ibaretse basit eğilme hali mevcuttur.

- **Büzülme:** Hacimde veya boyutlarda oluşan azalmadır. Özellikle beton gibi çimento bazlı malzemeler söz konusu olduğunda büzülme, nem miktarı ve/veya kimyasal olaylar sonucunda oluşan hacim azalmasıdır[71].

- **Çekme dayanımı/gücü:** Bir malzeme her iki ucundan çekme gerilmeleri ile çekildiğinde, kalıcı şekil değişiminin başladığı noktadaki çekme gerilmesi o malzemenin çekme dayanımıdır. Çekme deneyi ile tespit edilir[URL-36].

- **Çekme gerilmesi:** Cismi koparmaya ve boyunu uzatmaya çalışan kuvvete karşı oluşan içsel dirençtir.

- **Çelik lif Takviyeli beton:** İçerisinde homojen dağıtılmış küçük teller bulunan ve ince veya ince-kaba agrega kullanılarak üretilmiş bir kompozit malzemedir[70].

- **Çentikli bağlantı:** Ahşap kiriş ya da levhada boşlukların (farklı biçim ve boyutlarda) açılması ile oluşturulan, Ahşap-Beton Kompozit sistemlerde kullanılan bağlantı türüdür.

- **Deformasyon:** Kuvvetin cisimde oluşturduğu gerilme sonucunda, cismin yaptığı şekil değişikliğidir. Cismin şekil değiştirdikten sonraki boyunun ilk boyuna olan oranıdır. Şekil değişikliği yanal ( $\epsilon_c = \frac{\Delta e}{e}$ ) ve boyuna ( $\epsilon_b = \frac{\Delta l}{l}$ ) olur[72].

- **Eğilme deneyi:** Deney elemanlarına yatay yükleme yapılması ile elemanın orta açıklığında oluşan düşey yer değişiminin ölçülmesidir. Deney elemanına ait kompozit verimliliğin belirlenmesi amacıyla yapılır.

- **Eksenel kuvvet:** Yapı elemanlarının ağırlık merkezinden geçen eksen doğrultusunda etki eden kuvvettir. Örneğin; kolon için eksenel yük kirişten gelen yüküdür, yani binanın kendi ağırlığıdır.

- **Eğilme dayanımı/gücü:** Eğilme dayanımı (bükülme dayanımı veya parçalanma modülü olarak da bilinir), bir malzemenin dış fiberinin çekme dayanımının ölçüsüdür. Bu özellik, silindirik ya da prizmatik numunelere üç ya da dört noktada yük uygulayan düzenerler kurularak malzeme kırılana kadar yük uygulanmasıyla belirlenir.

- **Etkili eğilme rijitliği metodu ( gama metodu):** Ahşap-Beton Kompozit sistemlerin tasarımında kullanılan bir yöntem.

- **Eğilme rijitliği ( $E_i$ ):** Kuvvet altında, yapının şekil değiştirmeye karşı olan direnci (stabil kalabilme yeteneği) dir. Başka bir deyişle, eğilme etkisindeki bir yapı elemanının birim eğrilige sahip olması için uygulanması gereken momenttir[URL-37].

- **Elastisite modülü (Young Modülü) (E):** Bir malzemeye uygulanan düşük gerilmeler altında meydana gelen şekil değişiminin, gerilmeyi oluşturan yükün kaldırıldıktan sonra malzemenin eski şekline gelme özelliğini ifade eden bir değerdir. Birim gerilme ile birim şekil değiştirme arasındaki orandır ( $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$  N/m<sup>2</sup>) [URL-30].

- **Enerji tüketme kapasitesi:** Yük altındaki yapıların, üzerlerine etkiyen yüklerin oluşturduğu enerjiyi şekil değiştirmeler yaparak tüketme olanaklarıdır.

- **Epoksi:** Termosetler grubundan yapıştırıcı bir kimyasal reçinedir

- **Flanş:** İki makine veya tesisat elemanının sızdırmaz şekilde birleştirilmesine yarayan genelde standart olarak üretilen bir konstrüksiyon elemanıdır.

- **Fiziksel Özellik:** Malzemenin fiziksel deney yöntemleri ile ölçülebilen özellikleridir (Özgül kütle, porozite vb.) [72].

- **Gerilme:** Birim alana gelen kuvvettir ( $\sigma = \frac{F}{A} \text{ N/m}^2$ ). Dış kuvvetler, etkileri altındaki cismin moleküllerini birbirinden ayırmaya, ezmeye ve kaydırmaya çalışır. Bu etki karşısında cismin molekülleri yer değiştirerek denge konumlarını koruma eğilimindedir. Cismin moleküllerinin oluşturduğu bu kuvvetlere iç kuvvetler adı verilir. İç kuvvetlerin cismin birim en kesit alanına etkiyen miktarı ise gerilme olarak adlandırılır. Gerilme, iç kuvvetin herhangi bir noktadaki dağılım şiddeti olarak da tanımlanabilir. Dış kuvvetler, etki ettiği cismin en kesit alanına dik gerilmeler oluşturuyorsa (kuvvet yüzeye dikse) bunlara normal gerilme ( $\sigma$ ), kesit alanına paralel gerilmeler oluşturuyorsa teğetsel gerilme (kayma gerilmesi) ( $\tau$ ) adı verilir. Cismi basmaya (kuvvet incelenen yüzeye yaklaşıyorsa) ve çekmeye (kuvvet incelenen yüzeyden uzaklaşıyorsa) çalışan gerilmeler normal gerilmelerdir. Teğetsel gerilmeler ise en kesit yüzeyi üzerinde cismi kaydırmaya ya da kesmeye çalışan gerilmelerdir[72, URL-33 ve 34].

- **Gevrek davranış:** Dayanımın ani olarak kaybedildiği davranış özelliğidir.

- **Göçme testi:** Yapının, elemanın hangi yük altında taşıma gücünü yitireceğinin belirlenmesine yönelik çalışmadır.

- **Göçme:** Herhangi bir nedenle yapının, elemanın, durumunu yitirerek bulunduğu düzeyden aşağıya inmesidir. Kesme göçmesi ve eğilme göçmesi olmak üzere 2 tane göçme türü vardır. Kesme göçmesine kesme kuvveti, eğilme göçmesine de eğilme kuvveti (moment) neden olur.

- **Gömülü karbon:** Bir ürünün ya da hizmetin üretimi sırasında atmosfere salınan CO<sub>2</sub> miktarıdır[68].

- **Granülometri:** Karışım oluşturacak malzemelerin, karışıma hangi oranlarda katılacağını belirleyen ifadedir.

- **Hareketli Yük (Döşeme):** Dinamik nitelikteki yükler.

- **Lamine ahşap:** Değişik ölçülerdeki bağımsız ahşap tabakaların, kontrollü endüstri koşullarında ve özel bağlayıcılarla tutkalanıp birleştirilmesinden oluşan endüstriyel ahşap malzemedir.

- **Mekanik Özellik:** Malzemenin dayanıklılık ve yük taşıma özellikleridir (Gerilme, elastisite modülü vb.) [72].

- **Modüler koordinasyon:** İmal edilen yapı bileşenlerinin genel koordinasyon boyutlarıyla; binada yer alan çeşitli mekân ve yapı elemanlarının yapı bileşenleriyle

koordinasyonu yönünden önem taşıyan yatay veya düşey boyutlarını belirli bir standart ölçü biriminin (standart temel modülünün) katlarından seçmek suretiyle uygulanan ve boyutsal koordinasyonun da gerçekleştirilmesine olanak veren standartlaşma tekniğidir[69].

- **İtme deneyi (Yatay yükleme):** Deney elemanlarının itme (yatay) yükleme etkisinde, kayma dayanımını belirlemek amacıyla yapılan işlemdir.

- **Kayma (Kesme) gerilmesi:** Cisme ait kesitin iki yüzeyini birbiri üzerinde kaymaya zorlayan kuvvete karşı oluşan içsel dirençtir[URL-31].

- **Kesme kuvveti:** Bir malzemenin (elemanın) kesitine paralel şekilde uygulanan kuvvet veya kuvvet bileşenidir. Kesme kuvveti, bir nesneye nesnenin uzantısına dik bir yönde etki eden bir kuvvettir. Örneğin, bir ağacı karşıdan iten rüzgâr bir kesme kuvvetidir[URL-31 ve 32].

- **Kompozit hareket/Kompozit çalışma:** İki ya da daha fazla malzemenin bir arada davranmasıdır.

- **Kompozit verimlilik:** İki ya da daha fazla malzemenin bir arada davranma oranıdır.

- **Kürleme:** Erken dönemde çimento hidrasyonu için gerekli rutubetin ortamda bulunmasını sağlamaktır.

- **Moment kolu:** Eğilme etkisindeki döşeme paneli en kesitindeki bileşke basınç kuvveti ile bileşke çekme kuvveti arasındaki mesafedir.

- **Ölü Yük (Döşeme):** Döşemenin kendi ağırlığıdır.

- **Ön gerilme:** Bir yapıya dış yüklerin tatbikinden evvel veya onunla aynı zamanda suni olarak daimi gerilmeler verilmesidir.

- **Pascal:** Bir newtonluk bir kuvvetin, bir metre karelik yüzeye uygulanmasıyla oluşan basınç olarak tanımlanan basınç birimidir ( $N/m^2=Pa$ ) ( $1 N/mm^2=1 MPa=10^6 Pa=10 kg/cm^2$ ).

- **Priz süresi:** Çimento ve suyun birleştirilmesiyle elde edilen çimento hamuru plastik (şekil verilebilir) bir durumdadır. Ancak, çimento ve suyun bir araya getirilmesiyle başlayan kimyasal reaksiyonların etkisiyle, zaman ilerledikçe, çimento hamuru daha az plastik duruma gelmekte, katılaşıp sertleşmeye başlamaktadır. Çimentonun su ile birleştirildiği an ile çimento hamurunun katılaşıp plastik özelliğini kaybettiği an arasındaki süre, priz alma süresi olarak tanımlanmaktadır. Priz alma süresi, priz başlama süresi ve priz sona erme süresi olarak ayrı ayrı ifade edilmektedir[URL-35].

- **Poisson Oranı (V):** Yanal deformasyonun, boyuna deformasyona oranıdır[72].

- **Potansiyometrik cetvel:** Hassas olarak pozisyon ve hareketlerin direkt olarak ölçülmesinde kullanılan cihazlardır.

- **Reoloji:** Maddenin şekil değişikliğini (katıların deformasyonunu) ve sıvıların akış özelliğini inceleyen bilim dalıdır.

- **Rijitlik:** Kuvvet etkisi altında bir cisimde meydana gelen, şekil değiştirmeye karşı oluşan fiziki dirençtir[URL-29].

- **Rijit yükleme platformu:** Deney düzeneğinin montajına imkân sağlayan delikli rijit döşemedir.

- **Sehim:** Basit eğilme etkisi altındaki bir yapı elemanının eğilme göstermeden önceki çubuk eksenini durumu ile elastik eğri durumu arasındaki deformasyon miktarıdır. Anılan kuvvet altında yapı elemanının yaptığı deplasman “sehim” olarak anılır.

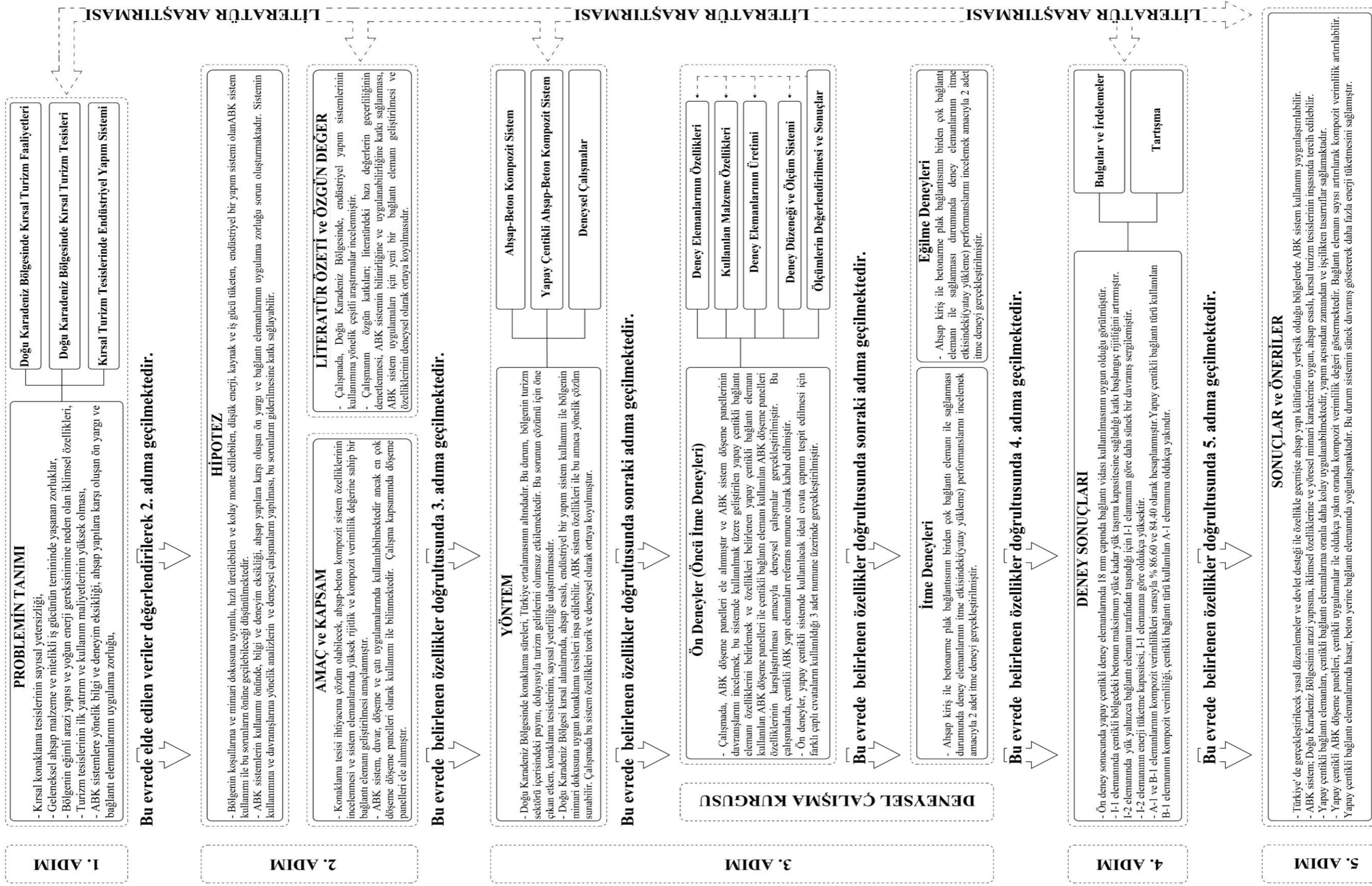
- **Sünek davranış:** Dayanımda belirgin bir azalma olmadan şekil değiştirme veya yer değiştirme yapabilme özelliğidir.

- **Veri toplama cihazı:** Deneysel çalışma verilerini elektronik ortamda kaydeden düzenedir.

- **Yapay çentik:** Beton levha içerisinde boşluk oluşumuna imkân veren, Ahşap-Beton Kompozit sistemlerde kullanılan bağlantı türüdür.

- **Yük hücresi (Load cell):** Yükü elektronik olarak ölçen cihaz.

## Ek 5. Çalışmanın Kurgusu



## ÖZGEÇMİŞ

10.11.1989 yılında Trabzon'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Trabzon'da tamamladı. KTÜ Mimarlık Bölümünde 2007 yılında başladığı lisans öğrenimini 2011 yılında tamamladı. Aynı yıl KTÜ'de yüksek lisans öğrenimine başladı, 2013 yılında KTÜ Mimarlık bölümü Yapı Bilgisi Anabilim Dalına ÖYP ile atandı ve 2014 yılında yüksek lisansını tamamladı. Halen aynı bölümde akademik çalışmalarına araştırma görevlisi olarak devam etmektedir. İyi derecede İngilizce bilmektedir.

