



AHŞAP YAPILARIN DÜĞÜM NOKTASI BİRLEŞİM TİPİNİN YAPI PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

**2024
YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

Şeyma YILMAZ

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Şenol GÜRSOY**

**AHŞAP YAPILARIN DÜĞÜM NOKTASI BİRLEŞİM TİPİNİN YAPI
PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Şeyma YILMAZ

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Şenol GÜRSOY**

**T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Haziran 2024**

Şeyma YILMAZ tarafından hazırlanan “AHŞAP YAPILARIN DÜĞÜM NOKTASI BİRLEŞİM TİPİNİN YAPI PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Şenol GÜRSOY

.....

Tez Danışmanı, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 27 / 06 / 2024

Unvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan: Prof. Dr. Şenol GÜRSOY (KBÜ)

.....

Üye : Doç. Dr. Özlem SALLI BİDECİ (Düzce Ü.)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA (KBÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Zeynep ÖZCAN

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü



“Bu tez çalışmamdaki bütün bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan tüm atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Şeyma YILMAZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AHŞAP YAPILARIN DÜĞÜM NOKTASI BİRLEŞİM TİPİNİN YAPI PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Şeyma YILMAZ

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Şenol GÜRSOY

Haziran 2024, 88 sayfa

Türkiye’de ahşap yapılar günümüze kadar ulaşmış en eski yapılar olmasına rağmen maalesef geleneksel yapım şeklinin dışına çıkamamıştır. Ahşap yapılarda düğüm noktaları bağlantıları ve/veya şeklinin doğru tasarımı, ahşap yapıların performansında kritik rol oynamaktadır. Deprem gibi doğal afetlerden sonra yapılan incelemeler, yapısal hasarların genellikle yetersiz tasarlanmış veya yanlış imal edilmiş bağlantılar nedeniyle meydana geldiğini göstermiştir. Bu husus ahşap yapılarda düğüm noktası tasarımının önemini açıkça ortaya koymaktadır.

Ülkemizde bugün ahşap yapıların kullanımı sınırlıdır. Bunun sonucu olarak da yapılan araştırmalar ve yönetmelikler yeterli olmamaktadır. Diğer taraftan yapısal çözümleme yöntemlerinde kullanılması gereken düğüm noktası kabullerinde de yetersizlikler bulunmaktadır. Ahşap yapıların performanslarının incelenmesi, ahşap

düğüm noktası tasarımına ilişkin öneriler bu tez çalışmasının temel hedefini oluşturmaktadır.

Bu tez çalışmasında, örnek olarak seçilen ahşap yapının (Safran Konağın) düğüm noktaları CYPE 3D programıyla rijit, yarı rijit ve mafsallı olarak modellenerek yapısal çözümler gerçekleştirilmiştir. Böylece düğüm noktası türünün değişiminin söz konusu ahşap yapıya etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Yapısal çözümlerden elde edilen sonuçlar, performansı bakımından en iyi performans gösteren taşıyıcı sistemin düğüm noktasının yarı rijit tasarlandığı yapı modeli ortaya koymaktadır. Ayrıca düğüm noktasının rijit, yarı rijit ve mafsallı olarak tasarlandığında ahşap yapının yapısal elemanlarında farklı kesit yetersizliklerinin meydana geldiği görülmüştür. Bu husus ahşap yapılarda düğüm noktası birleşim türünün söz konusu yapının davranışını etkilediğini göstermektedir. Bu tez çalışmasının sonuçları dikkate alındığında Türkiye’de inşa edilecek ahşap yapıların performansı bakımından düğüm noktası birleşimlerinin yarı rijit olarak tasarlanması önerilmektedir.

Anahtar Sözcükler : Ahşap yapılar, Ahşap taşıyıcı sistemler, düğüm noktası bağlantı türü, rijit-yarı rijit-mafsallı bağlantılar.

Bilim Kodu : 91109

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF NODE POINT CONNECTION TYPE OF TIMBER STRUCTURES ON STRUCTURE PERFORMANCE

Şeyma YILMAZ

**Karabük University
Institute of Graduate Programs
Department of Civil Engineering**

**Thesis Advisor:
Prof. Dr. Şenol GÜRSOY**

June 2024, 88 pages

Although timber buildings in Turkey are the oldest structures that have survived to the present day, unfortunately they have not been able to go beyond the traditional construction method. Correct design of node connections and/or shape of connections in timber structures plays a critical role in the performance of timber structures. Investigations after natural disasters such as earthquakes have shown that structural damage often occurs due to inadequately designed or incorrectly manufactured connections. This issue clearly reveals the importance of connection design in timber structures.

Today, the use of timber structures is limited in our country. The result of this, the research and regulations are not sufficient. On the other hand, there are inadequacies in the nodal point assumptions that should be used in structural analysis methods.

Examining the performance of timber structures and suggestions regarding timber connection design are the main objectives of this thesis study.

In this thesis study, structural analyses were carried out by modelling the nodal point connections of the timber structure chosen as an example (Safran Mansion) as rigid, semi-rigid and articulated with the CYPE 3D program. Thus, the effects of changing the nodal point connections type on the timber structure in question were examined comparatively.

The results obtained from structural analyses reveal the best performing structural model in which the node point of the structural system is designed as semi-rigid. In addition, it has been observed that different cross-sectional deficiencies occur in the structural elements of the timber structure when the node point is designed as rigid, semi-rigid and articulated. This shows that the type of node connection in timber structures affects the behavior of the structure in question. Considering the results of this thesis study, it is recommended that the nodal point connections be designed as semi-rigid in terms of performance of timber structures to be built in Turkey.

Key Word : Timber structures, timber structural systems, node connection type, rigid-semi-rigid-hinged connections.

Science Code : 91109

TEŞEKKÜR

Ahşap yapıların düğüm noktası birleşim tipinin yapı performansına etkisinin incelenmesi isimli bu tez çalışmasını bana önererek, çalışma programının yoğunluğuna rağmen tez çalışmamın ilk aşamasından itibaren sürekli takip edip yönlendirmeleriyle bana büyük destek olan, tez çalışmamın her aşamada bilgisiyle yön veren, engin bilgi ve geniş tecrübesini aktarmaktan hiç çekinmeyen, bana çalışma zevki-disiplini ve bilimsel düşünme aşılayan, çalışmaktan büyük keyif aldığım değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Şenol GÜRSOY'a sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Değerli vakitlerinden zaman ayırarak tezimin jüri üyeliğini kabul eden ve tanışmaktan büyük memnuniyet duyduğum değerli hocalarım Doç. Dr. Özlem SALLI BİDECİ ve Dr. Öğr. Üyesi Fatih SAKA'ya yaptıkları değerli katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunar, minnettar olduğumu belirtmek isterim. Ayrıca tez çalışmamda CYPE 3D programını temin ve yardımında bulunan Ahmet Erdem DURAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca ve bu tez çalışmam süresince beni sabır ve şefkatle destekleyen tüm aile bireylerime ve bu günlere gelmemde çok büyük emekleri olan anne ve babama teşekkür ve saygılarımı sunarım. Tez çalışmamın boyunca çektiğim tüm sıkıntılarla olan mücadelede bana her konuda destek veren, zorlu zamanlarda bile motivasyonumu yüksek tutmamı sağlayan eşim Hasan Ertuğrul YILMAZ ve oğlum Muaz YILMAZ'a daima yanımda oldukları için müteşekkir olduğumu belirtmek isterim. Bu çalışmanın ülkemize faydalı olmasını dilerim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xviii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
1.1. AHŞAP YAPILARLA İLGİLİ GEÇMİŞTE YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	1
1.2. ÇALIŞMANIN AMAÇ VE KAPSAMI.....	5
BÖLÜM 2	7
AHŞAP YAPILARDA BAĞLANTI TÜRLERİ VE ÖZELLİKLERİ	7
2.1. ÇİVİLER	9
2.2. VİDALAR	10
2.3. CIVATALAR.....	11
2.4. DÜBELLER	11
2.4.1. Ahşap Dübelleri	12
BÖLÜM 3.	13
AHŞAP BİNALARIN TASARIM VE YAPIM ESASLARI	13
3.1. GENEL BİLGİLER.....	13
3.1.1. Birleşim Çeşitleri	15
3.1.2. Etkin Enkesit Alanı.....	16
3.1.3. Birleşim Elemanlarının Yerleşim Mesafeleri	17
3.1.4. Mil Tipi Birleşim Elemanları Üzerinde Çoklu Kesme Etkisi.....	17

Sayfa

3.1.5. Çoklu Birleşim Elemanı	18
3.1.6. Mil Tipi Birleşim Elemanlarının Yatay Yük Taşıma Kapasitesi	18
3.1.7. Mil Gömülme Yatağının Ezilme-Gömme Dayanımı	19
3.1.8. Millerin Yerinden Çıkma/Çekilme Dayanımı	19
3.1.9. Liflerin Doğrultusuna Göre Açılı Olarak Yüklenen Birleşimler.....	26
3.2. ÇİVİLİ BİRLEŞİMLER.....	26
3.2.1. Yatay Olarak Yüklenen Çiviler	26
3.2.1.1. Çivili Ahşap-Ahşap Birleşimleri.....	28
3.2.1.2. Çivili Panel-Ahşap Birleşimler	30
3.2.1.3. Çivili Çelik-Ahşap Birleşimleri	30
3.2.2. Eksenel Olarak Yüklenen Çiviler	30
3.2.3. Birleşik Olarak Eksenel Yük ve Yatay Yük Taşıyan Çiviler	31
3.3. VİDALI BİRLEŞİMLER	32
3.3.1. Yatay Olarak Yüklenen Vidalar	32
3.3.2. Eksenel Olarak Yüklenen Vidalar	32
3.4. BULONLU BİRLEŞİMLER.....	35
3.4.1. Yatay Olarak Yüklenen Bulonlar	35
3.4.1.1. Ahşap-Ahşap Birleşimlerde Bulon.....	35
3.4.1.2. Panel-Ahşap Birleşimlerde Bulonlar.....	36
3.4.1.3. Çelik-Ahşap Birleşimlerde Bulon	36
3.4.2. Eksenel Yük Taşıyan Bulonlar	37
3.5. DELİKLİ METAL PLAKALARLA YAPILAN BİRLEŞİMLER	37
3.5.1. Plakanın Geometrisi	37
3.5.2. Plakanın Dayanım Özellikleri	38
3.5.3. Plakanın Ankraj Dayanımı	38
3.5.4. Birleşimlerin Kapasite Tahkiki.....	39
3.5.4.1. Plakanın Ankraj Kapasitesinin Hesaplanması.....	39
3.5.4.2. Plakanın Kapasitesi	40
3.6. KAYMA PLAKASI VE KESİLMİŞ HALKA BAĞLANTI ELEMANLARI	41
3.7. DİŞLİ PLAK BAĞLANTI ELEMANLARI.....	43
3.8. ZİMBALİ BİRLEŞİMLER	45

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 4.	47
YAPISAL ÇÖZÜMLEMELER, BULGULAR VE İRDELEMELER	47
4.1. SAFRAN KONAĞININ CYPE-3D İLE MODELLENMESİ	47
4.1.1. Safran Konağı Hakkında Özet Bilgiler	47
4.1.2. Safran Konağının CYPE 3D ile Modellenmesi	48
4.2. YAPISAL ÇÖZÜMLEMELER VE BULGULARIN İRDELENMESİ	54
 BÖLÜM 5.	 83
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	83
KAYNAKLAR	85
 ÖZGEÇMİŞ	 88

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Farklı birleşim türlerinden bazıları.....	8
Şekil 2.2. Liflere paralel doğrultuda çekme etkisindeki birleşim elemanlarının yük-şekildeğiştirme eğrisi	8
Şekil 2.3. Bazı çivi türlerinden görünümler	9
Şekil 2.4. Bazı vida türlerinden görünümler	10
Şekil 2.5. Vidaların yerleştirilmesi örneği.....	11
Şekil 2.6. Bazı civata türlerinden görünümler.....	11
Şekil 2.7. Farklı dübel türlerinden görünümler	12
Şekil 2.8. Farklı boylardaki ahşap dübeller görünümler	12
Şekil 3.1. Ahşap yapılarda kullanılan metal bağlantı elemanları	15
Şekil 3.2. Yükleme durumlarına göre ahşap birleşim çeşitleri.....	15
Şekil 3.3. Ahşap birleşimdeki kayma gerilmeleri	16
Şekil 3.4. Ahşap yapılarda mil tipi birleşim elemanlarının ölçeksiz mesafesi.....	17
Şekil 3.5. Tek tesirli, çift tesirli ve çoklu kesme kuvveti etkisi	18
Şekil 3.6. Tek ve çift tesirli birleşimin gösterimi	20
Şekil 3.7. Birleşim elemanında yarıлма etkisi ve liflere açıyla yükleme durumları	26
Şekil 3.8. Çivili birleşimlerde kesme etkisine göre gömülme derinliği	27
Şekil 3.9. Üç elemanlı birleşimlerde bindirmeli çivi birleşimi	27
Şekil 3.10. Yüklü ve yüksüz durumlar için çiviler için aralıklar ve ahşap elemanın kenarına olan mesafeler.....	29
Şekil 3.11. Eksenel yük taşıyan çivilerde liflere dik doğrultuda ve eğik olarak çivi uygulamaları.....	31
Şekil 3.12. Tek ve iki eksen de açılı durumda vida aralıkları ve ahşap elemanın ucuna/kenarına olan mesafeleri.....	33
Şekil 3.13. Moment (M_{Ed}) ve kuvvet (F_{Ed}) etkiyen delikli metal türü plakanın geometrisi	38
Şekil 3.14. Kayma plakası, kesilmiş halka bağlantı elemanları ve kesit görünümeleri	41
Şekil 3.15. Kayma levhası ve kesilmiş halka bağlantı elemanlarının aralıkları.....	43
Şekil 3.16. Dişli plaka bağlantısı birleşimi ve bağlantı elemanı	43

Sayfa

Şekil 3.17. Zımbalara ilişkin aralıklar ve boyutlar	46
Şekil 4.1. Safran Konaktan bir görünüm	47
Şekil 4.2. Safran Konağın cephelerinin görünümleri	48
Şekil 4.3. Safran Konağın zemin kat mimari planından görünüm	49
Şekil 4.4. Safran Konağın 1. kat mimari planından görünüm	50
Şekil 4.5. Safran Konağı 2. kat mimari planından görünüm	51
Şekil 4.6. Safran Konağın CYPE 3D ile oluşturulan 3 boyutlu modeli	52
Şekil 4.7. CYPE 3D programıyla modellenen Safran Konağın cephe kesitlerinden görünümler	53
Şekil 4.8. Safran Konağın CYPE 3D programıyla oluşturulan modelinde seçilen düğüm noktaları	54
Şekil 4.9. Safran Konağın yapısal çözümlemesi sonucu oluşan kesit yetersizlikleri	55
Şekil 4.10. Safran Konağın 3 farklı düğüm noktası birleşimine göre yapısal çözümlemelerinden ilk üç mod için doğal titreşim periyotları	56
Şekil 4.11. Modellerin yapısal çözümlemesi sonucu döşemelerdeki yerdeğiştirmeler	56
Şekil 4.12. Modellerin x doğrultusunda deprem etkisinde yapısal çözümlemesi sonucu yapısal elemanlarındaki yerdeğiştirmeler	58
Şekil 4.13. Modellerin y doğrultusunda deprem etkisinde yapısal çözümlemesi sonucu yapısal elemanlarındaki yerdeğiştirmeler	58
Şekil 4.14. Safran konak modellerinin x doğrultusunda deprem etkisinde yapısal çözümlemesi sonucu katlardaki yerdeğiştirme değerleri	60
Şekil 4.15. Safran konak modellerinin y doğrultusunda deprem etkisinde yapısal çözümlemesi sonucu katlardaki yerdeğiştirme değerleri	60
Şekil 4.16. Safran konak modellerinin x doğrultusunda deprem etkisinde yapısal çözümlemesi sonucu katlardaki dönme değerleri	62
Şekil 4.17. Safran konak modellerinin y doğrultusunda deprem etkisinde yapısal çözümlemesi sonucu katlardaki dönme değerleri	62
Şekil 4.18. Modellerin x ve y doğrultularında deprem etkisinde yapısal çözümlemeler sonucu 1 düğüm noktasındaki normal kuvvet değerleri ...	66
Şekil 4.19. 1. düğüm noktasında meydana gelen gerilme değerleri (%)	67
Şekil 4.20. Ahşap yapı birleşim bölgesinin dişli birleşim ile tasarımının <i>Apf</i> <i>Wood Joint</i> programında gösterimi	68
Şekil 4.21. Ahşap yapı birleşim bölgesinin plaka vidalı tasarımının <i>Apf Wood</i> <i>Joint</i> programında gösterimi	68

Şekil 4.22. Plakalı birleşimlerde 3 farklı 8 adet vida türünün plakada kullanılması durumunda oluşan kapasite değerleri	69
Şekil 4.23. Plakalı bağlantıda kullanılan vidaların kesme ve taşıma dayanımları	70
Şekil 4.24. Plakalı bağlantılarda vida adedinin bağlantılardaki yanal yük ve liflere paralel taşıma kapasite değerleri	70
Şekil 4.25. Plakalı bağlantılarda vida adedinin plaka efektif kesiti için kesme ve eğilme değerleri.....	71
Şekil 4.26. Ahşap yapı dikme-diyagonal birleşim bölgesinin plaka vidalı tasarımının <i>Apf Wood Joint</i> programında gösterimi	71
Şekil 4.27. Plakalı diyagonal birleşimlerde 3 farklı 8 adet vida türünün plakada kullanılması durumunda oluşan kapasite değerleri	72
Şekil 4.28. Dikme-diyagonal plakalı bağlantıda kullanılan vidaların kesme ve taşıma dayanımları	73
Şekil 4.29. Dikme-diyagonal plakalı bağlantılarda vida adedinin bağlantılardaki yanal yük ve liflere paralel taşıma kapasite değerleri	73
Şekil 4.30. Dikme-diyagonal plakalı bağlantılarda vida adedinin plaka efektif kesiti için kesme ve eğilme değerleri.....	74
Şekil 4.31. Ahşap yapı dikme-kiriş birleşim bölgesinin plaka bulonlu tasarımının <i>Apf Wood Joint</i> programında gösterimi	74
Şekil 4.32. Plakalı dikme-kiriş birleşimlerde 3 farklı 8 adet bulon türünün plakada kullanılması durumunda oluşan kapasite değerleri	75
Şekil 4.33. Dikme-kiriş plakalı bağlantıda kullanılan bulonların kesme ve taşıma dayanımları.....	76
Şekil 4.34. Dikme-kiriş plakalı bağlantılarda bulon adedinin bağlantılardaki yanal yük ve liflere paralel taşıma kapasite değerleri.....	76
Şekil 4.35. Dikme-kiriş plakalı bağlantılarda bulon adedinin plaka efektif kesiti için kesme ve eğilme değerleri.....	77
Şekil 4.36. Ahşap yapı dikme-diyagonal birleşim bölgesinin plaka bulonlu tasarımının <i>Apf Wood Joint</i> programında gösterimi	77
Şekil 4.37. Plakalı dikme-diyagonal birleşimlerde 3 farklı 8 adet bulon türünün plakada kullanılması durumunda oluşan kapasite değerleri.....	78
Şekil 4.38. Dikme-diyagonal plakalı bağlantıda kullanılan bulonların kesme ve taşıma dayanımları	78
Şekil 4.39. Dikme-diyagonal plakalı bağlantılarda bulon adedinin bağlantılardaki yanal yük ve liflere paralel taşıma kapasite değerleri	79

Şekil 4.40. Dikme-diyagonal plakalı bağlantılarda bulon adedinin plaka efektif kesiti için kesme ve eğilme değerleri	79
Şekil 4.41. Plakalı 8 adet bulonlu ve vidalı kiriş-dikme bağlantılarında oluşan kesme-taşıma dayanımı, yanal yük ve liflere paralel taşıma kapasitesi değerleri	80
Şekil 4.42. Plakalı 8 adet bulonlu ve vidalı diyagonal-dikme bağlantılarda oluşan kesme-taşıma dayanımı, yanal yük ve liflere paralel taşıma kapasitesi değerleri.....	80
Şekil 4.43. Ahşap yapı mafsallı birleşim bölgesinin vidalı tasarımının <i>Apf Wood Joint</i> programında gösterimi	81
Şekil 4.44. 5 adet 3 farklı vida bağlantısının <i>Apf Wood Joint</i> programıyla hesaplanması	81
Şekil 4.45. 5 adet 3 farklı vidalı bağlantının dayanımı, dikme ve diyagonalden oluşan mafsallı bağlantıların kapasitesi değerleri	82

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. İp etkisi sınır oranları birleşim eleman çeşidine göre.....	21
Çizelge 3.2a. Panel-ahşap ve ahşap-ahşap birleşimlerde tek tesirli göçme şekillerinin birleşim elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi ...	22
Çizelge 3.2b. Panel-ahşap ve ahşap-ahşap birleşimlerde çift tesirli göçme şekillerinin birleşim elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi ...	23
Çizelge 3.2c. Çelik-Ahşap birleşimlerde tek tesirli göçme şekillerinin birleşim elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi	24
Çizelge 3.2d. Çelik-Ahşap birleşimlerde çift tesirli göçme şekillerinin birleşim elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi	25
Çizelge 3.3. Deliğin önceden açılıp açılmamasına göre k_{ef} değerleri.....	28
Çizelge 3.4. Ahşap elemanın kenara olan mesafesi ve çiviler için aralıklar (mm) ..	29
Çizelge 3.5. Eksenel yük taşıyan vidalar için en küçük aralıklar ve ahşap elemanın kenarına olan mesafeleri.....	33
Çizelge 3.6. Bulonlar için en küçük aralıklar ya da ahşap elemanın enine / boyuna olan mesafeleri (mm).....	36
Çizelge 3.7. Kayma levhası ve kesilmiş halka bağlantı elemanlarının ahşap elemanın ucuna / kenarına olan mesafeleri ya da en küçük aralıkları..	42
Çizelge 3.8. Tip C1'den C9'a kadar plaka bağlantısı için dişli birleşim elemanlarının ahşap elemanın ucuna / kenarına olan en küçük mesafeleri ve aralıkları	44
Çizelge 3.9. C10 ve C11 plaka bağlantısı türü için dişli birleşim elemanlarının ahşap elemanın ucuna / kenarına olan en küçük mesafeleri ve aralıkları.....	44
Çizelge 3.10. Zimba birleşim elemanlarının ahşap elemanın enine/ boyuna olan en küçük mesafeleri ve aralıkları (mm)	46
Çizelge 4.1. Safran Konağın diğer tasarım parametreleri	52
Çizelge 4.2. Farklı düğüm noktası türlerine göre oluşturulan konak modelinin ilk üç modundaki doğal titreşim periyotları değerleri	55
Çizelge 4.3. Farklı düğüm noktası birleşimlerine göre konak modellerinin ilk üç modunun katılım katsayıları	57

Çizelge 4.4. Safran konağın farklı düğüm noktası birleşimlerine göre oluşturulan modellerinde seçilen düğüm noktalarının x ve x doğrultularındaki yerdeğiştirme değerleri	59
Çizelge 4.5. Safran konağın farklı düğüm noktası birleşimlerine göre oluşturulan modellerinde seçilen düğüm noktalarının x ve x doğrultularındaki dönme değerleri	61
Çizelge 4.6. Model 1’de seçilen düğüm noktalarına gelen kesit tesirleri	63
Çizelge 4.7. Model 2’de seçilen düğüm noktalarına gelen kesit tesirleri	64
Çizelge 4.8. Model 3’te seçilen düğüm noktalarına gelen kesit tesirleri.....	65



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

KISALTMALAR

BKS	: Bina Kullanım Sınıfı
BYS	: Bina Yükseklik Sınıfı
D	: Dayanım Fazlalığı Katsayısı
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfı
I	: Bina önem katsayısı
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
SAP2000	: Structural Analysis Program
S_{DS}	: Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı
S_{D1}	: 1s Periyot İçin Tasarım Spektral İvme Katsayısı
TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
T_A, T_B	: Yatay Elastik Tasarım Spektrum Karakteristik Köşe Periyotları (s)
TS	: Türk Standardı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Ahşap yapı tarihinin çok eskilere dayanıyor olmasında, insanoğlunun ahşabı doğadan kolaylıkla elde ederek kullanmasının etkisi büyüktür. Ayrıca ahşap yapının her bir unsurunu geri dönüştürülebiliyor olması da tercih nedeni olarak görülmektedir.

Tarihi ahşap yapılar, Türk kültürünün birer örneği ve gelecek nesillere aktaracağı kültürel miras olduğundan, bunların davranışlarını daha iyi anlamak ve korumak için gerekli önlemleri almak gerekmektedir. Ahşap yapılar doğal, beşerî, fiziksel ve kimyasal gibi birçok faktörden etkilenmesi zarar görmesine neden olmaktadır. Ancak ülkemizdeki tarihi birçok ahşap yapı maalesef gerektiği değeri görmemektir. Ahşap yapılar gerekli önlem alındığı takdirde diğer yapı türlerine göre daha çok uzun süre deforme olmadan dayanmaktadır.

Bir yapının veya yapı öğelerinin sağlamlığı ve ömrü büyük ölçüde bağlantılarının sağlamlığına, rijitliğine ve dayanıklılığına bağlı olmaktadır. Ayrıca yapısal anlamda ahşap yapının özellikle deprem kuvvetleri etkisinde dayanımını sağlayan taşıyıcı sistemleri ve birleşimleridir. Bu nedenle ahşap yapıların kullanılan çivi, vida, bulon, metal birleşimler vb. gibi etkenlerin davranışlarının bilinmesi gerekli olmaktadır. Bu tez çalışmasında, Safranbolu Bağlar Köyiçi meydanında bulunan, 3 katlı ahşap taşıyıcı sisteme sahip, Safran Konak mimari modeli esas alınarak birleşim elemanlarının (çivi, vida, kama ve çelik levha gibi) deprem etkisinde davranışları araştırılmıştır.

1.1. AHŞAP YAPILARLA İLGİLİ GEÇMİŞTE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Ülkemizde ahşap taşıyıcı sistemlerin betonarme taşıyıcı sistemlerine göre daha az kullanılmasından dolayı *Ahşap Yapıların Tasarım Esasları ve Kullanma Koşulları*

günümüze kadar etkin bir şekilde ulaşamamıştır. Ahşap yapıların tasarımı ile ilgili yapılan tez ve diğer çalışmalar maalesef oldukça azdır. Ahşap yapılarla ilgili bazı çalışmaları aşağıdaki gibi özetlemek mümkün olmaktadır.

Karabulut (2000) çalışmasında, eskiden bu zamana kadar olan ahşap birleşim türlerini detaylı olarak irdelemiştir. Sonuç olarak ahşap yapıda kullanılan birleşim türlerinin kullanım alanları ve birleşim teknikleri hakkında bilgiler vermiştir.

Aktaş (2011) çalışmasında, geleneksel Safranbolu hımış ev tekniği modelinin ahşap yapıların sismik performansını değerlendirmiştir. Bu amaçla 8 adet boş, 2 adet tuğla dolgulu, 2 adet şamdolma, 2 adet kerpiç ve 2 adet bağdadi olarak çerçeveyi test etmiştir. Sonuç olarak en zayıf noktaların bağlantılarda olduğunu ve söz konusu yapının hafif ve birleşim bağlantılarının daha güçlü yapılması gerektiğini ifade etmiştir. Ayrıca ahşap yapılarda bağdadi gibi dolgu ve kaplaması olan hafif tekniklerin kullanılması önermiştir.

Dışkaya (2011) çalışmasında, İstanbul Süleymaniye Bölgesi'nde bulunan ve günümüze ulaşmış geleneksel 19. yüzyıl ahşap yapısı olan Ali Kurultay Evini örnek olarak seçmiş, SAP2000 programıyla 1999 Düzce ve Adapazarı depremlerini kullanılarak zaman tanım alanında analiz yapmıştır. Yapmış olduğu çalışma sonucunda ahşaptaki yapı taşıyıcı sisteminin iç yapısı ve mafsallardaki şekildeğişimlerden kaynaklı oluşan zayıflıkların belirlenmesi dolayısıyla doğru restorasyon tekniklerinin seçilip modellenmesi gerektiğini ifade etmiştir.

Güneş (2014) çalışmasında, Safranbolu geleneksel ahşap yapılarda kullanılan yapım tekniği ve birleşim tiplerini detaylı olarak incelemiştir. İncelemeler sonucunda geleneksel ahşap yapıların yapımında kullanılan çapraz elemanların kullanılmasıyla yapının depreme karşı daha dirençli olduğunu, geleneksel ahşap yapıların yenilenmiş olan geleneksel ahşap yapılara nazaran daha iyi korunduğunu ve şu anki geleneksel ahşap yapılar yaklaşımının doğru olmadığını ifade etmiştir.

Rubio (2018) çalışmalarında, farklı dübel tipi bağlantı elemanlarını kullanarak ahşap bağlantı türlerinin direnç kapasitesi değerlerini elde ederek, bağlantı direnç

kapasitesini doğrudan veya dolaylı etkileyen değişkenlerin etki ettiği bağlantının, ahşap yapıların boyutlandırmasına etkilerini incelemişlerdir.

Uzun (2018) çalışmasında, İstanbul Boğazında bulunan Amcazade Hüseyin Paşa Yalısının Divanhane bölümünün taşıyıcı sistem yapı elamanları mevcut durumunun TS647'ye göre düşey yükler ve eşdeğer deprem yüküne göre analizini yapmıştır. Böylelikle söz konusu yapının davranış ve dayanımını irdeleyerek yetersiz olan yapısal elemanlar için onarım ve güçlendirme önerilerinde bulunmuştur.

Yüncüler (2019) çalışmasında, TS 647 ve Eurocode-5'in hesap ve tasarım yöntemlerini karşılaştırmıştır. İncelemeler sonucunda TS 647 ve Eurocode-5 yönetmeliklerine göre yapılan hesaplarda çıkan sonuçların birbirlerine yakın olduğunu ancak TS 647'deki ağaç türlerinin Eurocode-5'te nelere denk olduğunu belirleyemediğini ve günümüz koşullarına Eurocode-5'in daha kapsamlı cevap verdiğini dolayısıyla TS 647'nin yetersiz ve yenilenmesi gerektiğini ifade etmiştir.

Meriç (2019) çalışmasında, Ahşap malzemelerin fiziksel ve mekanik etkilerinin taşıyıcı sisteme etkisini incelemek için Bursa'da bulunan ahşap bir yapının SAP 2000 programıyla analizini yapmıştır. Sonuç olarak, Eurocode-5'in daha çok güvenli tarafta kaldığını ve daha fazla ahşap malzeme seçeneği sunduğunu ifade etmiştir.

Saatci (2020) çalışmasında, Safranbolu'da bulunan Safran Konağını düğüm noktalarını rijit kabul edilerek ve Sta-Steel programı yardımıyla 10 farklı taşıyıcı sistemde modelleyerek yapısal çözümlemelerini gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak, söz konusu konakta payandaların bulunmasının yapı rijitliğini arttırdığını ifade etmiştir.

Okka (2020) çalışmasında, 8 x 20 x 290 cm boyutlarında çam (ekli, solid) ve ladin (ekli, solid ve karışık ekli) olmak üzere 5 farklı kiriş tipi üzerinde 4 noktalı eğilme deneyi yapmış ve hangisinin dayanımının yüksek olduğunu karşılaştırmıştır.

Özden Acehan (2021) çalışmasında, 2 cm kalınlık ve 10 cm genişlikte olan sarıçam odununu ahşap lameller şeklindeki parçaları 18, 25 ve 35 cm uzunluktaki kenetlenme boyları olan ahşap parçaları birbirine poliüretan ile yapıştırarak 21 adet ahşap-ahşap

bağlantı sistemi elde etmiştir. Elde ettiği ahşap parçaların bazılarını yapıştırarak bazılarını da hem yapıştırıp hem de M10 tipi çelik dübel kullanarak oluşturduğu numuneleri eksenel çekme testine tabi tutmuştur. Çalışmasının sonucunda birleşim bölgesine çelik dübellerin 1 sıra koyulması yerine 2 sıra olarak koyulduğunda daha iyi bir performans sergilediğini gözlemlemiştir.

Kırmızı (2021) çalışmasında, Türkiye’deki ahşap yapılar yönetmeliğinin ve şartnamelerinin yeteri kadar detaylı olarak ahşap ve ahşap yapıların üretimiyle ilgili kuralları içermediğini ve bu durumun da ahşap yapı imalatının uygulanması aşamasında bazı zorlukları ve eksiklikler ortaya çıkardığını ifade etmiştir.

Ceylan (2021) çalışmasında, Türkiye’nin deprem kuşağında olmasından dolayı enerjiyi sönümleyebilen, metal birleşim parçalarıyla çapraz lamine ahşap (CLT) panel birleşimlerini geliştirmeyi amaçlamıştır. Bu amaçla çalışmasını iki aşamada gerçekleştirmiştir. İlk aşamada 200 adet 5 x 5 x 10 cm’lik CLT malzemeyi vida, çivi ve yerli üretim olan fosfat ve reçine kaplı halkalı çivileri hem tabanca ile hem de el ile çakmayla uygulamış ve bunları ayrı ayrı çekme deneyine tabi tutmuştur. Bu yapılan deney sonucunda fosfat ve reçine kaplı halkalı çivilerin çekme direncinin en yüksek olduğunu ifade etmiştir. İkinci aşamada ise normal ölçülerdeki 5 adet CLT duvar-döşeme birleşim modelini çekme kuvveti etkisinde incelemiştir. Sonuç olarak Türkiye’de üretilen metal birleşimler kullanılarak enerji yutabilen CLT panel birleşimlerinin üretilebileceğini vurgulamıştır.

Özcan (2022) çalışmasında, 3 adet yapıyı inşaat tarihleri, depremsellik durumları ve kültürel durumlarını dikkate alarak incelemiştir. Bu amaçla Türkiye’den İstanbul evini, Japonya’dan Kyomachiyayı ve Endonezya’dan Rumah Gadang yapılarını örnek seçmiş ve söz konusu yapıların yapısal sistem özelliklerini tek tek açıklayarak yapıların farklılıklarını ve benzerliklerini özetlemiştir. Sonuç olarak geleneksel yöntemlerin günümüzde de ahşap yapı malzemelerinde uygulanabileceğini, yöntemlerin eksik kalan yönlerinin iyileştirilmesini ve günümüzde gelişen teknolojiye hasar tespit yöntemleriyle yenilenmesinin gerektiğini vurgulamıştır.

Sevinç (2023) çalışmasında, Oudjene ve Khelifa (2010)'u referans alarak ahşap-ahşap birleşiminin tek dübelli çiftli kaymaya maruz olan birleşim modelinde ahşap plakalarında ladin ağacını kullanarak oluşturduğu modeli ANSYS programında sonlu elemanlar yöntemini doğrusal olmayan analiz ile göçme modu etkilerini, taşıma kapasitesini ve taşıma kapasitesine etkileyen nedenleri karşılaştırarak incelemiştir. Çalışmanın sonucunda yapı malzemesi olarak ahşabın kullanılmasının ve ahşap-ahşap birleşim türlerinin geliştirilmesine katkı sağladığını ifade etmiştir.

1.2. ÇALIŞMANIN AMAÇ VE KAPSAMI

Ülkemizde geçmişten günümüze kadar ulaşan bir taşıyıcı sistem niteliğinde olan ahşap yapılar, maalesef gün geçtikçe önemini yitirmektedir. Günümüzde ahşap yapılarla ilgili bazı yönetmelik ve çalışmalar incelendiğinde malzeme biriminin birleşim noktalarına ilişkin bilgilerin eksik olduğu görülmektedir. Diğer taraftan yapı tasarımında yapıların rijit kabul edilmesi analizinde kolaylıklar sağlamakta ancak düğüm noktalarında oluşan gerçek davranışlar göz ardı edilmiş olmaktadır. Bu nedenle ahşap yapıların rijit, yarı rijit ve mafsallı olarak tasarlanarak düğüm noktasında oluşan değişimlerin yapıya etkisine bakılması gerekmektedir. Bu tez çalışmasında, önce ahşap yapıların birleşim (düğüm) noktaları hakkında bilgiler verilmekte daha sonra ahşap yapılardaki düğüm noktalarının rijit, yarı rijit ve mafsallı olarak CYPE 3D programıyla modellenerek yapısal çözümler gerçekleştirilmekte, böylece düğüm noktalarındaki değişimlerin söz konusu ahşap yapıya etkilerini karşılaştırmalı olarak incelenmektedir.

Bu tez çalışması toplam beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm *Giriş* bölümü olup ahşap yapılarla ilgili daha önceden yapılmış çalışmalar özetlemiştir. İkinci bölümde ahşap yapılarda kullanılan birleşim tipleri anlatılmakta ve ahşap yapıların birleşimlerinde kullanılan birleşim araçlarının malzeme özellikleri hakkında bazı bilgiler verilmektedir. Üçüncü bölümde ülkemizde yeni yürürlüğe giren *Ahşap Binaların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları* yönetmeliği ve ahşap yapıların birleşimlerinin tasarım esaslarından bahsedilmektedir. Dördüncü bölümde bu tez çalışmasında örnek olarak seçilen ahşap yapının (Safran Konağın) CYPE 3D programıyla düğüm noktaları birleşim bölgeleri rijit, yarı rijit ve mafsallı olarak

modellenerek yapısal çözümleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bu bölümde ApfWoodJoint program yardımıyla düğüm noktaları birleşim türünün (tipinin) hesapları yapılmış ve elde edilen sonuçlardan birleşim türünün söz konusu yapının performansına olan etkiler değerlendirilmiştir. Beşinci bölümde ise yapısal çözümlerden elde edilen bulgular birbirleriyle karşılaştırılarak sonuçlar ve öneriler verilmektedir. Bu son bölümü kaynaklar dizini izlemektedir.



BÖLÜM 2

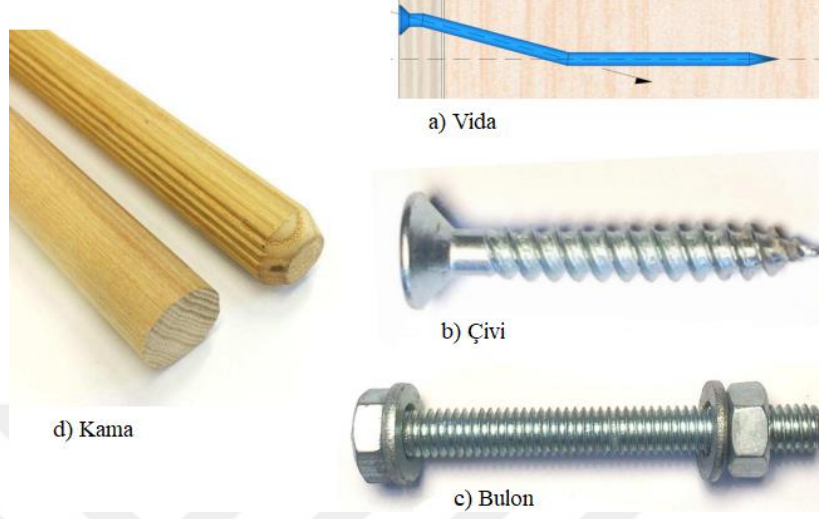
AHŞAP YAPILARDA BAĞLANTI TÜRLERİ VE ÖZELLİKLERİ

Ahşap yapıların tasarımında kullanılacak olan malzeme ve birleşim türlerinin özelliklerini bilmek söz konusu yapının tasarımında kritik faktördür. Diğer bir ifadeyle tasarımın doğru yapılması için oldukça önemlidir. Bağlantılar (birleşimler), yapının bütünlüğünün korunmasında, dayanım, rijitlik, stabilite ve sünekliğinin sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Ahşap yapı taşıyıcı sistemlerinde çoğunlukla yapılan hata, birleşim türünün doğru seçilmemesi ya da birleşim türünün yetersizliğinden kaynaklanmaktadır. Birleşim yerlerindeki bağlantı elemanlarının yeterliliği söz konusu ahşap yapının taşıma gücünü belirleyeceği açıkça ortadır. Bu durum genellikle ahşap yapıdaki birleşim elemanlarının sayısı ve fiziksel özelliklerine göre belirlenmektedir.

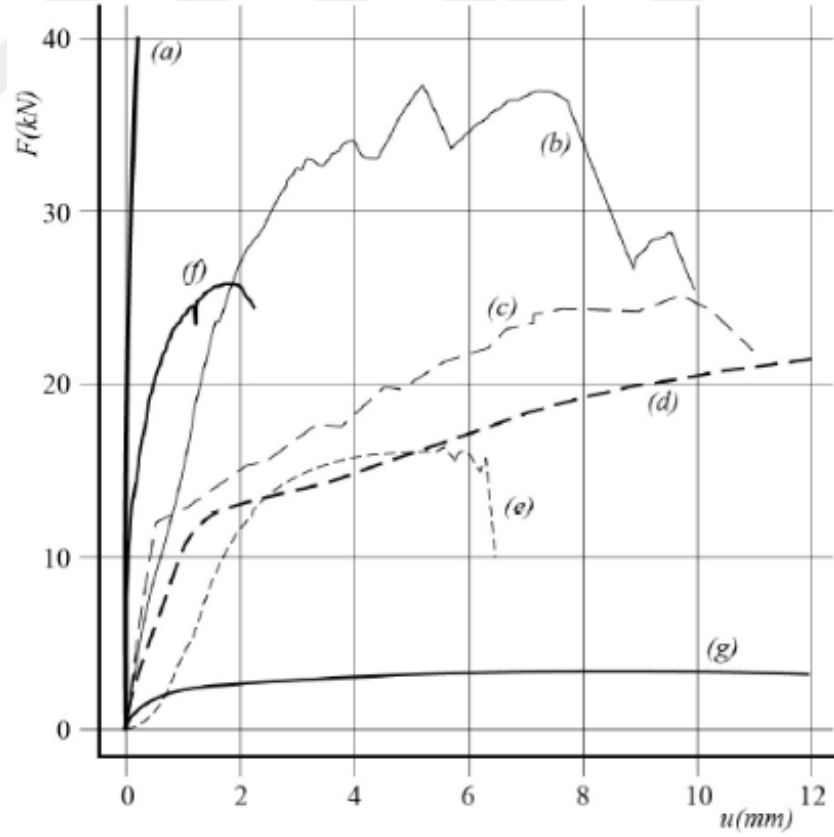
Ahşap birleşim bağlantıları genellikle bağlantı ihtiyaçlarına göre farklı biçimlerde, kalınlıklarda ve mekanik özelliklerini de dikkate alarak farklı malzemelerden yapılmaktadır. Yapı malzemesi olarak ahşabın avantajlarından birisi olan birleşim bölgesindeki farklı bağlantı elemanları (çiviler, vidalar, cıvatalar, dübelller, zımbalar ve metal bağlantı elemanlar gibi) ile ahşap yapısal elemanlar bir araya getirebilmektedir (bkz. Şekil 2.1).

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte günümüzde mühendislik ürünleri olan yapısal ahşap malzemelerdeki gelişmelerle beraber bağlantı elemanları da gelişmiştir. Ahşap-ahşap ve ahşap-çelik gibi birleşimlerin yanında farklı tür ve boyutta çiviler, vidalar, bulonlar ve dübelller gibi bağlantı elemanları da ahşap yapıların statik açıdan güvenliğini artırmada önemli rol oynamaktadır. Şekil 2.2’de farklı bağlantı elemanlarının liflere paralel yöndeki çekme dayanımı yük-şekildeğiştirme eğrileri görülmektedir. Bu şekilde (a) tutkallı ($12,5 \times 10^3 \text{ mm}^2$), (b) bölünmüş halka konnektör (100 mm), (c) çift taraflı dişli plaka konnektör (62 mm), (d) dübel (14 mm), (e)

cıvatalı (14 mm), (f) delikli metal plaka (10^4 mm^2) ve (g) çivili birleşimi (4.4 mm) göstermektedir.



Şekil 2.1. Farklı birleşim türlerinden bazıları (Livingstone, 2015)

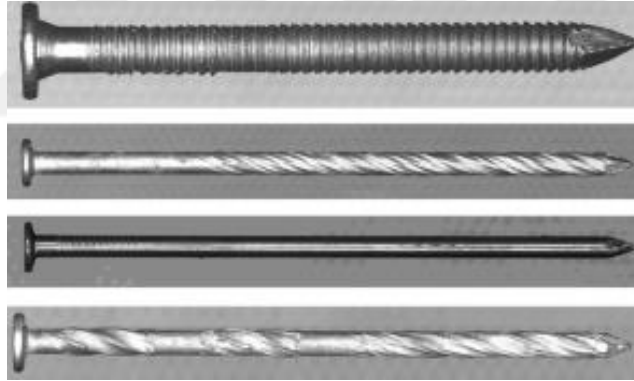


Şekil 2.2. Liflere paralel doğrultuda çekme etkisindeki birleşim elemanlarının yük-şekil değiştirme eğrisi (Blass vd., 1995).

2.1. ÇİVİLER

Çiviler, yaygın olarak kullanılan bağlantı elemanlarıdır. Çiviler, ahşap çerçeve dikme elemanları ile zemin diyagramlarının birleştirmesinin yanı sıra ahşaptan panel ürünlerini birbirine birleştirmek ve metal plakaları ahşap ile birleştirmek için de kullanılmaktadır.

Çiviler genellikle çelikten yapılmakla birlikte paslanmaz çelik, bakır, alüminyum, bronz veya demirden de yapılabilmektedir. Kullanıldıkları malzemeye ve sahip olmaları gereken tutma kapasitesine bağlı olarak birçok çivi türü bulunmaktadır. Tel bobinden kesilen dairesel kesitli minimum 600 N/mm² gerilmeye sahip ve maksimum 8 mm kadar çap aralığındaki düz çelik tel çiviler en yaygın kullanılan çivi türleridir (bkz. Şekil 2.3). Diğer taraftan yük taşıma kapasitesini artırmak için farklı başlıkta çiviler (kare vb. gibi) kullanılmaktadır.



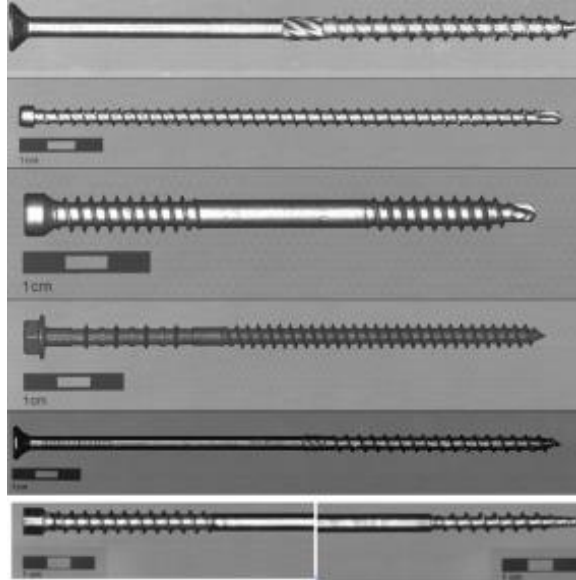
Şekil 2.3. Bazı çivi türlerinden görünüm (Sandhaas, 2018).

Ahşap malzemelerde yarıma tehlikesi olmasından dolayı yarılmayı önlemek için 500 kg/m³ karakteristik yoğunluktan büyük ahşap malzemelerde önceden delme işleminin yapılması gerekmektedir. Çiviler panelden ahşaba veya ahşaptan ahşaba kesme bağlantıları için çok uygundur. Bunlar genellikle tekli kesme bağlantıları için tasarlanmışlardır. Bir bağlantıda her zaman en az iki çivi bulunması faydalı olacaktır. Ayrıca aksi belirtilmedikçe çiviler liflere dik açılarla çakılması gerekmektedir.

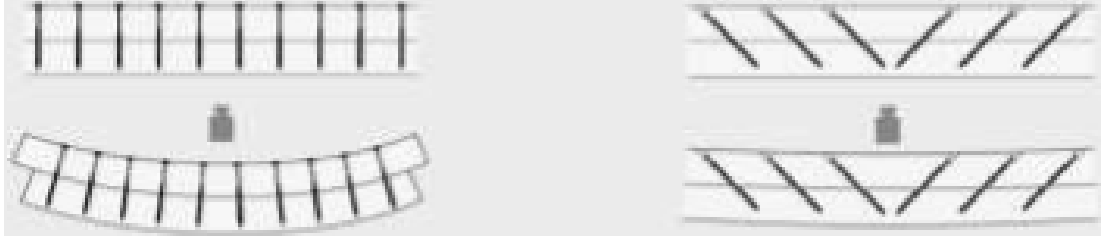
2.2. VİDALAR

Ahşap vidalar, genellikle ahşaptan ahşaba bağlantılar için kullanılmaktadır. Metal vidalar ise çelikten ahşaba ve panelden ahşaba bağlantılar için kullanılır. Çivilerde olduğu gibi bunlarda da farklı vida türleri bulunmaktadır (bkz. Şekil 2.4). En yaygın türleri havşa başlı, başlı vida, yuvarlak başlı vida ve koç vidasıdır. Vidalar genellikle kiriş askılarını ve çerçeve ankrajlarını sabitlemek için kullanılmaktadır.

Yanal olarak vidaların yük taşıma kapasitesi çivilerden veya yuvarlak başlı cıvatalardan daha küçüktür. Çapı 8 mm'den daha küçük olan vidaların kuvvet ile lif doğrultusu arasındaki açının yük taşıma kapasitesi üzerinde önemli bir etkisi bulunmamaktadır. Ayrıca yanal yüklü 3 mm'den daha küçük vidalara çivi kuralı uygulanmaktadır. Diğer taraftan eksenel yüklü vidalar özellikle çekme yüklerini taşımak için uygun olmaktadır. Maksimum yük taşıma kapasitesi elde etmek için vidalar aşağıdaki şekilde yerleştirilmelidir. Şekil 2.5'te ilk yapılan uygulama hatalı, 2. yapılan uygulama daha doğru olmaktadır.



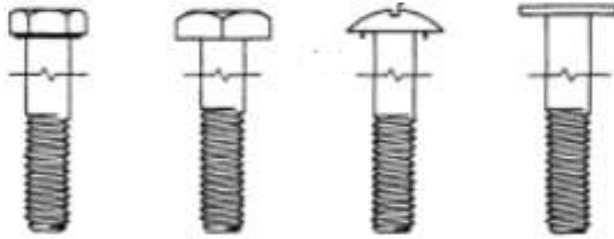
Şekil 2.4. Bazı vida türlerinden görünüm (Sandhaas, 2018).



Şekil 2.5. Vidaların yerleştirilmesi örneği (İnternet-1, 2015).

2.3. CIVATALAR

Cıvataların yapısal elemanları birbirine tam oturacak şekilde sıkılması gerekmektedir. Ayrıca kereste denge nem içeriğine ulaştığında gerekirse yeniden sıkılma işlemi uygulanmalıdır. Yeniden sıkma işlemi uygulanmıyorsa ve cıvataların montajından sonra kerestenin ağırlığının %5'inden fazla kuruma ihtimali var ise cıvata bağlantısının hesaplanan kapasitesinin %80'i kullanılabilir. Cıvatalar genellikle tutkal lamine veya ağır ahşaplarda yanal bağlantılar için kullanılmaktadır. Cıvalar, cıvata başının şekline bağlı olarak çeşitli tiplerde üretilmektedir (bkz. Şekil 3.6). Bunların en yaygın tipleri altıgen başlı, kare başlı, kubbe başlı ve düz başlı olanlardır.



Şekil 2.6. Bazı civata türlerinden görünüm (Soltis and Wilkinson, 1996).

2.4. DÜBELLER

Dübeller, düz veya nervürlü genellikle dairesel kesitli çubuklardır. Ancak bazen dikdörtgen kesitlerde de üretilirler. Dübeller genellikle pürüzsüz bir yüzeye sahip olmakla birlikte bazen yerleştirmeyi kolaylaştırmak için yivli de olmaktadır. Uygulamada yaygın olarak kullanılan bazı dübeller Şekil 2.7'te gösterilmektedir.

BÖLÜM 3

AHŞAP BİNALARIN TASARIM VE YAPIM ESASLARI

3.1. GENEL BİLGİLER

Ahşap yapıların birleşim noktaları yöntemlerine göre;

- 1) Mekanik yöntemlerle yapılan birleşimler (plaka, metal mil, geçmeli vb.),
- 2) Tutkallı birleşimler,

olarak ele alınmaktadır. Taşıyıcı sistem olarak kullanılan ahşap malzeme özelliği bakımından esnektir. Bu nedenle deprem etkisi altında sünek bir davranış sergilemektedir. Bundan dolayı ahşap yapıların düğüm noktaları birleşimlerinin tasarım aşamasında sünek davranışın sağlanması gerekmektedir. Tasarım yapılırken sünek davranışın sağlanması ve dış etkinin sönümlenmesi amacıyla genellikle metal bağlantı elemanları kullanılmaktadır.

Ahşap yapılarda kullanılan tutkallardan üre formaldehit (ÜF), melamin formaldehit (MF), poliüretan (PUR), üre melamin formaldehit (MÜF), fenol formaldehit (FF) vb. reçinelerin yapıda kullanım yerleri ve sıcaklıklara göre etkileşimleri değişmektedir. TS EN 301’de tanımlı tip 1 ve tip 2’de belirlenen tutkalların performanslarına ve sıcaklıktaki etkilerine göre seçilmelidir (TS EN 301, 2009).

Ahşap yapıda kullanılan taşıyıcı olarak tasarlanmayan ve sabit yük niteliğindeki ahşap elemanlarda, sünek davranış genellikle göz önünde bulundurulmamaktadır. Ancak belli ölçülerde sünek davranış sergilediği ve deprem etkisi altında bir değere sahip olduğu unutulmaması gerekir.

Günümüze aktarılan geleneksel yapılar incelendiğinde bağlantı tipi olarak geçmeli veya kavelalı birleşimler olduğu görülmektedir. Bunlar aynı ahşap malzeme gibi gevrek bir davranış sergilemektedirler.

Ahşap yapılardaki bağlantı elemanlarının malzeme olarak birçok çeşidi bulunmaktadır. Tasarım yapılırken sünek davranışın sağlanması ve enerjinin sönmelenmesinde kullanılan metal bağlantı elemanları (karbon çeliği veya paslanmaz çelikten üretilen bağlantı elemanları) kullanılmaktadır. Metal bağlantı elemanları yük aktarımlarına göre iki kısımda incelenmektedir.

- 1) Mil tipi bağlantı elemanları,
- 2) Diğer bağlantı elemanlarıdır.

Mil tipi bağlantı elemanı; betonarme taşıyıcı elemanı gibi çekme, basınç ve kesme etkisinde kalarak diğer ahşap yapısal elemanlara yükünü aktarmaktadır. Buna örnek olarak çivi, vida ve bulonlar verilebilir.

Diğer bağlantı elemanı; olarak adlandırdığımız elemanlar ise etkileşimli olduğu yüzey alanı boyunca yük aktarmaktadır. Buna örnek olarak bağlantı eleman tipine dişli plaka, kesme levhalar ve delikli metal plakalar verilebilir.

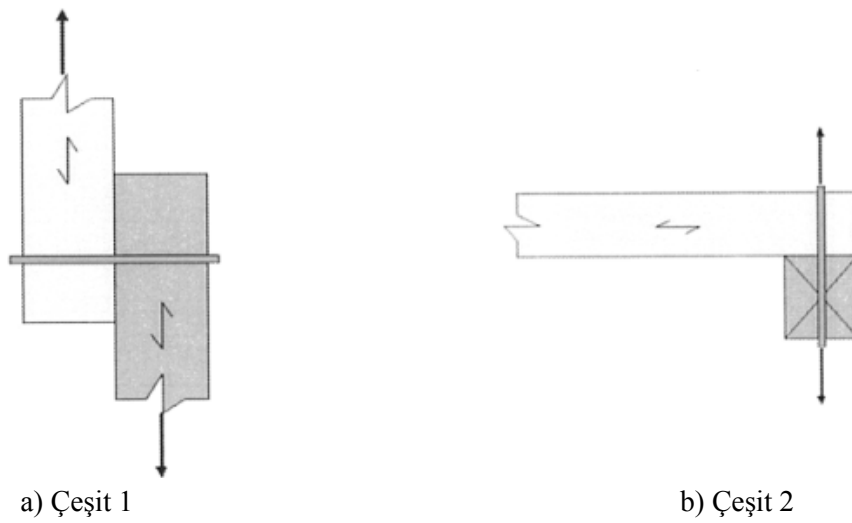
Yukarıda bahsedilen bağlantı elemanlarının malzeme özelliği ele alındığında korozyon ve yangın etkisinde davranışı zayıf olduğu görülmüştür. Bu nedenle koruma olarak epoksi ve yangın geciktirici malzemelerin kullanılması tercih edilmektedir.



Şekil 3.1. Ahşap yapılarda kullanılan metal bağlantı elemanları.

3.1.1. Birleşim Çeşitleri

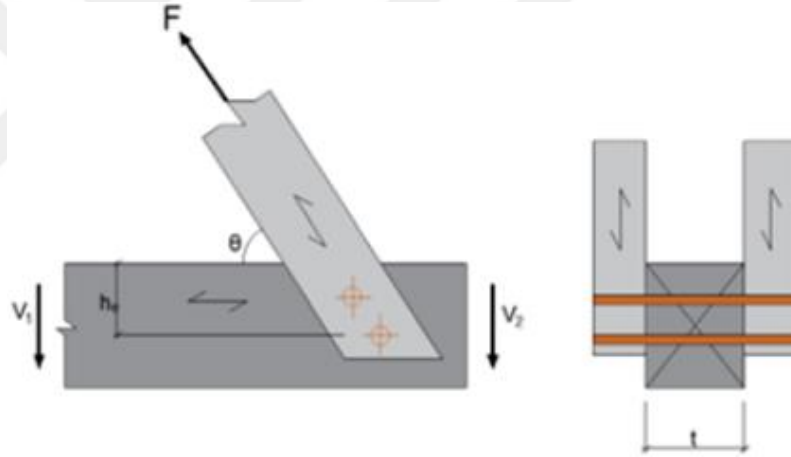
Yükleme durumuna göre ikiye ayrılan bağlantı elemanları, çeşit 1 ve çeşit 2 birleşimler olarak tanımlanmaktadır. Çeşit 1 birleşimlerde, bağlantı elemanlarına yükler yatay kesme kuvveti olarak etki etmekte ve çeşit 2 birleşimlerde ise, bağlantı elemanlarına aksenal kuvvetler etki etmektedir (bkz. Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Yüklem durumlarına göre ahşap birleşim çeşitleri (ABTHYE, 2024).

Birden fazla ahşap malzemenin birleşim noktasına bakıldığında herhangi bir ahşap malzemeye etkiyen kuvvetin, diğer ahşap malzemelerin ağırlık merkezinden geçmiyorsa eksantrisine etkisinin dikkate alınması gerekmektedir. Bu etki nedeniyle oluşan momentlerden kaynaklı gerilmeler ve dönmeler meydana gelmektedir. Bu da ağırlık merkezleri ortak olmayan ahşap malzemelerin birleşim bölgelerinde daha fazla kuvvet oluşturmaktadır.

Mil tipi bağlantı elemanları ahşap malzeme üzerinde rijitlikten ötürü farklı rijit davranışlar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle söz konusu davranışlar dikkate alınarak tasarımın yapılması gerekmektedir. Bu hususta ayrıntılı bilgi için 2024 yılında yürürlüğe giren *Ahşap Binaların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları* yönetmeliğine bakılabilir (ABTHYE, 2024).



Şekil 3.3. Ahşap birleşimdeki kayma gerilmeleri (ABTHYE, 2024).

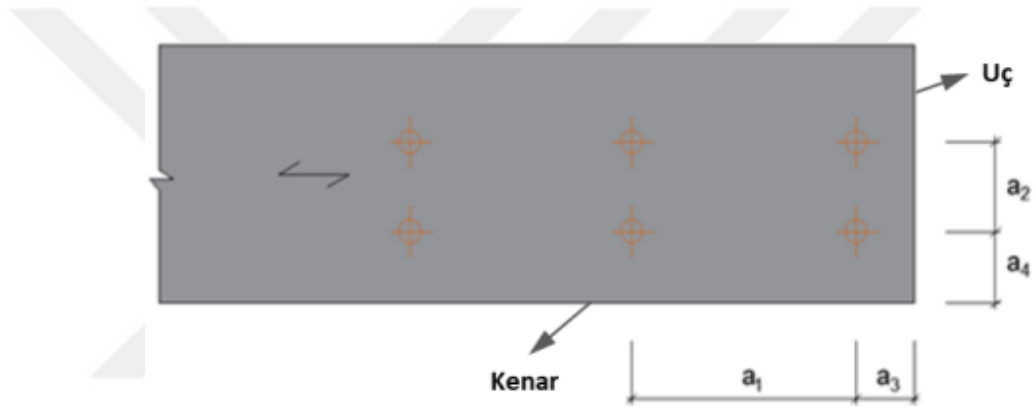
3.1.2. Etkin Enkesit Alanı

Ahşap elemanların birleşimlerinde yapılan işlemlerden (delik, çentik ve oyuk açma) dolayı taşıma kapasitelerinde azalma olmaktadır. Bu nedenle birleşim bölgelerindeki ahşap malzemenin etkin kesit alanı hesaplarda kullanılmaktadır. Etkin kesit alanı; kullanılan ahşap elemanın brüt alanından açılan boşlukların veya kullanılan metal mil tipi birleşim elemanı, birbirine 5 mil çapından daha yakında ise burada oluşturulan boşluk alanlarının çıkarılmasıyla hesaplanmaktadır. Bu işlemler yapılırken;

- 1) Çivili ve vidalı birleşimlerde; $d < 5$ mm olan ve ön delme işlemi yapılmadan uygulamalar için etkin enkesit alanı, brüt enkesit alanı olarak seçilebilir.
- 2) Bulonlu ve çubuk kamalı birleşimlerde ise; etkin en kesit alanı boşluklar çıkarıldığında kullanılmalıdır.

3.1.3. Birleşim Elemanlarının Yerleşim Mesafeleri

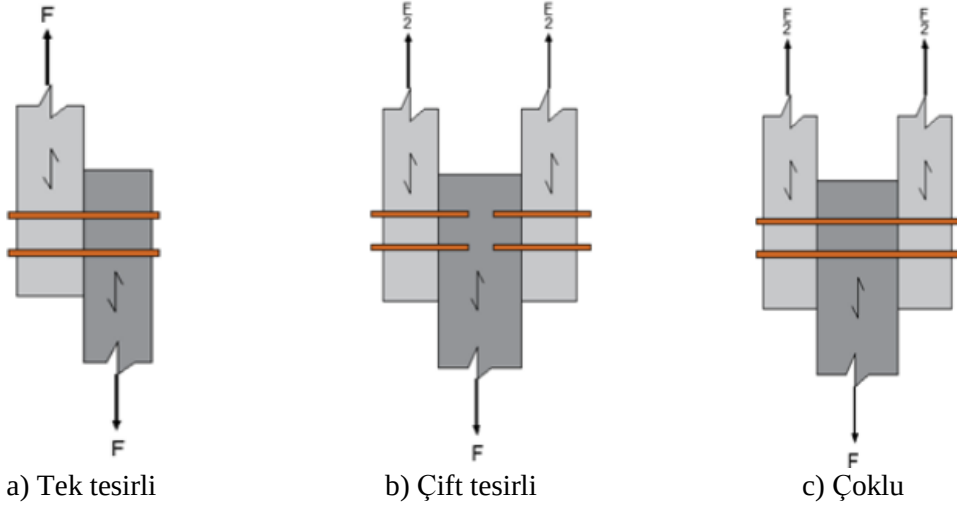
Ahşap yapılarda birleşim bölgesinde ahşap elemanların yarılmaması için uygun mesafelerle birleşim araçlarının kullanılması gerekmektedir (bkz. Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Ahşap yapılarda mil tipi birleşim elemanlarının ölçeksiz mesafesi.

3.1.4. Mil Tipi Birleşim Elemanları Üzerinde Çoklu Kesme Etkisi

Metal mil tipi bağlantı elemanları, genellikle en az iki ahşap malzemeyi birleştirmesi ve yatay ekseninde mil enkesitine dik oluşacak kesme kuvvetini karşılaması için tasarlanmaktadır. Bu kesme kuvvetleri, tek ve çift doğrultuda veya çoklu olarak oluşmaktadır. Ancak bazı durumlarda birleşim bölgelerine aksenal kuvvet etkiyebilir veya hem kesme hem de aksenal kuvvet etkisinde kalabilirler (bkz. şekil 3.5).



Şekil 3.5. Tek tesirli, çift tesirli ve çoklu kesme kuvveti etkisi.

3.1.5. Çoklu Birleşim Elemanı

Aynı malzeme ve boyutta birden çok ahşap birleşim elemanından oluşan toplam yük taşıma kapasitesinin kullanılan her bir bağlantı elemanının yük taşıma kapasitesinin toplamından daha küçük olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca aynı birleşim noktasında, bulonların diğer birleşim bölgesi için kullanılan araçlarıyla birlikte kullanılması durumunda, bulondaki tolerans boşluğundan kaynaklı deformasyon uyumsuzluğuna dikkat edilmelidir.

3.1.6. Mil Tipi Birleşim Elemanlarının Yatay Yük Taşıma Kapasitesi

Johansen akma teorisiyle yatay yük kapasitesi yaklaşık değer olarak hesaplanmaktadır. Bu nedenle ahşap elemanlarda kullanılan birleşim bölgesindeki birleşim elemanlarının şekil değiştirme-dayanım durumuna göre rijit plastik malzeme olarak hareket ettiği kabul edilmektedir. Birleşimlerde farklı göçme şekilleri yatay yüklemelerden oluşmaktadır. Mil tipi birleşimlerde milin çekme kuvveti etkisinde yerinden çıkması durumu, eğilme etkisindeki bağlantı elemanlarının akması ve ahşap malzeme üzerindeki gömülme düzleminde göçme şekilleri bulunmaktadır. Ayrıca mil tipi birleşimlerin, birleşim bölgelerindeki yük taşıma kapasitesi ve söz konusu birleşimin davranışını en çok etkileyen parametreler vardır.

3.1.7. Mil Gömölme Yatağının Ezilme-Gömme Dayanımı

Mil tipi bağlantı elemanlarının ahşap malzemedeki oyukların olduğu bölgede, ahşap malzemenin basınç etkisindeki ezilmeye karşı yaptığı davranışına gömme dayanımı adı verilmektedir. Bu dayanım mil eksenine dik etki etmekte ve kullanılan bağlantı elemanının ve ahşabın özellikleriyle doğru orantılıdır. Sert ahşap malzemede gömme dayanımı, yumuşak ahşap malzemeye göre daha fazladır. Diğer taraftan mil tipi bağlantı elemanının çapı büyüdükçe gömme dayanımı azalmaktadır. Ahşap malzeme ile kullanılan bağlantı elemanları arasındaki sürtünme kat sayısı ve adhezyon arttıkça da bu dayanım artmaktadır. Buna karşın ahşap malzemedeki nem oranı arttıkça gömme dayanımı azalmaktadır.

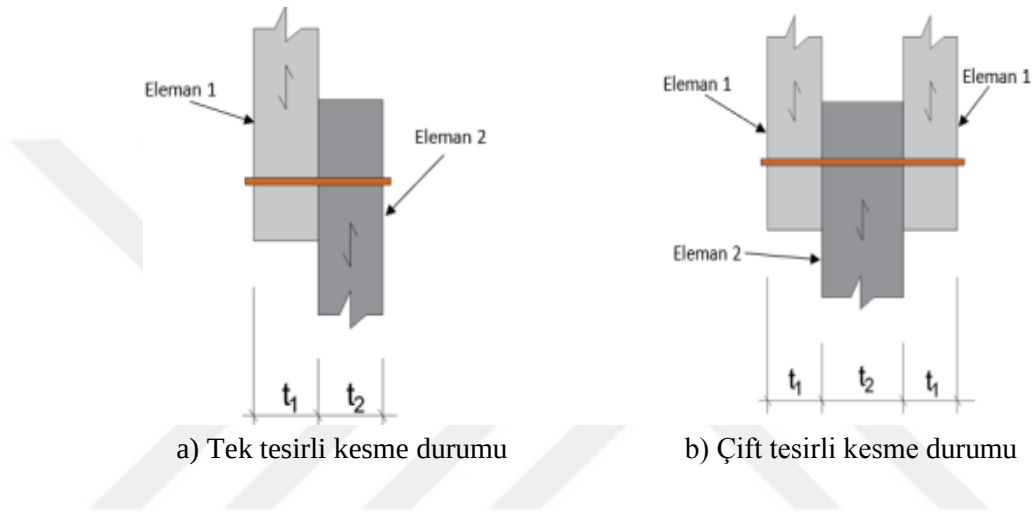
Gömme dayanımını artırmak için, bağlantı elemanını mil tipi yerine tutkallı veya matkap uçlu vida tercih edilmektedir. Mil tipi bağlantı elemanı kullanıldığında, söz konusu gömülen dayanımı ayrı ayrı dikkate alarak değerlendirilmeli ve dayanıma eklenmelidir. Ayrıca birleşim bölgesindeki yüklerle ahşap malzemenin lif dokusu arasındaki aç, genellikle büyük çaptaki bağlantı elemanları için, kritik etki oluşturmaktadır. Bu konuda ayrıntılı bilgi için *Ahşap Binaların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları* yönetmeliğine bakılabilir (ABTHYE, 2024).

3.1.8. Millerin Yerinden Çıkma/Çekilme Dayanımı

Ana göçmeyi oluşturan bir başka etmen ise, ahşap birleşim bölgesinde oluşan yük etkisinde, bağlantı elemanlarının ahşap malzeme üzerindeki oyuklardan çıkmasıdır. İki ahşap elemanın birleşim bölgesindeki çekilmeye karşı gösterdiği dayanım, mil tipi bağlantı elemanının her iki tarafında ahşap elemanın hem başlık (gömölme dayanımı) hem de uç (çekilme dayanımı) kısmı ayrı ayrı dikkate alınarak değerlendirilmelidir. Değerlendirilme sonucunda küçük olan değer çekilme dayanımı olarak kabul edilmektedir.

*Birleşimlerdeki göçme şekilleri için birleşim elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi **Panel-Ahşap** ve **Ahşap-Ahşap** için;*

Birleşimdeki mil tipi birleşim elemanın hangi elemana bağlı olduğu Şekil 3.6'da gösterilmektedir. İki ahşabın birleşmesinden oluşan tek tesirli kesme durumundaki birleşimler için eleman 1'in daha ince ya da yumuşak ahşap parçadan, eleman 2'nin ise daha kalın ya da sert ahşap parçadan oluşması ve üç ahşabın birleşmesinden oluşan çift etkili kesme durumundaki birleşimler için eleman 1'in daha ince ya da yumuşak parçadan, ortadaki eleman 2'nin ise daha kalın ya da sert parçadan oluşması gerekmektedir.



Şekil 3.6. Tek ve çift tesirli birleşimin gösterimi.

Çizelge 3.2a ve 3.2b'de verilen denklemlerin göçme şekilleri modları iki kısımdan oluşmaktadır. Denklemin birinci kısmı Johansen akma teorisine göre hesap edilmiş, ikinci kısmı ise **ip etkisi**'nden kaynaklanmaktadır. Denklem 3.1'de her ikisini de içeren kısım gösterilmektedir.

$$F_{v,Rk} = 1.05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2+\beta} \left[\sqrt{2\beta(1+\beta) + \frac{4\beta(2+\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} t_1^2 d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (3.1)$$

(Johansen Teorisi) - (İp Etkisi)

Burada bir birleşim elemanın gerilme etkisinde akma dayanımını aştığında **ip etkisi** ortaya çıktığı belirtmek uygun olacaktır.

İp etkisinden ve Johansen ifadesinden elde edilen değerler Çizelge 3.1'de verilen ölçütlerde kısıtlanmalı ve bu ölçüt dikkat alınacak şekilde hesaplarda kullanılmalıdır.

Eğer *ip etkisi* değeri verilememiş veya bilinmiyorsa bu değerin sıfır olarak kabul edilmesi gerekmektedir.

Çizelge 3.1. İp etkisi sınır oranları birleşim eleman çeşidine göre

Birleşim Eleman Türü	İp Etkisi Sınır Oranı (%)
Düz çiviler	15
Kare ve kanallı çiviler	50
Diğer çiviler veya bulonlar	25
Vidalar	100
Çubuk kamalar	0

*Birleşimlerdeki göçme şekilleri için birleşim elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi **Çelik-Ahşap** için;*

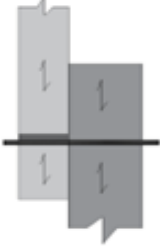
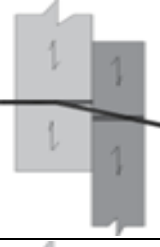
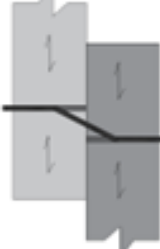
“Çelik-Ahşap” birleşimlerde çelik plakanın kalınlığına göre karakteristik yük taşıma kapasitesi değişmektedir. Buna göre, çelik plakalar aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:

- 1) İnce plakalar; $t \leq 0,5d$
- 2) Kalın plakalar; $t \geq d$ ve delik çapının toleransı $< 0,1d$

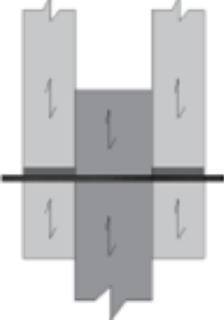
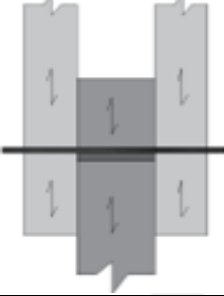
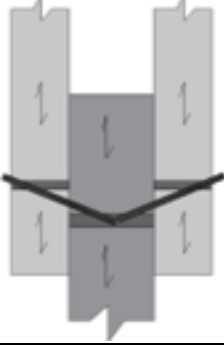
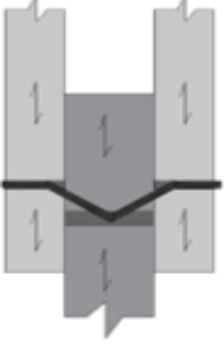
Burada d bağlantı eleman çapı ve t ise çelik plaka kalınlığını göstermektedir.

Çizelge 3.2c ve 3.2d’de verilen denklemlerden karakteristik yük taşıma kapasitesi sonuçlarından küçük olan dikkate alınacaktır. Bu çizelgede $M_{y,Rk}$ birleşim elemanının karakteristik akma momentini, $F_{v,Rk}$ kesme düzleminde birleşim elemanı başına karakteristik yük taşıma kapasitesini, $F_{ax,Rk}$ birleşim elemanının karakteristik çekilme kapasitesini, $f_{h,k}$ ahşap elemanın karakteristik gömme dayanımı, t_1 dış ahşap elemanın kalınlığından küçük olanı veya gömülme derinliğini ve t_2 ortadaki ahşap elemanın kalınlığını göstermektedir.

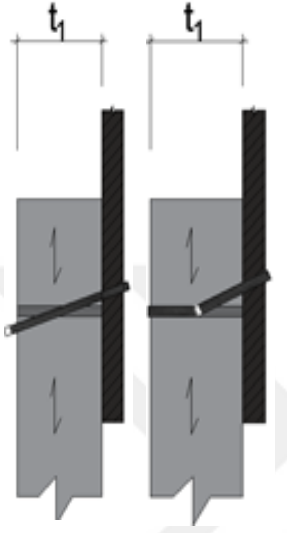
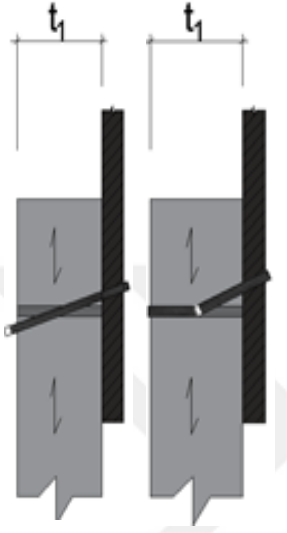
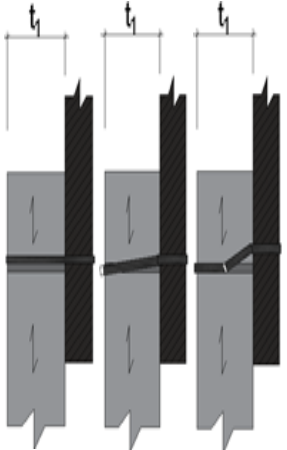
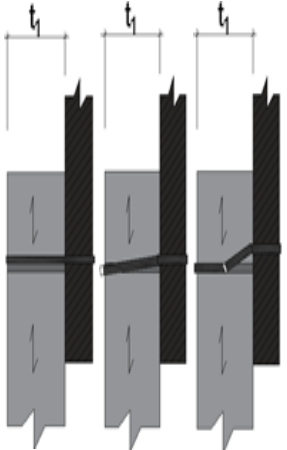
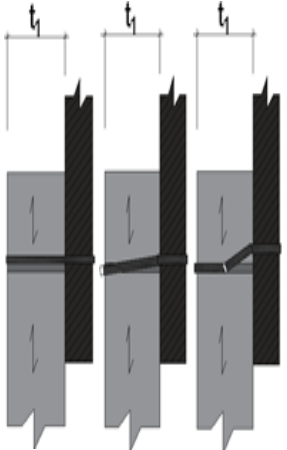
Çizelge 3.2a. Panel-ağşap ve ağşap-ağşap birleşimlerde tek tesirli göçme şekillerinin birleşim elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi.

Göçme Şekli	Birleşim elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi ($F_{v,Rk}$)
	$F_{v,Rk} = f_{h,1,k} t_1 d$
	$F_{v,Rk} = f_{h,2,k} t_2 d$
	$F_{v,Rk} = \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{1 + \beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right]} + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$
	$F_{v,Rk} = 1.05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} t_1^2 d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$
	$F_{v,Rk} = 1.05 \frac{f_{h,1,k} t_2 d}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} t_2^2 d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$
	$F_{v,Rk} = 1.15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \left[\sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$

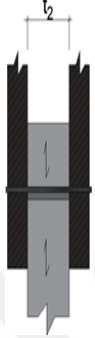
Çizelge 3.2b. Panel-ağşap ve ağşap-ağşap birleşimlerde çift tesirli göçme şekillerinin birleşim elemanın karakteristik yük taşıma kapasitesi.

Göçme Şekli	Birleşim elemanın karakteristik yük taşıma kapasitesi ($F_{v,Rk}$)
	$F_{v,Rk} = f_{h,1,k} t_1 d$
	$F_{v,Rk} = 0,5 f_{h,2,k} t_2 d$
	$F_{v,Rk} = 1.05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2+\beta} \left[\sqrt{2\beta(1+\beta) + \frac{4\beta(2+\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} t_1^2 d}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$
	$F_{v,Rk} = 1.15 \sqrt{\frac{2\beta}{1+\beta}} \left[\sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$

Çizelge 3.2c. Çelik-Ahşap birleşimlerde tek tesirli göçme şekillerinin birleşim elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi.

Göçme Şekli	Bağlantı elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi ($F_{v,Rk}$)
Tek tesirli kesmede ince çelik plaka	
 (a)	$(a) F_{v,Rk} = 0.4 f_{h,k} t_1 d$
 (b)	$(b) F_{v,Rk} = 1.15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$
Tek tesirli kesmede kalın çelik plaka	
 (c)	$(c) F_{v,Rk} = f_{h,k} t_1 d$
 (d)	$(d) F_{v,Rk} = f_{h,k} t_1 d \left[\sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$
 (e)	$(e) F_{v,Rk} = 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$

Çizelge 3.2d. Çelik-Ahşap birleşimlerde çift tesirli göçme şekillerinin birleşim elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi.

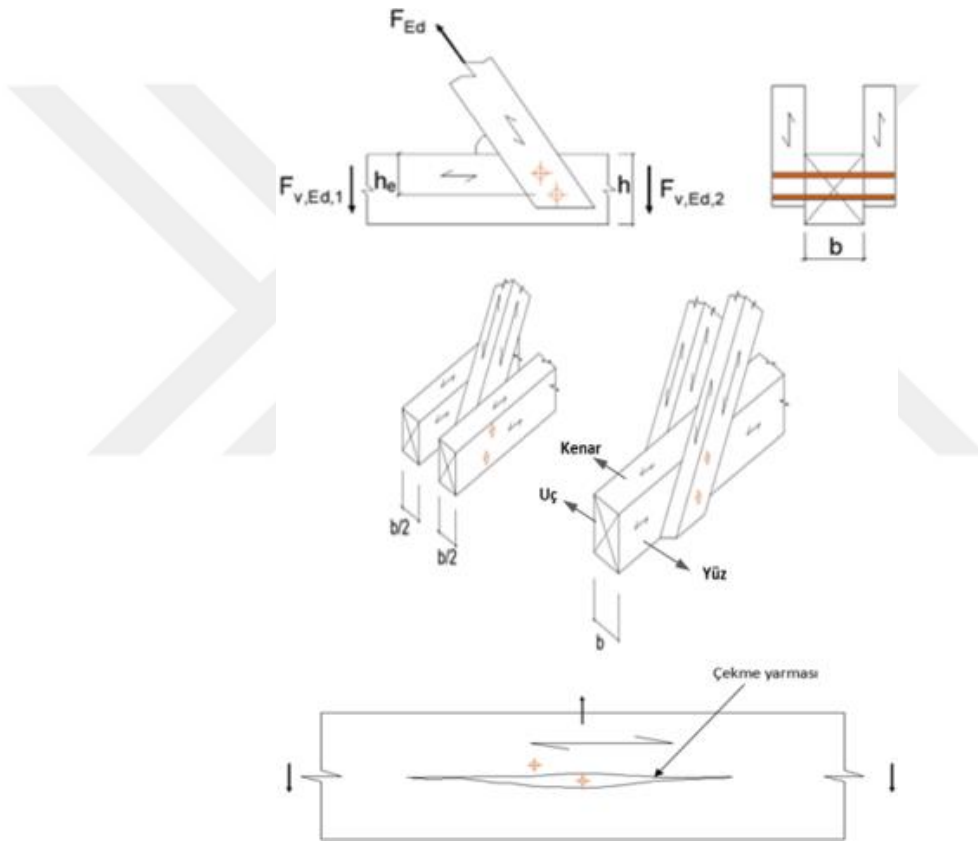
Göçme Şekli	Bağlantı elemanının karakteristik yük taşıma kapasitesi ($F_{v,Rk}$)
Çift tesirli kesmede dış elemanların ince çelik plaka olması	
 (a)	$(a) F_{v,Rk} = 0,5f_{h,2,k}t_2d$
 (b)	$(b) F_{v,Rk} = 1.15\sqrt{2M_{y,Rk}f_{h,2,k}d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$
Çift tesirli kesmede dış elemanların kalın çelik plaka olması	
 (c)	$(c) F_{v,Rk} = 0.5f_{h,2,k}t_2d$
 (d)	$(d) F_{v,Rk} = 2,3\sqrt{2M_{y,Rk}f_{h,2,k}d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4}$

Bu göçme şekillerinin dışında, yüklerin liflere paralel bileşeni olduğunda veya doğrudan liflere paralel olarak tasarlandığında çoklu metal mil tipi bağlantı elemanı bulunan ve ahşap elemanın uç kısmındaki çelik-ahşap birleşimlerde gevrek olarak tam veya kısmi blok kopma türü göçme şekillerinin de dayanımlarının kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu kontrol esnasında aşağıdaki durumlar kesinlikle hesaplara dahil edilmeli ve bu tip göçmenin engellendiği hesaplarda gösterilmelidir.

- 1) Bağlantı elemanı çapının 6 mm veya daha küçük olduğu ve aynı sırada 10 veya daha fazla kullanıldığı durumlar
- 2) Bağlantı elemanı çapının 6 mm'den daha büyük olduğu ve aynı sırada 5 veya daha fazla kullanıldığı durumlar

3.1.9. Liflerin Doğrultusuna Göre Açılı Olarak Yüklenen Birleşimler

İki veya daha fazla ahşap elemanın birleşiminde ahşap elemanlara, lif doğrultusunda gelen bir açıyla yük uygulanırsa liflere dik olarak gelen yük birleşeni ahşap elemanın yarılmasına neden olmaktadır. Ayrıca birleşimde oluşan çekme ve basınç kuvvetlerinin tekrar etmesi durumunda ahşap malzeme dayanım değerlerinin azaltılması gerekmektedir. Bu konuda ayrıntılı bilgi için *Ahşap Binaların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları* yönetmeliğine bakılabilir (ABTHYE, 2024).



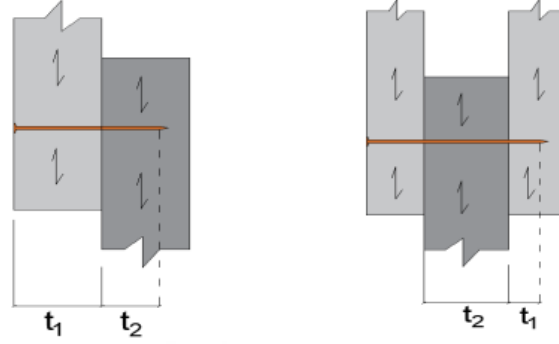
Şekil 3.7. Birleşim elemanında yarıma etkisi ve liflere açıyla yükleme durumları.

3.2. ÇİVİLİ BİRLEŞİMLER

3.2.1. Yatay Olarak Yüklenen Çiviler

Birleşimdeki bağlantı elemanlarının gömülme derinliğinin sağlaması beklenen performans sergilemesi için ve oluşturulan birleşimin güvenliği için oldukça önemlidir. Tek tesirli kesmede t_1 çivi başının gömülme derinliğini, t_2 ise çivinin sivri

kısımının gömülme derinliğini ve çift tesirli kesmede t_1 çivinin sivri kısmı veya çivi başının gömülme derinliğinden küçük olanı, t_2 ise orta kısımdaki elemanın kalınlığı göstermektedir (bkz. Şekil 3.8).

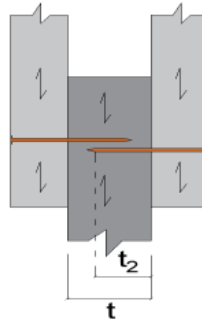


a) Tek tesirli

b) Çift tesirli

Şekil 3.8. Çivili birleşimlerde kesme etkisine göre gömülme derinliği.

Üç elemanlı birleşimlerindeki çivilerde orta kısımdaki elemanda bindirme yapılmaktadır. Bindirmede çivinin uç kısmının en son değdiği yer ile devamında bulunan elemanın kenarı kısmındaki aralığının, çivi çapının 4 katından fazla olması gerekmektedir ($t-t_1 > 4d$).



Şekil 3.9. Üç elemanlı birleşimlerde bindirmeli çivi birleşimi.

Deliklerin önceden açılması gerektiği durumlarda çivilerin çapının 6 mm'den büyük olduğunda ve ahşap malzemenin karakteristik yoğunluğu 500 kg/m³'ten fazla ise çekme dayanımı 600 N/mm²'den az olmayan çivilerin kullanılması gerekmektedir. Bu durum paneller için geçerli değildir. Ayrıca çivili birleşimlerinde en az 2 çivi kullanılmalı ve liflere paralel olan çivilerin, liflere dik doğrultu arasında 1d'den fazla şaşırtma yapılmalıdır. Liflere paralel olarak yerleştirilen n adet çiviler için (ardışık

çiviler arasındaki dik doğrultudaki şaşırtma değerinin 1d veya daha az olması durumunda), liflere paralel yük taşıma kapasitesi etkin bağlantı elemanı sayısının, n_{ef} kullanılarak hesaplanması gerekmektedir (bkz. denklem 3.15). Şaşırtmanın 1d'den daha fazla olması durumunda etkin değer her iki sıra için ayrı ayrı hesaplanacaktır. Bu konuda ayrıntılı tasarım esasları için *Ahşap Binaların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları* yönetmeliğine bakılabilir. n bir sıradaki çivi sayısını göstermek üzere bir sıradaki etkin çivi sayısı n_{ef} 3.2 bağıntısıyla hesaplanmaktadır. Ayrıca söz konusu bağıntıdaki k_{ef} değerleri de Çizelge 3.3'te verilmektedir.

$$n_{ef} = n^{k_{ef}} \quad (3.2)$$

Çizelge 3.3. Deliğin önceden açılıp açılmamasına göre k_{ef} değerleri.

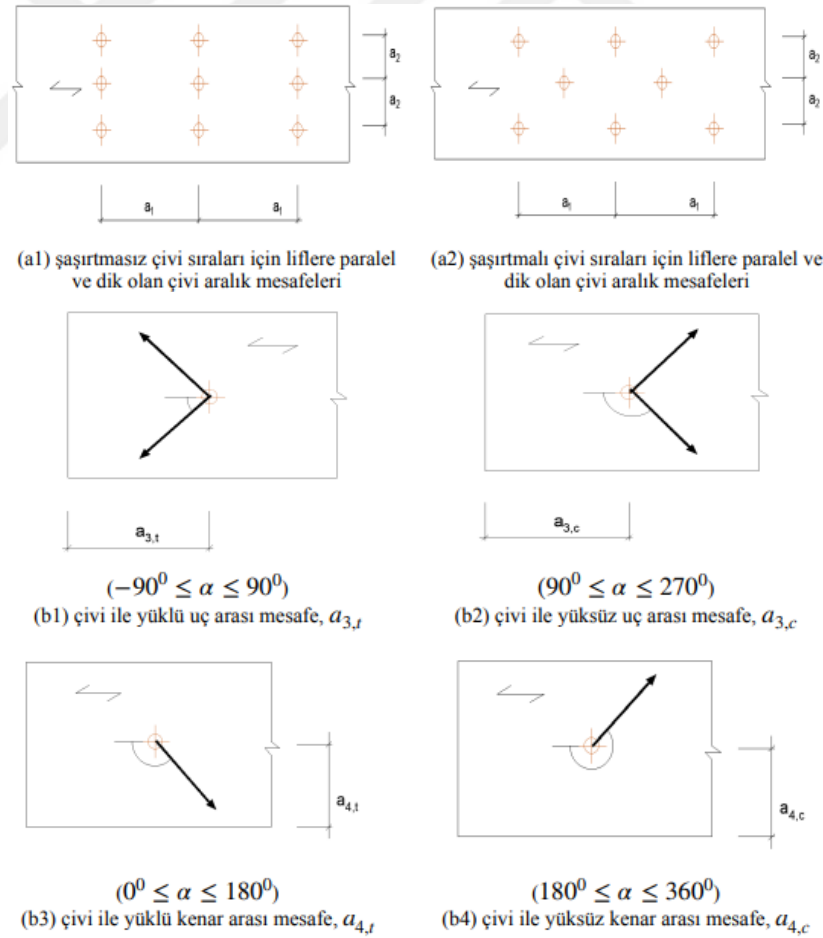
k_{ef}		Mesafe
Delik önceden açılmış	Delik önceden açılmamış	
0,5	-	$a_1 = 4d$
0,7	0,7	$a_1 = 7d$
0,85	0,85	$a_1 = 10d$
1	1	$a_1 \geq 14d$

3.2.1.1. Çivili Ahşap-Ahşap Birleşimleri

Düz gövdeli çivilerde çivinin uç kısmının gömülme derinliğinin 8d veya daha fazla olması gerekmektedir. TS EN 14592 ise düz gövdeli çivilerin dışındaki kalan çivilerin, uç kısmının gömülme derinliği 6d ve daha fazla olmalıdır (bkz. Çizelge 3.4). Bu çizelgede a_1 liflere paralel doğrultudaki ardışık çivi aralığını, a_2 liflere dik doğrultudaki ardışık çivi aralığını, $a_{3,t}$ bir sıradaki son çivi ile ahşap elemanın yüklü kenarı arasındaki mesafeyi, $a_{3,c}$ bir sıradaki son çivi ile ahşap elemanın yüksüz kenarı arasındaki mesafeyi ve $a_{4,t}$ çivi ile ahşap elemanın yüklü kenarı arasındaki mesafeyi, $a_{4,c}$ çivi ile ahşap elemanın yüksüz kenarı arasındaki mesafeyi ve α ise lif doğrultusu ile etki eden kuvvet arasındaki açıyı göstermektedir. Ayrıca birleşim yapılan ahşap elemanın uç kısmına, liflere dik doğrultudaki çivilerin yatay yük aktarmadığı kabul edilmektedir.

Çizelge 3.4. Ahşap elemanın kenara olan mesafesi ve çiviler için aralıklar (mm).

Aralık / Mesafe	Açı (α°)	Ardışık en küçük aralık veya ahşap elemanın yüklü / yüksüz kenara olan mesafesi (kg/m ³)		
		Delik önceden açılmış		Delik önceden açılmamış
		$\rho_k \leq 420$	$420 < \rho_k \leq 500$	
a_1 aralığı	$0 \leq \alpha \leq 360$	$d < 5 \text{ mm} \rightarrow (5+5 \cos \alpha)d$ $d \geq 5 \text{ mm} \rightarrow (5+7 \cos \alpha)d$	$(7+8 \cos \alpha).d$	$(4+ \cos \alpha).d$
a_2 aralığı	$0 \leq \alpha \leq 360$	$5d$	$7d$	$(3+ \sin \alpha).d$
$a_{3,t}$ aralığı	$-90 \leq \alpha \leq 90$	$(10+5\cos \alpha).d$	$(15+5\cos \alpha).d$	$(7+5\cos \alpha).d$
$a_{3,c}$ aralığı	$90 \leq \alpha \leq 270$	$10d$	$15d$	$7d$
$a_{4,t}$ aralığı	$0 \leq \alpha \leq 180$	$d < 5 \text{ mm} \rightarrow (5+2\sin \alpha).d$ $d \geq 5 \text{ mm} \rightarrow (5+5\sin \alpha).d$	$d < 5 \text{ mm} \rightarrow (7+2\sin \alpha).d$ $d \geq 5 \text{ mm} \rightarrow (7+5\sin \alpha).d$	$d < 5 \text{ mm} \rightarrow (3+2\sin \alpha).d$ $d \geq 5 \text{ mm} \rightarrow (3+4\sin \alpha).d$
$a_{4,c}$ aralığı	$180 \leq \alpha \leq 360$	$5d$	$7d$	$3d$



Şekil 3.10. Yüklü ve yüksüz durumlar için çiviler için aralıklar ve ahşap elemanın kenarına olan mesafeler.

3.2.1.2. Çivili Panel-Ahşap Birleşimler

Bu tür birleşim için Çizelge 3.4'teki değerlerin 0,85 katı kullanılacaktır. Farklı bir durum olmadığı sürece çivilerin ahşap elemanın kenarına olan en küçük mesafeleri değişmemektedir. Kontrplak elemanlarda ahşap elemanın kenarına olan en küçük mesafeler yüksüz durum için uç veya kenara $3d$, yüklü durum için ise uç veya kenara $(3+4\sin\alpha)d$ değeri kullanılmaktadır.

3.2.1.3. Çivili Çelik-Ahşap Birleşimleri

En küçük enine ve boyuna mesafeleri için Çizelge 3.4'teki değerlerle aynı alınırken en küçük çivi aralıkları için ise bu değerlerin 0,7 katı alınacaktır.

3.2.2. Eksenel Olarak Yüklenen Çiviler

Ahşap elemanda her zaman bulunan kalıcı eksenel yükleri taşımak için düz gövdeli çiviler kullanılmalıdır. Kalıcı eksenel yükler için TS EN 14592'de özellikleri verilen dişli / yivli çivilerin kullanılması gerekmektedir. Ancak bu çiviler için yalnızca işlem görmüş olan yerin eksenel yük taşıdığı varsayılmaktadır. Ayrıca ahşap elemanların liflere dik olan kısmı diğer bir ifadeyle uç kısmına çakılan çivilerin etkisinin olmadığı kabul edilmektedir.

Ahşap elemanın uç kısmındaki gömülme derinliği en az $12d$ olan düz gövdeli çivilerin karakteristik çekilme ve çekmede gömülme dayanımları;

$$f_{ax,k} = 20 \cdot 10^{-6} p_k^2 \quad (\text{N/mm}^2) \quad (3.3)$$

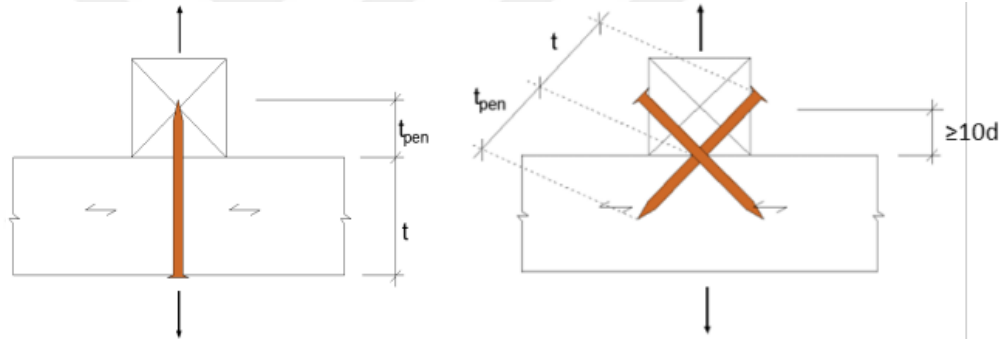
$$f_{head,k} = 70 \cdot 10^{-6} p_k^2 \quad (\text{N/mm}^2) \quad (3.4)$$

Burada p_k karakteristik ahşap yoğunluğu, $f_{ax,k}$ çivi uç kısmının karakteristik çekilme dayanımı ve $f_{head,k}$ çivi başının çekme etkisindeki karakteristik gömülme dayanımını göstermektedir.

Ahşap elemanın uç kısmındaki gömülme derinliği (t_{pen}), düz çiviler için en az 8d olmalıdır. Şayet 12d'den küçük ise burada kullanılan çivilerin çekilme kapasitesinin $F_{ax,Rk}$, ($t_{pen}/4d-2$) değeriyle çarpılması gerekmektedir.

Ahşap elemanın uç kısmındaki gömülme derinliği, dişli veya yivli çiviler en az 6d olmalıdır. Şayet 8d'den küçük ise çivilerin çekilme kapasitesi, $F_{ax,Rk}$, ($t_{pen}/2d-3$) değeriyle çarpılmalıdır.

Yatay olarak yüklenen çiviler ve eksenel olarak yüklenen çiviler için verilen aralıklar ve uç ve/veya kenar mesafeleri aynıdır. Eğik çivi uygulamalarında ise yüklü kenara olan mesafe en az 10d olmalı ve birleşimde karşılıklı olacak şekilde en az 2 eğik çivi bulunmalıdır (bkz. Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Eksenel yük taşıyan çivilerde liflere dik doğrultuda ve eğik olarak çivi uygulamaları.

3.2.3. Birleşik Olarak Eksenel Yük ve Yatay Yük Taşıyan Çiviler

Ahşap elemanlarda eksenel ve yatay kuvvet etkisine birlikte maruz kalan birleşimlerde, eksenel ve yatay yük taşıma kapasitesi ile karşılaştırılmalı ve kullanılacak çivinin cinsine göre, düz gövdeli çiviler denklem 3.5 ve diğer çiviler için ise denklem 3.6 kullanılmalıdır.

$$\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} + \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1 \quad (3.5)$$

$$\left(\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}\right)^2 \leq 1 \quad (3.6)$$

Bu bağıntılarda $F_{ax,Ed}$ eksenel kuvveti, $F_{v,Ed}$ yatay kuvveti, $F_{ax,Rd}$ eksenel yük taşıma kapasitesini ve $F_{v,Rd}$ yatay yük taşıma kapasitesini göstermektedir.

3.3. VİDALI BİRLEŞİMLER

3.3.1. Yatay Olarak Yüklenen Vidalar

Vidaların yük taşıma kapasitesi, akma ve gömme dayanımı için vidanın dişli tarafının etkin çapı kullanılarak belirlenmesi gerekmektedir. Vida aralıklarının ve vidaların ahşap elemanın kenarına olan mesafelerinin hesabı ile etkin vida sayısı hesabında, dişli tarafın dış çapı kullanılacaktır. Yük taşıma amaçlı kullanılacak vidaların, baş kısmından sonraki bir bölümünün düz gövdeli olması gerekmektedir. Yüksek dayanımlı ve matkap uçlu olması durumunda, ahşap için uygun olan tam boy dişli vidalar kullanılabilir. Ayrıca çelik-ahşap birleşimlerinde de bu tip vidalar tercih edilmektedir. Diğer taraftan vidalar asla çakma yoluyla yerleştirilmeyecektir.

Yukarıdaki koşulların sağlanamadığı durumlarda, vidanın yük taşıma kapasitesinin belirlenmesinde etkin çap, vida diş dibi çapının %10 fazlası olarak dikkate alınması gerekmektedir.

3.3.2. Eksenel Olarak Yüklenen Vidalar

Vidaların eksenel yük etkisinde yük taşıma kapasiteleri belirlenirken göçme modları;

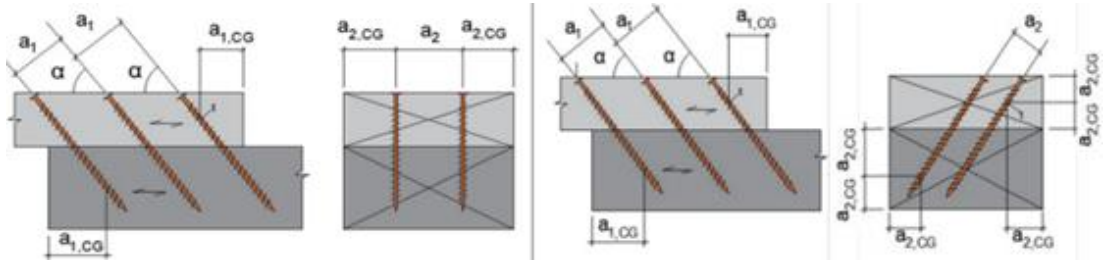
- 1) Çelik plakalarda kullanılan vidaların çekme dayanımının daha büyük olması durumunda vida baş kısmının yırtılma kapasitesi,
- 2) Vidanın dişli kısmının çekilme kapasitesi,
- 3) Vidanın çekme dayanımı,

- 4) Vida başı kısmının çekmede gömülme dayanımı,
- 5) Çelik plakalarda kullanılan vidaların çevresindeki kısmi veya tam blok kopma türü göçmesi,
- 6) Basınç etkisi olması durumunda vidanın burkulma göçmesidir.

Vidaların çevresindeki ahşap malzemesinde meydana gelebilecek göçme şekillerinde oluşan tüm deformasyonların sonucunda oluşan göçme tipinin gevrek olmasının dikkate alınması gerekmektedir. Diğer taraftan vidalarda eksenel yük taşıyan için ahşap elemanın $12d$ veya daha fazla kalınlığa sahip olması gerekmektedir. Birleşimde uygulanacak mesafeler, Çizelge 3.5'te tanımlanan değerlere eşit veya fazla olması gerekmektedir. Ayrıca dişli kısmının uç kısmındaki ahşap elemanın $6d$ 'den daha az gömülme derinliği olmamalıdır.

Çizelge 3.5. Eksenel yük taşıyan vidalar için en küçük aralıklar ve ahşap elemanın kenarına olan mesafeleri

Aralık / Mesafe	Mesafe
a_1 aralığı (liflere paralel düzlemdeki sıra)	$7d$
a_2 aralığı (liflere dik düzlemdeki sıra)	$5d$
$a_{1,CG}$ aralığı (ahşap elemanın ucu ile vidanın dişli tarafının ağırlık merkezi arası)	$10d$
$a_{2,CG}$ aralığı (ahşap elemanın kenarı ile vidanın dişli tarafının ağırlık merkezi arası)	$4d$



Şekil 3.12. Tek ve iki eksenli açılı durumda vida aralıkları ve ahşap elemanın ucuna/kenarına olan mesafeleri.

Ahşap malzeme olarak yumuşak masif ahşap kullanılması durumunda vida çaplarının 6~12 mm arasında olması gerekmektedir. Kullanılan vidaların dişli tarafının iç/dış çapına oranının $0,6 \leq d_{dişdişi}/d_{dişüstü} \leq 0,75$ olmalıdır. Vidalarda dişli bölümün iç çap / dış çap olduğunda $0,6 \leq d_{dişdişi}/d_{dişüstü} \leq 0,75$ koşulunu sağlamayan vidaların k_d değeri yoğunluk oranıyla hesaplanmaktadır. Çap oranının 0,75'ten daha büyük olduğunda k_d değeri 1 alınacaktır. Bu konuda ayrıntılı tasarım esasları için *Ahşap Binaların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları* yönetmeliğine bakılabilir.

Vidalı birleşimlerde eksenel yük etkidiğindeki karakteristik vidaların tamamının baş kısmının gömülme kapasitesi;

$$F_{ax,\alpha,Rk} = n_{ef} f_{head,k} d_h^2 \quad (3.7)$$

bağıntısıyla hesaplanmaktadır. Bu bağıntıda $F_{ax,\alpha,Rk}$ n cinsinden liflere $\alpha \geq 30^\circ$ açıyla yerleştirilmiş vidaların bulunduğu birleşimde çekme tesirindeki toplam karakteristik gömülme derinliğini, d_h mm cinsinden vida başının çapını ve $f_{head,k}$ N/mm² olarak vida baş kısmının çekme etkisindeki gömülme dayanımı göstermektedir.

Vidanın karakteristik toplam çekme kapasitesi;

$$F_{t,Rk} = n_{ef} f_{tens,k} \quad (3.8)$$

bağıntısıyla elde edilmektedir. Burada $f_{tens,k}$ vidanın karakteristik çekme kapasitesini ifade etmektedir. Vidanın baş kısmının kopması ya da gövdesinin çekme kapasitesine ulaşması sonucundaki değerlerin düşük çıkmasına göre belirlenmektedir.

Vidalı birleşimlerde vidaları etkileyen yük etkisinin vidanın gövde kısmına paralel durumunda olmasındaki vida etkin sayısı;

$$n_{ef} = n^{0.9} \quad (3.9)$$

bağıntısıyla belirlenmektedir. Bu bağıntıda n birleşimlerdeki vida sayısını ve n_{ef} etkin vida sayısını göstermektedir.

3.4. BULONLU BİRLEŞİMLER

Bulonlar birleşimde kullanılırken çapın en az 6 mm, en fazla ise 30 mm olmalı ve 4.6, 4.8, 5.6 ve 8.8 sınıfı bulonlar seçilmez. Ayrıca bulonlu birleşimlerde ahşapta açılan deliğin seçilen bulon çapından 1 mm'den daha fazla olmamalıdır. Bulonlu birleşimlerde çelik plaka kullanıldığında, delik çapı seçilen bulon çapından 2 mm daha fazla ya da seçilen bulon çapının 1,1 katından büyük olarak yapılmalıdır. Pullar ise seçilen bulonun çapının 3 katı kalınlığında ya da kenar uzunluğunda ise seçilen bulon çapının 0,3 katı kadar seçilmesi gerekmektedir.

3.4.1. Yatay Olarak Yüklenen Bulonlar

Göçme şekilleri bulonlu simetrik birleşimlerde bulonun baş kısmının olduğu bölümün ahşap eleman kalınlığı (t_1), tek tesirli kesme durumunda uç kısmının ahşap eleman kalınlığı kadar, çift tesirli kesme durumunda ise orta kısımdaki ahşap elemanın kalınlığı (t_2) kadar olmalıdır.

3.4.1.1. Ahşap-Ahşap Birleşimlerde Bulon

Bulonlar için karakteristik akma momenti;

$$M_{y,Rk} = 0.3f_{u,k}d^{2.6} \quad (3.10)$$

bağıntısıyla hesaplanmaktadır. Bu bağıntıda d bulonun çapını (mm), $f_{u,k}$ karakteristik çekme dayanımını (N/mm²) ve $M_{y,Rk}$ karakterisitik akma momentini (Nmm) göstermektedir. Aynı sıradaki bulonlar için mesafeler Çizelge 3.6'da verilmektedir. Bulonlu birleşimlerde uyulması gereken mesafeler bu çizelgede verilen değerlere eşit ya da fazla olması gerekmektedir. Bu konuda ayrıntılı tasarım esasları için *ABTHYE* yönetmeliğine bakılabilir.

Çizelge 3.6. Bulonlar için en küçük aralıklar ya da ahşap elemanın enine / boyuna olan mesafeleri (mm).

Aralık / Mesafe	Açı (α°)	Ardışık en küçük aralık veya ahşap elemanın yüklü / yüksüz kenara olan mesafesi
a_1 aralığı	$0 \leq \alpha \leq 360$	$(4 + \cos \alpha) \cdot d$
a_2 aralığı	$0 \leq \alpha \leq 360$	$4 \cdot d$
$a_{3,t}$ aralığı	$-90 \leq \alpha \leq 90$	maksimum (7d; 80 mm)
	$90 \leq \alpha \leq 150$	$(1 + 6 \sin \alpha) \cdot d$
$a_{3,c}$ aralığı	$150 \leq \alpha \leq 210$	$4d$
	$210 \leq \alpha \leq 270$	$(1 + 6 \sin \alpha) \cdot d$
$a_{4,t}$ aralığı	$0 \leq \alpha \leq 180$	maksimum $[(2 + 2 \sin \alpha) \cdot d; 3d]$
$a_{4,c}$ aralığı	$180 \leq \alpha \leq 360$	$3d$

3.4.1.2. Panel-Ahşap Birleşimlerde Bulonlar

Bulondaki karakteristik gömme dayanımı ($f_{h,k}$, N/mm²);

$$f_{h,k} = 0.11(1 - 0.01d)\rho_k \quad \text{Kontrplaklar için} \quad (3.11)$$

$$f_{h,k} = 50d^{-0.6}t^{0.2} \quad \text{OSB ve yonga levhalar için} \quad (3.12)$$

Bağıntılarıyla belirlenmektedir. Burada t panel kalınlığını (mm) ve ρ_k karakteristik kontrplak yoğunluğunu (kg/m³) göstermektedir.

3.4.1.3. Çelik-Ahşap Birleşimlerde Bulon

Göçme şekillerinden çelik-ahşap bulonlu birleşimlerde bağlantı elemanın karakteristik yük taşıma kapasitesi ise çelik-ahşap kısmındakiler geçerli olmaktadır.

3.4.2. Eksenel Yük Taşıyan Bulonlar

Bulonlarda çekilme ve eksenel yük taşıma kapasitesi en az olan değer seçilmelidir. Çekme kapasitesinde bulonun dış dibi çapı, çelik-ağşap birleşimler ya da pullar için çelik plakanın düzleme dik doğrultudaki dayanımının seçilmesi gerekmektedir. Bulonlarda çelik plaka düzlemine dik doğrultudaki dayanımı pullardan yuvarlak olanlar için pulun düzlemine dik doğrultudaki dayanımdakinden fazla olmamalıdır. Pulun temas yüzeyindeki basınç dayanımı ($3f_{c,90,k}$) yani 3 katı olmalıdır. Ayrıca bulon çapının 4 katı ve plaka kalınlığının 12 katından küçük olan değer pul çapı olarak alınması gerekmektedir.

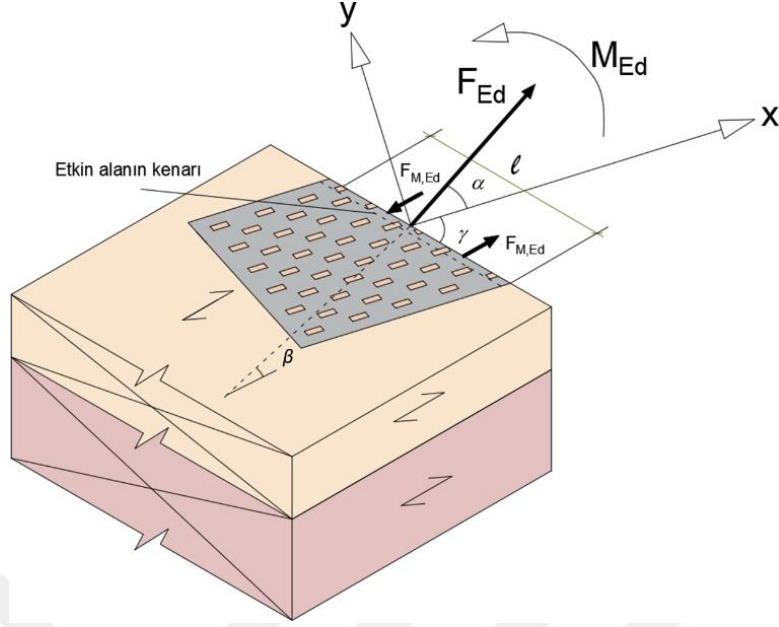
3.5. DELİKLİ METAL PLAKALARLA YAPILAN BİRLEŞİMLER

Delikli metal plakalar; yumuşak, ince, çelik, galvanizli ya da paslanmaz çelikten üretilmektedir. Bunlar daha çok hafif çatı makaslarının imalatında kullanılmaktadır. Delikli metal plakalar türü birleşimlerde, kullanılan elemanların birleşimin iki tarafında da aynı yani simetrik şekilde kullanılması gerekmektedir. Plakalardan delikli metal türünün doğru şekilde çalışması için birleşimde kullanılan ağşap eleman kalınlıklarının eşit olması gerekmektedir. Delikli metal plaka bağlantı elemanları için aşağıda bahsedilen hususlar geçerlidir.

3.5.1. Plakanın Geometrisi

Plaka türlerinden delikli metal için bağlantıda kullanılan elemanlarını geometrileri Şekil 3.13'te verilmektedir. Bu şekilde moment, plaka, açılar, plaka asal eksenleri, kuvvet ve bileşenleri aynı düzlem içerisinde bulunmaktadır.

Burada l birleşim boyunca ölçülen plakanın uzunluğunu, β kuvvet ile lif doğrultusu arasındaki açıyı, A_{ef} ağşap ile delikli plaka arasındaki toplam temas alanını, γ birleşim ile lif doğrultusu arasındaki açıyı ve α kuvvet ile x doğrultusu arasındaki açıyı göstermektedir. Ayrıca x doğrultusu plakanın esas doğrultusunu ve y doğrultusu plakanın esas doğrultusuna dik doğrultuyu ifade etmektedir.



Şekil 3.13. Moment (M_{Ed}) ve kuvvet (F_{Ed}) etkiyen delikli metal türü plakanın geometrisi.

3.5.2. Plakanın Dayanım Özellikleri

Plakanın karakteristik özellikleri, TS EN 14545'e uygun olarak TS EN 1075'te tanımlanan deneylerden elde edilmelidir. Plaka dayanım değerleri, kullanılan çelik sınıfına, kalınlığına, plaka üzerindeki delikli dişlerin geometrisine ve yerleşimine göre değişmektedir. Söz konusu değerler, ilgili standartlara dayanarak yapılan testler sonucunda üretici tarafından sağlanmaktadır.

3.5.3. Plakanın Ankraj Dayanımı

Plakanın ankraj kapasitesi, plakanın üstündeki delikli diş kısmının etkisine bağlı olan dayanım değeridir. $f_{a,\alpha,\beta,k}$ açılı karakteristik ankraj dayanımı, plaka başına denklem 3.13'teki $45^\circ < \beta \leq 90^\circ$ için söz konusu denklemin b kısmı $\beta \leq 45^\circ$ için ise a ve b'den büyük olanının kullanılması gerekmektedir.

$$f_{a,\alpha,\beta,k} = \begin{cases} f_{a,\alpha,0,k} - (f_{a,\alpha,0,k} - f_{a,90,90,k}) \frac{\beta}{45^\circ} & (a) \\ f_{a,0,0,k} - (f_{a,0,0,k} - f_{a,90,90,k}) \sin(\max(\alpha, \beta)) & (b) \end{cases} \quad (3.13)$$

Liflere paralel doğrultudaki karakteristik ankraj dayanımının plaka başına değeri ise;

$$f_{a,\alpha,0,k} = \begin{cases} f_{a,0,0,k} + k_1 \alpha & \alpha \leq \alpha_0 \\ f_{a,0,0,k} + k_1 \alpha_0 + k_2 (\alpha - \alpha_0) & \alpha_0 < \alpha \leq 90^\circ \end{cases} \quad (3.14)$$

denklemleri ile hesaplanmaktadır.

3.5.4. Birleşimlerin Kapasite Tahkiki

3.5.4.1. Plakanın Ankraj Kapasitesinin Hesaplanması

$\tau_{F,d}$ kuvvete bağlı tasarım ankraj gerilmesi, tek delikli metal plakada oluşan F_{Ed} kuvvetine ve $\tau_{M,d}$ momente bağlı oluşan tasarım ankraj gerilmesi ise, plakada oluşan M_{Ed} momenti tesiriyle oluşan gerilmeye bağlı olmaktadır (bkz. denklem 3.15).

$$\tau_{F,d} = \frac{F_{A,Ed}}{A_{ef}} \quad (3.15a)$$

$$\tau_{M,d} = \frac{M_{A,Ed}}{W_p} \quad (3.15b)$$

Bu denklemdeki mukavemet momenti (W_p) denklem (3.16) ile d değeri ise denklem (3.16c) belirlenmelidir.

$$W_p = \int_{A_{ef}} r \, dA \quad (3.16a)$$

$$W_p = \frac{A_{ef} d}{4} \quad (3.16b)$$

$$d = \sqrt{\left(\frac{A_{ef}}{h_{ef}}\right)^2 + h_{ef}^2} \quad (3.16c)$$

Burada r plaka etkin alanının ağırlık merkezinden dilimi, plaka alanı dA 'nın ağırlık merkezine olan mesafesini, dA plaklardan delikli metal bağlantı elemanının dilim

alanını, h_{ef} ankrajın etkin alanın en uzun kenarına dik doğrultudaki en büyük yüksekliği, $F_{A,Ed}$ tek plaka üstüne plakanın etkin alanının kütle merkezine etkiyen tasarım kuvvetini (ahşap elemana etkiyen toplam kuvvetin yarısı olarak alınacak ve çekme olduğunda pozitif kabul edilecektir), A_{ef} etkin plaka alanını ve $M_{A,Ed}$ tek plakanın üstüne plaka etkin alanının kütle merkezine etkiyen tasarım momentini göstermektedir.

Basınç tesirinde olması durumunda F_{Ed} kuvvetinin, ahşap elemanların arasındaki boşlukların değer olarak 1,5~3 mm arasında olması durumunda F_{Ed} temas basınç tesiri değerini küçültmek için önemlidir. Bu durumda birleşimde oluşan basınç yani $\frac{F_{A,Ed}}{2}$ den daha az seçilmemesi gerekmektedir. Ayrıca F_{Ed} ’de azaltma ahşap eleman yüzeyine dik olduğunda olabilmektedir. Bu konuda ayrıntılı tasarım esasları için ABTHYE yönetmeliğine bakılabilir.

3.5.4.2. Plakanın Kapasitesi

Birleşimlerdeki iki yön için etki eden kuvvetler denklem 3.17’de verilmektedir.

$$F_{x,Ed} = F_{Ed} \cos \alpha \pm 2F_{M,Ed} \sin \gamma \quad (3.17a)$$

$$F_{y,Ed} = F_{Ed} \sin \alpha \pm 2F_{M,Ed} \cos \gamma \quad (3.17b)$$

Burada $F_{M,Ed}$ momentten kaynaklanan tek plakanın tasarım kuvveti ($F_{M,Ed} = \frac{2M_{Ed}}{l}$) ve F_{Ed} tek plakanın tasarım kuvveti ahşap elemanın tamamındaki kuvvetin yarısı alınacaktır. Ayrıca 3.18’deki koşulun sağlanması gerekmektedir.

$$\left(\frac{F_{x,Ed}}{F_{x,Rd}} \right)^2 + \left(\frac{F_{y,Ed}}{F_{y,Rd}} \right)^2 \leq 1 \quad (3.18)$$

Burada $F_{x,Rd}$ ve $F_{y,Rd}$ tasarım değerlerinin plakanın dayanımına karşılık olan değerini ve $F_{x,Ed}$ ve $F_{y,Ed}$ tasarım kuvveti ise plakanın x ve y yönünden etkiyen tesiri göstermektedir.

3.6. KAYMA PLAKASI VE KESİLMİŞ HALKA BAĞLANTI ELEMANLARI

Sadece bulonlarla oluşturulan birleşimlerden daha fazla rijitlik ve yük taşıma kapasitesine sahip olması istendiğinde, kayma plaka bağlantısı ve kesilmiş halka bağlantısı elemanları tercih edilmektedir. Birleşimlerin bulon, somun ve pul ile yapılması gerekmektedir. Halka tipi bağlantı elemanları ahşap-ahşap birleşimlerinde kullanılabilir.

TS EN 14545 ve TS EN 912’de A, kesilmiş halka bağlantı elemanını ve B, kayma plakası bağlantı elemanlarını ifade etmektedir. Birleşimlerde çapı 200 mm’den küçük olanlar için $F_{v,0,Rk}$ liflere paralel doğrultudaki karakteristik yük taşıma kapasitesi denklem (3.19)’da verilmektedir. Bu denklemin ilk kısmı dayanım kontrolü blok kopma göçmeleri için ve ikinci kısmı ise gömülme dayanım kontrolü için kullanılmaktadır. Bu dayanımlardan küçük olan ile birleşim kapasitesi hesaplanmaktadır.

$$F_{v,0,Rk} = \min[k_1 k_2 k_3 k_4 (35 d_c^{1.5}); k_1 k_3 h_e (31.5 d_c)] \quad (3.19)$$

Burada h_e gömülme derinliğini (mm), d_c bağlantı elemanı çapını (mm), $F_{v,0,Rk}$ liflere paralel doğrultudaki karakteristik yük taşıma kapasitesini ve k_i düzeltme katsayısını ($i=1$ ’den 4’e kadardır) göstermektedir.

Ahşap elemanların dış kısmında kalan elemanın kalınlığı $2,25h_e$ ’den az olmamalı ve t_1 şeklinde ifade edilmektedir. Ahşap elemanların orta kısmında bulunan eleman kalınlığı ise $3,75h_e$ ’den az olmamalı ve t_2 şeklinde gösterilmektedir. h_e tek plaka ya da halkanın birleştirildiği ahşabın gömülme derinliğidir.



Şekil 3.14. Kayma plakası, kesilmiş halka bağlantı elemanları ve kesit görünümü.

Kayma düzlemi başına k_a değerleri bir bağlantı elemanın bulunan birleşimlerde 1,25 ve daha çok bağlantı elemanı bulunması durumunda ise 1 alınmaktadır. Çizelge 3.7’de $a_{3,t}$ değerleri verilmektedir. Bu çizelgede d_c bağlantı elemanındaki çapı (mm) göstermektedir. Bu konuda ayrıntılı tasarım esasları için *ABTHYE* yönetmeliğine bakılabilir.

Çizelge 3.7. Kayma levhası ve kesilmiş halka bağlantı elemanlarının ahşap elemanın ucuna / kenarına olan mesafeleri ya da en küçük aralıkları (mm).

Aralık / Mesafe	Açı (α°)	En küçük aralık veya ahşap elemanın yüklü / yüksüz ucuna/kenarına olan mesafesi
a_1 aralığı	$0 \leq \alpha \leq 360$	$(1,2+0,8 \cos\alpha).d_c$
a_2 aralığı	$0 \leq \alpha \leq 360$	$1,2.d_c$
$a_{3,t}$ aralığı	$-90 \leq \alpha \leq 90$	$2.d_c$
$a_{3,c}$ aralığı	$90 \leq \alpha \leq 150$	$(0,4+1,6 \sin\alpha).d_c$
	$150 \leq \alpha \leq 210$	$1,2.d_c$
	$210 \leq \alpha \leq 270$	$(0,4+1,6 \sin\alpha).d_c$
$a_{4,t}$ aralığı	$0 \leq \alpha \leq 180$	$(0,6+0,2 \sin\alpha).d_c$
$a_{4,c}$ aralığı	$180 \leq \alpha \leq 360$	$0,6.d_c$

Bağlantı elemanları Şekil 3.15’teki gibi şaşırtmalı olarak yerleştirilmişse k_{a1} ve k_{a2} değerleri denklem (3.20) koşulunu sağlaması gerekmektedir. Buna göre k_{a1} ve k_{a2} değerleri en çok 1 ve en az ise 0 olmalıdır.

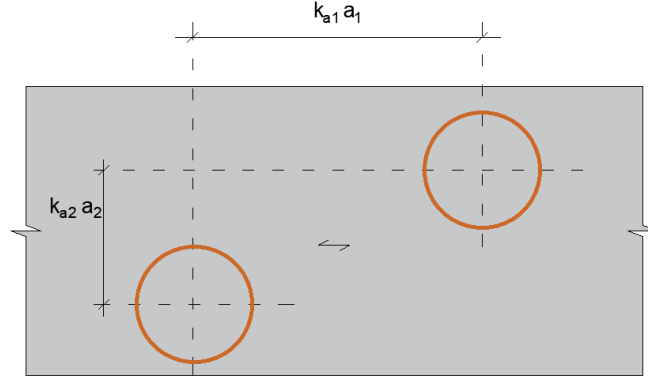
$$(k_{a1})^2 + (k_{a2})^2 \geq 1 \quad (3.20)$$

Burada azaltma faktörü, liflere paralel doğrultudaki en küçük a_1 aralığı için k_{a1} ve liflere dik doğrultudaki en küçük a_2 aralığı için de k_{a2} ’dir.

Liflere paralel doğrultudaki bağlantı elemanlarının bir sıradaki toplam yük taşıma kapasitesi;

$$n_{ef} = 2 + \left(1 - \frac{n}{20}\right)(n - 2) \quad (3.21)$$

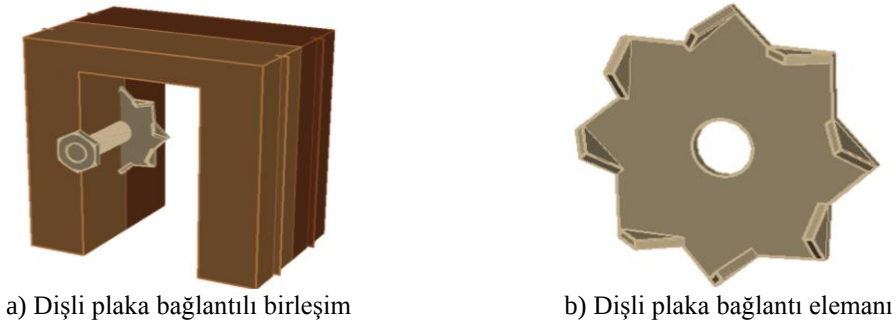
denklem ile belirlenmektedir. Burada n liflere paralel doğrultudaki bir sıradaki bağlantı eleman sayısını ve n_{ef} bağlantıdaki etkin eleman sayısını göstermektedir.



Şekil 3.15. Kayma levhası ve kesilmiş halka bağlantı elemanlarının aralıkları

3.7. DIŞLI PLAK BAĞLANTI ELEMANLARI

Bağlantı elemanlarından dişli plakaların tek veya çift yüzünde dişler olabilmektedir. Bu plakalar kare, dairesel ve oval olabilirler. Sadece bulonlu birleşimlerin kullanılması durumunda daha fazla rijitlik ve yük taşıma kapasitesi istendiğinde dişli plaka birleşimleri tercih edilmektedir. Ancak dişli plaka bağlantı dayanımı, kayma plakası ve kesilmiş halka bağlantı elemanlarından oluşturulan birleşimlerdeki dayanımdan daha azdır. Diğer taraftan dişli birleşimde, sert ağaç cinsleri ve 500 kg/m³'ten fazla birim ağırlığa sahip ahşap malzeme tercih edilmemesi gerekmektedir.



Şekil 3.16. Dişli plaka bağlantısı birleşimi ve bağlantı elemanı

Plaka bağlantısında dişli türleri C tipi olanlardan tek taraflı dişleri olan C2, C4, C7, C9, C11 ve çift taraflı dişleri olan C1, C3, C5, C6, C8, C10 bağlantı elemanlarının karakteristik yük taşıma kapasitesi ahşabın karakteristik yoğunluğuna, ahşap elemandaki yüklü kısmın aralığına ve birleşimdeki elemanın kalınlıklarına bağlı olmaktadır. Bu konuda ayrıntılı tasarım esasları için *ABTHYE* yönetmeliğine bakılabilir.

Çizelge 3.8. Tip C1’den C9’a kadar plaka bağlantısı için dişli birleşim elemanlarının ahşap elemanın ucuna / kenarına olan en küçük mesafeleri ve aralıkları.

Aralık / Mesafe	Açı (α°)	En küçük aralık veya ahşap elemanın yüklü / yüksüz ucuna/kenarına olan mesafesi (mm)
a_1 aralığı	$0 \leq \alpha \leq 360$	$(1,2+0,3 \cos\alpha).d_c$
a_2 aralığı	$0 \leq \alpha \leq 360$	$1,2.d_c$
$a_{3,t}$ aralığı	$-90 \leq \alpha \leq 90$	$1,5.d_c$
$a_{3,c}$ aralığı	$90 \leq \alpha \leq 150$	$(0,9+0,6 \sin\alpha).d_c$
	$150 \leq \alpha \leq 210$	$1,2.d_c$
	$210 \leq \alpha \leq 270$	$(0,9+0,6 \sin\alpha).d_c$
$a_{4,t}$ aralığı	$0 \leq \alpha \leq 180$	$(0,6+0,2 \sin\alpha).d_c$
$a_{4,c}$ aralığı	$180 \leq \alpha \leq 360$	$0,6.d_c$

Çizelge 3.9. C10 ve C11 plaka bağlantısı türü için dişli birleşim elemanlarının ahşap elemanın ucuna / kenarına olan en küçük mesafeleri ve aralıkları (mm).

Aralık / Mesafe	Açı (α°)	En küçük aralık veya ahşap elemanın yüklü / yüksüz ucuna/kenarına olan mesafesi
a_1 aralığı	$0 \leq \alpha \leq 360$	$(1,2+0,8 \cos\alpha).d_c$
a_2 aralığı	$0 \leq \alpha \leq 360$	$1,2.d_c$
$a_{3,t}$ aralığı	$-90 \leq \alpha \leq 90$	$2.d_c$
$a_{3,c}$ aralığı	$90 \leq \alpha \leq 150$	$(0,4+1,6 \sin\alpha).d_c$
	$150 \leq \alpha \leq 210$	$1,2.d_c$
	$210 \leq \alpha \leq 270$	$(0,4+1,6 \sin\alpha).d_c$
$a_{4,t}$ aralığı	$0 \leq \alpha \leq 180$	$(0,6+0,2 \sin\alpha).d_c$
$a_{4,c}$ aralığı	$180 \leq \alpha \leq 360$	$0,6.d_c$

3.8. ZIMBALI BİRLEŞİMLER

Zimba kullanımında önceden delmeye gerek bulunmamaktadır. Zimbalar;

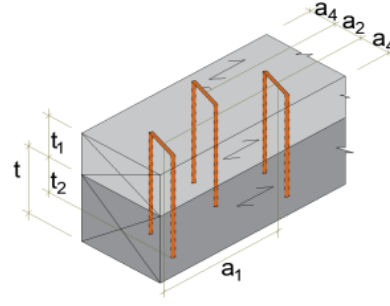
- 1) Eğimli veya simetrik kollu yuvarlak,
- 2) Yaklaşık olarak yuvarlak,
- 3) Dikdörtgen tel zimbalar.

Dikdörtgen en kesitli zimbalarda zimba çapı denklem (3.22) hesaplanmaktadır. Birleşimlerdeki zimba sayısı 2'den az, zımbanın baş genişliği (b) $6d$ 'den fazla ve uç kısmının gömülme derinliği (t_2) $14d$ 'den daha fazla olmamalıdır. Zimbalara ilişkin aralıklar ve boyutları Şekil 3.17'de verilmektedir. Bu şekilde zımbanın başı ile kullanılan ahşap malzemenin lif doğrultusu arasında 30° 'den fazla açı olması durumunda, yatay yük taşıma kapasiteleri iki adet zımbanın kayma düzlemindeki zimba başının eşdeğeri olmakta ve göçme şekillerinin kapasite hesabında sıra tesiri etkisi hesaba dahil edilmez. Açının 30° 'nin altında olması durumunda hesaplanan yatay yük taşıma kapasitesinin %70'i alınmaktadır. Çekme dayanımı 800 N/mm^2 eşit veya daha fazla olan tellerden yapılmış zimba kolunun akma momenti denklem (3.22) hesaplanmaktadır.

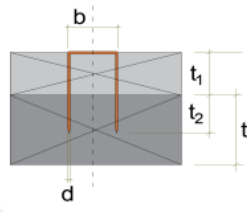
$$d = \sqrt{hw} \quad (3.22)$$

$$M_{y,Rk} = 150d^3 \quad (3.23)$$

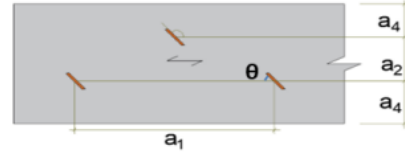
Burada d zimba ayak çapını (mm) ve $M_{y,Rk}$ karakteristik akma momentini (Nmm) göstermektedir. Liflere paralel doğrultudaki sırada n adet zımbanın o doğrultudaki yük taşıma kapasitesinin etkin zimba sayısı $n_{ef} = n$ alınmaktadır.



Birleşim genel görünüşü



Birleşim kesit görünüşü



Birleşim üstten görünüşü

Şekil 3.17. Zımbalara ilişkin aralıklar ve boyutlar.

Çizelge 3.10. Zımba birleşim elemanlarının ahşap elemanın enine/ boyuna olan en küçük mesafeleri ve aralıkları (mm).

Aralık / Mesafe	Açı (α°)	Ardışık en küçük aralık veya ahşap elemanın yüklü / yüksüz ucuna/kenarına olan mesafesi
a_1 aralığı $\theta \geq 30^\circ$ için	$0 \leq \alpha \leq 360$	$(10+5 \cos\alpha).d$
$\theta < 30^\circ$ için		$(15+5 \cos\alpha).d$
a_2 aralığı	$0 \leq \alpha \leq 360$	$15.d$
$a_{3,t}$ aralığı	$-90 \leq \alpha \leq 90$	$(15+5 \cos\alpha).d$
$a_{3,c}$ aralığı	$90 \leq \alpha \leq 270$	$15.d$
$a_{4,t}$ aralığı	$0 \leq \alpha \leq 180$	$(15+5 \sin\alpha).d$
$a_{4,c}$ aralığı	$180 \leq \alpha \leq 360$	$10.d_c$

BÖLÜM 4

YAPISAL ÇÖZÜMLEMELER, BULGULAR VE İRDELEMELER

4.1. SAFRAN KONAĞININ CYPE-3D İLE MODELLENMESİ

4.1.1. Safran Konağı Hakkında Özet Bilgiler

Bu tez çalışmasının sayısal uygulamaları için seçilen örnek yapı Karabük'ün Safranbolu ilçesinde bulunan Safran Konak'tır. Safran Konağın önceki ismi Bağlar Köşküdür ve 150 yıla aşkındır ayakta durmaktadır (bkz. Şekil 4.1). Safran Konağın 2012 yılında restorasyonu yapılmış ve bugün otel tarzında hizmete vermektedir. Safran Konak restorasyonu sonrası 2015 yılında *En iyi Restore Edilen Konak Ödülünü* almıştır.



Şekil 4.1. Safran Konaktan bir görünüm.

4.1.2. Safran Konağının CYPE 3D ile Modellenmesi

Bu tez çalışmasında 3 katlı ahşap taşıyıcı sisteme sahip Safran Konak örnek olarak seçilmiş ve yapısal taşıyıcı sistemi CYPE 3D programıyla modellenmiştir. Modellemede seçilen Konağın taşıyıcı sistemi aynı olacak şekilde 3 farklı düğüm noktası seçeneği kullanılarak birbirleriyle karşılaştırmaları yapılmıştır. Buna göre düğüm noktalarından dikme (kolon)-kiriş, diyagonal-dikme (kolon) ve döşemelerimiz rijit seçilerek 1. model, düğüm noktalarından kiriş-dikme (kolon), diyagonal-dikme (kolon) ve döşemelerimizin yarı rijit seçilmesi ile model 2 ve düğüm noktalarının mafsallı seçilmesiyle de model 3 oluşturulmuştur. Örnek olarak seçilen Safran Konağın farklı cephelerinden görünümü Şekil 4.2’de verilmektedir.



Ön cephesi



Arka cephesi



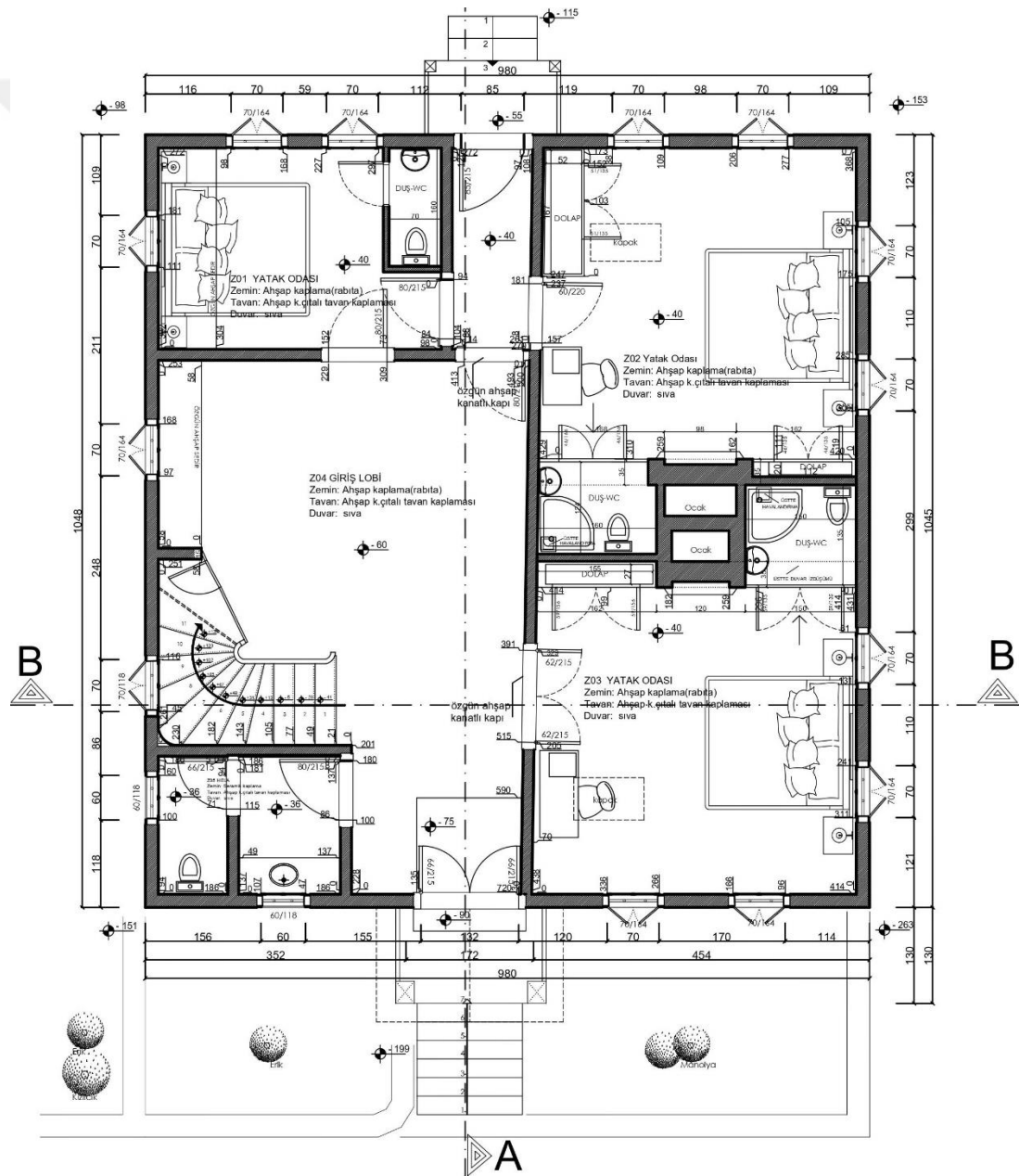
Sağ cephesi



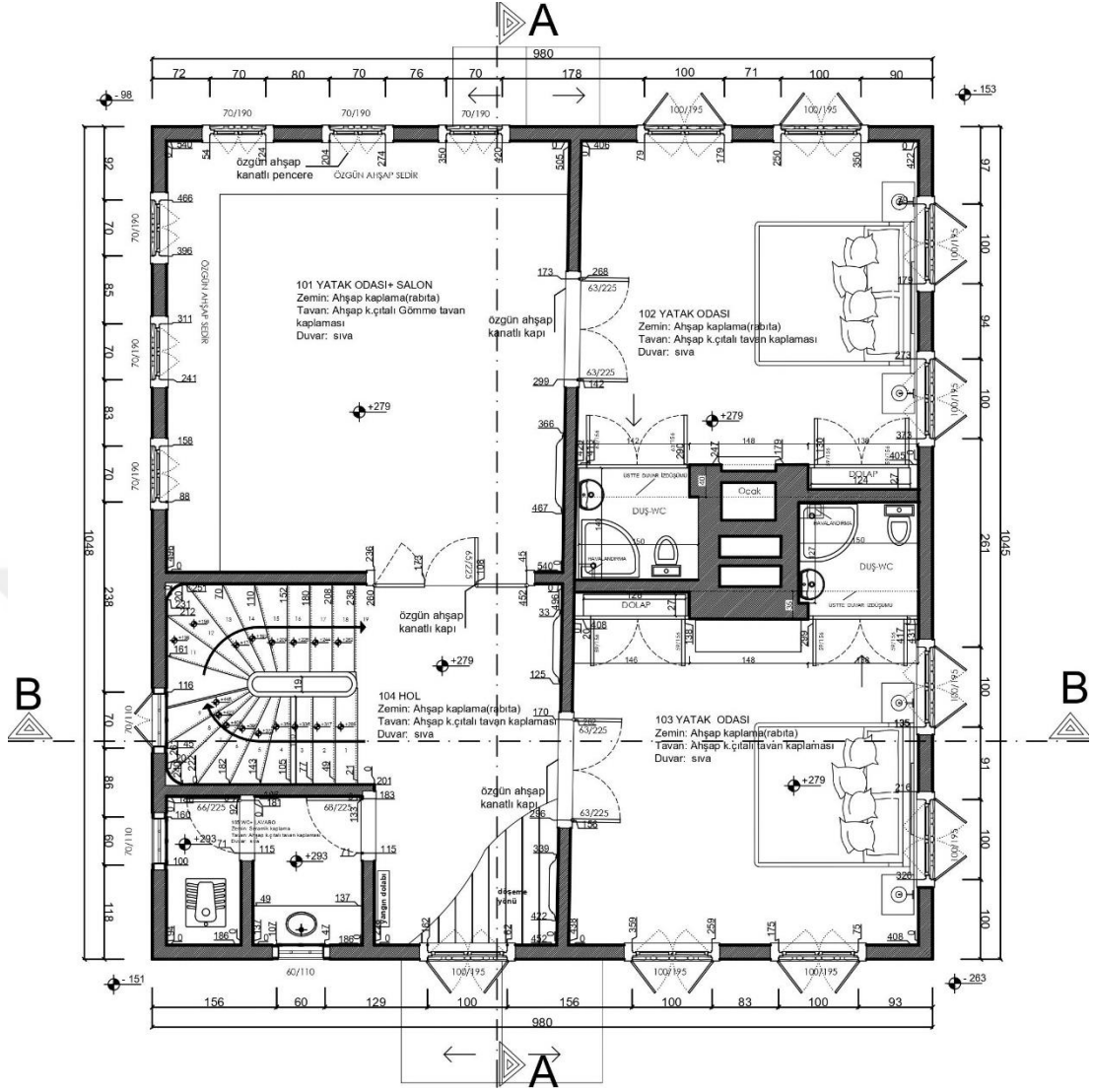
Sol cephesi

Şekil 4. 2. Safran Konağın cephelerinin görünümü

Safran Konak toplamda 3 katlı olup, toplam yapı yüksekliği 10,30 m’dir. Söz konusu konağın modellenmesinde ahşap malzeme C24 masif ahşap olarak seçilmiştir. Yapı tasarımlarında rijit kabul edilmesi genellikle analizlerde kolaylıklar sağlamakta ancak düğüm noktalarında oluşan gerçek davranışları göz ardı edilmiş olmaktadır. Bu nedenle Safran Konak rijit, yarı rijit ve mafsallı olarak modellenerek düğüm noktasında oluşan değişimlerin söz konusu konağın davranışına etkisi incelenmiştir. Örnek olarak seçilen Safran Konağın mimari kat planları sırasıyla Şekil 4.3~4.5’te verilmektedir.

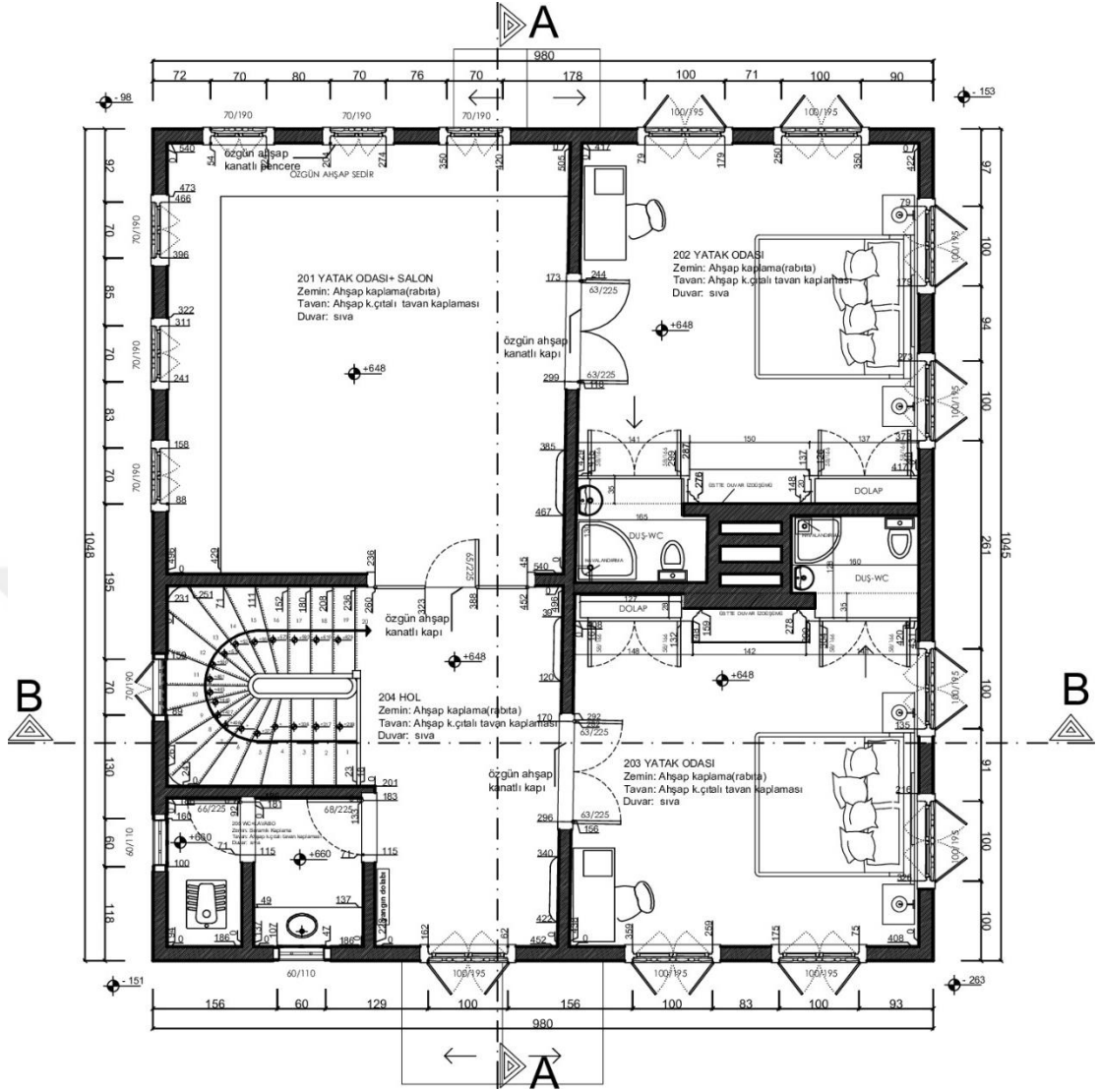


Şekil 4.3. Safran Konağın zemin kat mimari planından görünüm (Saatci vd., 2022).



Şekil 4.4. Safran Konağın 1. kat mimari planından görünüm (Saatci vd., 2022).

Sayısal uygulamalar için seçmiş olduğumuz konak sosyal konut olarak kullanılmasından dolayı Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine (TBDY, 2019) göre Bina Kullanım Sınıfı (BKS) 3, Deprem Düzeyi DD3, kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (S_s) 0,237, yerel zemin sınıfımız ZC, bina önem katsayısı (I) 1'dir. Ayrıca Safran Konağın bulunduğu konumun enlemi 41,264 ve boylamı ise 32,669'dur. Diğer taraftan konağın cephelerine etki eden rüzgâr yükü $0,96 \text{ kN/m}^2$ ve kar yükü $0,75 \text{ kN/m}^2$ olarak kabul edilmiştir. Safran Konağın yapısal çözümlenmesinde dikkate alınan diğer tasarım parametreleri Çizelge 4.1'de verilmektedir.



Şekil 4.5. Safran Konağı 2. kat mimari planından görünüm (Saatci vd., 2022).

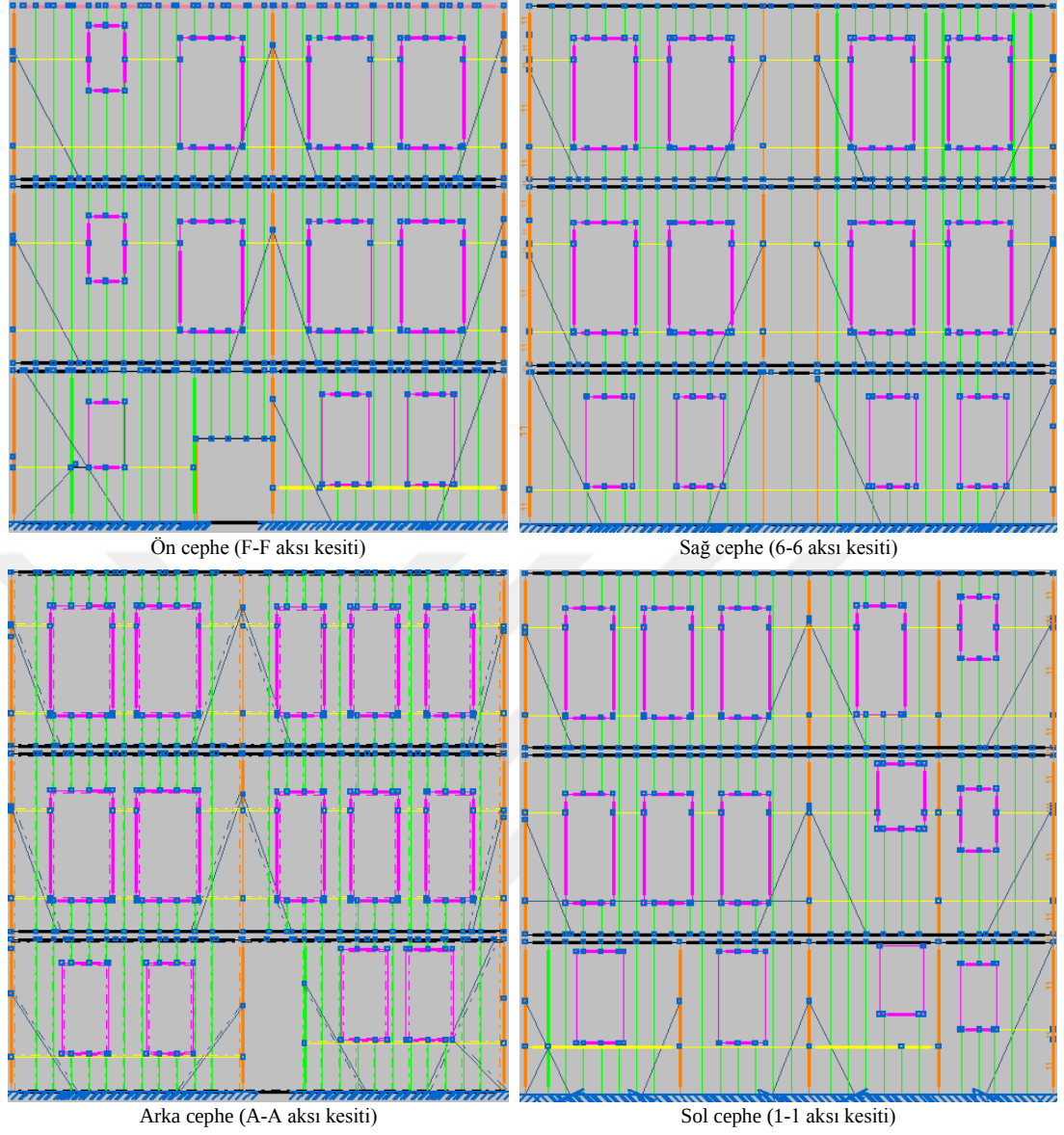
Safran Konağın çatkı duvar düzeni aynen kullanılarak sadece düğüm noktaları rijit, yarı rijit ve mafsallı olarak modellenerek 3 adet model oluşturulmuştur. Model 1’de Safran Konağın düğüm noktaları rijit, model 2’de düğüm noktaları yarı rijit ve model 3’te düğüm noktaları mafsallı olarak kabul edilerek CYPE 3D programıyla yapısal çözümlemeleri yapılmıştır. Safran Konağın mevcut durumunun CYPE 3D program ile oluşturulan modelinin 3 boyutlu görünümü Şekil 5.6’da ve 4 cephesindeki kesit görüntüleri ise Şekil 4.7’de verilmektedir.

Çizelge 4.1. Safran Konağın diğer tasarım parametreleri.

Yapının konumu (enlem)	32,669
Yapının konumu (boylam)	41,264
Yerel zemin sınıfı	ZC
Deprem düzeyi (DD)	DD3
Model analiz min yük oranı (β)	0,95
Süneklik katsayıları (R_x ve R_y)	4
Hareketli yük katılım kat sayısı (n)	0,30
Dayanım fazlalığı kat sayıları (D_x ve D_y)	2
Deprem yük ek dışmerkezliği (e)	0,05
Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı (S_s)	0,237
Harita spektral ivme katsayısı 1 s'lik periyot için (S_1)	0,08
Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (S_{ds})	0,308
Tasarım spektral ivme katsayısı 1 s'lik periyot için (S_{ds1})	0,12
Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu T_A (s)	0,07792
Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu T_B (s)	0,38961
Yatay elastik tasarım spektrumundan sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu T_L (s)	6
Zemin taşıma gücü (kN/m^2)	210
Zemin yatak kapasitesi (kN/m^3)	10000

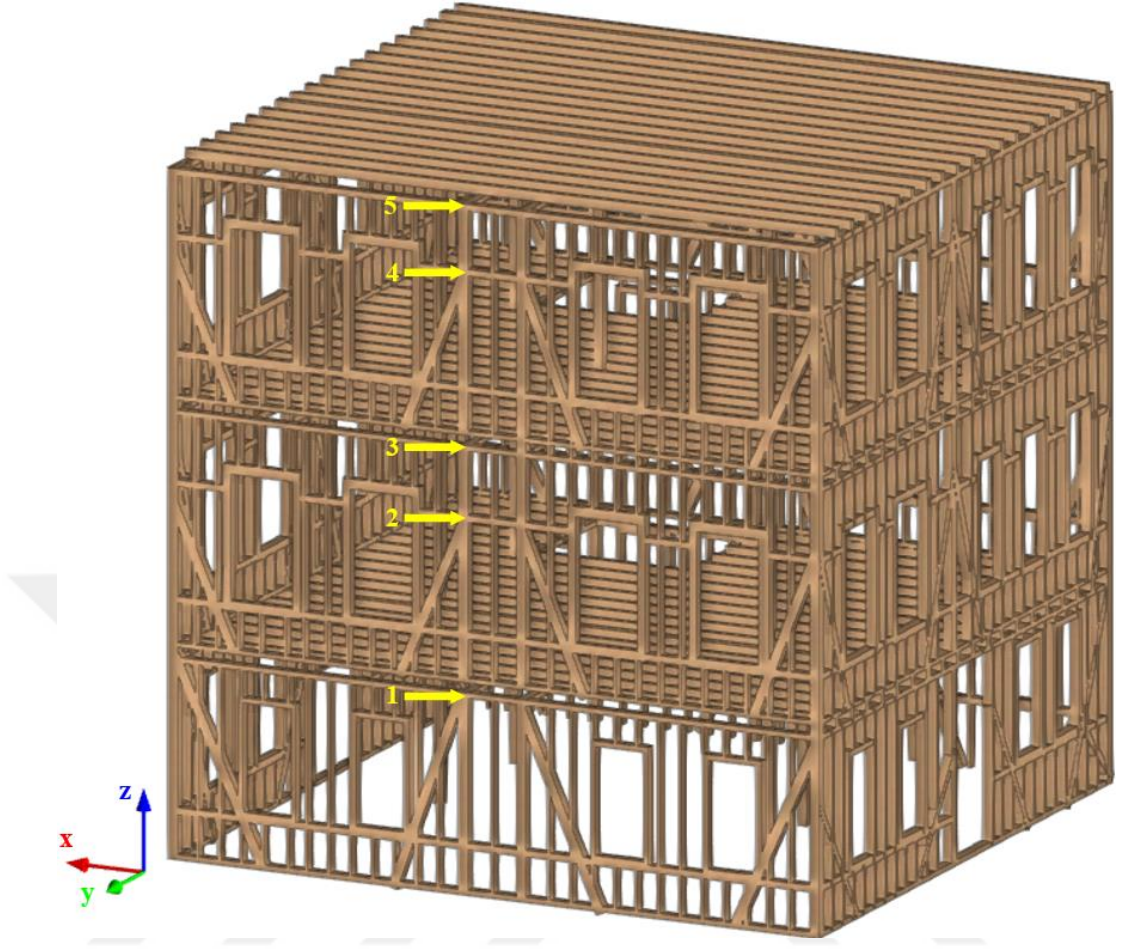


Şekil 4.6. Safran Konağın CYPE 3D ile oluşturulan 3 boyutlu modeli.



Şekil 4.7. CYPE 3D programıyla modellenen Safran Konağın cephe kesitlerinden görünümeler.

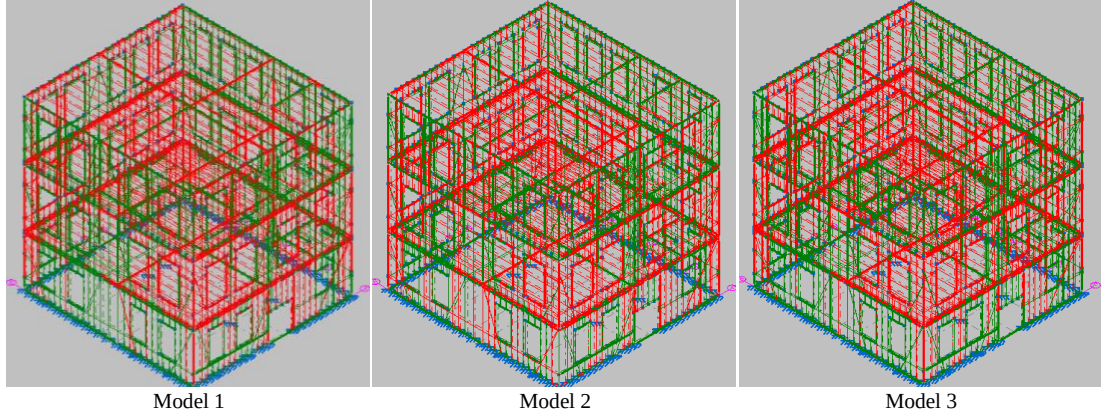
Bu tez çalışmasında örnek olarak seçilen Safran Konağın aynı çatkı sistemi ile günümüze revize edilmek istendiğinde, mevcut yönetmeliğimize göre tasarlandığında düğüm noktalarının farklı seçilmesiyle davranışında oluşan farklılıklara bakılmak istenmiştir. Bu amaçla kesitlerin yeterliliğinin sağlandığı bölgelerden düğüm noktaları seçilerek davranışa olan etkiler dikkate alınmaya çalışılmış ve birbirleriyle karşılaştırmaları yapılmıştır. Safran Konağın CYPE 3D programıyla oluşturulan modelinden seçilen düğüm noktaları Şekil 4.8’de verilmektedir.



Şekil 4.8. Safran Konağın CYPE 3D programıyla oluşturulan modelinde seçilen düğüm noktaları.

4.2. YAPISAL ÇÖZÜMLELER VE BULGULARIN İRDELENMESİ

Safran Konağın CYPE 3D programıyla oluşturulan modellerinin yapısal çözümlemeleri sonucu yetersiz olan yapısal elemanların görünüşleri Şekil 4.9'da verilmektedir. Bu şekilden yetersizliklerin genellikle pencere kenarları ve çerçevenin iç kısmında bulunan dikmelerde ve döşemelerde meydana geldiği görülmektedir. Ayrıca farklı düğüm noktalarına birleşimlerine göre oluşturulan modellerde yapısal elemanlarda oluşan yetersizliklerin daha çok döşemelerde oluşmaktadır. Diğer taraftan Safran Konağın düğüm noktalarının farklı seçilmesinden dolayı oluşan yetersizlikler farklı yapısal elemanlarda meydana gelmektedir. Elde edilen bu bulgu düğüm noktasının seçiminin söz konusu yapıda oluşan kesit yeterliliklerini etkilediğini göstermektedir.

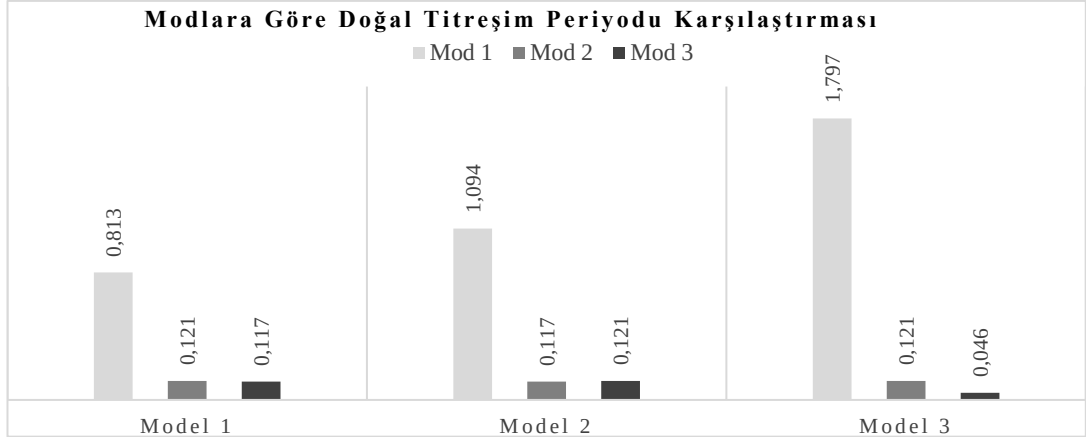


Şekil 4.9. Safran Konağın yapısal çözümlemesi sonucu oluşan kesit yetersizlikleri.

Safran Konağın 3 farklı düğüm noktasına birleşimine göre oluşturulan modellerinin CYPE 3D programıyla mod birleştirme yöntemine göre gerçekleştirilen yapısal çözümlemeleri sonucu 1. doğal titreşim periyodu değerleri Çizelge 4.2’de ve söz konusu modellerin doğal titreşim periyodu karşılaştırmaları ise Şekil 4.10’da verilmektedir. Bu çizelge ve şekilden elde edilen periyot değerlerinin 1. mod değerinde önemli ölçüde farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Ayrıca model 3’te 1. modda söz konusu modelin moment taşımadığı için daha çok yerdeğiştirme yaparak periyodu daha uzun olmaktadır.

Çizelge 4.2. Farklı düğüm noktası türlerine göre oluşturulan konak modelinin ilk üç modundaki doğal titreşim periyotları değerleri.

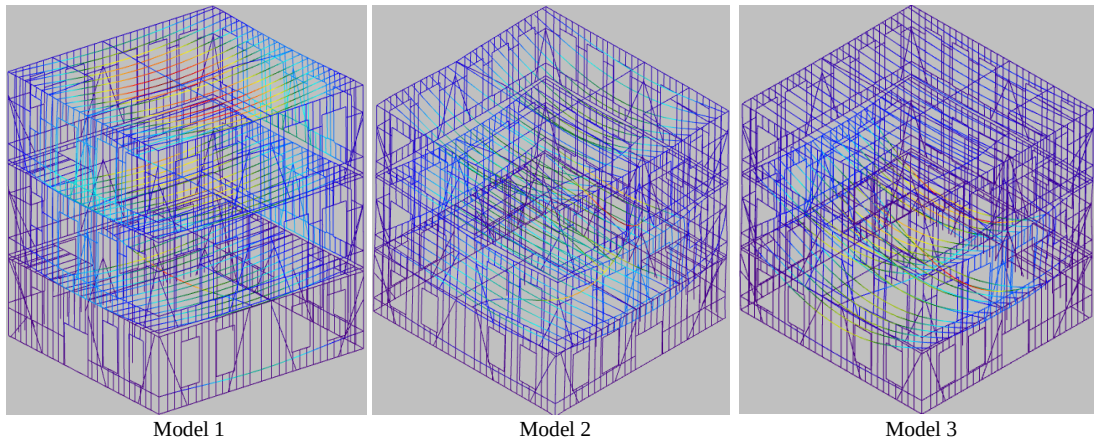
Modeller	Modlar	Doğal Titreşim Periyodu (s)
Model 1	1. mod	0.813
	2. mod	0.121
	3. mod	0.117
Model 2	1. mod	1.094
	2. mod	0.117
	3. mod	0.121
Model 3	1. mod	1.797
	2. mod	0.121
	3. mod	0.046



Şekil 4.10. Safran Konağın 3 farklı düğüm noktası birleşimine göre yapısal çözümlerinden ilk üç mod için doğal titreşim periyotları.

Safran Konağın ilk üç mod için farklı düğüm noktalarına göre oluşturulan modeline etki eden katılım katsayıları Çizelge 4.3'te verilmektedir. Bu çizelgeden her bir mod için kütle katılım yüzdesi x doğrultusunda model 2'nin 1. modda, y doğrultusunda en fazla kütle katılımının ise model 1'in 1. modunda olduğu görülmektedir. Modellerin ivme katsayılarının en fazla model 1 ve model 2'de olduğu buna karşın ilk üç modda meydana gelen maksimum yerdeğiştirmenin model 3'te olduğu görülmektedir.

Safran Konağına farklı düğüm noktalarına göre yapısal çözümlerinden elde edilen yerdeğiştirme değerler Şekil 4.11'de verilmektedir. Bu şekilden model 1'deki döşemelerde oluşan yerdeğiştirmelerin daha fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca döşemelerinde oluşan sehimler en fazla model 3'te olduğu görülmüştür.



Şekil 4.11. Modellerin yapısal çözümü sonucu döşemelerdeki yerdeğiştirmeler.

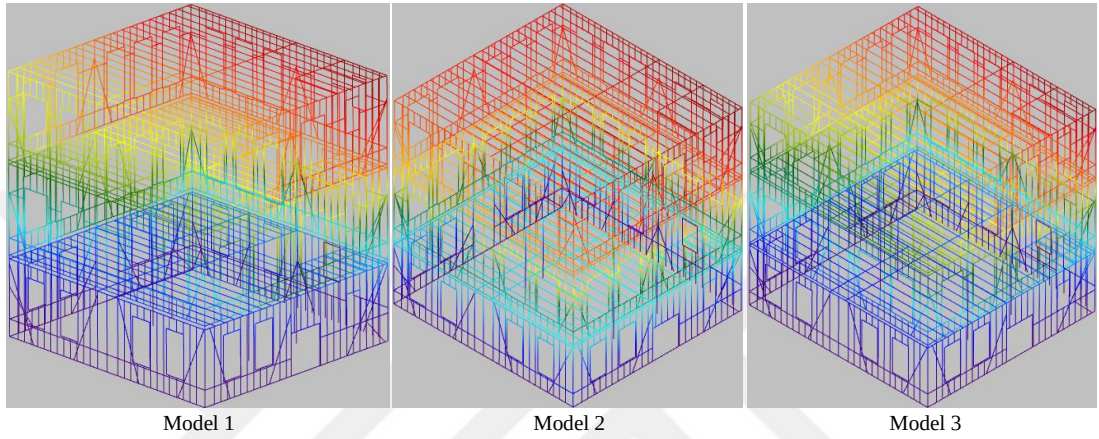
Çizelge 4.3. Farklı düğüm noktası birleşimlerine göre konak modellerinin ilk üç modunun katılım katsayıları.

Modeller	Modlar	Normalize Edilmiş Katılım Katsayıları		Kütle Katılım Yüzdeleri		Yük Durumu	
		L_x	L_y	M_x (%)	M_y (%)	X	Y
Model 1	Mod 1	0.0612	0.9981	0.28	75.66	R=4 $a=0.365 \text{ m/s}^2$ D=6.11314 mm	R=4 $a=0.365 \text{ m/s}^2$ D=6.11314 mm
	Mod 2	0.3504	0.9366	0	0.01	R=4 $a=1.157 \text{ m/s}^2$ D=0.4257 mm	R=4 $a=1.157 \text{ m/s}^2$ D=0.4257 mm
	Mod 3	0.7373	0.6756	0.01	0.01	R=4 $a=1.166 \text{ m/s}^2$ D=0.40327 mm	R=4 $a=1.166 \text{ m/s}^2$ D=0.40327 mm
Model 2	Mod 1	0.473	0.881	18.67	65.56	R=4 $a=0.272 \text{ m/s}^2$ D=8.2492 mm	R=4 $a=0.272 \text{ m/s}^2$ D=8.2492 mm
	Mod 2	0.7403	0.6723	0.01	0.01	R=4 $a=1.166 \text{ m/s}^2$ D=0.40327 mm	R=4 $a=1.166 \text{ m/s}^2$ D=0.40327 mm
	Mod 3	0.3512	0.9363	0	0.01	R=4 $a=1.157 \text{ m/s}^2$ D=0.4257 mm	R=4 $a=1.157 \text{ m/s}^2$ D=0.4257 mm
Model 3	Mod 1	0.9545	0.2983	0.18	0.02	R=4 $a=0.163 \text{ m/s}^2$ D=13.3403 mm	R=4 $a=0.163 \text{ m/s}^2$ D=13.3403 mm
	Mod 2	0.3512	0.9363	0.00	0.01	R=4 $a=1.157 \text{ m/s}^2$ D=0.4257 mm	R=4 $a=1.157 \text{ m/s}^2$ D=0.4257 mm
	Mod 3	0.0688	0.9976	0	0.01	R=4 $a=1.014 \text{ m/s}^2$ D=0.05425 mm	R=4 $a=1.014 \text{ m/s}^2$ D=0.05425 mm

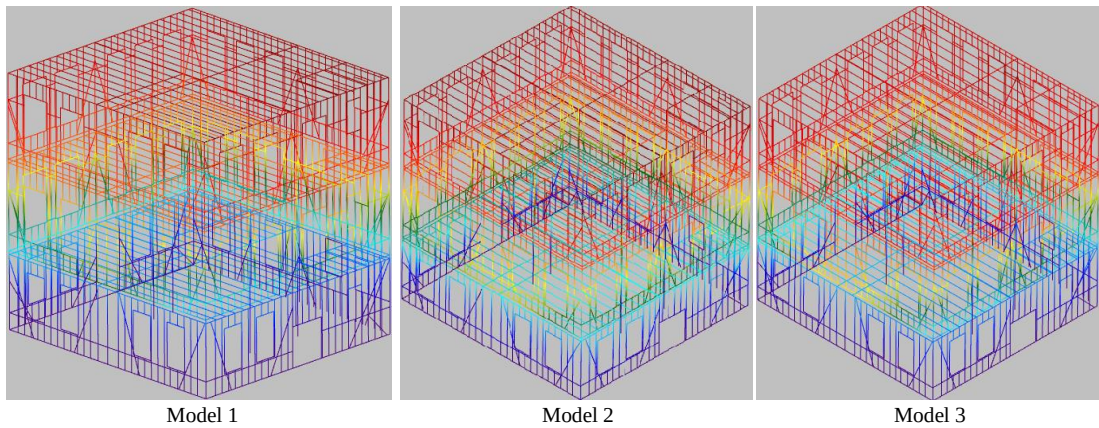
Safran Konağına farklı düğüm noktalarına göre yapısal çözümlemelerinden (deprem etkileri için) x ve y doğrultularında yapısal elemanlarda oluşan yerdeğiştirme değerleri Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te ve Çizelge 4.4'te verilmektedir. Bu çizelge ve şekillerinden modellerin en fazla yerdeğiştirme değerlerinin aynı düğüm noktasında (5. düğüm noktasında) olduğu görülmektedir. Ayrıca dikkate alınan modellerden x

ve y doğrultusunda en fazla yerdeğiştirme değerinin model 2’de, en az yerdeğiştirme değerinin ise model 3’te olduğu görülmüştür.

Burada ahşap yapıların tasarımında düğüm noktalarının mafsallı seçilmesi söz konusu yapının daha güvenli tarafta kalmasına ve yerdeğiştirmelerin daha az olmasına neden olduğu belirtmek yararlı olacaktır.



şekil 4.12. Modellerin x doğrultusunda deprem etkisinde yapısal czmlemesi sonucu yapısal elemanlarındaki yerdeğiştirmeler.



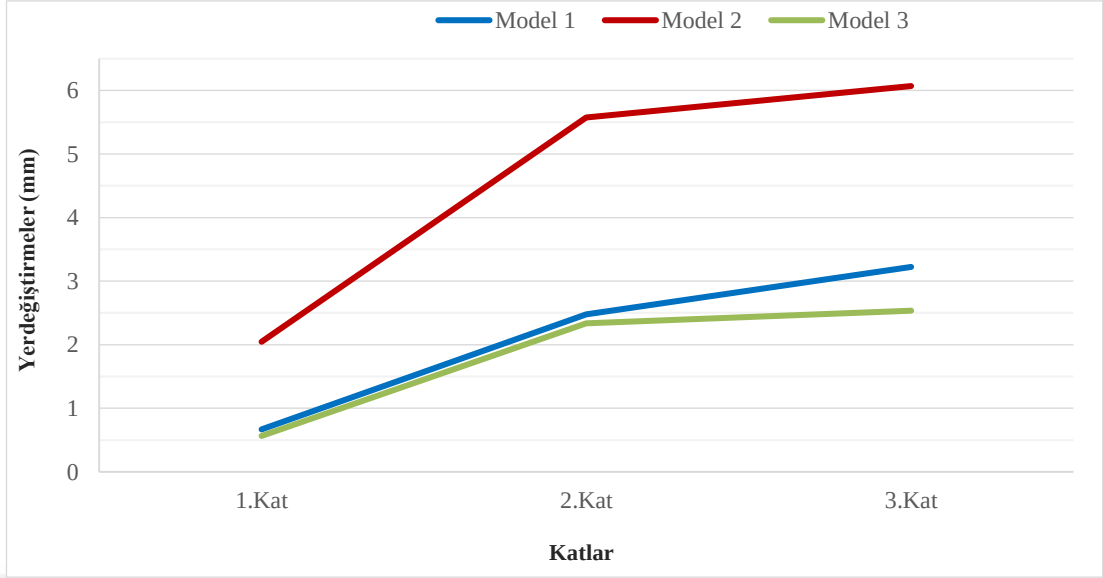
şekil 4.13. Modellerin y doğrultusunda deprem etkisinde yapısal czmlemesi sonucu yapısal elemanlarındaki yerdeğiştirmeler.

Çizelge 4.4. Safran konağın farklı düğüm noktası birleşimlerine göre oluşturulan modellerinde seçilen düğüm noktalarının x ve y doğrultularındaki yerdeğiştirme değerleri.

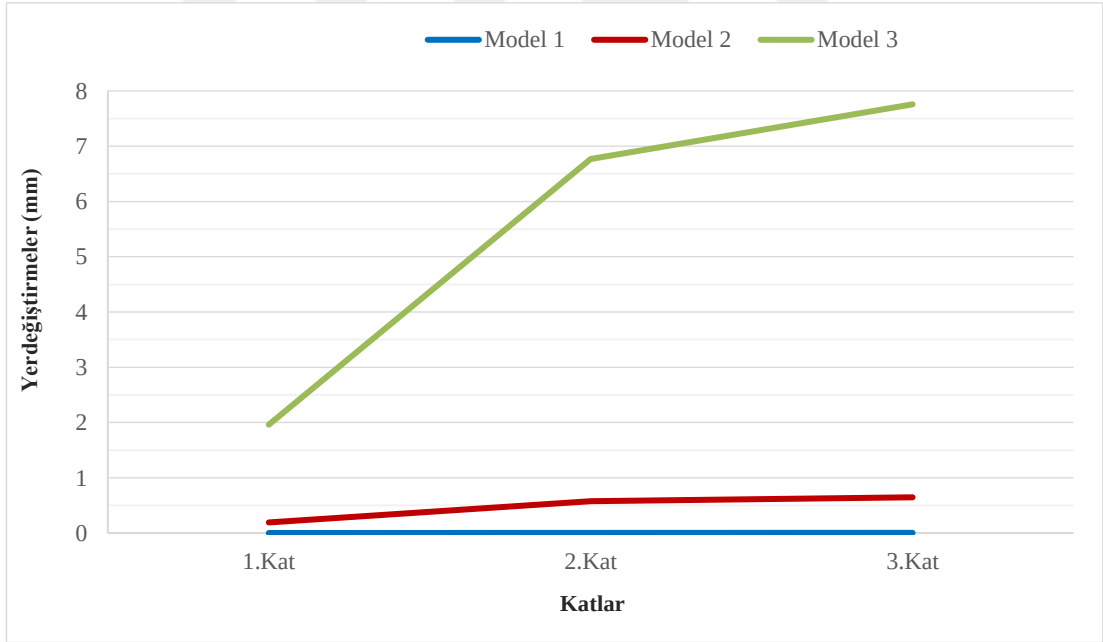
Düğüm Noktası	Modeller	Deprem etkisindeki yerdeğiştirme değerleri (mm)					
		x doğrultusundaki			y doğrultusundaki		
		x	y	z	x	y	z
1.	Model 1	-0.906	0.039	-0.158	-0.037	0.002	-0.006
	Model 2	2.219	1.478	0.276	0.932	-2.837	0.232
	Model 3	0.709	0.097	0.133	-0.027	-1.908	0.043
2.	Model 1	-3.157	-0.194	-0.405	-0.128	-0.008	-0.016
	Model 2	5.034	3.308	0.732	2.844	-6.752	0.941
	Model 3	2.805	0.870	0.423	0.536	-6.463	0.188
3.	Model 1	-4.272	-0.405	-0.420	-0.174	-0.016	-0.017
	Model 2	6.322	3.885	0.686	3.726	-7.197	0.906
	Model 3	4.007	1.156	0.476	0.873	-6.940	0.192
4.	Model 1	-4.951	-0.449	0.143	-0.201	-0.018	0.006
	Model 2	6.365	4.545	-0.516	3.573	-8.602	0.090
	Model 3	4.010	1.559	1.288	0.758	-7.235	1.116
5.	Model 1	-5.374	-0.587	0.141	-0.218	-0.024	0.006
	Model 2	7.761	4.430	-0.520	4.688	-8.411	0.094
	Model 3	5.123	1.264	-0.041	1.204	-7.522	0.088

Safran Konağına farklı düğüm noktalarına göre yapısal çözümlemelerinden (deprem etkileri için) x ve y doğrultularında katlarda oluşan yerdeğiştirme değerleri Şekil 4.14 ve Şekil 4.15'te verilmektedir. Bu şekillerinden beklenildiği gibi katlarda oluşan en büyük yerdeğiştirme değerlerinin 3. katta meydana geldiği görülmüştür. Ayrıca x doğrultusundaki deprem etkisinden dolayı düğüm noktalarında oluşan en büyük yerdeğiştirme değerlerinin Model 2'de buna karşın y doğrultusundaki deprem etkisi nedeniyle en büyük yerdeğiştirme değerlerinin ise model 3'te olduğu görülmektedir.

Burada yerdeğiştirme değerlerinin kütle katılım oranlarının büyük olduğu x doğrultusunda 5. modda ve y doğrultusunda model 1 ve model 2 için 1. modda ve model 3 için ise 4. modda alındığını belirtmekte uygun olacaktır.



Şekil 4.14. Safran konak modellerinin x doğrultusunda deprem etkisinde yapısal çözümlemesi sonucu katlardaki yerdeğiştirme değerleri.



Şekil 4.15. Safran konak modellerinin y doğrultusunda deprem etkisinde yapısal çözümlemesi sonucu katlardaki yerdeğiştirme değerleri.

Safran Konağına farklı düğüm noktalarına göre yapısal çözümlemelerinden (deprem etkisi için) x ve y doğrultularında yapısal elemanlarda oluşan dönme değerleri Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’de ve Çizelge 4.5’te verilmektedir. Bu çizelge ve şekillerden

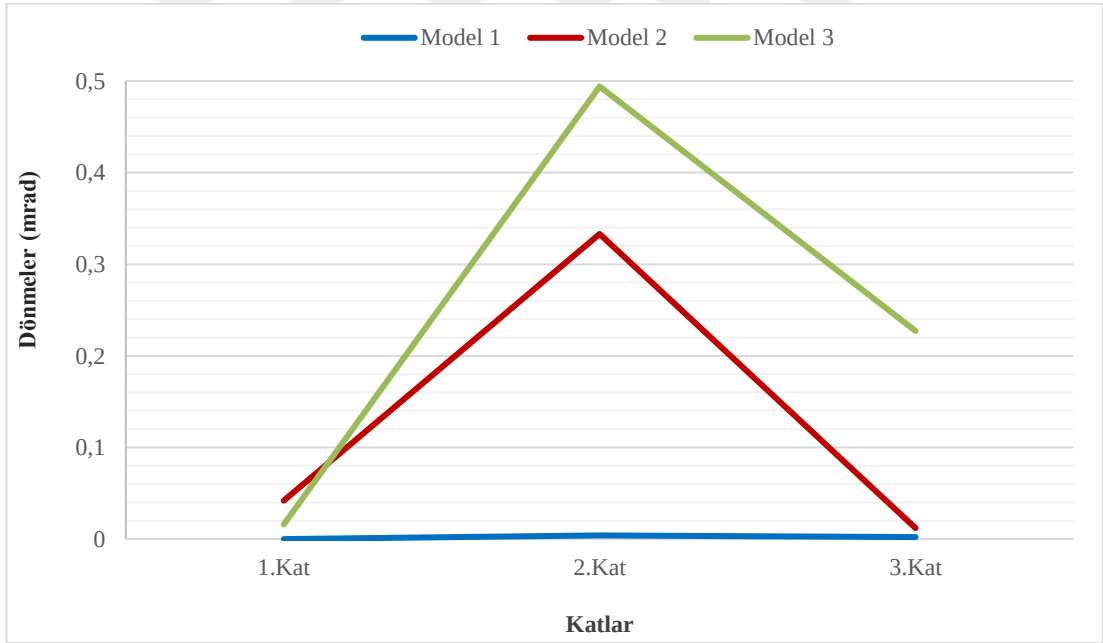
deprem etkisiyle en fazla dönmenin model 3'teki 4. düğüm noktasında meydana geldiği görülmektedir. Ayrıca beklenildiği gibi hem x hem de y doğrultusunda katlardaki en az dönme değerlerinin model 1'de oluştuğu görülmüştür.

Çizelge 4.5. Safran konağın farklı düğüm noktası birleşimlerine göre oluşturulan modellerinde seçilen düğüm noktalarının x ve y doğrultularındaki dönme değerleri.

Düğüm Noktası	Modeller	Deprem etkisindeki dönme değerleri (mrad)					
		x doğrultusundaki			y doğrultusundaki		
		x	y	z	x	y	z
1.	Model 1	-0.020	0.151	0.113	0.000	0.002	0.002
	Model 2	0.796	-0.166	0.182	0.202	-0.042	0.046
	Model 3	-0.800	-0.198	-0.144	0.649	-0.016	0.095
2.	Model 1	-0.184	0.542	0.326	-0.003	-0.009	-0.005
	Model 2	-0.123	0.974	0.205	-0.031	0.247	0.052
	Model 3	0.021	-0.646	-0.096	1.293	0.140	-0.098
3.	Model 1	-0.107	0.270	0.406	-0.002	0.004	0.006
	Model 2	0.455	1.311	0.374	-0.115	0.333	0.095
	Model 3	0.330	-0.832	-0.429	1.196	0.494	0.070
4.	Model 1	-0.053	0.249	-0.412	-0.001	0.004	0.007
	Model 2	0.130	0.889	0.388	0.033	0.226	0.098
	Model 3	0.049	-0.489	-3.153	0.377	0.106	3.058
5.	Model 1	-0.065	0.105	0.490	-0.001	0.002	0.008
	Model 2	0.045	0.975	0.400	0.012	0.247	0.102
	Model 3	0.067	-0.786	-0.508	0.394	0.227	0.071



Şekil 4.16. Safran konak modellerinin x doğrultusunda deprem etkisinde yapısal çözümlemesi sonucu katlardaki dönme değerleri.



Şekil 4.17. Safran konak modellerinin y doğrultusunda deprem etkisinde yapısal çözümlemesi sonucu katlardaki dönme değerleri.

Bu tez çalışmasında farklı düğüm noktası birleşimlerine göre oluşturulan modellerin x ve y doğrultularındaki deprem etkisindeki yapısal çözümlemelerden seçilen düğüm

noktalarına gelen burulma momenti, normal kuvveti, eğilme momenti ve kesme kuvveti değerleri sırasıyla Çizelge 4.6~Çizelge 4.8’de verilmektedir.

Çizelge 4.6. Model 1’de seçilen düğüm noktalarına gelen kesit tesirleri.

İç Kuvvetler	Depremin Doğrultusu	Model 1				
		1.	2.	3.	4.	5.
N (kN)	x	11.072	3.736	2.236	1.294	1.040
	y	-0.883	0.579	0.333	0.010	0.010
V _y (kN)	x	0.000	0.010	-0.902	-0.010	-0.471
	y	-0.078	-0.010	-0.147	-0.039	0.000
V _z (kN)	x	-0.098	-0.167	0.010	-0.010	-0.078
	y	0.01	-0.029	-0.020	0.000	-0.186
M _t (kNm)	x	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	y	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
M _y (kNm)	x	0.18	0.08	0.01	-0.07	0.01
	y	-0.01	0.01	-0.03	0.00	0.01
M _z (kNm)	x	-0.01	-0.02	0.62	0.04	0.33
	y	-0.01	-0.04	0.08	-0.08	0.00
F _{xy} (mm)	x	0.001	0.003	-0.010	-0.004	-0.010
	y	0.022	-0.007	-0.003	-0.009	0.000
F _{xz} (mm)	x	-0.003	0.015	0.001	0.013	0.001
	y	0.000	0.002	0.011	0.000	0.003
F (mm)	x	0.003	0.015	0.010	0.013	0.010
	y	0.022	0.007	0.011	0.009	0.003
D/C (%)		85.57	42.08	63.12	28	80.88

Çizelge 4.7. Model 2’de seçilen düğüm noktalarına gelen kesit tesirleri.

İç Kuvvetler	Depremin Doğrultusu	Model 2				
		1.	2.	3.	4.	5.
N (kN)	x	-10.983	-2.599	-1.500	0.010	0.029
	y	-5.913	-1.402	-1.108	0.010	0.010
V _y (kN)	x	0.314	0.000	-0.029	0.000	0.010
	y	0.167	0.000	-0.020	0.000	0.000
V _z (kN)	x	-0.284	0.000	0.000	0.000	0.000
	y	-0.157	0.000	0.029	0.000	0.000
M _t (kNm)	x	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
	y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M _y (kNm)	x	0.84	0.18	0.11	0.00	0.00
	y	0.43	-0.09	0.08	0.00	0.00
M _z (kNm)	x	-0.84	-0.19	0.11	0.00	-0.01
	y	-0.42	-0.10	0.08	0.00	0.00
F _{xy} (mm)	x	0.063	0.059	-0.015	0.000	0.000
	y	0.065	0.023	-0.011	0.000	0.000
F _{xz} (mm)	x	-0.068	-0.060	-0.005	0.000	0.000
	y	-0.070	-0.023	-0.007	0.000	0.000
F (mm)	x	0.093	0.084	0.016	0.000	0.000
	y	0.096	0.032	0.013	0.000	0.000
D/C (%)		47.70	52.82	32.32	1.65	8.05

Çizelge 4.8. Model 3’te seçilen düğüm noktalarına gelen kesit tesirleri.

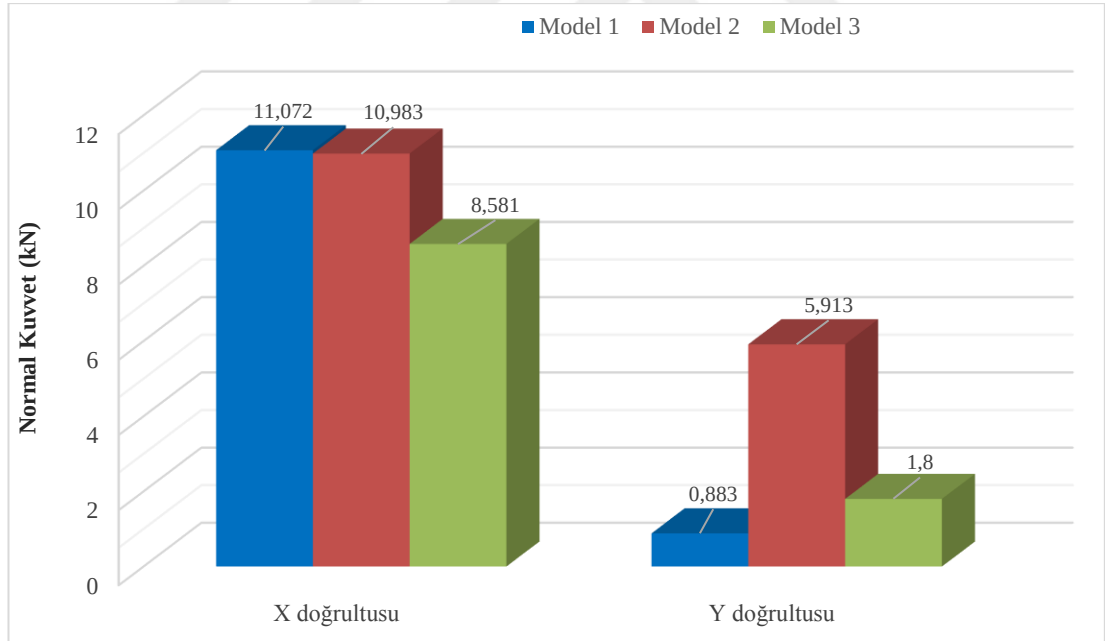
İç Kuvvetler	Depremin Doğrultusu	Model 3				
		1.	2.	3.	4.	5.
N (kN)	x	-8.581	-3.599	-2.393	-1.393	-1.098
	y	0.137	-1.020	-0.696	-0.588	-0.451
V _y (kN)	x	0.000	0.000	0.324	0.000	0.353
	y	0.000	0.000	0.088	0.000	0.147
V _z (kN)	x	0.000	0.000	-0.004	0.000	-0.049
	y	0.000	0.000	0.020	0.000	-0.020
M _t (kNm)	x	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M _y (kNm)	x	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
M _z (kNm)	x	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02
	y	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
F _{xy} (mm)	x	0.000	0.000	-0.031	0.000	-0.008
	y	0.000	0.000	-0.006	0.000	-0.002
F _{xz} (mm)	x	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.001
	y	0.000	0.000	-0.002	0.000	0.000
F (mm)	x	0.000	0.000	0.031	0.000	0.008
	y	0.000	0.000	0.006	0.000	0.002
D/C (%)		61.74	20.13	10.44	1.02	4.59

Bu çizelgelerden burulma momentinin sadece model 1’de 2., 3. ve 5. düğüm noktalarına etki ettiği, kesme kuvvetlerinin model 1’de 3. düğüm noktasında, model 2’de 1. düğüm noktasında ve model 3’te 5. düğüm noktasında en fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca düğüm noktası rijit kabul edilen modelin daha çok kesme kuvvetinin maruz kaldığı görülmüştür. Diğer bir ifadeyle düğüm noktasındaki oluşan kuvvetlerin model 1’de fazla olduğu görülmektedir. Eğilme momenti değerleri incelendiğinde etkiyen moment değerlerinin çok küçük olduğu dolayısıyla yapının moment aktarmasının çok az olduğu veya moment aktarmadığını görmektedir. Elde edilen bu bulgular seçilen ahşap yapı örneğimizin yarı rijit davranış sergilediğini ve

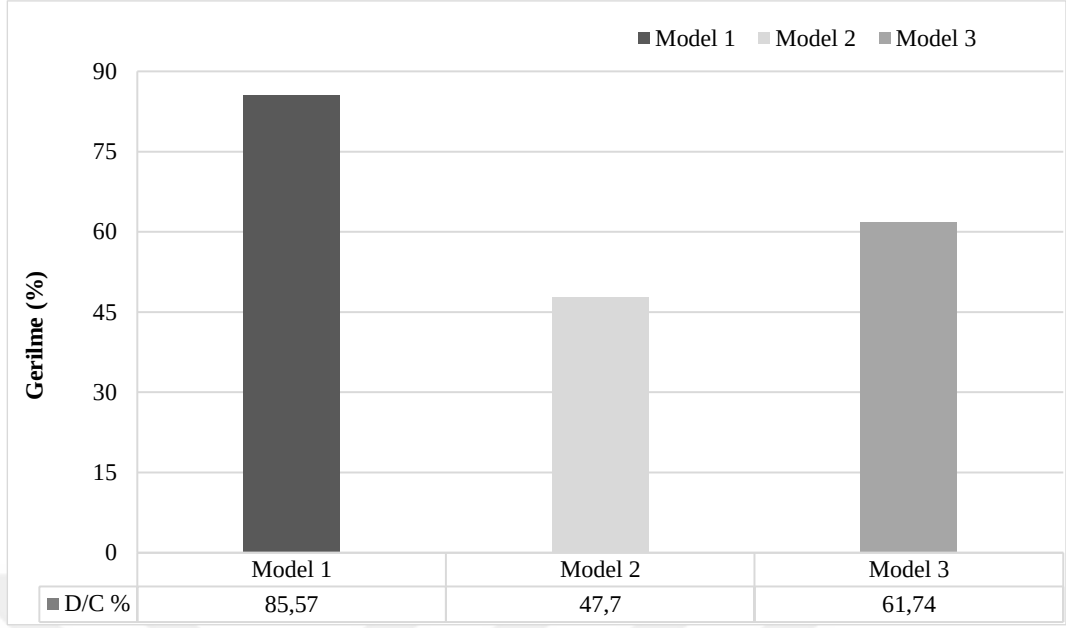
yarı rijit tasarlanmasının daha doğru sonuçlar vereceği göstermektedir. Diğer taraftan bina modellerinin düğüm noktasında meydana gelen gerilme değerleri incelendiğinde en büyük gerilme değerlerinin model 1’de oluştuğu görülmüştür (bkz. Şekil 4.19).

Safran Konağına farklı düğüm noktalarına göre yapısal çözümlemelerinden x ve y doğrultularında 1. düğüm noktasına gelen normal kuvvet değerleri Şekil 4.18’de verilmektedir. Bu şekilden x doğrultusundaki deprem etkisinde model 1, model 2 ve model 3’teki 1. düğüm noktasının en büyük normal kuvvete maruz kaldığı görülmektedir. Ayrıca en büyük normal kuvvet model 1’de 1. düğüm noktasına etmektedir.

Burada elde edilen bu bulguların C24 masif ahşap için elde edildiğini belirtmek yararlı olacaktır.

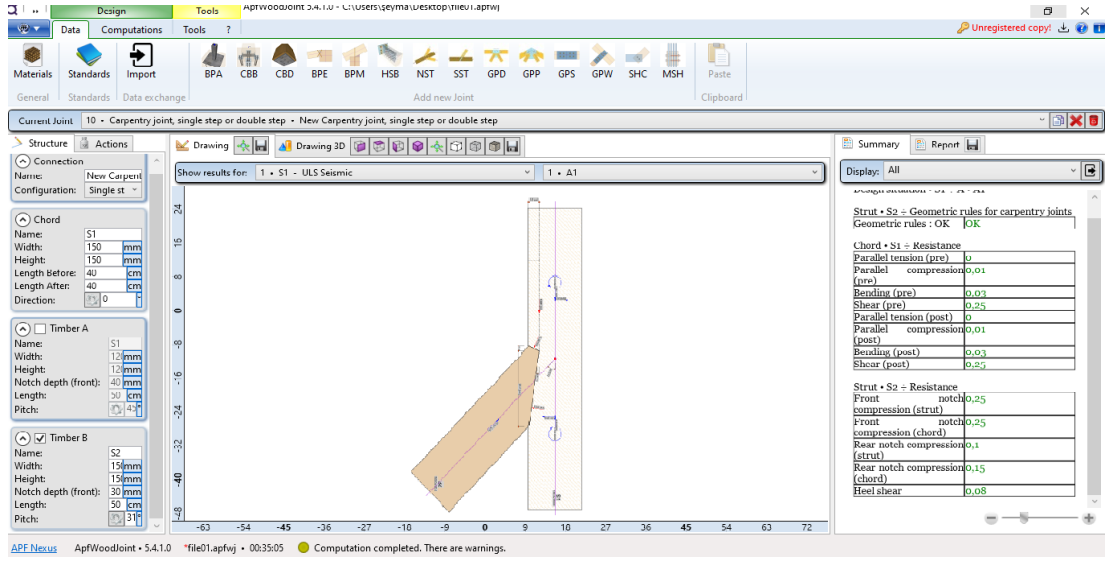


Şekil 4.18. Modellerin x ve y doğrultularında deprem etkisinde yapısal çözümlemeler sonucu 1 düğüm noktasındaki normal kuvvet değerleri.



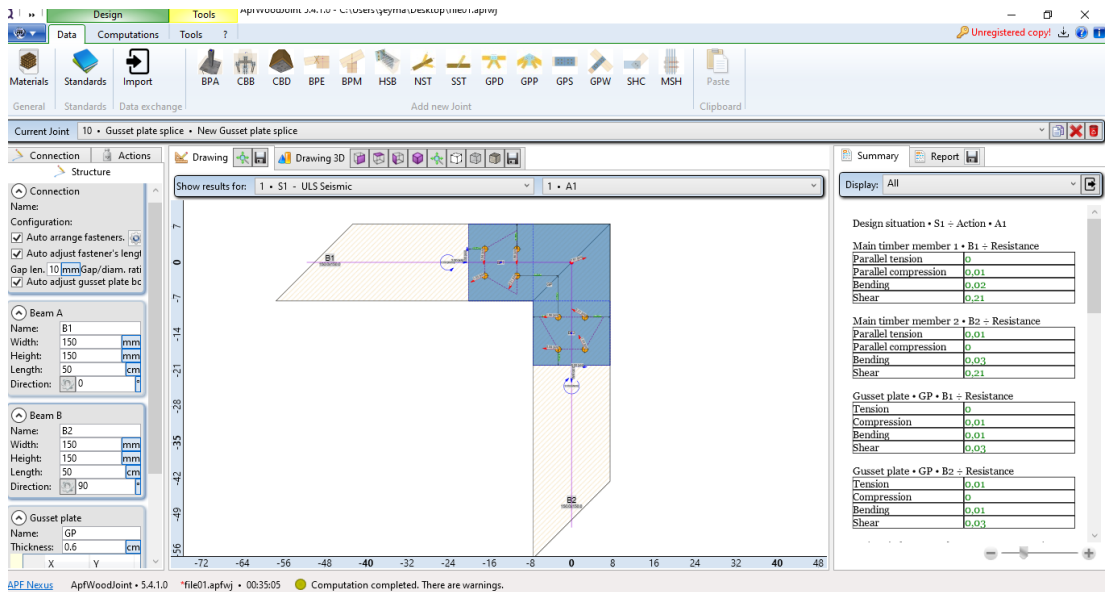
Şekil 4.19. 1. düğüm noktasında meydana gelen gerilme değerleri (%).

Ahşap yapılarda düğüm noktasının rijitliği tutkallar kullanılarak da sağlanabilmektedir. Düğüm noktasının plakalı bağlantısının vida veya bulonlu birleşimle sağlanması, söz konusu yapının yarı rijit tasarlanması için kullanılmaktadır. Ayrıca vida ve çivi gibi bağlantı elemanlarıyla tasarlanan düğüm noktaları mafsallı davranış göstermektedir. Safran Konağın 3 farklı düğüm noktası birleşim (rijit, yarı rijit ve mafsallı) tasarımları Apf Wood Joint programı yardımıyla yapılmıştır. Düğüm noktası birleşiminin rijit olarak kabul edilmesi için birleşim bölgesindeki ahşap yapı elemanlarına poliüretan ve polivinilasetat gibi yapıştırıcı maddenin sürülmesi gerekmektedir. Yapıştırıcıdan sonra birleşim bölgesine çakılan vida ve çivilerin yapının gevrekliğini sünek duruma çevirmekte ve etkiyen kesme kuvvetlerini karşılamak için kullanılmaktadır. Şekil 4.20’de görüldüğü dişli birleşim ile birleştirilerek yapının rijitliği sağlanmaya çalışılmıştır. Oluşturulan tek dişli birleşimdeki diş derinliği azaldığında dikmelerde oluşan kuvvetlerin arttığı buna karşın çaprazlardaki kuvvetlerin ise azaldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.20. Ahşap yapı birleşim bölgesinin dişli birleşim ile tasarımının *Apf Wood Joint* programında gösterimi.

Şekil 4.21’de plakalı birleşimlerin dikme-kiriş ve Şekil 4.26’da görülen dikme-diagonal tasarımında kullanılan plaka kalınlıkları 0,6 cm seçilmiştir. Plakada kullanılan vidalar da DIN97 havşa başlı ağaç vidası (M4, M5 ve M6) kullanılırken bulonlarda ise DIN931 altı köşe başlı yarım diş bulonlar (M4, M5 ve M6) kullanılmıştır.



Şekil 4.21. Ahşap yapı birleşim bölgesinin plaka vidalı tasarımının *Apf Wood Joint* programında gösterimi.

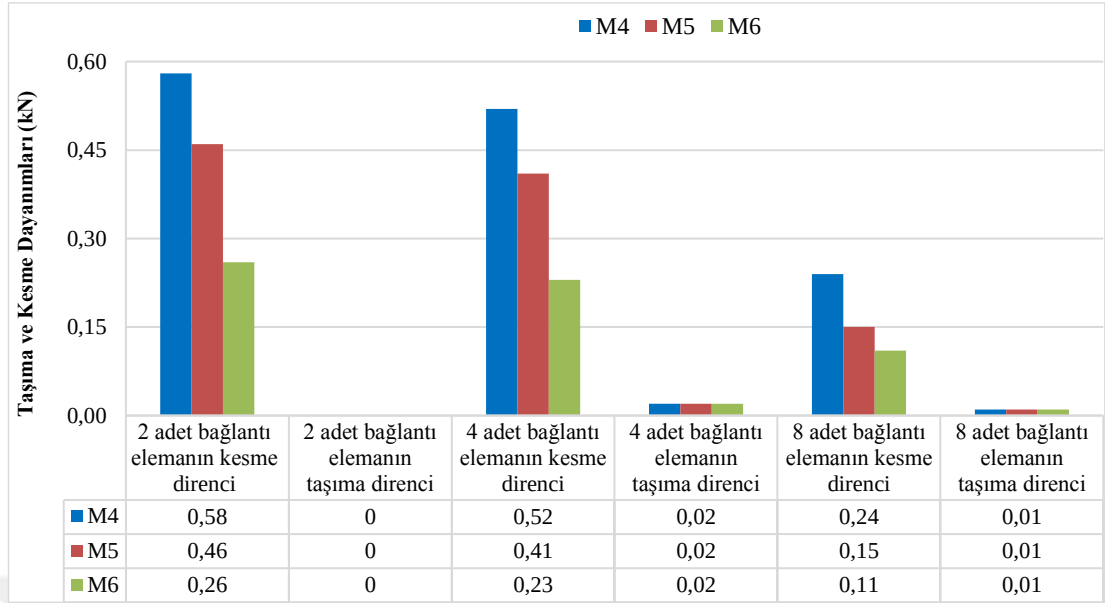
Düğüm noktasındaki birleşimin plaka sabit kalarak 8 adet vidanın 3 farklı çaptaki durumuna göre düğüm noktasındaki bağlantının kapasite değerleri ApfWoodJoint programı ile hesaplanmıştır (bkz. Şekil 4.22). Burada plakalı birleşimlerde deliklerin önceden delinmiş olarak seçildiğini belirtmek yararlı olacaktır.

Display: All	Display: All	Display: All
Main timber member 1 • B1 ÷ Connection capacity (steel) Fastener resistance 0,24 Fastener (shear) resistance 0,01 Fastener (bearing)	Main timber member 1 • B1 ÷ Connection capacity (steel) Fastener resistance 0,15 Fastener (shear) resistance 0,01 Fastener (bearing)	Main timber member 1 • B1 ÷ Connection capacity (steel) Fastener resistance 0,11 Fastener (shear) resistance 0,01 Fastener (bearing)
Main timber member 2 • B2 ÷ Connection capacity (steel) Fastener resistance 0,24 Fastener (shear) resistance 0,01 Fastener (bearing)	Main timber member 2 • B2 ÷ Connection capacity (steel) Fastener resistance 0,15 Fastener (shear) resistance 0,01 Fastener (bearing)	Main timber member 2 • B2 ÷ Connection capacity (steel) Fastener resistance 0,11 Fastener (shear) resistance 0,01 Fastener (bearing)
Main timber member 1 • B1 ÷ Connection capacity (wood) Fasteners' lateral load-carrying capacity 0,57 Connection's capacity parallel to the grain 0,16	Main timber member 1 • B1 ÷ Connection capacity (wood) Fasteners' lateral load-carrying capacity 0,39 Connection's capacity parallel to the grain 0,11	Main timber member 1 • B1 ÷ Connection capacity (wood) Fasteners' lateral load-carrying capacity 0,29 Connection's capacity parallel to the grain 0,08
Main timber member 2 • B2 ÷ Connection capacity (wood) Fasteners' lateral load-carrying capacity 0,6 Connection's capacity parallel to the grain 0,16	Main timber member 2 • B2 ÷ Connection capacity (wood) Fasteners' lateral load-carrying capacity 0,41 Connection's capacity parallel to the grain 0,11	Main timber member 2 • B2 ÷ Connection capacity (wood) Fasteners' lateral load-carrying capacity 0,3 Connection's capacity parallel to the grain 0,09
DIN97 M4	DIN97 M5	DIN97 M6

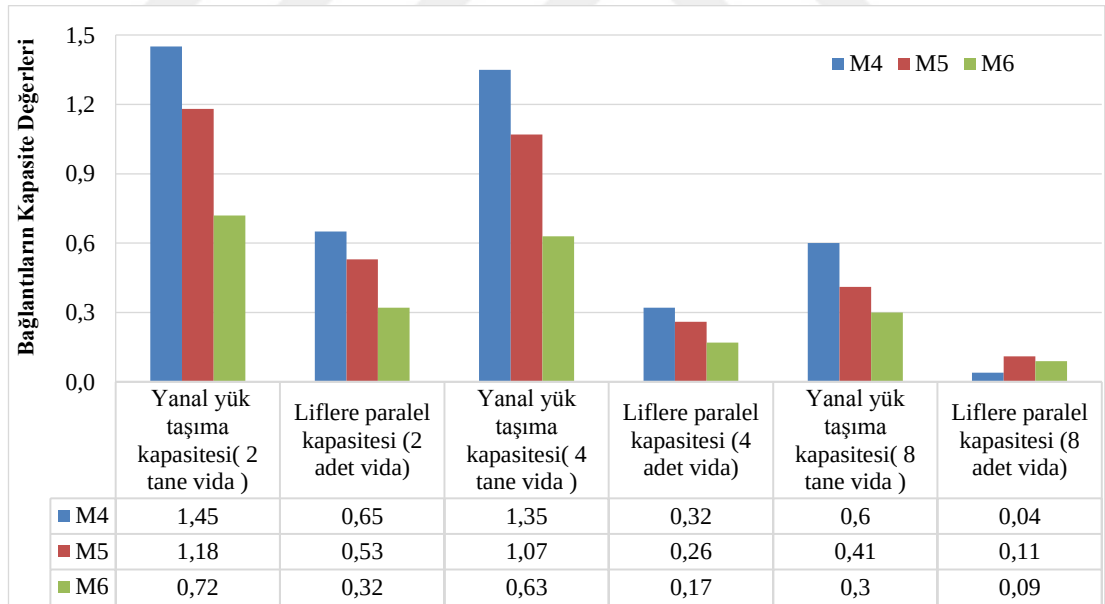
Şekil 4.22. Plakalı birleşimlerde 3 farklı 8 adet vida türünün plakada kullanılması durumunda oluşan kapasite değerleri.

Yapısal çözümlerden hesaplanan değerlere göre kesme direncinin bağlantı elemanı sayısı arttıkça azaldığı görülmektedir (bkz. Şekil 4.23~Şekil 4.25). Ayrıca bağlantı elemanı taşıma direnci en fazla 4 adet seçilen bağlantıda olduğu görülmüştür. Diğer taraftan bağlantının taşıma direnci, plaka kalınlığının artmasıyla değişmemekte buna karşın yanal yük taşıma kapasitesi bağlantı sayısı azalmasıyla artmaktadır. En fazla yanal yük taşıma kapasitesinin M4'te olduğu görülmektedir.

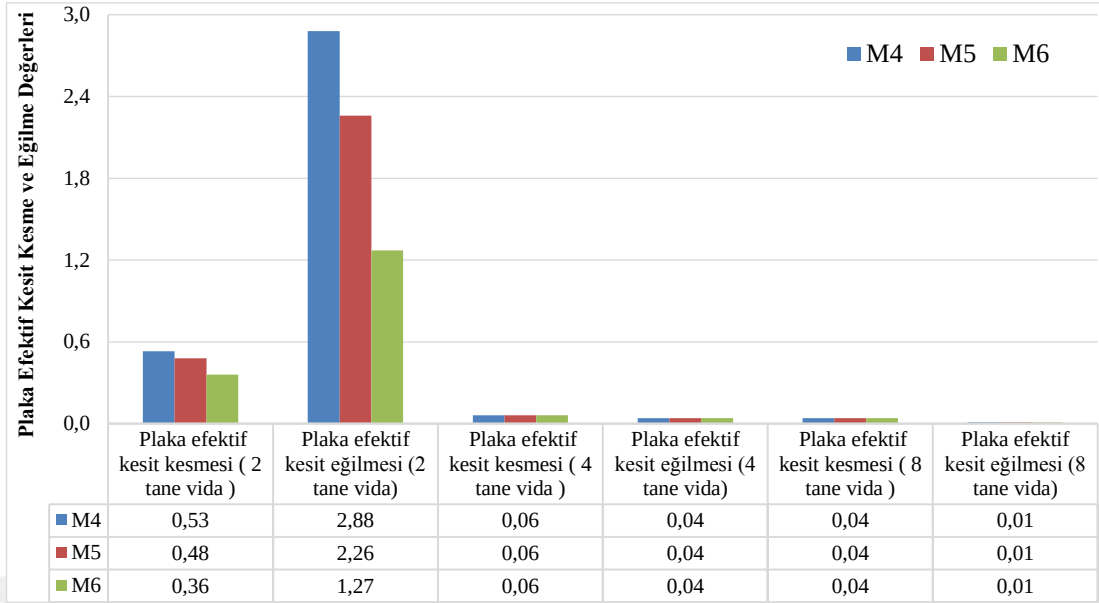
Plaka efektif kesit kesme etkisi birleşim elemanı adet miktarı arttıkça azalmakta ve en fazla etkinin M4'te olduğu görülmektedir. Plaka efektif kesit eğilme değerinin ise vida adedinin azalmasıyla arttığı ve en az değer M6'da olduğu görülmüştür.



Şekil 4.23. Plakalı bağlantıda kullanılan vidaların kesme ve taşıma dayanımları.

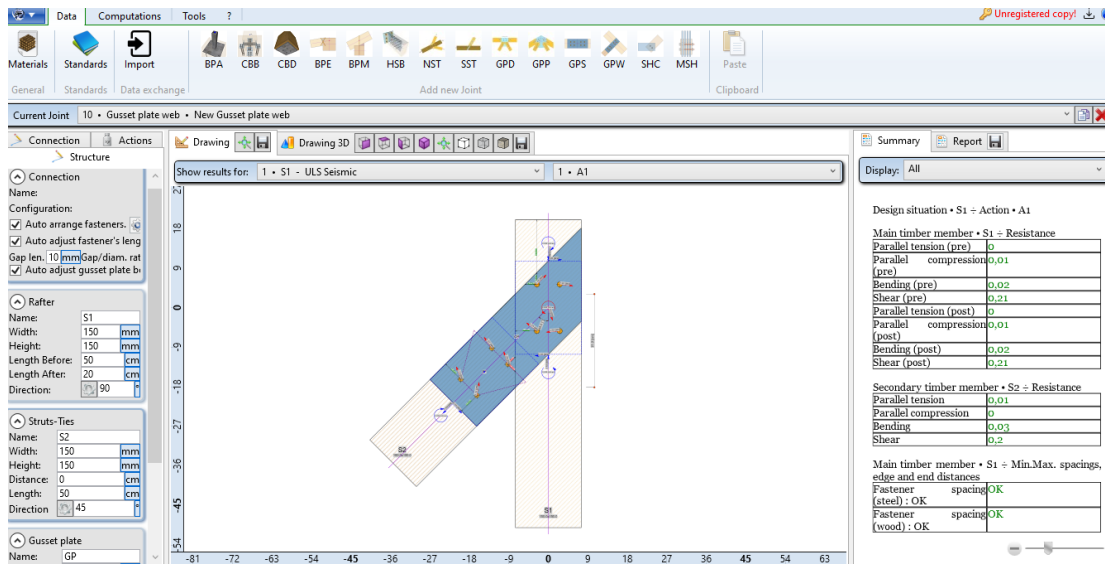


Şekil 4.24. Plakalı bağlantılarda vida adedinin bağlantılardaki yanal yük ve liflere paralel taşıma kapasite değerleri.



Şekil 4.25. Plakalı bağlantılarda vida adedinin plaka efektif kesiti için kesme ve eğilme değerleri.

Dikme-diyagonal birleşim bölgesinde plaka ve 8 adet vida birleşim elemanının kullanımının *Apf Wood Joint* programında gösterimi Şekil 4.26’da verilmektedir.



Şekil 4.26. Ahşap yapı dikme-diyagonal birleşim bölgesinin plaka vidalı tasarımının *Apf Wood Joint* programında gösterimi.

Düğüm noktasındaki birleşimde plaka sabit kalarak 8 adet vidanın 3 farklı çaptaki durumuna göre düğüm noktasındaki bağlantının kapasite değerleri *Apf Wood Joint* programı ile hesaplanmıştır (bkz. Şekil 4.27).

Display: All

Main timber member • S1 ÷ Connection capacity (steel)

Fastener resistance

0,5

Fastener (shear)

0,03

Secondary timber member • S2 ÷ Connection capacity (steel)

Fastener resistance

0,21

Fastener (shear)

0,01

Main timber member • S1 ÷ Connection capacity (wood)

Fasteners' lateral load-carrying capacity

1,19

Connection's capacity parallel to the grain

0,33

Secondary timber member • S2 ÷ Connection capacity (wood)

Fasteners' lateral load-carrying capacity

0,51

Connection's capacity parallel to the grain

0,16

DIN97 M4

Display: All

Main timber member • S1 ÷ Connection capacity (steel)

Fastener resistance

0,32

Fastener (shear)

0,03

Secondary timber member • S2 ÷ Connection capacity (steel)

Fastener resistance

0,14

Fastener (shear)

0,01

Main timber member • S1 ÷ Connection capacity (wood)

Fasteners' lateral load-carrying capacity

0,81

Connection's capacity parallel to the grain

0,22

Secondary timber member • S2 ÷ Connection capacity (wood)

Fasteners' lateral load-carrying capacity

0,35

Connection's capacity parallel to the grain

0,11

DIN97 M5

Display: All

Main timber member • S1 ÷ Connection capacity (steel)

Fastener resistance

0,22

Fastener (shear)

0,03

Secondary timber member • S2 ÷ Connection capacity (steel)

Fastener resistance

0,1

Fastener (shear)

0,01

Main timber member • S1 ÷ Connection capacity (wood)

Fasteners' lateral load-carrying capacity

0,58

Connection's capacity parallel to the grain

0,16

Secondary timber member • S2 ÷ Connection capacity (wood)

Fasteners' lateral load-carrying capacity

0,3

Connection's capacity parallel to the grain

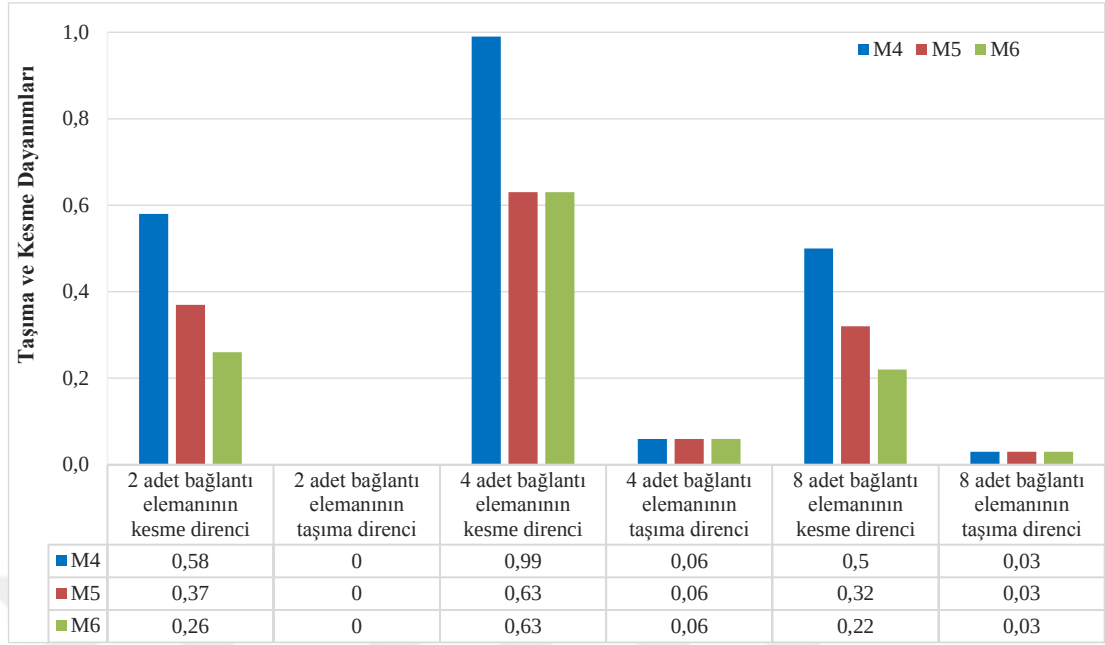
0,09

DIN97 M6

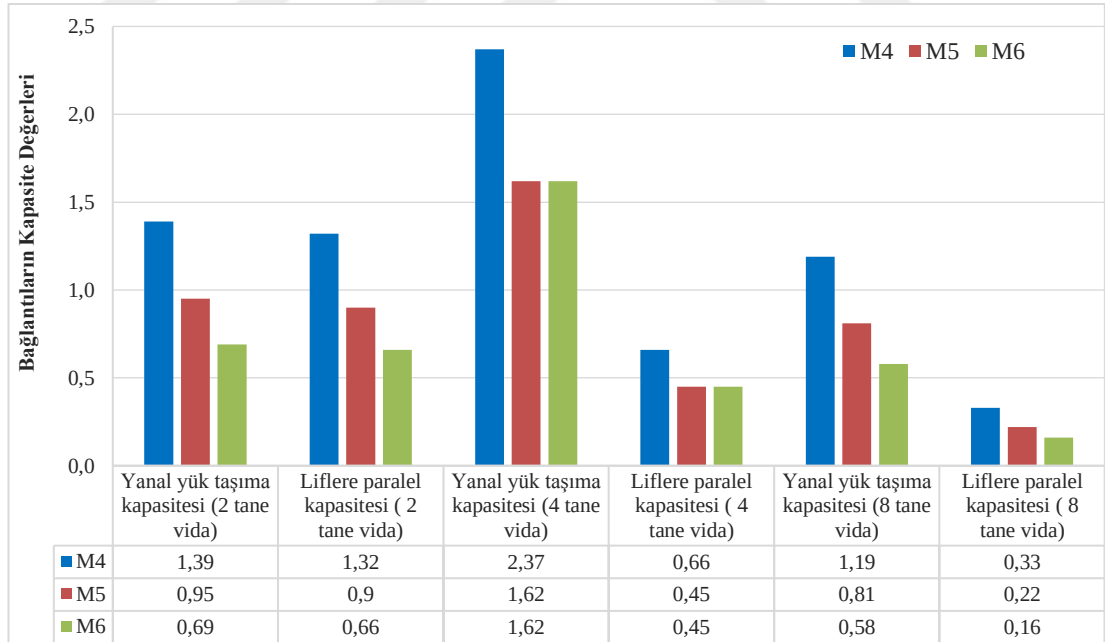
Şekil 4.27. Plakalı diyagonal birleşimlerde 3 farklı 8 adet vida türünün plakada kullanılması durumunda oluşan kapasite değerleri.

Yapısal çözümlerden hesaplanan değerlere göre 2 bağlantı elemanı ile 8 adet bağlantı elemanı kullanımlardaki kesme direnci değerleri birbirine yakın çıkmıştır (bkz. Şekil 4.28). Ayrıca 4 adet vida kullanımındaki kesme direnci değerlerinin daha yüksek olduğu ve kesme ve taşıma dirençlerinin en fazla M4 olduğu görülmektedir. Diğer taraftan 2-4-8 adet M4 vida kullanılan birleşimdeki yanal yük taşıma kapasitelerinin ve 4 adet M5 kullanılan birleşimdekini aşmaktadır (bkz. Şekil 4.29). Burada vida yerleştirme düzeninin kapasite aşımında önemli olduğu görülmüştür.

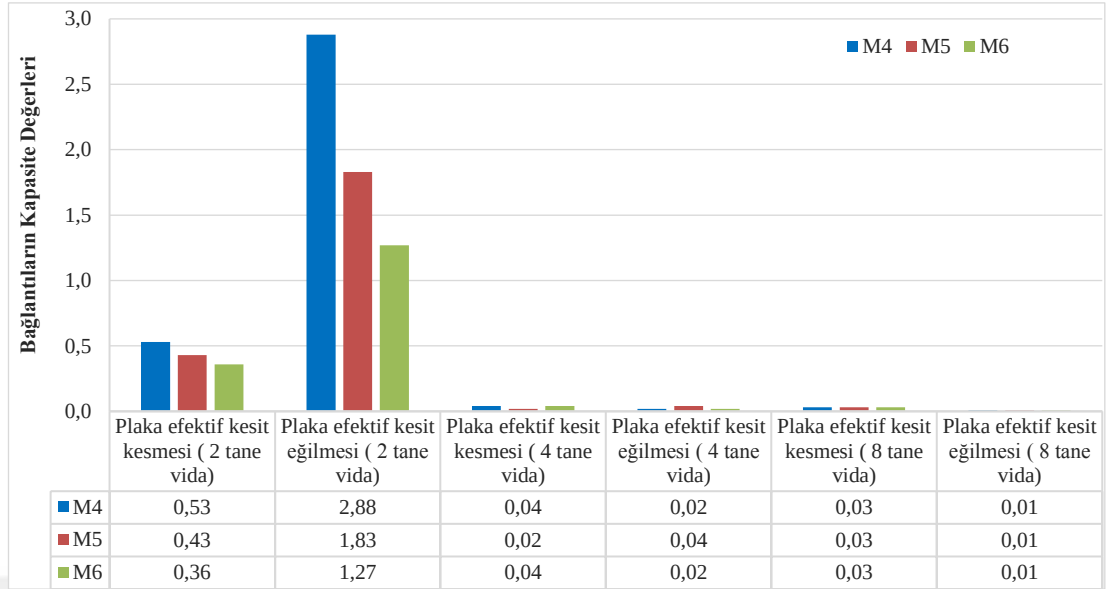
Dikme-diyagonal plakalı bağlantılarda vida adedinin plaka efektif kesit için kesme ve eğilme değerleri Şekil 4.30'da verilmektedir. Bu şekilden plaka efektif kesit kesme etkisi birleşim elemanı adet miktarı arttıkça azalmakta ve en fazla etkinin M4'te olduğu görülmektedir. Plaka efektif kesit eğilme değerinin ise vida adedinin azalmasıyla arttığı ve en az değer M6'da oluştuğu görülmüştür.



Şekil 4.28. Dikme-diyagonal plakalı bağlantıda kullanılan vidaların kesme ve taşıma dayanımları.

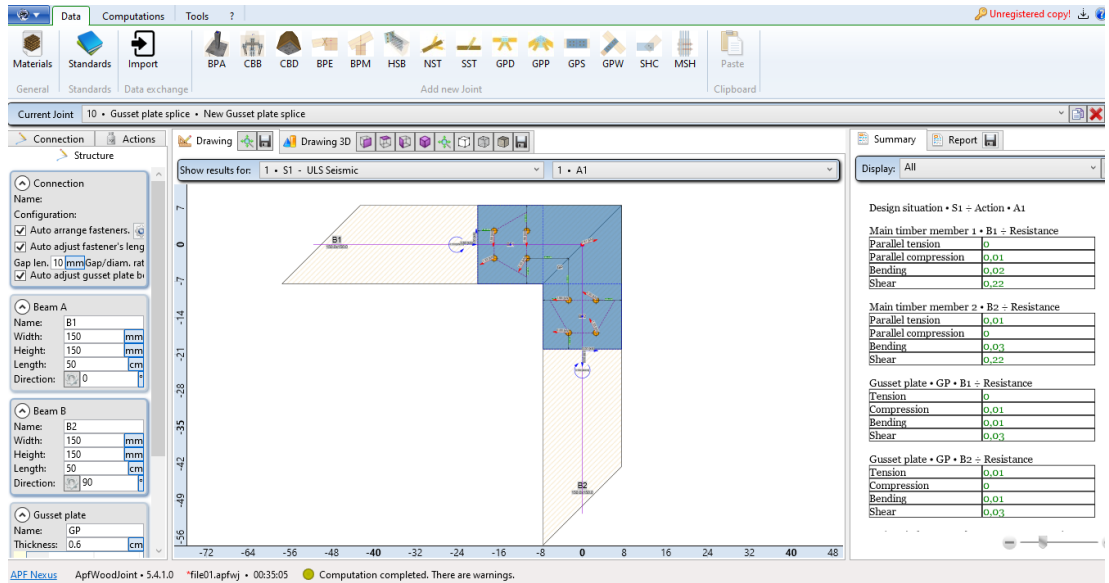


Şekil 4.29. Dikme-diyagonal plakalı bağlantılarda vida adedinin bağlantılardaki yanal yük ve liflere paralel taşıma kapasite değerleri.



Şekil 4.30. Dikme-diyagonal plakalı bağlantılarda vida adedinin plaka efektif kesiti için kesme ve eğilme değerleri.

Dikme-kiriş düğüm noktası birleşiminin plaka-bulonlu kullanımının *Apf Wood Joint* programıyla hesaplanması Şekil 4.31’de gösterilmiştir. Ayrıca düğüm noktasındaki birleşimde plaka sabit kalarak 8 adet bulonun 3 farklı çaptaki durumuna göre düğüm noktasındaki bağlantının kapasite değerleri *Apf Wood Joint* programı ile hesaplanmıştır (bkz. Şekil 4.32).

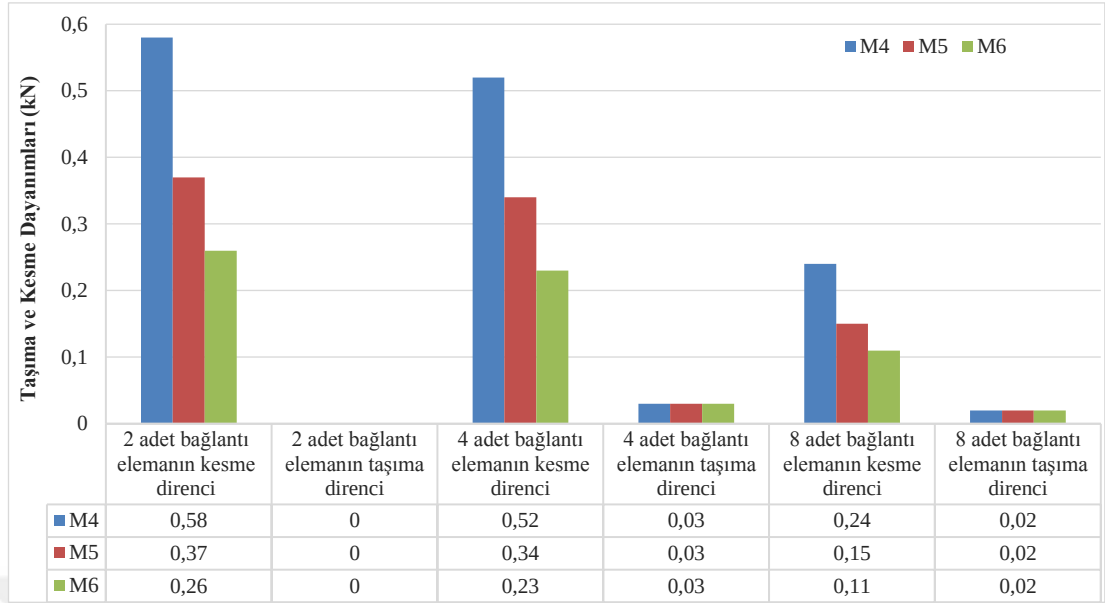


Şekil 4.31. Ahşap yapı dikme-kiriş birleşim bölgesinin plaka bulonlu tasarımının *Apf Wood Joint* programında gösterimi.

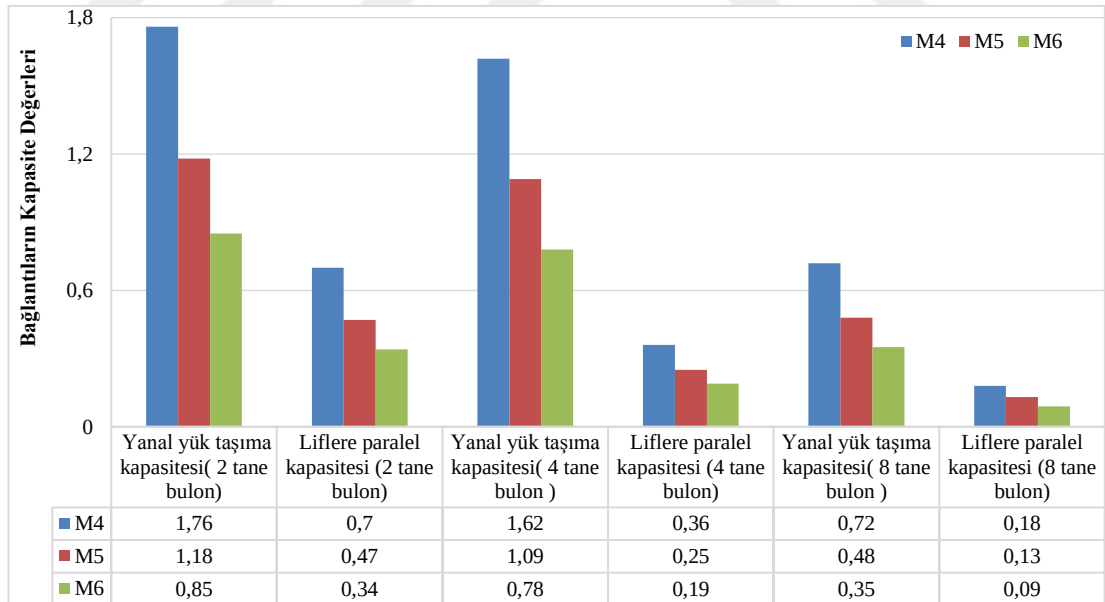
Display: All	Display: All	Display: All
Main timber member 1 • B1 ÷ Connection capacity (steel)	Main timber member 1 • B1 ÷ Connection capacity (steel)	Main timber member 1 • B1 ÷ Connection capacity (steel)
Fastener resistance (shear) 0,24	Fastener resistance (shear) 0,15	Fastener resistance (shear) 0,11
Fastener resistance (bearing) 0,02	Fastener resistance (bearing) 0,02	Fastener resistance (bearing) 0,02
Main timber member 2 • B2 ÷ Connection capacity (steel)	Main timber member 2 • B2 ÷ Connection capacity (steel)	Main timber member 2 • B2 ÷ Connection capacity (steel)
Fastener resistance (shear) 0,24	Fastener resistance (shear) 0,15	Fastener resistance (shear) 0,11
Fastener resistance (bearing) 0,02	Fastener resistance (bearing) 0,02	Fastener resistance (bearing) 0,02
Main timber member 1 • B1 ÷ Connection capacity (wood)	Main timber member 1 • B1 ÷ Connection capacity (wood)	Main timber member 1 • B1 ÷ Connection capacity (wood)
Fasteners' lateral load-carrying capacity 0,72	Fasteners' lateral load-carrying capacity 0,48	Fasteners' lateral load-carrying capacity 0,35
Connection's capacity parallel to the grain 0,18	Connection's capacity parallel to the grain 0,13	Connection's capacity parallel to the grain 0,09
Main timber member 2 • B2 ÷ Connection capacity (wood)	Main timber member 2 • B2 ÷ Connection capacity (wood)	Main timber member 2 • B2 ÷ Connection capacity (wood)
Fasteners' lateral load-carrying capacity 0,72	Fasteners' lateral load-carrying capacity 0,48	Fasteners' lateral load-carrying capacity 0,35
Connection's capacity parallel to the grain 0,18	Connection's capacity parallel to the grain 0,13	Connection's capacity parallel to the grain 0,09
DIN931 M4	DIN931 M5	DIN931 M6

Şekil 4.32. Plakalı dikme-kiriş birleşimlerde 3 farklı 8 adet bulon türünün plakada kullanılması durumunda oluşan kapasite değerleri.

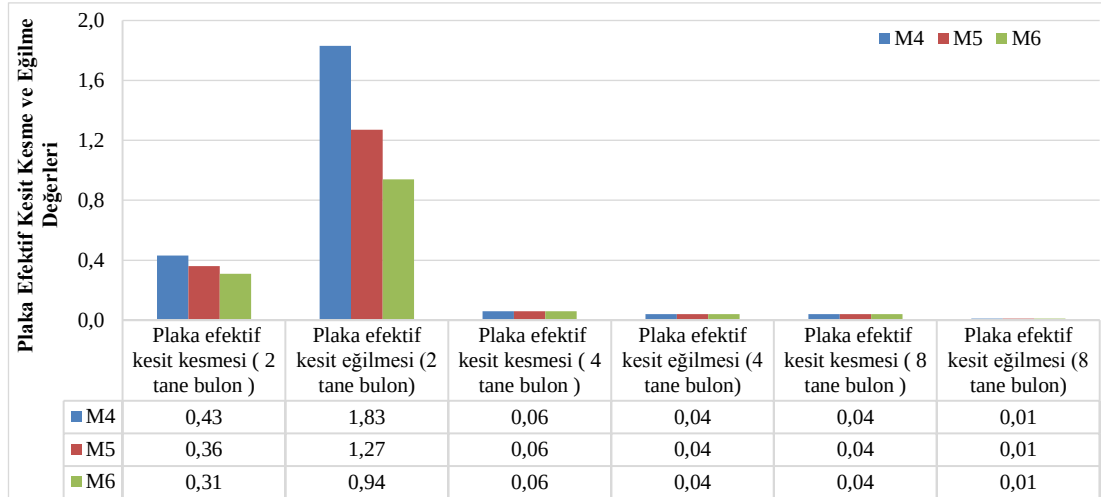
Yapısal çözümlerden bulon adedi azaldığında bağlantı elemanı kesme dayanımında artış meydana gelmektedir (bkz. Şekil 4.33). Ayrıca en fazla bağlantı elemanı kesme dayanımı M4'te meydana gelmiştir. Bağlantı elemanı taşıma dayanımı da 3 farklı bulon tipinde de aynı değer vermekte ve adet sayısına göre değişim göstermektedir (bkz. Şekil 4.34). Bu değişim en fazla 4 adet bulon kullanımında olduğu görülmektedir. Ayrıca yanal yük taşıma kapasitesi adet miktarı arttıkça azalmakta ve M4 bulonunda en fazla yanal yük taşınması meydana gelmektedir. Diğer taraftan liflere paralel doğrultuda taşıma kapasitesi bulon adedine göre değişim göstermektedir. Buna göre en az taşıma kapasitesi değeri 8 adet M6 bulonu kullanıldığında oluşmuştur. Plaka efektif kesit kesmesi adet sayısındaki değişimlerden etkilenmekte, adet sayısının azalmasıyla artmakta ve en fazla değeri M4 bulon tipiyle oluşturulan modelde olduğu görülmektedir (bkz. Şekil 4.35). Ayrıca plaka efektif kesit eğilmesi adet sayısının azalmasıyla artmış ve en az değeri M6 bulonu ile oluşturulan modelde görülmüştür.



Şekil 4.33. Dikme-kiriş plakalı bağlantıda kullanılan bulonların kesme ve taşıma dayanımları.

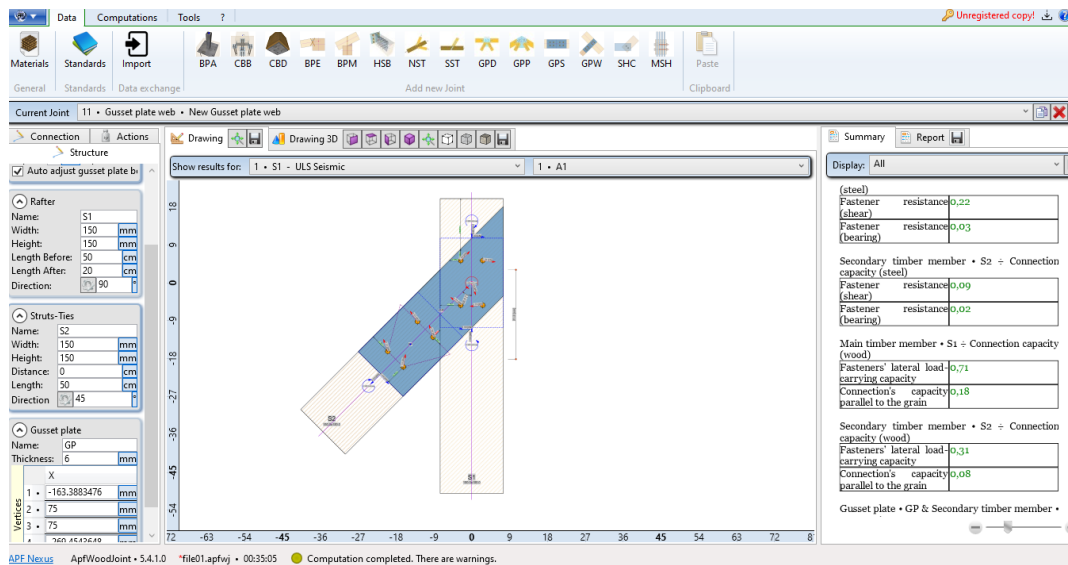


Şekil 4.34. Dikme-kiriş plakalı bağlantılarda bulon adedinin bağlantılardaki yanal yük ve liflere paralel taşıma kapasite değerleri.



Şekil 4.35. Dikme-kiriş plakalı bağlantılarda bulon adedinin plaka efektif kesiti için kesme ve eğilme değerleri.

Dikme- diyagonal düğüm noktası birleşiminin plaka-bulonlu kullanımının *Apf Wood Joint* programıyla hesaplanması Şekil 4.36’da gösterilmiştir. Ayrıca düğüm noktasındaki birleşimde plaka sabit kalarak 8 adet bulonun 3 farklı çaptaki durumuna göre düğüm noktasındaki bağlantının kapasite değerleri *Apf Wood Joint* programı ile hesaplanmıştır (bkz. Şekil 4.37). Bu şekillerde M4 ev M5 bulonlu birleşimler kullanıldığında sistemin sağladığı görülmektedir Ayrıca yönetmeliğe göre en az M6 bulon kullanımında daha doğru sonuçlar vermektedir.

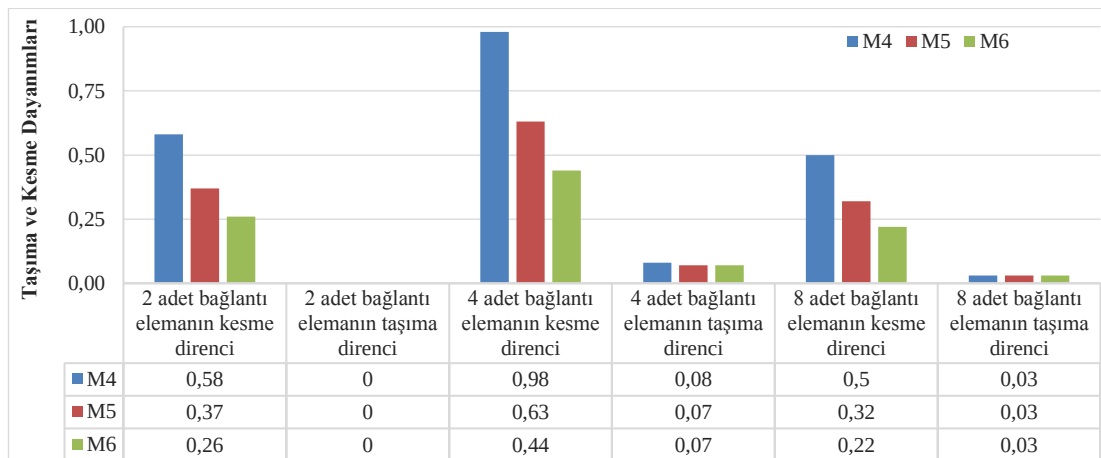


Şekil 4.36. Ahşap yapı dikme-diyagonal birleşim bölgesinin plaka bulonlu tasarımının *Apf Wood Joint* programında gösterimi.

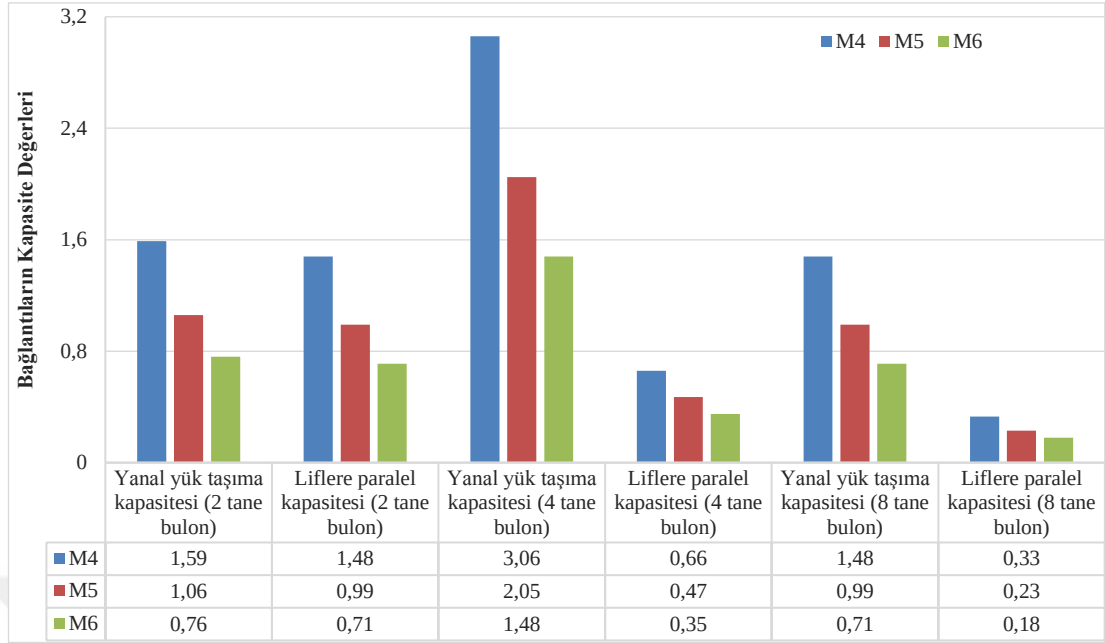
Display: All	Display: All	Display: All
Main timber member • S1 ÷ Connection capacity (steel)	Main timber member • S1 ÷ Connection capacity (steel)	Main timber member • S1 ÷ Connection capacity (steel)
Fastener resistance 0,5	Fastener resistance 0,32	Fastener resistance 0,22
Fastener (shear) resistance 0,03	Fastener (shear) resistance 0,03	Fastener (shear) resistance 0,03
Fastener (bearing) resistance 0,03	Fastener (bearing) resistance 0,03	Fastener (bearing) resistance 0,03
Secondary timber member • S2 ÷ Connection capacity (steel)	Secondary timber member • S2 ÷ Connection capacity (steel)	Secondary timber member • S2 ÷ Connection capacity (steel)
Fastener resistance 0,21	Fastener resistance 0,14	Fastener resistance 0,09
Fastener (shear) resistance 0,02	Fastener (shear) resistance 0,02	Fastener (shear) resistance 0,02
Fastener (bearing) resistance 0,02	Fastener (bearing) resistance 0,02	Fastener (bearing) resistance 0,02
Main timber member • S1 ÷ Connection capacity (wood)	Main timber member • S1 ÷ Connection capacity (wood)	Main timber member • S1 ÷ Connection capacity (wood)
Fasteners' lateral load-carrying capacity 1,48	Fasteners' lateral load-carrying capacity 0,99	Fasteners' lateral load-carrying capacity 0,71
Connection's capacity parallel to the grain 0,33	Connection's capacity parallel to the grain 0,23	Connection's capacity parallel to the grain 0,18
Secondary timber member • S2 ÷ Connection capacity (wood)	Secondary timber member • S2 ÷ Connection capacity (wood)	Secondary timber member • S2 ÷ Connection capacity (wood)
Fasteners' lateral load-carrying capacity 0,65	Fasteners' lateral load-carrying capacity 0,44	Fasteners' lateral load-carrying capacity 0,31
Connection's capacity parallel to the grain 0,16	Connection's capacity parallel to the grain 0,11	Connection's capacity parallel to the grain 0,08
DIN931 M4	DIN931 M5	DIN931 M6

Şekil 4.37. Plakalı dikme-diyagonal birleşimlerde 3 farklı 8 adet bulon türünün plakada kullanılması durumunda oluşan kapasite değerleri.

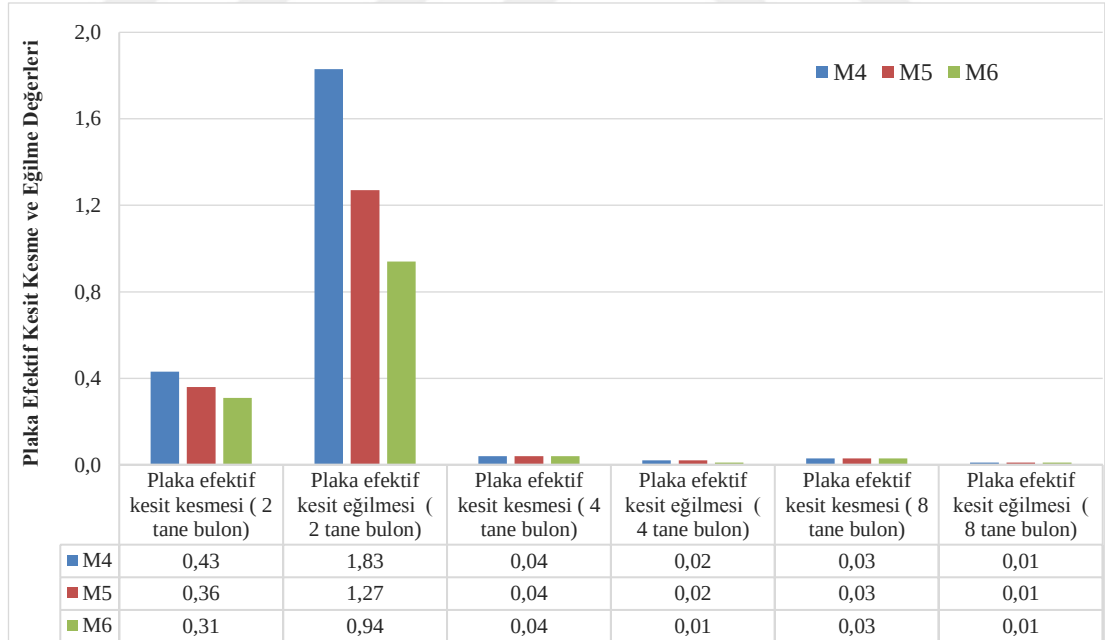
Yapısal çözümlmelerden 4 adet M4 bulon kullanılan bağlantının kesme dayanımının büyük buna karşın M6 kullanılan bağlantılarının kesme ve taşıma dayanımlarının en az olduğu görülmektedir (bkz. Şekil 4.38). 2 ve 4 adet M4 ve M5 bulon kullanılan birleşimde yanal yük taşıma kapasitesini aşmaktadır (bkz. Şekil 4.39). Ayrıca yanal yük taşıma kapasitesi 4 adet M6 bulon kullanılan birleşimde sağlamamakta buna karşın 8 adet M5 bulon kullanılan birleşimde sağlamaktadır. Diğer taraftan plaka kesit eğilmesi 2 adet M4 ve M5 bulon kullanılan birleşimlerin dışındakilerde sağlamaktadır (bkz. Şekil 4.40).



Şekil 4.38. Dikme-diyagonal plakalı bağlantıda kullanılan bulonların kesme ve taşıma dayanımları.

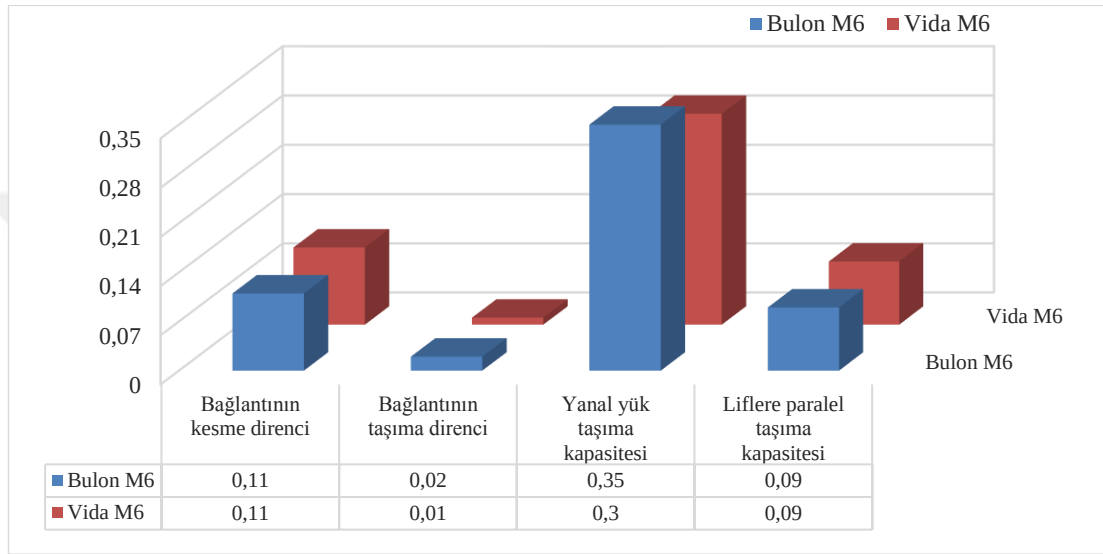


Şekil 4.39. Dikme-diyagonal plakalı bağlantılarda bulon adedinin bağlantılardaki yanal yük ve liflere paralel taşıma kapasite değerleri.

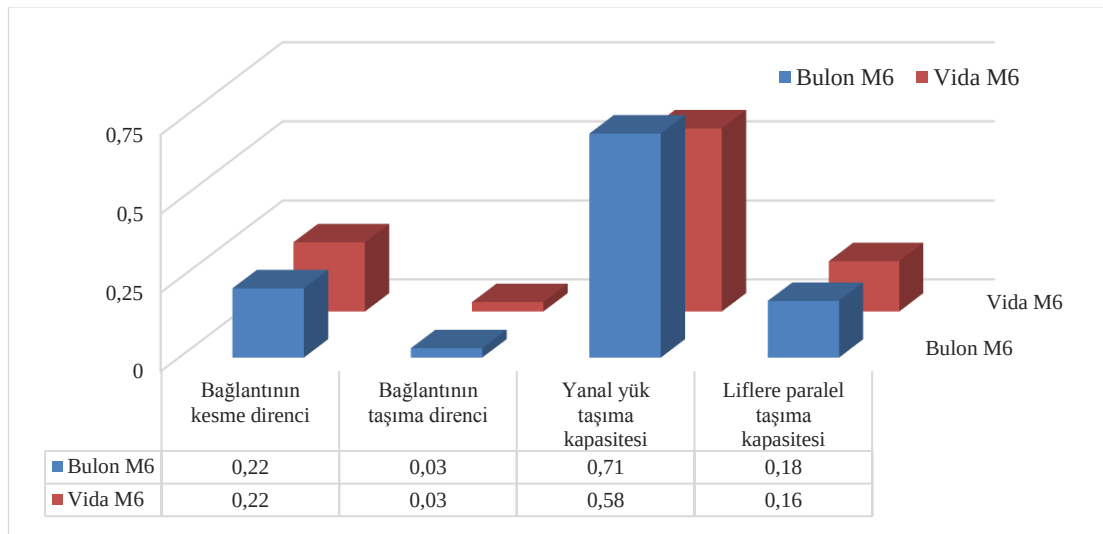


Şekil 4.40. Dikme-diyagonal plakalı bağlantılarda bulon adedinin plaka efektif kesiti için kesme ve eğilme değerleri.

Safran Konağın yapısal çözümlerlerinden M6 tipi bulon ve vidanın plakalı bağlantısında oluşan kesme dayanımı, taşıma dayanımı, yanal yük taşıma kapasitesi ve liflere paralel taşıma kapasitesi değerleri birbirlerine yakın çıktığı görülmektedir (bkz. Şekil 4.41). Ayrıca bulonlu birleşimde yanal yük taşıma kapasitesi fazla iken vidalı birleşimlerde liflere paralel taşıma kapasitesinin daha fazla olduğu görülmektedir.

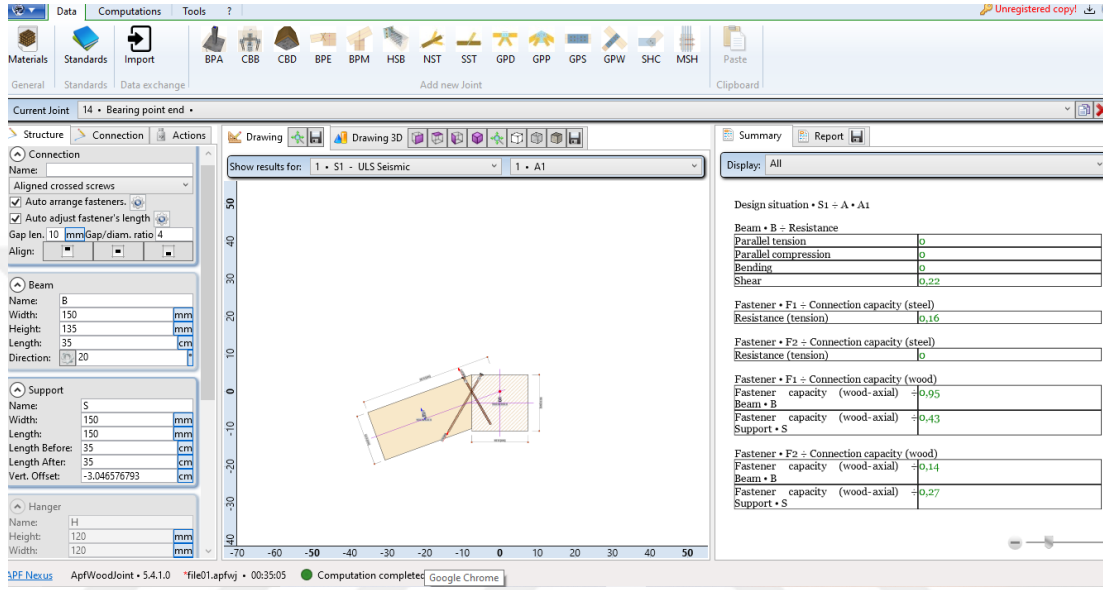


Şekil 4.41. Plakalı 8 adet bulonlu ve vidalı kiriş-dikme bağlantılarında oluşan kesme-taşıma dayanımı, yanal yük ve liflere paralel taşıma kapasitesi değerleri.



Şekil 4.42. Plakalı 8 adet bulonlu ve vidalı diyagonal-dikme bağlantılarda oluşan kesme-taşıma dayanımı, yanal yük ve liflere paralel taşıma kapasitesi değerleri.

Dikme-diyagonal mafsallı düğüm noktası birleşiminin vidalı kullanımının *Apf Wood Joint* programıyla hesaplanması Şekil 4.43'te gösterilmiştir. Ayrıca 5 adet vidanın 3 farklı çaptaki durumuna göre bağlantının kapasite değerleri *Apf Wood Joint* programı ile hesaplanmıştır (bkz. Şekil 4.44). Bu şekillerden 6 adet M4 vida olduğunda bağlantı elemanı kapasitesi değeri 1 olmaktadır.

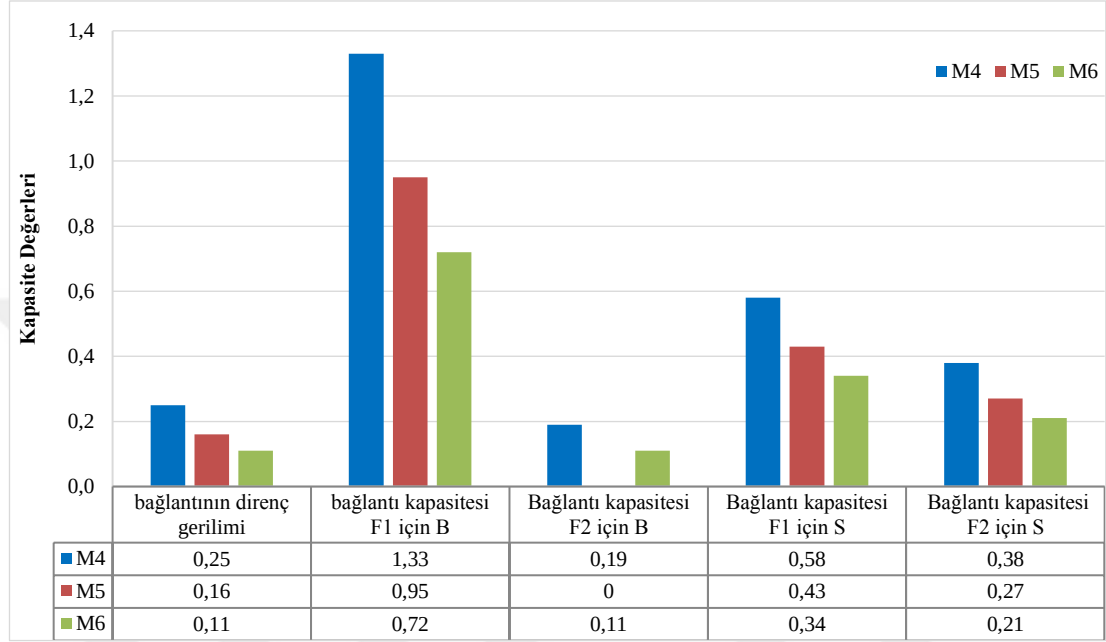


Şekil 4.43. Ahşap yapı mafsallı birleşim bölgesinin vidalı tasarımının *Apf Wood Joint* programında gösterimi.

Display: All	Display: All	Display: All
Design situation • S1 - A • A1 Beam • B - Resistance Parallel tension 0 Parallel compression 0 Bending 0 Shear 0,22 Fastener • F1 - Connection capacity (steel) Resistance (tension) 0,25 Fastener • F2 - Connection capacity (steel) Resistance (tension) 0 Fastener • F1 - Connection capacity (wood) Fastener capacity (wood-axial) 1,33 Beam • B Fastener capacity (wood-axial) 0,58 Support • S Fastener • F2 - Connection capacity (wood) Fastener capacity (wood-axial) 0,19 Beam • B Fastener capacity (wood-axial) 0,38 Support • S	Design situation • S1 - A • A1 Beam • B - Resistance Parallel tension 0 Parallel compression 0 Bending 0 Shear 0,22 Fastener • F1 - Connection capacity (steel) Resistance (tension) 0,16 Fastener • F2 - Connection capacity (steel) Resistance (tension) 0 Fastener • F1 - Connection capacity (wood) Fastener capacity (wood-axial) 0,95 Beam • B Fastener capacity (wood-axial) 0,43 Support • S Fastener • F2 - Connection capacity (wood) Fastener capacity (wood-axial) 0,14 Beam • B Fastener capacity (wood-axial) 0,27 Support • S	Design situation • S1 - A • A1 Beam • B - Resistance Parallel tension 0 Parallel compression 0 Bending 0 Shear 0,22 Fastener • F1 - Connection capacity (steel) Resistance (tension) 0,11 Fastener • F2 - Connection capacity (steel) Resistance (tension) 0 Fastener • F1 - Connection capacity (wood) Fastener capacity (wood-axial) 0,72 Beam • B Fastener capacity (wood-axial) 0,34 Support • S Fastener • F2 - Connection capacity (wood) Fastener capacity (wood-axial) 0,11 Beam • B Fastener capacity (wood-axial) 0,21 Support • S
DIN97 M4	DIN97 M5	DIN97 M6

Şekil 4.44. 5 adet 3 farklı vida bağlantısının *Apf Wood Joint* programıyla hesaplanması.

Bağlantı kapasitelerinde M4 değerinin daha fazla olduğu ve vida sayısının 2 olduğunda (F1) bağlantı kapasitesini aştığı görülmektedir. Ayrıca vida sayısının 3 olduğunda (F2) bağlantı kapasite değerini aşmadığı dolayısıyla sistemin sağladığı görülmektedir (bkz. Şekil 4.45).



Şekil 4.45. 5 adet 3 farklı vidalı bağlantının dayanımı, dikme ve diyagonalden oluşan mafsallı bağlantıların kapasitesi değerleri.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, ahşap yapıların düğüm noktası birleşim tipinin (rijit, yarı rijit ve mafsallı) söz konusu yapının performansına etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu amaçla gerçekleştirilen çalışmada, örnek olarak seçilen Safran Konak CYPE 3D programıyla modellenerek mod birleştirme yöntemine göre yapısal çözümleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra 3 farklı düğüm noktasına birleşimine (rijit, yarı-rijit ve mafsallı) göre *Apf Wood Joint* programı yardımıyla birleşim hesapları yapılmıştır. Gerçekleştirilen bu çalışmadan elde edilen başlıca sonuçlar ve öneriler aşağıda özetlenmektedir.

- 1) Söz konusu örnek yapının düğüm noktasının rijit, yarı rijit ve mafsallı olarak tasarlandığında ahşap elemanlarda farklı kesit yetersizliklerinin meydana geldiği görülmüştür.
- 2) Yapısal çözümlerden döşemelerde oluşan yerdeğiştirmelerin daha çok model 1’de ve sehimlerin ise model 3’te olduğu görülmektedir.
- 3) Deprem etkisindeki yapısal çözümler sonucu x ve y doğrultularındaki yerdeğiştirmenin en fazla model 2’de olduğu görülmektedir.
- 4) Yapı modellerinde x ve y doğrultularında deprem etkisi ile oluşan en fazla dönmenin model 3’ün 4. düğüm noktasında meydana geldiği görülmüştür.
- 5) Yapısal çözümlerden deprem etkisinde x ve y doğrultularında oluşan normal kuvvetlerin x doğrultusunda daha fazla olduğu ve model 1’in 1. düğüm noktasında en büyük olduğu görülmüştür. Y doğrultusunda ise model 2’nin 1. düğüm noktasına etki etmektedir.

- 6) Eğilme momentlerine bakıldığında mafsallı yapının moment aktarmanın çok az olduğunu hatta moment aktarmadığı görülmektedir. Elde edilen bu bulgular örnek olarak seçilen ahşap yapı örneğimizin yarı rijit davranış sergilediğini ve tasarımda yarı rijit tasarlamamanın daha doğru sonuçlar vereceği göstermektedir.
- 7) Dikme-kiriş ve dikme-diyagonal plakalı-vidalı birleşimlerde, dikme-kiriş için dayanım ve kapasite değerlerinin daha fazla ve plaka efektif kesit için kesme ve eğilme değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmüştür.
- 8) Dikme-kiriş ve dikme-diyagonal plakalı-bulonlu birleşimlerde dikme-kiriş için dayanım ve kapasite değerlerinin daha fazla ve plaka efektif kesit için kesme ve eğilme değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmüştür.
- 9) Yapısal çözümlerden plakalı birleşimlerde vida ve bulon kullanımı sonucunda çıkan değerlerin birbirine yakın olduğu görülmüştür.
- 10) Birleşimlerde vida ve bulon yerleştirme düzeninin ve kullanılan sayının, birleşim dayanımı ve yanal yük taşıma kapasitesini etkilediği gözlemlenmiştir.
- 11) Yapısal çözümlerden elde edilen, düğüm noktası birleşimlerinin rijit olarak tasarlanmasının yeterli olmadığını, yarı rijit olarak tasarlamamanın söz konusu yapının davranışını daha doğru temsil ettiğini dolayısıyla daha iyi performans sergilediğini göstermektedir.
- 12) Bu tez çalışmasında örnek olarak seçilen ahşap yapı C24 masif ahşap seçilerek modellenmiş ve yapısal çözümleri gerçekleştirilmiştir. Gelecekteki yapılması düşünülen çalışmalarda farklı ahşap türleri ve sınıfları seçilerek söz konusu yapının modellenerek incelenmesi ve elde edilen bulguların birlikte değerlendirilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

ABTHYE, “Ahşap binaların tasarım, hesap ve yapım esasları”, *Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı*, Ankara, (2024).

Aktaş, Y.D. “Evaluation of seismic resistance of traditional ottoman timber frame houses”, Doktora Tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2011).

Bickford, J. and Nassar, S., “Handbook of Bolts and Bolted Joints”, *Marcel Dekker*, New York, (1998).

Blass, H.L., Aune, P., Choo, B.S., Görlacher, R., Griffiths, D.R., Hilson, B.O., Racher, P. and Steck, G. “Timber engineering step-1” *Deventer*, Hollanda, 356-376, (1995).

Ceylan, A. “Çapraz lamine ahşap panel yapı sistemleri ve birleşim özelliklerinin deneysel incelenmesi”, Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2021).

Dışkaya, H. “19. Yüzyıl İstanbul geleneksel ahşap karkas yapılarında deprem etkisinin sonlu elemanlar yöntemi ile değerlendirilmesi”, Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2011).

Güneş, M.E. “Geleneksel ahşap yapılarda taşıyıcı sistem kurgusunun incelenmesi: Safranbolu örneği”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2014).

İnternet-1: “Rothoblaas”, <https://www.rothoblaas.com>, (2015).

Karabulut, C. “Ahşap birleşim detayları”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2000).

Kırmızı, M., “Ahşap yapıların Eurocode-5’e göre tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bilecik, (2021).

Livingstone, A., “Timber connections”, *Presented at CPD Seminar Structural Timber Engineering*, September, Stirling, (2016).

Meriç, E. “Ahşap bir yapının TS 647 ve Eurocode 5’e göre analizi ve karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Eskişehir Anadolu Üniversitesi ve Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bilecik, (2019).

Okka, M. “Ahşap giriş elemanlarının deneysel olarak dayanımlarının belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Antalya, (2020).

Özcan, F.K. “Construction methods and seismic retrofitting suggestions for vernacular timber houses, case studies of an Istanbul house, Rumah Gadang and Kyomachiya”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, (2022).

Özden Acehan, A. “Yapışma yüzeyi ankrajlı ahşap-ahşap bağlantıların deneysel olarak incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (2021).

Rubio, L.E. “Design of wood connections with dowel type fasteners”, Doktora Tezi, **Polytechnic University Fen Bilimleri Enstitüsü**, Leiria, (2018).

Saatci, M. “Türkiye’de kullanılan farklı tipteki geleneksel ahşap taşıyıcı sistemlerin yapı davranışına etkilerinin karşılaştırmalı incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Karabük, (2020).

Saatci, M., Gürsoy, Ş. and Turcan, Y. (2022), “Investigation of the effects of different types of traditional timber load-bearing systems used in Turkey on building behaviour”, **ICONARP International Journal of Architecture and Planning**,10 (1): 179-202.

Sandhaas, C., Munch Andersen, J. and Dietsch, P., “Design of Connections in Timber Structures”, **Shaker Verlag**, Aachen, (2018).

Sevinç, S. “Ahşap yapı elemanlarının birleşim bölgelerinin doğrusal olmayan analizi”, Yüksek Lisans Tezi, **Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Isparta, (2023).

Soltis, L. and Wilkinson, T., “Mechanical Connections in Wood Structures”, **ASCE**, New York, (1996).

TBDY, “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği”, **Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı**, 30364 Sayılı Resmi Gazete (2019).

TS EN 301, “Yapıştırıcılar-Fenolik ve Aminoplastik-Yük Taşıyıcı Ahşap Yapılar İçin-Görünüm ve Performans Özellikleri”, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (2009).

TS EN 912, “Çelik U-Profilleri-Sıcak Haddelenmiş Yuvarlak Köşeli”, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (1986).

TS EN 1075, “Ahşap yapılar-Deney metotları-delikli metal levha bağlayıcılar ile yapılan birleştirmeler”, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (2005).

TS EN 14545, “Ahşap Yapılar-Bağlantı Elemanları-Gereksinimler”, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (2012).

TS EN 14592, “Ahşap Yapılar-Kırlangıç Kuyruğu Tipi Bağlantı Elemanları-Gerekler”, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, (2010).

Uzun, S. “Tarihi ahşap yapı taşıyıcı sistemlerinin incelenmesi ve Boğaziçi örneği: Amcazade Hüseyin Paşa Yalısı”, Yüksek Lisans Tezi, ***İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul (2018).

Yüncüler, M. “TS 647 ve Avrupa ahşap yapı standardı Eurocode 5’in örneklerle karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, ***Eskişehir Anadolu Üniversitesi ve Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Bilecik, (2019).



ÖZGEÇMİŞ

Şeyma YILMAZ ilk, orta ve lise öğrenimini Karabük’te tamamladı. Karabük Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne 2015 yılında başlayıp 2019 yılında mezun oldu. 2020 yılında Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans eğitimine başlamıştır. Şeyma YILMAZ kendi ofisi Proje720 mühendislikte Proje ve İnşaat Mühendisi olarak görev yapmıştır. Evli ve bir çocuk annesi olan Şeyma YILMAZ orta düzeyde İngilizce bilmektedir.