

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KUTU KESİTLİ BİRLEŞİMLERDE EK KAYNAKLI BAŞLIK
LEVHASININ MOMENT KAPASİTESİNE ETKİSİ**

Emre KÖK

**Danışman
Doç. Dr. Zeki AY**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2015**

©2015 [Emre KÖK]

TEZ ONAYI

Emre KÖK tarafından hazırlanan " **Kutu Kesitli Birleşimlerde Ek Kaynaklı Başlık Levhasının Moment Kapasitesine Etkisi**"adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman	Doç. Dr. Zeki AY Süleyman Demirel Üniversitesi
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Kemal Tuşat YÜCEL Süleyman Demirel Üniversitesi
Jüri Üyesi	Yrd. Doç. Dr. Mustafa SİVRİ Süleyman Demirel Üniversitesi

Enstitü Müdürü **Prof. Dr. Ahmet ŞAHİNER**

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Emre KÖK

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ŞEKİLLER DİZİNİ	ii
SAYFA.....	vi
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	v
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
3.MATERYAL VE YÖNTEM	14
3.1 Materyal	14
3.1.1. Deneysel ve Sayısal Modeller	14
3.1.2. Deneysel modellerin mesnet ve yükleme sistemi	18
3.1.3. Deneysel modellerde veri toplama sistemleri	20
3.2. Sayısal Modeller	22
3.2.1 Ansys Workbench V14 sayısal modelleme yöntemi.....	23
3.3. Çelik Malzeme Özellikleri	27
3.4. Yöntem.....	28
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	31
4.1 Şahit Numune.....	33
4.1.1 DE1, AE1 Analiz sonuçları ve değerlendirilmesi	33
4.1.2 DE2 , AE2 Analiz sonuçları ve değerlendirilmesi	39
4.1.3 DE3 , AE3 Analiz sonuçları ve değerlendirilmesi	44
4.1.4 DE4 , AE4 Analiz sonuçları ve değerlendirilmesi	48
4.1.5 DE5 , AE5 Analiz sonuçları ve değerlendirilmesi	52
4.1.6 DE6 , AE6 Analiz sonuçları ve değerlendirilmesi	56
4.1.7 DE7 , AE7 Analiz sonuçları ve değerlendirilmesi	61
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	66
a) 1.Grup Deneysel analiz sonuçları	67
b) 1. Grup Sayısal analiz sonuçları.....	67
c) 2. Grup Deneysel analiz sonuçları.....	68
d) 2. Sayısal Deneysel analiz sonuçları	68
e) 3. Grup Deneysel analiz sonuçları	68
f) 3. Grup Sayısal analiz sonuçları.....	68
a) 6mm cidar kalınlığı boyutsal kıyaslama	69

a) 8mm cidar kalınlığı boyutsal kıyaslama	69
KAYNAKLAR	70
ÖZGEÇMİŞ.....	72

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KUTU KESİTLİ BİRLEŞİMLERDE EK KAYNAKLI BAŞLIK LEVHASININ MOMENT KAPASİTESİNE ETKİSİ

Emre KÖK

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Zeki AY

Ülkemizde özellikle soğuk hava deposu, pazar yeri, otopark alanı, ve hafif çelik konstrüksiyonun tercih edildiği konut tipi yapılarda kutu kesitli profillerin kullanımı yaygındır. Hafif, kolay bulunabilir ve işlenebilir olması sebebi ile çok sık kullanılan bu tip profiller sahip olduğu kesit özellikleri sebebi ile artıları olduğu kadar dikkat edilmesi gereken eksik yanları da bulunmaktadır. Özellikle eğilme etkisine maruz bırakılan kolon-kiriş birleşimlerinde profiller üzerinde gerçekleşen olası lokal burkulmalar birleşimde ani kapasite kayıplarına sebep olmaktadır. Bu durum kesit, birleşim ve yapı enerji sönümleme kabiliyetini etkilemekte olup yapı güvenliğini tehlikeye sokmaktadır. Ancak ne ülkemizde kullandığımız teknik şartnamelerde ne de imalat kültüründe bu durum göz ardı edilmektedir.

Bu çalışmada, **kutu kesitli birleşimlerde ek kaynaklı başlık levhasının moment kapasitesine etkisi** amaçlanmaktadır. Bu amaçla birleşime eklenen başlık levhasının kolon üzerinde meydana gelen lokal burkulmaların ne oranda önüne geçtiğini, başlık levhasının kolon üzerine birleşiminde kullanılan ek kaynakların davranışa katkısı ve levha boyutlarının birleşim kapasitesi üzerine etkisi incelenecektir.

Anahtar Kelimeler: Türk Deprem Yönetmeliği 2007, Kutu kesitli kiriş-kolonlar, alın levhalı kaynaklı moment aktaran birleşim, süneklik detayı, moment aktaran çelik çerçeve sistemler.

2015, 71 Sayfa

ABSTRACT

MsC. Thesis

WELDED CHORD PLATE EFFECTS ON MOMENT CAPACITY OF HOLLOW SECTION CONNECTIONS

Emre KÖK

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Civil Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Zeki AY

Steel manufacturers use box section of steel profile frequently where used in cold storages , car parks , bazaar , lightweight steel building and these kind of construction in Turkey. The reason of why manufacturer choose box section are to easy provide them and processable. Box section have good feature whereas some features is unuseful. Expecially , they may cause a sudden loose of joint connection when bending moment is in action. Local buckling on column is reason of sudden loose for hollow box section of steel profiles. This case effects that joint and structure damping ability that it may cause life safety problems. There are no regulation of hollow box section steel profile' s connection in Turkish building code yet , also manufacturer ignore this case.

In this study , it is aimed to effect of moment capacity for hollow box section which has additional weld gapped welded connection plate. For this purpose , how this plate's properties effect behavior of T joint connection , local buckling of coloumn proportionaly and capacity of joint.

Keywords: Turkish Earthquake code 2007, Box section beam columns, end plate welded moment resisting connections, ductility details, moment resisting steel frames.

TEŐEKKÖR

Bu araştırma için beni ynlendiren, karŐılaŐtıđım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aŐmamda yardımcı olan değerli Danışman hocam Doç. Dr. Zeki AY'a teŐekkürlerimi sunarım.

Deneysel ve sayısal çalıŐmalarımda yardımlarını esirgemeyen İlyas Devran ÇELİK, Mustafa SİVRİ, Mehmet FENKLİ, Zeynep UZUNHSEYİNOğLU ve Selman AKBAŐ'a teŐekkr ederim.

Emre KÖK
ISPARTA, 2015

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Dikdörtgen kesitli kutu profil (RHS) Vierendeel tipi düğüm noktaları ..5	
Şekil 2.2. Düzlem eğilme durumu için kutu kesitli profilli birleşimde oluşması ...6	
Şekil 2.3. Düzlem içi eğilme durumunda kolon başlığında oluşan plastik şekil.....7	
Şekil 2.4. Mashiri, ve Zhao (2004) kolon başlığında meydana gelen plastik şekil 9 değiştirmeye ait akma çizgisi modeli	9
Şekil 2.5. Feng, ve Young (2011) çalışmalarındaki deneysel modellerin genel görünümü.....	11
Şekil 2.6. Ran Feng, Ben Young (2008) Çalışmalarında Yer Alan Deneysel modellere Ait Şekiller	13
Şekil 3.1. Deneysel Düzenekli Perspektif Görünüşü.....	14
Şekil 3.2. Deneysel Numunesi Boyutları.....	15
Şekil 3.3. Referans numune detayları	16
Şekil 3.4. Alın levhalı giriş kolon birleşim detayları.....	17
Şekil 3.5. Deneysel Çalışmada Kullanılan Mesnet Detayları	19
Şekil 3.6. Yükleme düzenekli ve piston genel görünümü	20
Şekil 3.7. Deplasman ölçer yerleşim planı	20
Şekil 3.8. Gerinim pulu yerleşim planı.....	21
Şekil 3.9. Deneysel model genel görünüm	22
Şekil 3.10. Ansys programı sayısal model genel görünümü	23
Şekil 3.11. Ansys modeli meshlenmiş ayrılmış model genel görünümü	24
Şekil 3.12. Mesnet tanımlaması.....	25
Şekil 3.13. Sayısal model yükleme kolu ve yük etkime şeklinin sayısal modeli ..	26
Şekil 3.14. Çelik malzeme çekme deneyi numunesi.....	27
Şekil 3.15. Çekme deneyi gerilme şekil değiştirme diyagramı.....	28
Şekil 3.16. Birleşim şekli ve birleşimde kullanılan boyutsal parametreler.....	29
Şekil 4.1. DE1 Deneysel öncesi genel görünüm	34
Şekil 4.2. DE1 Yatay yük altında davranışı.....	35
Şekil 4.3. D4 noktası tekrarlı yükleme için yük-deplasman grafiği.....	36
Şekil 4.4. DE1, AE1 Analiz sonucu kıyaslaması	37
Şekil 4.5. Sayısal analiz gerilme dağılımı genel görünüm	38
Şekil 4.6. Sayısal analiz şekil değiştirme dağılımı genel görünümü.....	38
Şekil 4.7. DE2 Deneysel öncesi genel görünüm	39
Şekil 4.8. DE2 Deneysel öncesi genel görünüm	39
Şekil 4.9. DE2 nolu numunenin Yatay yük altında davranışı	40
Şekil 4.10. DE2 nolu numunenin Yatay yük altında davranışı	40
Şekil 4.11. DE2 nolu numunenin yük-deplasman grafiği	41
Şekil 4.12. Sayısal ve Deneysel Yük Deplasman Eğrisi Kıyaslaması	42
Şekil 4.13. Sayısal ve Deneysel Moment Eğrilik Kıyaslaması	42
Şekil 4.14. Sayısal analiz gerilme dağılımı genel görünüm.....	43
Şekil 4.15. Sayısal analiz şekil değiştirme dağılımı genel görünümü	43

Şekil 4.16. DE3 Deney öncesi genel görünüm.....	44
Şekil 4.17. DE3 Deney öncesi genel görünüm.....	44
Şekil 4.18. DE3 Yatay yük altında davranışı	45
Şekil 4.19. DE3 Yatay yük altında davranışı	45
Şekil 4.20. D3 noktası yük-deplasman grafiği	46
Şekil 4.21. DE-3 ve AE-3 Yük-deplasman eğrisi kıyaslaması.....	46
Şekil 4.22. Sayısal ve deneysel analiz moment eğrilik kıyaslaması.....	47
Şekil 4.23. Sayısal analiz gerilme dağılımı genel görünüm.....	47
Şekil 4.24. Sayısal şekil değiştirmiş hal genel görünüm	48
Şekil 4.25. DE4 Deney öncesi genel görünüm.....	49
Şekil 4.26. DE4 Deney öncesi genel görünüm.....	49
Şekil 4.27. DE4 Yatay yük altında davranışı	49
Şekil 4.28. DE4 Yatay yük altında davranışı	50
Şekil 4.29. D4 noktası yük-deplasman grafiği	50
Şekil 4.30. Deneysel ve sayısal analiz yük deplasman eğrileri kıyaslaması.....	51
Şekil 4.31. Deneysel ve sayısal analiz moment eğrilik kıyaslaması	51
Şekil 4.32. Sayısal analiz gerilme dağılımı genel görünüm.....	52
Şekil 4.33. Sayısal analiz şekil değiştirme dağılımı genel görünüm.....	52
Şekil 4.34. DE5 Deney öncesi genel görünüm.....	53
Şekil 4.35. DE5 Deney öncesi genel görünüm.....	53
Şekil 4.36. DE5 Yatay yük altında davranışı	53
Şekil 4.37. DE5 Yatay yük altında davranışı	54
Şekil 4.38. D4 noktası yük-deplasman grafiği	54
Şekil 4.39. DE-5 ve AE-5 Yük-deplasman eğrisi kıyaslaması	55
Şekil 4.40. D4 Noktası Moment Eğrilik Grafiği	55
Şekil 4.41. Sayısal Gerilme Hali Genel Görünüm	56
Şekil 4.42. Sayısal Şekil Değiştirmiş Hal Genel Görünüm.....	56
Şekil 4.43. DE6 Deney öncesi genel görünüm.....	57
Şekil 4.44. DE6 Deney öncesi genel görünüm.....	57
Şekil 4.45. DE6 Yatay yük altında davranışı	58
Şekil 4.46. DE6 Yatay yük altında davranışı	58
Şekil 4.47. D6 noktası yük-deplasman grafiği	59
Şekil 4.48 Sayısal ve deneysel analiz yük deplasman eğrisi kıyaslaması.....	59
Şekil 4.49 Sayısal ve deneysel analiz moment eğrilik kıyaslaması.....	60
Şekil 4.50 Sayısal analiz gerilme dağılımı genel görünüm.....	60
Şekil 4.51 Sayısal şekil değiştirmiş hal genel görünüm	61
Şekil 4.52 DE7 Deney öncesi genel görünüm	61
Şekil 4.53 DE7 Deney öncesi genel görünüm	61
Şekil 4.54. DE7 Yatay yük altında davranışı	62
Şekil 4.55. DE7 Yatay yük altında davranışı	62
Şekil 4.56. D4 noktası yük-deplasman grafiği	63
Şekil 4.57. DE-7 ve AE-7 Yük-deplasman eğrisi kıyaslaması.....	63
Şekil 4.58. D4 Noktası Moment Eğrilik Grafiği	64

Şekil 4.59. Sayısal gerilme hali genel görünüm.....	64
Şekil 4.60. Sayısal şekil değiştirmiş hal genel görünüm	65
Şekil 5.1 Yük deplasman eğrilerinin karşılaştırmalı sunumu	68

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Modellerde kullanılan başlık levhası boyutları ve boyutlara ait parametre değişimleri.....	18
Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan modellerin boyutsal değişkenleri.....	30
Çizelge 4.1. Deneysel ve sayısal modellerin birleşim türlerine göre grup isimleri	31
Çizelge 4.2. Kolon-kiriş, alın levhası-kolon arası kaynak alanları ve taşıma kapasiteleri	32
Çizelge 4.3 İmalatta kullanılan kaynak dikişleri mekanik özellikleri	33

1. GİRİŞ

Günümüzde depreme dayanıklı yapı tasarımında performansa dayalı tasarım ön plana çıkıp kabul görmüş ve bir çok deprem şartnamesinde hükümlerle yer almıştır. Araştırmacılar Kobe ve Northridge depremlerinden sonra yapıların istenilen can güvenliğini sağlamadığını gözlemleyip performansa dayalı tasarım için bir çok çalışma gerektiğinin farkına varmışlardır. Performansa dayalı tasarımın temel prensibi yapıların şiddetli depremler altında kullanım amacı doğrultusuna paralel davranış göstermesidir. Bu tasarım depremden sonra mutlaka ayakta kalması gereken yapılar hariç diğer yapılarda, düşük şiddetli depremlerde önemli hasar almaması, orta şiddetli depremlerde onarılabilir hasar alması ve yüksek şiddetli depremlerde ise can güvenliğini sağlayıp göçme olmaması istenir. Bir yapının deprem altındaki davranışını , depremin yapıya uyguladığı enerjiye karşılık yapının sahip olduğu kinetik enerji arasındaki ilişki belirler. Bu ilişki, enerjiyi sönmüleyebilmek için yapının davranışında etkili olan parametreler yapının sahip olduğu kinetik enerjisi , geri dönen elastik şekil değiştirme enerjisi, geri dönmeyen histerik enerji ve viskoz sönmü enerjisidir. Yapının sönmü enerjisi depremden oluşan enerjiden fazla ise deprem enerjisi yapının enerjisiyle sönmülenir. Fakat yapının sönmü enerjisi depremin oluşturduğu enerjiden küçük ise , bu enerjiler arasındaki fark histerik enerji ile dengelenir. Aradaki bu fark yapının sünekliliğini ifade eder. Yapının sünekliliği (düktilitesi) kadar yapı elemanlarında dayanım kriteri de önemlidir. Sismik tasarımda dayanım azalması olmaksızın rijitliğin artması istenmektedir. Bu istemi çelik yapıların sismik tasarımında önemli ölçüde dönme isteğine izin vermekle sağlayabiliriz. Fakat bu dönmeye izin vermek beraberinde yapı elemanlarında burulma, gevrek kırılma ve lokal burkulma gibi problemleri getirmektedir. Bu problemler depremin yapıdan istediği büyük dönmelere izin vermeden toptan göçmeye sebep olabilir.

İmalatta çelik profillerin sahip olduğu farklı geometriden dolayı çeşitli birleşimler mevcuttur. Bu çeşitlilik beraberinde farklı davranış dolayısıyla farklı enerji düktilitesi meydana getirmektedir. Yapının enerji düktilitesi (P-d) yapı

elemanlarının düktilitesi, dönme düktilitesi ($M-\theta$), toplamının ifadesidir. Bu ifadeyle çelik bir yapının istenilen düktiliteye sahip olabilmesi için yapıyı oluşturan elemanlarda kullanılan levha bulon ve kaynak gibi kriterlerin belirli düktiliteye sahip olması gerekir. Sismik tasarım 1994 Northridge ve 1995 Kobe depremleri ile üzerinde daha detaylı çalışılması gerektiği anlaşılmıştır. Bu depremler incelendiğinde özellikle çelik yapıların hasar sebepleri yapı elemanlarını birleştiren elemanların yeterli dönme özelliği göstermeksizin gevrek kırılma problemiyle yapılarda göçme meydana geldiği görülmüştür. Çelik yapıların birleştirme elemanlarında görülebilecek bu problem bir dizi şeklinde birleştirilen elemanların can güvenliliğini sağlamaması ve yapının depremden sonra kullanılamaması konularında önem arz etmektedir.

Ülkemizde halen yürürlükte olan Türk Deprem Yönetmeliği 2007 yapılara etkiyen enerjiyi, yapının sönümleme kabiliyetinin belirlenmesi için, çeşitli verilere bağlı kalınarak bir yöntem izlenmiştir. Bu yöntem Eş Değer Deprem yükü yöntemidir. Bu yöntemde taban kesme kuvveti V_t , Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı R_a , Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R ve Doğal Titreşim Periyodu T kriter alınarak yaklaşık olarak hesaplanmaya çalışılmıştır. R katsayısı belirlenirken yapının süneklik düzeyine (normal veya yüksek) karar verilmelidir.

TDY-2007'de 4. bölümde bulunan çelik taşıyıcı sistemlerde süneklik düzeyinin yüksek olarak sınıflandırılabilmesi için Bilgilendirme Eki 4A'da moment aktaran kolon/kiriş birleşimleriyle ilgili ek hükümler verilmiştir. Fakat bu bilgilendirme ekindeki hükümler I hadde profilleriyle ilgilidir. Ülkemizde piyasada I profillerin uygulama yaygınlığı gibi kutu profillerin kullanımı da oldukça fazladır. Şu an yönetmeliğimizde kutu profillerin birleşimiyle ilgili herhangi bir hüküm yoktur. Bu sebeple kutu profillerin birleşimleriyle ilgili detay eksikliğinden birleşimlerin davranışı hakkında bir boşluk mevcuttur. Taşıyıcı sistemin süneklik düzeyi tayini mümkün değildir. Bu mana da bu belirsizliğin giderilmesi için araştırma yapılması gerekmektedir.

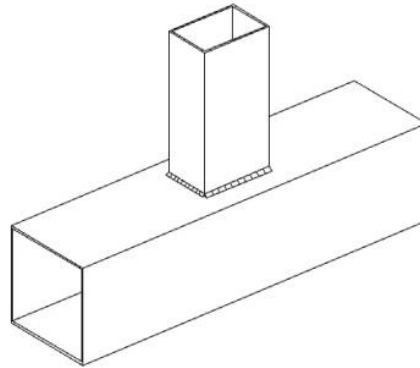
Bu çalışma kutu profillerden imal edilen çelik çerçevesel sistemlerin moment aktaran başlık levhalı kolon-kiriş birleşimlerinin başlık levhası kaynaklanma biçimi için düktilite araştırmasını kapsamındadır. Yönetmeliğin süneklik

düzeyi yüksek sistemlerde öngördüğü 0,04 radyan görelî kat ötelenmesi şartı sağlanarak elemanların boyutları göz önüne alınıp levha boyutlarının ve bu levhanın çeşitli yerlerinden kaynak boşluğu açılarak yönetmeliğin ön gördüğü yüksek sünekliği sağlaması için boyutlama değerleri bilgisayar destekli ve deneysel olarak bulunmaya çalışılmıştır. Sayısal analiz programlarından ANSYS programı ile elde edilen sonuçlar, deney veriler ile karşılaştırılarak değerlendirilmeye çalışılmıştır.

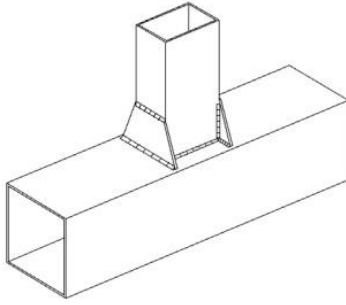
2. KAYNAK ÖZETLERİ

Yapı tasarımında elemanların sünek bir davranış göstermesi amaçlandığı gibi birleşim elemanlarında gevrek kırılma olmaksızın bu davranış göstermesi amaçlanır. Bunun gereği olan, çelik bir çerçevenin birleşimlerinde, malzeme özellikleri geometri ve birleşim detayları kriterleri etkili olmuştur. Bu kriterler birleşimin dönme kapasitesini dolayısıyla sünekliliği belirlenmesinde yardımcı olur. Özellikle Northridge ve Kobe depremlerinden sonra hasar gören çelik yapılar incelendiğinde birleşimler yeterli sünekliliği göstermeyip, gevrek kırılmalardan dolayı yapılar kullanılamaz hale gelmiştir. Bu tespitler, çelik yapıların sismik yapılarında bir çok akademik çalışmaya öncü olmuş olup yapılarda performansa dayalı tasarımın gelişme ihtiyacını beraberinde getirmiştir.

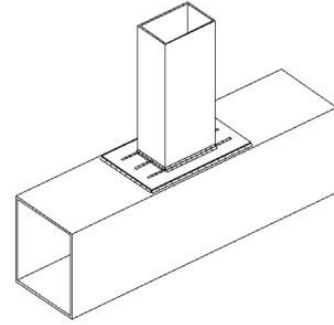
Design Guide3(2009), kutu kesitli profilleri kaynak vasıtasıyla birleştirerek oluşturulan "Vierendeel" tipi makasın elemanları rijit ya da yarı rijit olarak tanımlanmıştır. Bu tanımlama makas sistemin düğüm noktaları ve bu noktalara bağlanan profillerin boyutuna ve birleşim detayına sadık kalarak belirlenmiştir. Bu tip makaslar düğüm noktalarından kesme kuvveti ve eksenel yük taşıdığı gibi eğilme momentine karşılık vererek bileşik eğilmeye izin vermektedir. Bu sebeple moment-dönme ilişkisini ve düktiliteyi araştırma konusunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır.



a) Güçlendirilmemiş kaynaklı birleşim detayı



b) Berkitme levhalı birleşim detayı

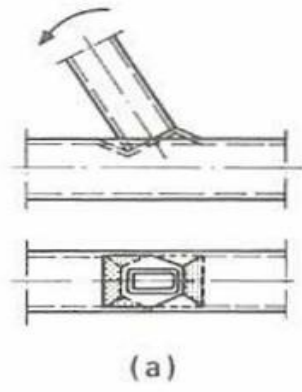


c) Alın levhalı birleşim detayı

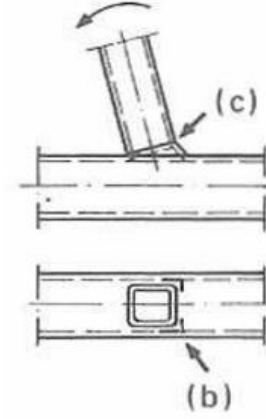
Şekil 2.1. Dikdörtgen kesitli kutu profil (RHS) Vierendeel tipi düğüm noktaları
(Korol et al., 1977)

Düzlem eğime durumu şekil 2.1'de verilen kutu kesitli birleşimler için Duff (1963), Redwood (1965), Cote (1968), Mehrotra ve Redwood (1970), Lazar ve Fang (1971), Wardenier (1972), Mehrotra ve Govil (1972), Staples and Harrison, Brockenbough (1972), Korol (1977), Korol ve Mansour (1979), Kanatani (1980), Korol (1982), Korol ve Mirza (1982), Mang (1983), Davies ve Panjeh Shahi (1984), Szlendak ve Brodka (1985, 1986a, 1986b), Szlendak (1986,1991), Kanatani (1986), ve Yeomans ve Giddings (1988) çalışmışlardır.

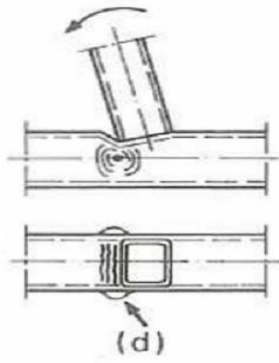
Moment etkisine maruz kalabilen Vierendeel tipi makas elemanları rijit ve yarı rijit olarak tanımlandırabilmek için β (b_1/b_0) katsayısı belirlenmiştir. Bu katsayı, β (b_1/b_0), çapraz/dikme genişliğinin kolon genişliğine oranı olarak tanımlanır. Birleşimin tam rijit tanımlanabilmesi için $\beta=1$ olması, yarı rijit durum için ise bu değer 1'den küçük olduğu durumlar kabul edilmiştir. Bu duruma ek olarak düğüm noktasına şekil 1'de gösterilen rijitleştirme levhaları ile yarı rijit ($\beta<1$) birleşimler rijit bir davranış göstermiştir. Ancak bu levhaların katkı sağladığı gibi kutu kesitli profillerin membran davranış özellikleri sebebiyle profillerde lokal burkulmalar ve mekanizma durumları ortaya çıkmıştır. Kutu kesitli birleşimler için tanımlanmış lokal burulma durumları Eurocode 2003'ün 1-8 kısımlarında belirtilmiştir. Bunlar kolon gövdesinde burkulma ,kolon başlığında burkulma, kirişte aksenal yükten dolayı oluşan kesme, çapraz elemanda burkulma ve düğüm noktasında meydana gelen lokal burkulma hali olarak belirtilmiştir.



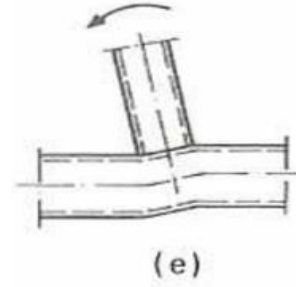
a) Kolon başlığında plastik şekil değiştirme



b) Kolon başlığında kırılma
c) Çapraz/Dikme (Brace) elemanda kırılma



d) Kolon gövdesinde burkulma



e) Kolon panel bölgesi kesme göçmesi

Şekil 2.2. Düzlem eğilme durumu için kutu kesitli profilli birleşimde oluşması muhtemel mekanizma durumları (Wardenier,1982)

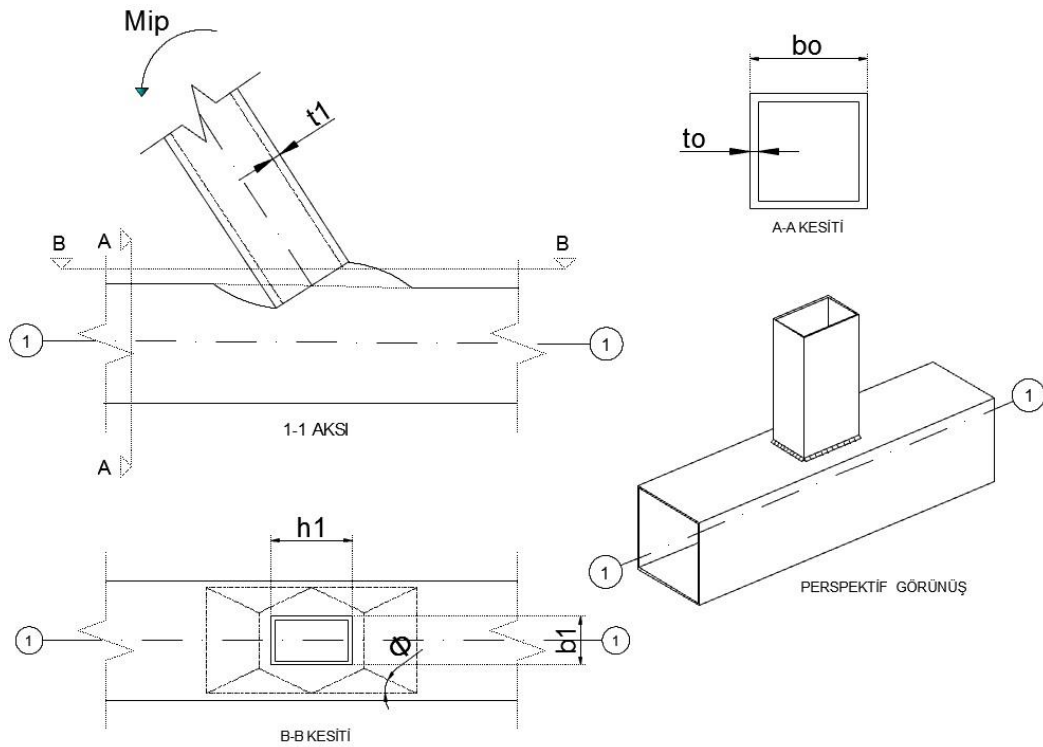
Korel (1977) şekil 2.1 de detaylar için düğüm noktasındaki moment kapasitesini ampirik bir formülle belirlemeye çalışmıştır. Bu formül sayesinde aksel bir yük altında birleşimin tasarımı için limit dayanım dönme veya deformasyon kriterleri ile moment kapasitesi hesaplanır hale gelmiştir.

Şekil 2.2-a'da gösterilen kolon başlığındaki şekil değiştirme için moment kapasitesinin belirlenmesinde şekil 2-3'te belirtilen şekil değiştirme çizgisi sayısal yöntemi kullanılmıştır. β katsayısı kullanılarak hesaplanan ve aşağıda

gösterilen formülasyonda düzlemsel eğilme durumunda membran etkisi ihmal edilmiş olup aynı şekilde malzemede pekleşme ihmal edilmiştir.

$$M^*_{ip,1} = f_{y0} * t_0^2 h_1 \left(\frac{\sin\theta_1}{2n} + \frac{2}{\sqrt{1-\beta}} + \frac{n}{(1-\beta) * \sin\theta_1} \right) * \frac{Q_f}{\sin\theta_1}$$

$$n = \frac{h_1}{b_0} \quad \beta \leq 0.85 \quad \theta_1 = 90^\circ$$



Şekil 2.3. Düzlem içi eğilme durumunda kolon başlığında oluşan plastik şekil değiştirme durumu için kullanılan akma hattı modeli.

Moment kapasitesini hesaplamak için kullandığımız formülde Q_f değeri bir azaltma fonksiyonudur ve deneysel olarak bulunmuştur. Yu (1997) ve Wardenier et al. (2007a).

Şekil 2.2-C'de gösterilen çapraz/dikme elemanda oluşan kırılma durumu için moment taşıma kapasitesi değeri ise şu şekilde formülize edilmiştir. (Wardenier, 1982)

$$M^*_{ip,1} = f_{y1} \left[W_{pl,1} - \left(1 - \frac{b_e}{b_1} \right) * b_1 * (h_1 - t_1) * t_1 \right]$$

$$b_e = \left(\frac{10}{b_0/t_0} \right) * \left(\frac{f_{yo} * t_0}{f_{y1} * t_1} \right) * b_1 \quad b_o \leq b_1$$

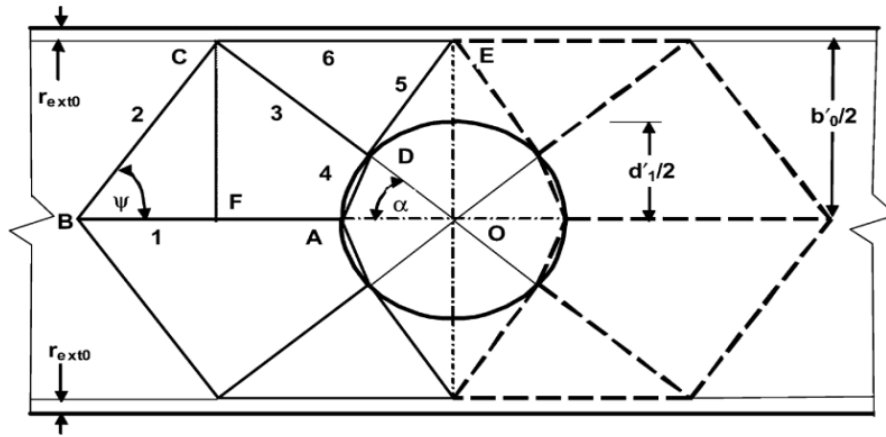
Şekil değiştirmenin kolon gövdesinde meydana geldiği durumda moment kapasitesini hesaplamak için gereken formül her iki elemanın gövde kalınlığını hesaplayacak şekilde düzenlenmiştir. Bunun sebebi yükleme sonucu gerilme dağılımının merkezi dağılması göstermesidir. T tip birleşimde eksendeki eğilme dışında burkulma gerilmesi yerine akma gerilmesi daha kritik olduğu belirtilmiştir.

Zahoo (2000) T tipi kaynaklı kutu kesitli birleşim için limit gerilme ve deformasyon üst limiti belirlenmiştir. T tip birleşim için nihai taşıma kapasitesini kolon başlığına oluşacak deformasyon değeri olarak belirlenmiştir. Bu kapasite β ve t değerlerine (t kolon genişliğinin kolon et kalınlığına oranı) bağlıdır. Birleşimde $0,6 < \beta < 0,8$ ve $2t < 15$ aralığında iken kolon üst başlığındaki limit deformasyon değeri $3\%b_0$ olarak tespit edilmiştir. $0,3 < \beta < 0,6$ ve $2\gamma < 15$ iken limit değer $1,0\%b_0$ olarak verilmiştir. Yapılan deneysel çalışmada kolon başlık burkulması ve çapraz/dikme elemanın lokal burkulma durumları olarak 3 şekilde göçme modları belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca başlık burkulmasının kolon başlığında oluşan membrane etkisinde kuvvet dağılımı ve materyalin akma dayanımına bağlı şekil aldığı bulunmuştur.

Çalışmada yükleme yapılan numunelerin 2γ katsayısı 10,5-50 ve beta 0,3-1,0 arasında yapılmıştır. Sonuçlar gövde ve başlık burkulması adı altında tablolar halinde ayrı ayrı verilmiştir. Sonuçlara göre β katsayısı etkin olmuştur. Burkulma kolon başlığında olduğu durumda β katsayısı 0,8den küçük iken ,

burkulma kolon gövdesinde gözlemlendiğinde β katsayısı 0,8 den büyük olduğu durumlarda görülmüştür.

Mashiri, ve Zhao (2004), yaptıkları çalışma ince et kalınlıklı, 4mm ye kadar, profillerle T tipi birleşimler üzerine olup kutu kesitli kolona kaynaklı dairesel çapraz/dikme eleman kullanılmıştır. Deney sonuçları incelendiğinde eğilme etkisinde çapraz/dikme elemanın nihai yük altında kolon başlığında burkulma oluştuğu gözlenmiştir. Ve bu eğilme durumu Euro Code 3 ve CIDECT yönetmeliklerinde tasarım için bir formül olmadığı ifade edilmiştir. Çalışmada deplasman sınırı için akma çizgisi modeli kullanılmıştır. Akma çizgisi teorisine göre sayısal model kurulup plastik analizi yapılmış ve sonuçları deneysel analizle karşılaştırıldığında sonuçlar birbirleriyle örtüşür olduğu tespit edilmiştir.



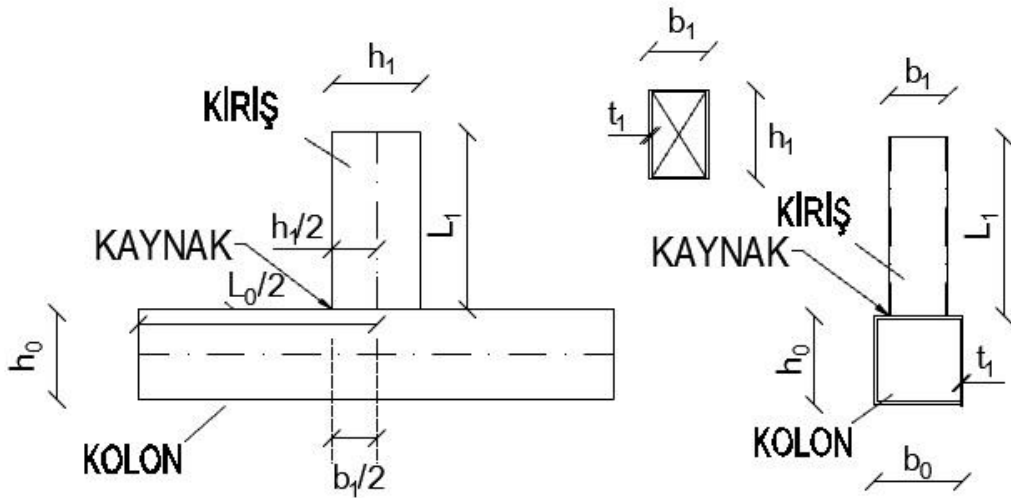
a) Akma çizgisi modeli

Şekil 2.4. Mashiri, ve Zhao (2004) kolon başlığında meydana gelen plastik şekil değiştirmeye ait akma çizgisi modeli

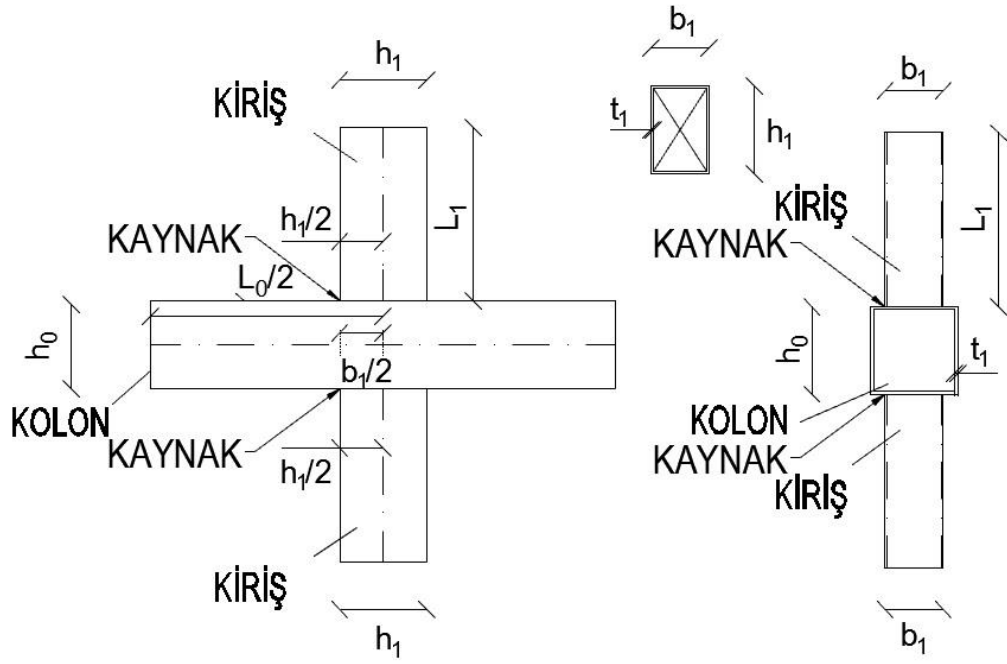
Yapılan deneyin parametrelerindeki değişkenler profillerin kesit ölçüleri ve et kalınlıkları olmuştur. Bu parametreler β oranı olan dairesel kesitli profil çapının kutu profilin genişliğine oranı olarak 0,4-0,34-0,64 , dairesel profilin et kalınlığının kare profilin et kalınlığına oranı 0,77-0,87-0,97 (τ) kare kesitli profil genişliğinin et kalınlığına oranı olarak (2γ) 25-33 değerleri alınmıştır. Deney sonuçlarına göre kolon başlığında meydana gelen burkulma için göçme modu $\beta=0,64$ oranıyla gözlemlenmiştir. Deplasman koşulu için ise kaynakta topuk bölgesinde çekme oluşup yırtılma meydana gelmiş ve sonuçları kolon başlığında

meydana gelmiştir. Kolon başlığında kolon genişlikleri ($1\%b_0$, $3\%b_0$) için elde edilen moment verileri , maksimum moment ve ilk yırtılmanın meydana geldiği andaki moment oranına göre yükleme sonrası servis durumları değerlendirilmeye alınmıştır.

Feng, Young (2011) araştırmalarında kaynaklı t ve x tipi kare ve dikdörtgen kesitli profillerin düğüm noktasının davranışı incelenmiştir.Çalışma iki aşamalı olup sayısal sonlu elemanlar modeli (ABAQUS) ve deneysel model ile yapılmıştır.Bu deney sonuçlarıyla (gerilme , deplasman ve göçme modları) ABAQUS yazılımından alınan sonuçlar ile kalibre edilmiş ve parametreler genişletilmiştir.Deney numunelerinin kolonları genişlik ve derinlikte 40-200mm ve et kalınlıkları da 1,5-6,0mm arasındadır. Çapraz/dikmelerde genişlik 40-150mm ve derinlik 20-200 mm arasında et kalınlığı ise 1,5-6,0 mm aralığındadır.



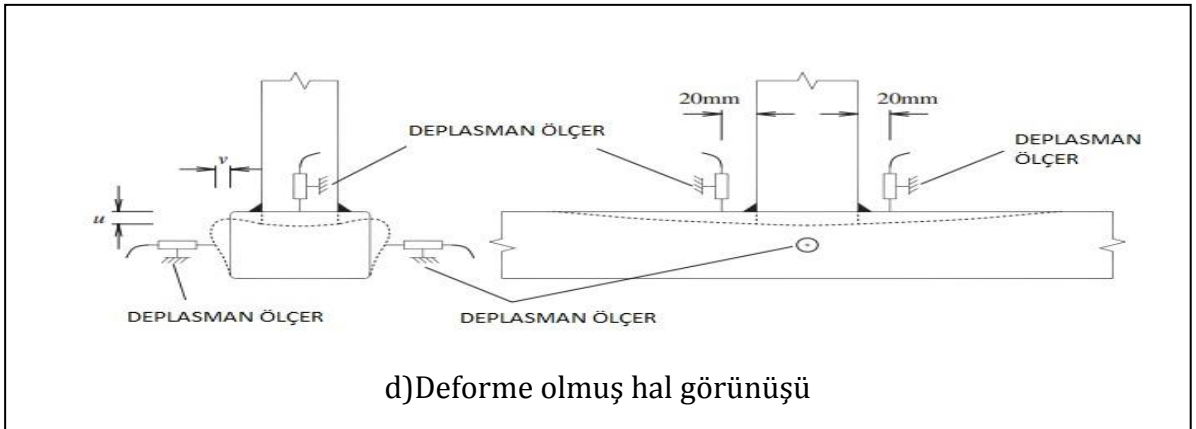
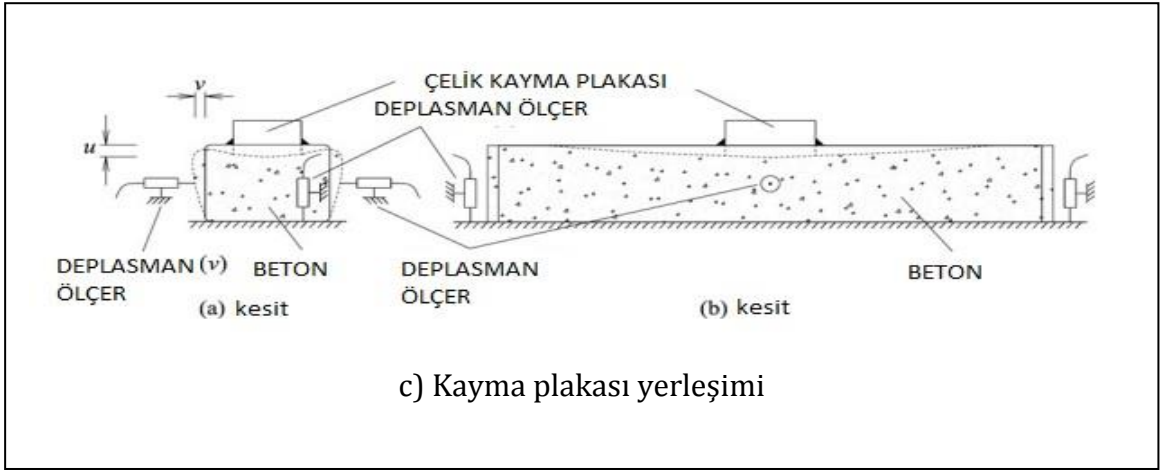
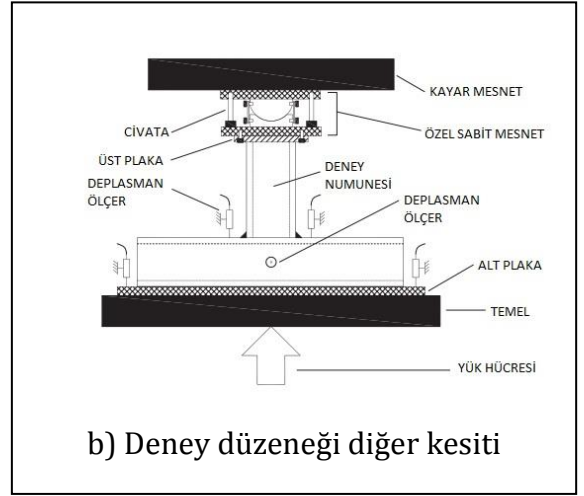
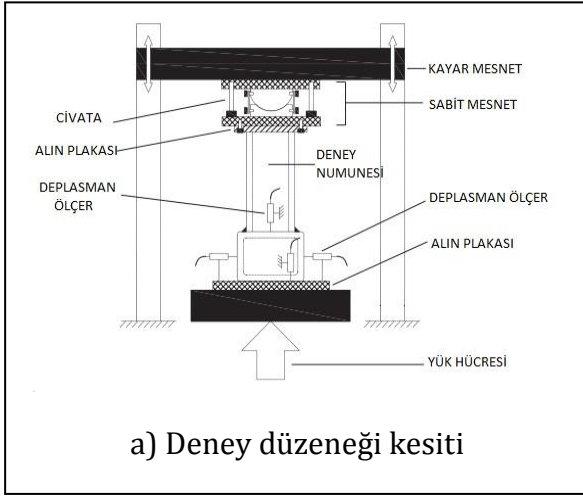
a) T tipi birleşim kesit ve plan görünümü

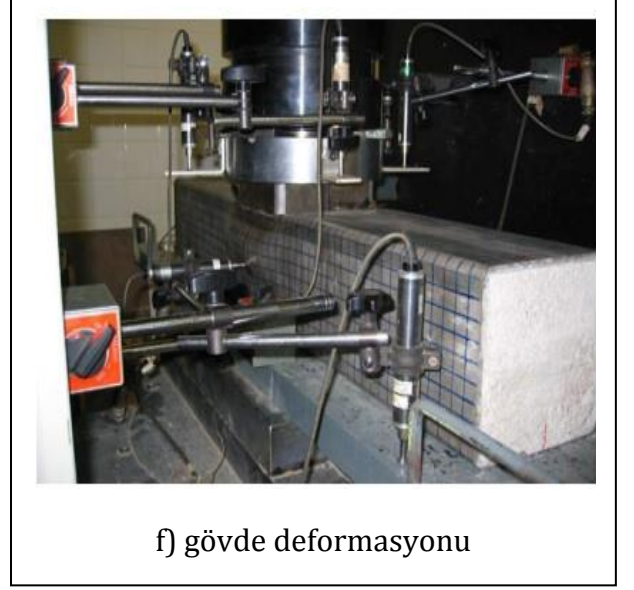


b) X tipi birleşim kesit ve plan görünümü

Şekil 2.5. Feng, ve Young (2011) çalışmalarındaki deneysel modellerin genel görünümü

Ran Feng, Ben Young (2008) deneysel çalışmalarında kutu kesitli dikdörtgen ve kara profillerin aksenal yük altında kaynaklı birleşimin davranışını incelemişlerdir. Yapılan deneyde değişkenler birleştirme elemanı olan kaynak kalınlığı , profillerin boyutları (b,h,t) ve bu boyutların oranları (b/t , h/t) olmuştur. Deney düzeneğinde aksenal yük dikdörtgen kesitli düşey elemana verilmiştir. Düşey ve yatay elemanın birbirine kaynaklanıp birleştikleri noktaya herhangi bir kayma levhası eklenmediği durumda düşey elemanda lokal burkulmalar ve mekanizmalar gözlenmiştir. Mekanizma durumunun oluşmaması için birleşime kayma levhası düşey elemanın içine geçecek şekilde yatay elemana kaynak vasıtası ile birleştirilmiştir. Araştırmacılar deney sonucunda 4 tip davranış tespit edilmiştir. Elemanların tam temas ederek kaynaklandığı durum ile düşey elemanın boyutlarının yatay elemandan küçük olduğu durum için kriterler göz önüne alınmıştır. Buna göre veriler sayısal olarak karşılaştırılabilir hale getirilmiş ve deney sonuçları halen yürürlükte olan çeşitli ülkelerin standartlarıyla (Eurocode Avusturalya CIDECT) karşılaştırma yapılmıştır.





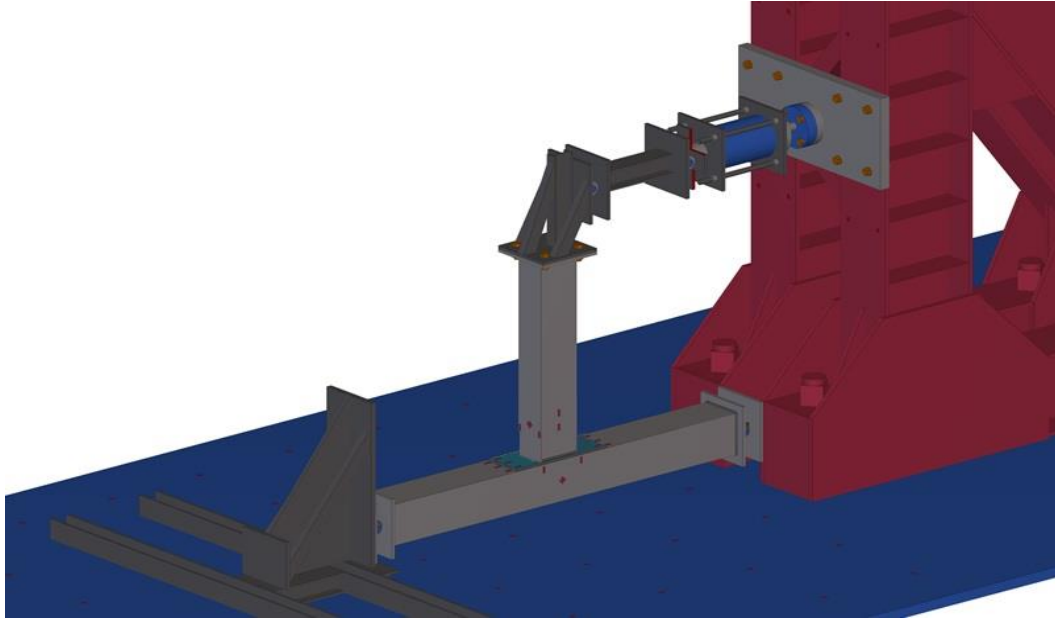
Şekil 2.6. Ran Feng, Ben Young (2008) Çalışmalarında Yer Alan Deneysel modellere Ait Şekiller

3.MATERYAL VE YÖNTEM

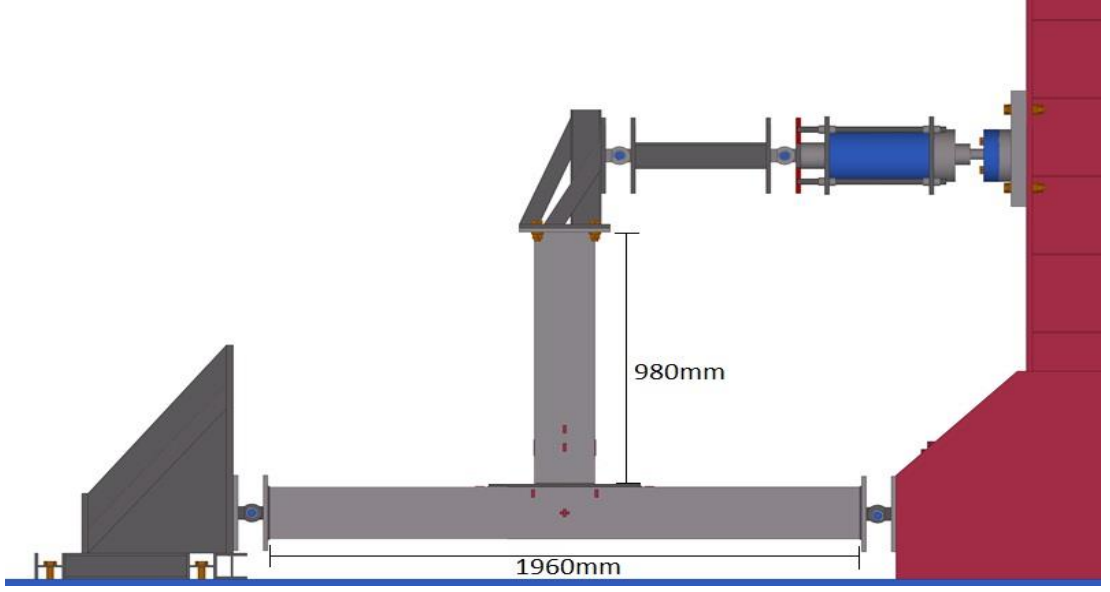
3.1 Materyal

3.1.1. Deneysel ve Sayısal Modeller

Sayısal ortamdaki deney numunesinin deney ortamındaki yükleme ve mesnetlenme şekliyle örtüşmesi için reaksiyon duvarının kullanılması uygun görülmüş ve tam ölçekli imal edilip deneyi yapılmıştır. Malzeme cinsi ST37 olan standart çelik profiller kullanılmış olup kolon profili 200x200x5mm , kiriş kesitleri 100x150x4mm profili kullanılmıştır. Çalışmanın amacı kullanılan başlık levhasının üzerine açılan ek kaynak boşluklarının birleşim moment taşıma kapasitesi üzerine katkısı olması sebebiyle profil boyutları sabit başlık levhası boyutları değişken olarak kullanılmıştır. Deney numunesini oluşturan elemanların boyutları kiriş eleman (düşey)için 980mm ve kolon elemanı için (yatay) 1960mmdir (Şekil3.2). Deney düzeneğinin görünümü şekil 3.1de verilmiştir.

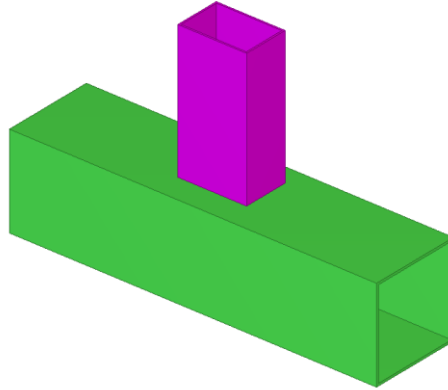


Şekil 3.1. Deney Düzeneği Perspektif Görünüşü



Şekil 3.2. Deney Numunesi Boyutları

Deneysel çalışmada başlık levhasının katkısının belirlenebilmesi için öncelikle referans numune (şekil3.3) , kolon kiriş birleşiminin herhangi bir levha olmadan kaynakla birleştirilip, deneye tabi tutulmuştur. Eğilme etkisi altında oluşabilecek bölgesel burkulma etkilerini giderecek olan farklı boyutlarda alın levhası eklenerek değerlendirme genişletilmiştir.



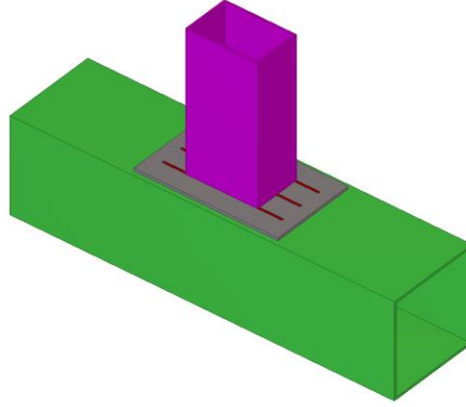
a) Genel görünüm



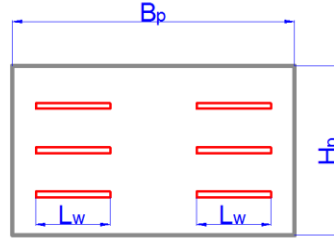
b) Plan ve Kesiti

Şekil 3.3. Referans numune detayları

Çalışmada kolon üzerine kaynaklı olarak birleştirilen başlık levhası yerleşim planı ve görünümleri şekil 3.4 de gösterilmiştir. Rijitleştirme levhası olarak dizayn edilen başlık plakası, kolon üst başlığına hem levha kenarlarından hem de levha üzerinde açılan kaynak delikleri kullanılarak birleştirilmiştir. Şekil 3.4-b kullanılan plakanın boyutsal parametrelere gösterilmiştir. Resimde L_w olarak ifade edilen kısımlar, levhanın kolon üst başlığına bağlanması için açılan kaynak deliklerinin uzunluklarını temsil etmektedir. Plaka üzerinde kullanılan bu ek kaynak dikişleri sayesinde eğilme etkisine maruz kalan birleşimde kolon üst başlığı ile başlık plakasının bir bütün olarak çalışması hedeflenmiştir. Bu sayede kolon et kalınlığında, kullanılan plaka cidar kalınlığı kadar artış sağlanmış olacak, plaka sınırı boyunca kolon dönme serbestliği minimize edilecektir. Tüm plaka boyutlarında L_w boyu değişken iken kaynak deliği genişliği sabit 6mm alınmıştır.



a) Başlık Levhalı Tipik Numune Tipik Genel Görünüşü



b) Plan ve Kesiti

Şekil 3.4. Alın levhalı kiriş kolon birleşim detayları

$A_{kiriş} \times 1400 = 0,7 \times l_{kaynak} \times a_{kaynak} \times 1100$ Birleşimlerde kullanılan kaynak dikişi kalınlığı için 111M125 nolu TÜBİTAK projesinde kutu kesitli profillerde kullanılacak kaynak dikişi kalınlığı için verilen formülasyon kullanılmış olup kaynak dikişi kalınlığı buna göre hesaplanmıştır.

Yukarıdaki denkleme göre kaynak kalınlığının üst sınırı 7 mm bulunmuş deney numunesinde 6 mm olarak uygulanmıştır. Denklemdaki 1400kg/cm^2 ve 1100kg/cm^2 değerleri sırasıyla ST 37 malzeme ve kaynak için alınan emniyet gerilme değerleridir.

Çalışmada kolon üzerinde meydana gelen lokal burkulmaların önüne geçmek ve birleşim moment kapasitesini arttırmak için kullanılan başlık levhasına ait boyut ve bu değişimler göz önünde bulundurularak oluşturulan modeller çizelge 3.1 de gösterilmiştir. Modeller E1, E2... olarak isimlendirilmiştir. Bu kapsamsa her model için bir deneysel birde sayısal model oluşturulmuştur. Deneysel modeller DE1 olarak kodlanırken, sayısal modeller ise AE1 olarak isimlendirilmiştir. Hem sayısal hem de deneysel analizlerde E1 başlık levhasız birleşim olup, şahit numune olarak dikkate alınmıştır.

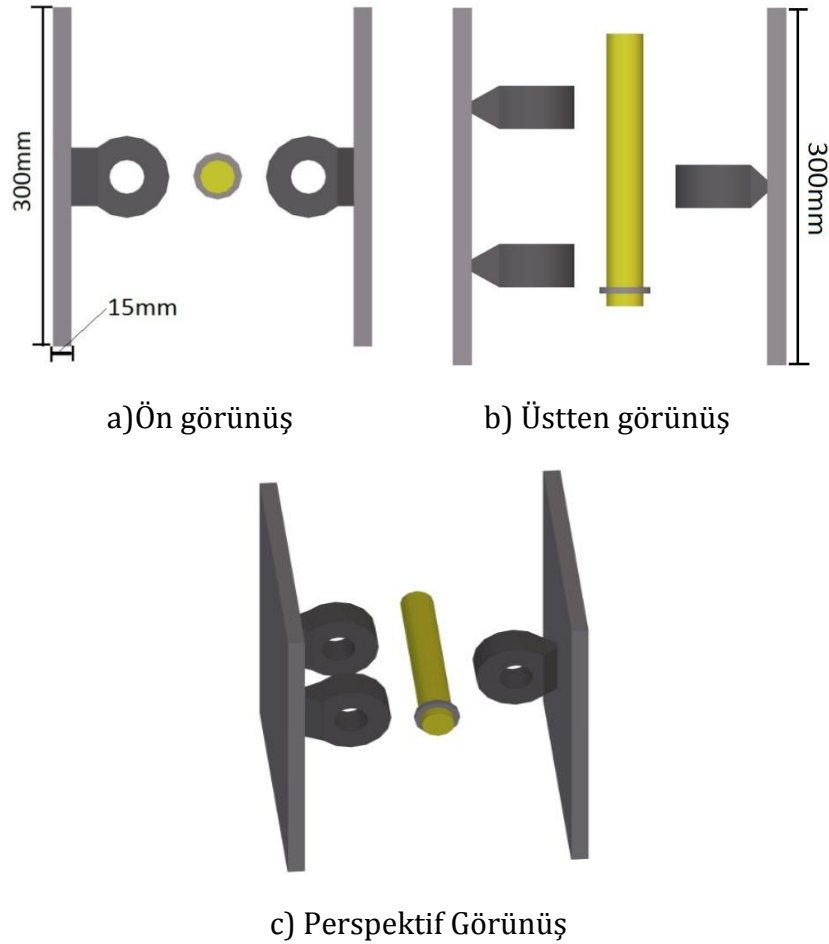
Çizelge 3.1. Modellerde kullanılan başlık levhası boyutları ve boyutlara ait parametre değişimleri

Model No	Kolon (mm)	Kiris (mm)	Başlık Levhası	t (mm)	H _p (mm)	B _p (mm)	L _w (mm)	Kaynak Kalınlığı a(mm)
E1	200*200*5	100*200*4	YOK	-	-	-	-	6
E2	200*200*5	100*200*4	VAR	6	180	300	79	6
E3	200*200*5	100*200*4	VAR	8	180	300	79	6
E4	200*200*5	100*200*4	VAR	6	180	350	91,5	6
E5	200*200*5	100*200*4	VAR	8	180	350	91,5	6
E6	200*200*5	100*200*4	VAR	6	180	400	104	6
E7	200*200*5	100*200*4	VAR	8	180	400	104	6

3.1.2. Deneysel modellerin mesnet ve yükleme sistemi

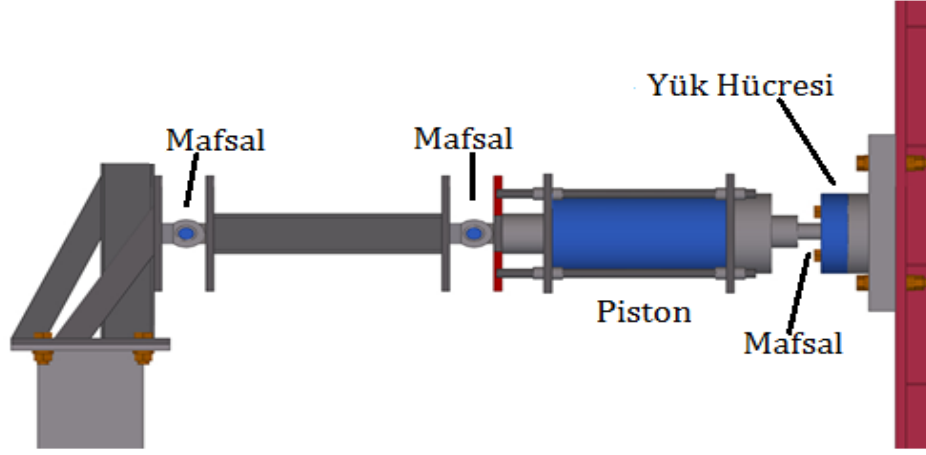
T tipi kaynaklı başlık levhalı birleşim moment aktaran bir birleşimdir. Amacımız düğüm noktasının kapasitesi olması sebebiyle deneysel düzenek de kolon ve

kiriş uçlarını mafsallı modelleyerek kesit tesirlerinin katkısı mümkün olduğunca görülmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda kolon ve kiriş uçlarında 300x300 boyutunda 15mm kalınlığında plakalar ile ucundan mafsallı görevi görecek şekilde tasarlanmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Deneyel çalışmada kullanılan mesnet detayları

Deney numuneleri uçlarından moment aktarmaması amacıyla yükleme kolu ile reaksiyon duvarındaki bağlantıda mafsallı olarak tasarlanmıştır. Yükleme elektrikli hidrolik bir pompa yardımıyla sadece yönü ayarlanarak tersinir olarak yapılmıştır.

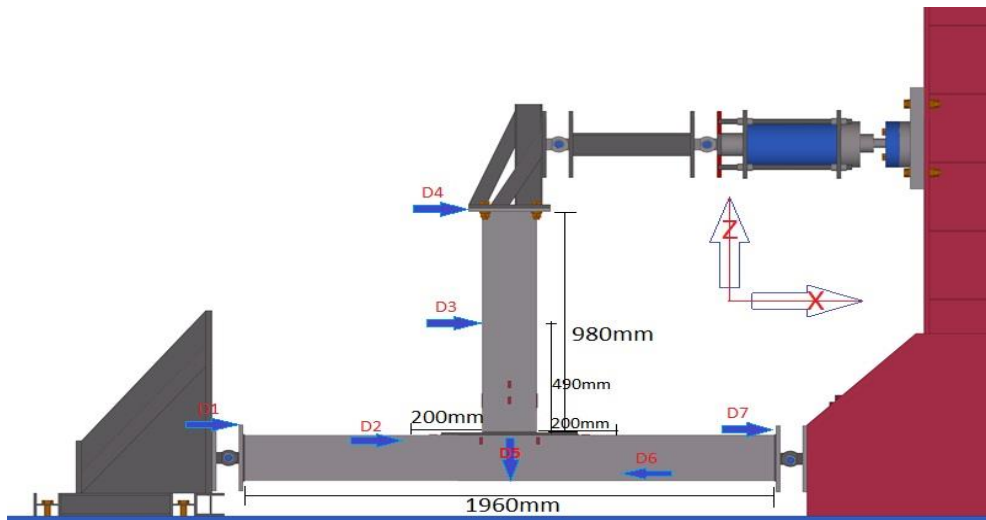


Şekil 3.6. Yükleme düzeneği ve piston genel görünümü

3.1.3. Deneysel modellerde veri toplama sistemleri

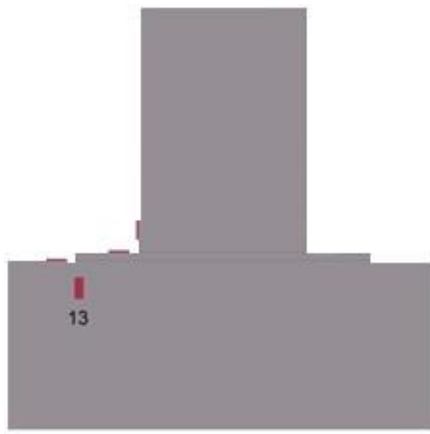
Deneysel analizlerde veri toplama akışı yük, deplasman ve gerinim pulu ölçümleriyle olmuştur. Yük okumasını reaksiyon duvarı ile hidrolik sistem arasındaki yük hücresi ile sağlamıştır.

Sitemin üzerine yerleştirilen deplasman ölçerler sayesinde yük-deplasman eğrisi çizilebilir hale gelmiş ve dolayısıyla birleşim bölgesinin moment-eğrilik ilişkisi yorumlanabilir hale gelmiştir. Deplasman ölçerlerin yerleşim planı şekil 3.8'de gösterilmiştir.

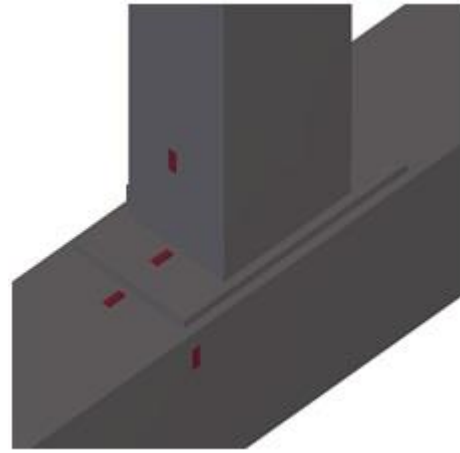


Şekil 3.7. Deplasman ölçer yerleşim planı

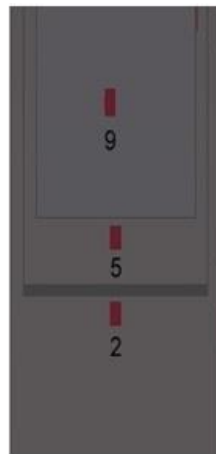
Deney numunesinde meydana gelebilecek gerilme değerlerini tespit etmek için gerinim pulları kullanılmıştır. Gerinim pullarının konumlandırılmasında eğilme etkisi altında oluşabilecek bölgesel burkulmalar etken olmuştur. Gerinim pullarının yerleşiminde kolon üst başlığı, gövdesi, panel bölgesi ve kiriş üzerinde muhtemel lokal burkulma oluşabilecek muhtemel bölgeler seçilmiş ve yerleştirilmiştir. Gerinim pullarından elde edilen değerler sonlu elemanlar yöntemiyle oluşturulan sayısal modelin kalibre edilmesinde ve sonuçların değerlendirilmesinde kullanılmıştır.



a) Ön görünüş yerleşim planı



b) Genel görünüm

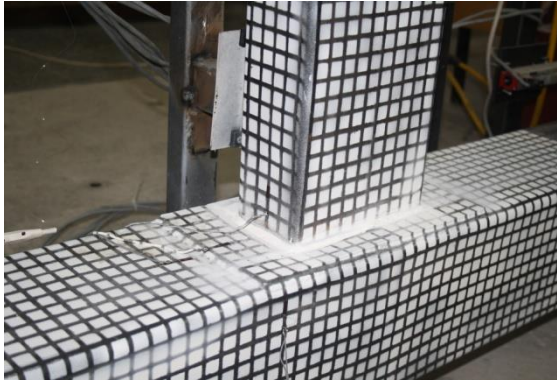


a) Soldan görünüm

şekil 3.8. Gerinim pulu yerleşim planı



a) Deneysel model genel görünüm



b) Gerilim pulu yerleşim şekli



c) Piston genel görünümü

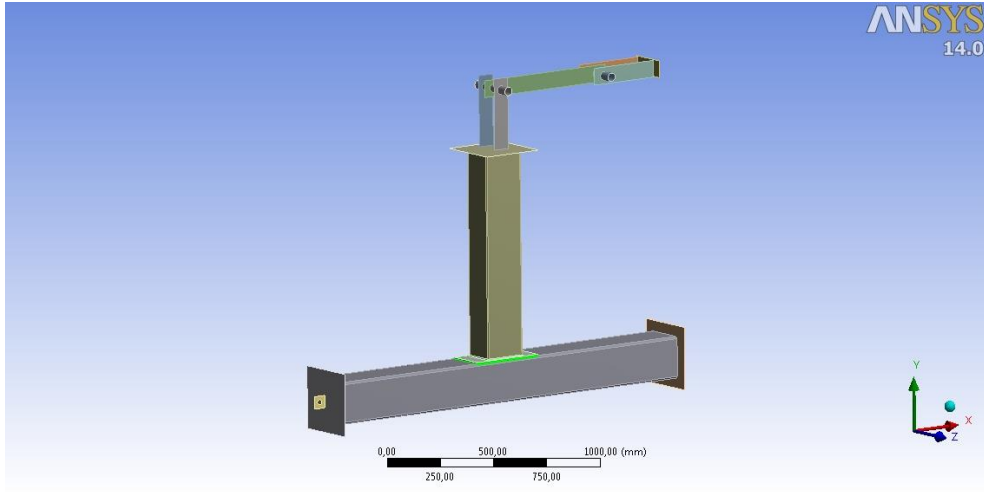
Şekil 3.9. Deneysel model genel görünüm

3.2. Sayısal Modeller

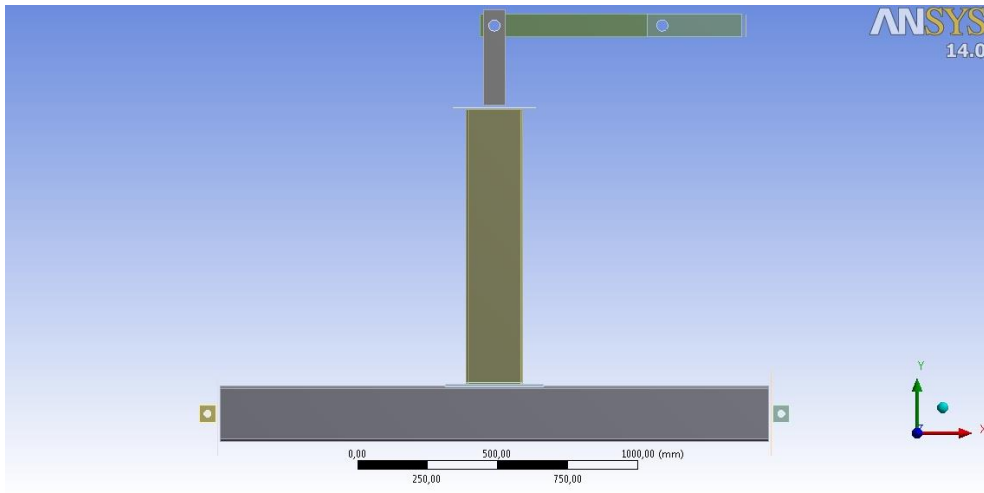
Deneysel çalışmada kullanılan her numune için bir sayısal model oluşturulmuş olup Ansys WorkBench V14.0 sonlu eleman analiz programı kullanarak analiz edilmiştir.

3.2.1 Ansys Workbench V14 Sayısal Modelleme Yöntemi

Modeller sonlu elemanlar yazılımlarından olan Ansys Workbench v14 ile analiz edilmiştir. Ansys yazılımı nonlineer analizi, hem malzemeyi hem de geometriyi nonlineer olarak yapabilmektedir. Bu sebeple profil, kaynak, mesnet levhaları nonlineer malzeme özellikleri olarak modellenmiştir. Modelde shell eleman olarak kolon, kiriş yükleme kolu ve mesnet levhaları , alın levhası ve kaynaklar ise solid eleman olarak modellenmiştir. Şekil 3.13'de sayısal model resmi verilmiştir.



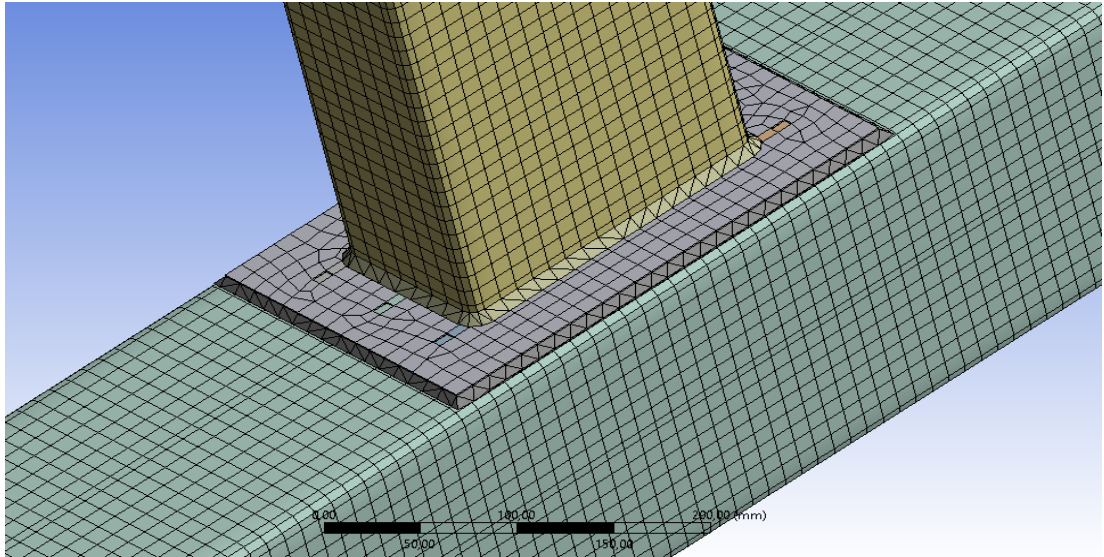
a) Sayısal model genel görünüm



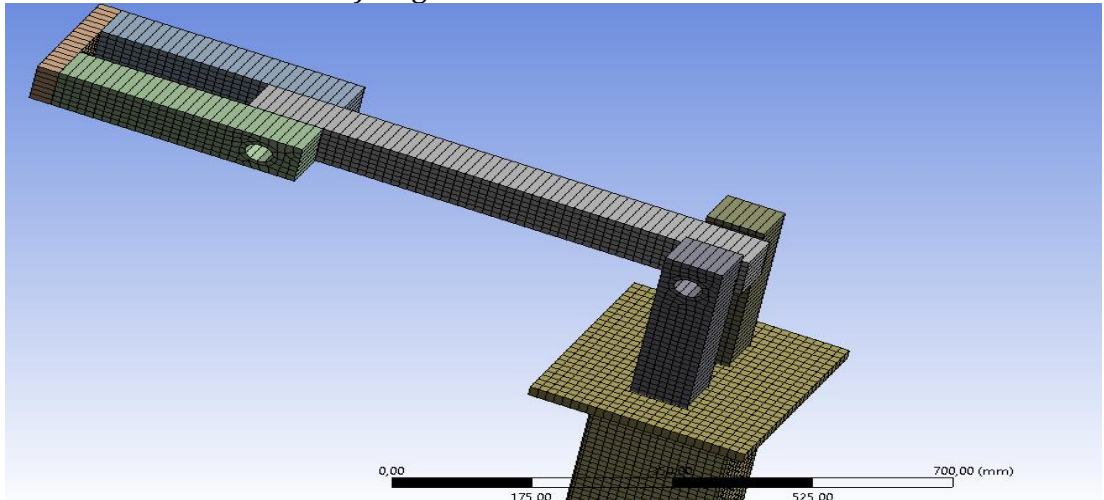
b) Sayısal model kesit görünüm

Şekil 3.10. Ansys programı sayısal model genel görünümleri

Analiz sonuçları daha gerçeğe yakın olması için modelleme evresinde, elemanların mesh kalitesinin yüksek olması zorundadır. Bu mesh kalitesinin yüksek olması için ise meshlemenin olabildiğince geometrisinin düzgün olması ve yeterli sayıya ulaşması gerekir. Mesh kalitesinin düşük olduğu takdirde yük aktarımı süreksiz olur ve kesin sonuçtan uzaklaşılır. Bölme işlemi eğer çok sık yapılırsa sonuç değişimi olmayacağı gibi eleman sayısı ve düğüm sayısı artacağı için çözüm süresi uzayacaktır. Bunun için uygun aralıkta bir meshleme işlemi yapılması gerekmektedir. Yapılan çalışmada Ansys programı için uygun mesh aralığı 24000-25000 arasında yakalanmış ve analizler bu aralıkta yapılmıştır. Meshleme işleminin istenildiği gibi yapıla model Şekil 3.14'te verilmiştir.



a) Düğüm noktası mesh modeli



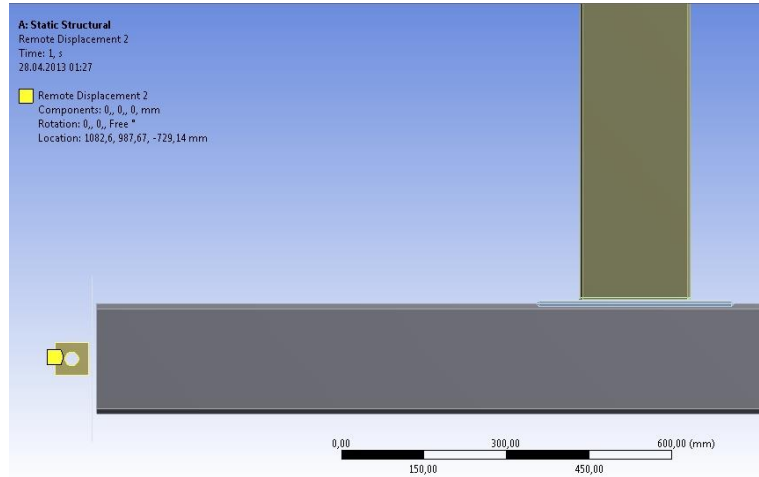
b) Yükleme kolu mesh modeli

Şekil 3.11. Ansys modeli meshlenmiş ayrılmış model genel görünümü

Elemanların solid ve shell olarak tanımlanmasının sebebi sahip oldukları geometridir. Ansys yazılımında modelleme yapılırken elemanlar shell ve solid eleman olarak bir arada tanımlanmıştır.

Yapılan çalışmanın kapsamı kaynak etkisinden ziyade düğüm noktasının genel davranışdır. Literatürde birçok çalışmada bu gibi birleşimlerde kaynak dikişlerini dikkate almamış yapı elemanlarını birbirine direkt bağlantısını yapmıştır. Çünkü bu gibi sünekliği incelenen birleşimlerin elemanlarının davranışı kaynaktan daha önemli olduğu söylenmiştir. Eğer birleşim davranışı yerine kaynak dikişlerinin davranışını incelemek istendiğinde “fracture-mechanizm” (kırılma mekanizması) metodolojisi kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Bu çalışmada kırılma mekanizması metodolojisini kullanılmamış birleşim genel davranışı incelenmiştir.

Numunelerde mesnetlerin-reaksiyon duvarı bağlantılarında Z eksenini etrafında dönme serbestliği bulunan fakat diğer yönlerde sınırlandırılmış olan sabit mesnet tanımlanmıştır. Bu durum Ansys programında “remote displacement” komutu kullanılarak oluşturulmuştur. Şekil 3.15'te gösterilmiştir.

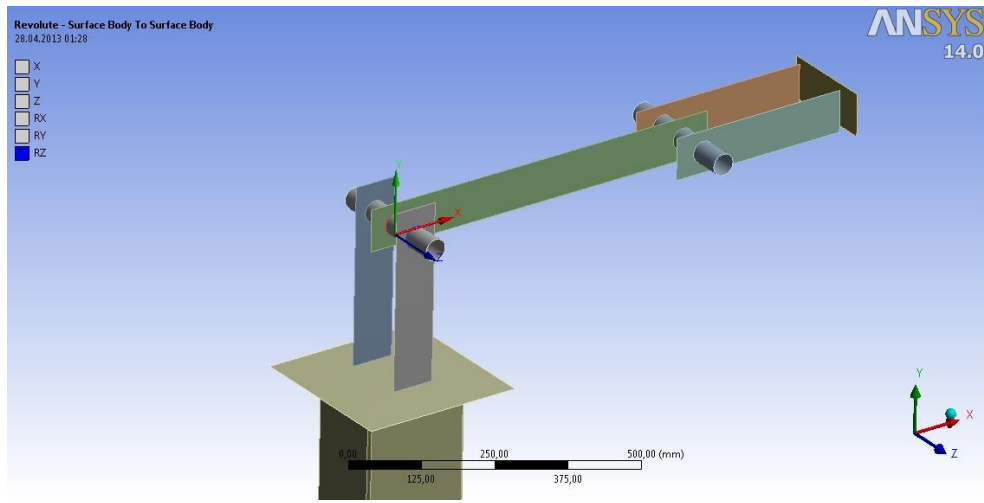


Şekil 3.12. Mesnet tanımlaması

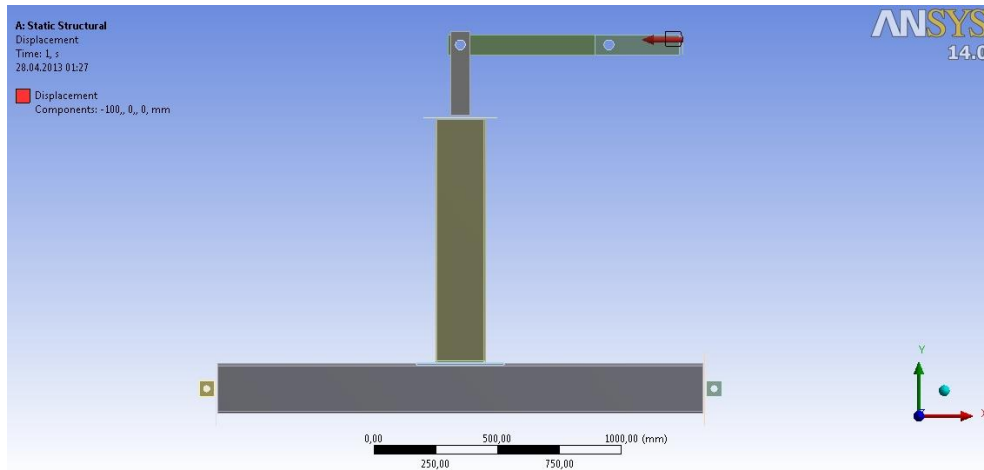
Deneysel analiz numunesinde kolonlar başlık levhalarına kaynaklı olarak rijit birleştirilmiştir. Modelde de bu şekilde rijit bir davranış göstermesi için iki

yüzeyi (kolon-kolon başlık levhası) birbirine yapıştıracak olan "bonded" komutu ile birleşimlerin birbirine bağlantısı sağlanmıştır.

Sayısal analizde gerçek yükleme koşullarını yansıtabilmek amacıyla, deneysel analizde kullanılan yükleme kolu sayısal modelde birebir tanıtılmıştır (Şekil 3.16). Modelin nonlinear burkulma analizi için alogaritma öncelikle lineer burkulma üzerinden başlanmış ve en uygun burkulma modu tanımlanmıştır. Şekil değiştirmiş hal üzerinden nonlinear malzeme etkileri dikkate alınarak nonlinear sayısal analizi de yapılmıştır.



a) Yükleme kolu bağlantısı tanımlaması "Revolute Joint"

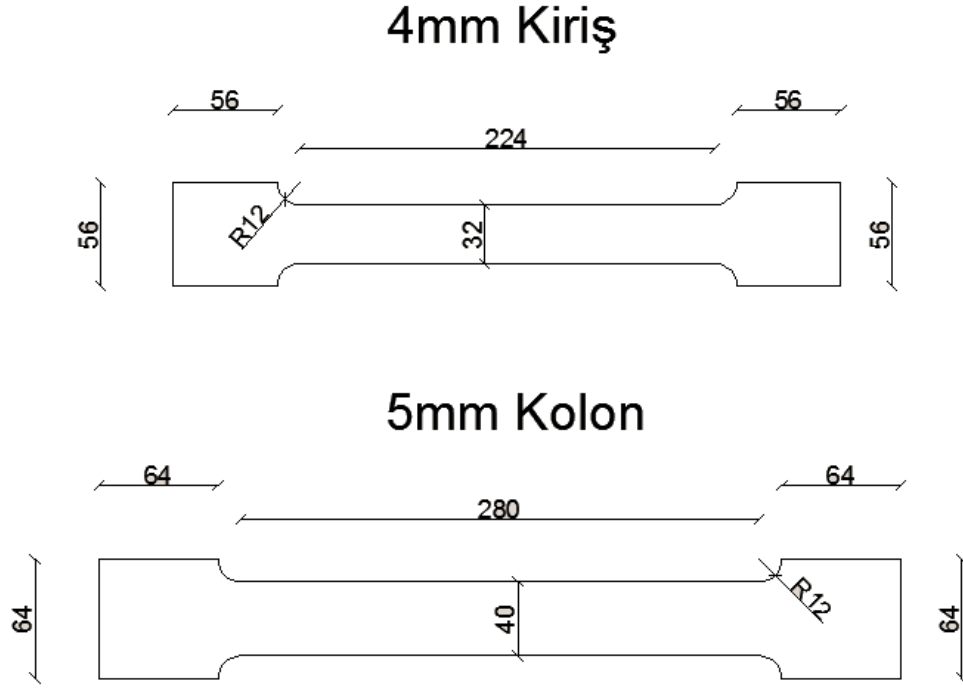


b) Yükleme kolu deplasman tanımlaması

Şekil 3.13. Sayısal model yükleme kolu ve yük etkime şeklinin sayısal modeli

3.3. Çelik Malzeme Özellikleri

Numunelerde kullanılan yapısal çeliğin mukavemet özelliklerini tanımlayabilmek için standardına uygun çekme deneyi yapılmıştır. Çekme deneyi numuneleri Şekil 3.17’de gösterildiği şekilde ve ölçülerdedir. Numune ölçülerinin çıkartılmasında TS EN ISO-6892-1 “Metalik Malzemeleri; Çekme Deneyi” standardındaki esaslar kullanılmıştır.

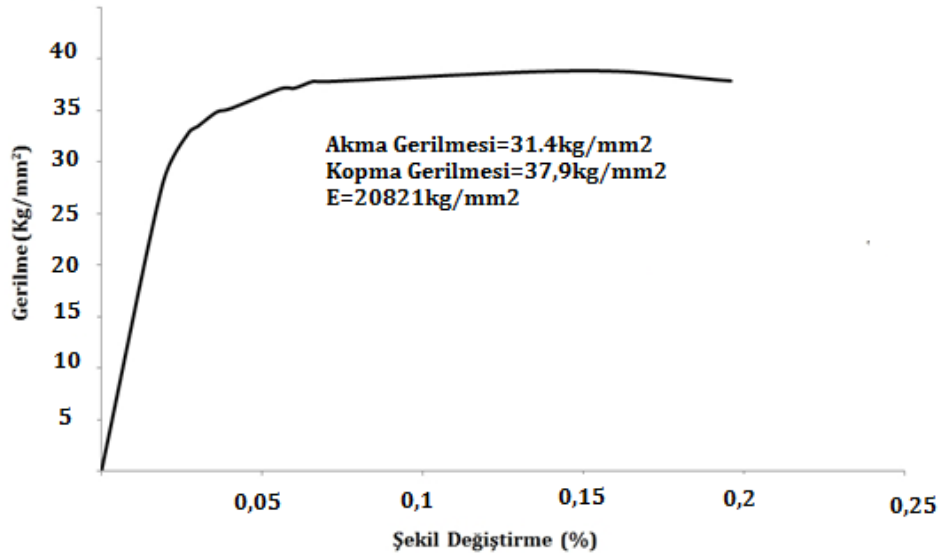


Şekil 3.14. Çelik malzeme çekme deneyi numunesi

Çekme deneyi sonrası numunelerin deney sonrası görünümleri verilmiştir. Deney numenlerinden alınan örneklerin çekme deneyi sonrası elde edilen idealleştirilmiş gerilme şekil değiştirme diyagramı verilmiştir. Çekme deneyi sonucu elde edilen akma ve kopma değerleri sayısal analizde de kullanılmıştır.



a) Deney sonrası numuneler

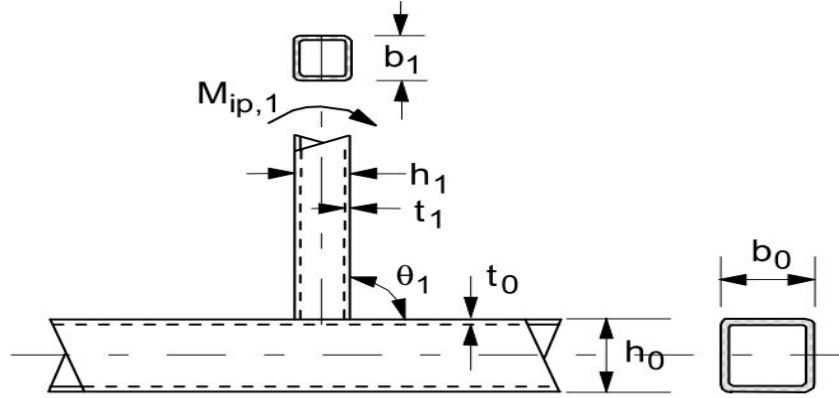


Şekil 3.15. Çekme deneyi gerilme şekil değiştirme diyagramı

3.4. Yöntem

Kutu kesitli profiller kullanılarak imal edilen birleşimler eğilme etkisine maruz kaldığında düğüm noktalarında, elemanlarda lokal şekil değiştirmeler meydana gelmektedir. Bu şekil değiştirmeler birleşimin rijit yada yarı rijit bir davranış göstermesinde öncüdür. Yapılan çalışmalarda kolon üzerinde meydana gelen lokal burkulma etkilerinin birleşim davranışı üzerinde etkin rol oynadığı vurgulanmıştır. Halen yürülükte olan uluslararası yönetmeliklerde (CIDECT ve Euro Code 3 Part 8'de) rijit ve yarı rijit tanımlamalar belirtilmiştir. Bu tanımlamayı ampirik formüller kullanarak yapmışlardır. Bu formüller

kullanılarak birleşimin nihai taşıma kapasiteleri belirlenmeye çalışılmıştır. Şekil 3.16'te CIDECT ve EuroCode yer alan birleşim gösterilmiştir.



Şekil 3.16. Birleşim şekli ve birleşimde kullanılan boyutsal parametreler.

CIDECT ve Euro Code yönetmeliklerinde yer alan formüllerde kullanılan katsayılar kiriş genişliğinin kolon genişliğine oranı olan β , kolon cidar kalınlığının kolon derinliğine oranı olan γ orantısal katsayılardır. Bu katsayılar birleşimlerin rijitlik tanımlamaları için yapılmıştır. β katsayısının aldığı değere bağlı olarak kolon üzerinde meydana gelen şekil değiştirmelerin başlık, gövde yada her ikisinde birden oluşması durumudur. Genel ifade ile $\beta=1.0$ iken birleşim rijit bir davranış göstermekte ve kolon üzerinde hem başlık da hem de gövde de şekil değiştirme tespit edilmiştir. $\beta < 0,9$ olduğunda ise birleşim yarı rijit davranış göstermekte ve şekil değiştirme sadece kolon başlığıyla sınırlı kalmakta olduğu vurgulanmıştır. Birleşimlerin nihai moment kapasitelerin hesaplanması için ampirik formül aşağıda verilmiştir.

a) Şekil değiştirme kolon üst başlığında iken

$$M_{ip,1} = f_{y0} t_0^2 h_1 \left(\frac{\sin \theta_1}{2\eta} + \frac{2}{\sqrt{1-\beta}} + \frac{\eta}{(1-\beta)\sin \theta_1} \right) \frac{Q_f}{\sin \theta_1}$$

$$\eta = \frac{h_1}{b_0}, \quad \beta = \frac{b_1}{b_0}, \quad \beta \leq 0.85, \quad \theta_1 = 90^\circ$$

b) Çapraz/Dikme, Kiriş elemanda kırılma durumu için

$$M_{ip,1} = f_{y1} \left[W_{pl,1} - \left(1 - \frac{b_e}{b_1} \right) b_1 (h_1 - t_1) t_1 \right]$$

$$b_e = \left(\frac{10}{b_0/t_0} \right) \left(\frac{f_{y0}t_0}{f_{y1}t_1} \right) b_1 \quad , \quad b_e \leq b_1, \quad 0,85 \leq \beta \leq 1,0$$

c) Şekil değiştirme kolon gövdesinde iken

$$M_{ip,1} = 0,5f_k t_0 (h_1 + 5t_0)^2 Q_f$$

$$\beta = 1,0$$

Yapılan bu çalışmada yarı rijit kabul edilen birleşime eklenecek rijitleştirme levhaları ile rijit bir davranış sergilemesi hedeflenmiştir (CIDECT). Bu levhalar başlık levhası ve berkitme levhalarıdır. Güçlendirilmiş birleşimin β katsayısı hesabı farklılık gösterip başlık levhası genişliğinin (H_a) kolon genişliğine oranı dikkate alınmış ve β_a olarak isimlendirilmiştir. γ katsayısı farklı olarak kolon et kalınlığı et kalınlığı ile başlık levhasının toplamı kolon derinliğine oranı alınmış ve γ_a olarak isimlendirilmiştir. Oluşturulan deneysel ve sayısal modellerden elde edilen analiz sonuçları CIDECT 'deki nihai moment kapasitesinin ampirik formüllerinden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiş ve eklenen levhali düğüm noktaları için rijitlik tanımlaması yapılmaya çalışılmıştır. Hesaplanan β ve γ katsayıları Çizelge 3.2'de gösterilmiştir. CIDECT'teki hesaplanan eşik değerlerle birlikte rijitlik tanımlaması sayısal analizlerde elde edilen sonuçlar ve çizelgedeki hesaplanan katsayı oranlarına göre için belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada ek levhaların birleşime katkısı belirlenebilir olmuştur.

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan modellerin boyutsal değişkenleri

Sıra	Deney No	ORANTISAL KATSAYISI		ORANTISAL KATSAYI	
		β (b_1/b_0)	γ (b_0/t_0)	β_a (H_a/b_0)	γ_a ($b_0/t[0+a]$)
1	DE1	0,5	40	-	40,00
2	DE2	0,5	40	0,9	18,18
3	DE3	0,5	40	0,9	15,38
4	DE4	0,5	40	0,9	18,18
5	DE5	0,5	40	0,9	15,38
6	DE6	0,5	40	0,9	18,18
7	DE7	0,5	40	0,9	15,38

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Tez kapsamında yapılan analizler 3 grup altında toplanmış ve bu guruplar için tüm sayısal ve deneysel analizler tamamlanmıştır. Bu bölümde, yapılan analizler sonucunda elde edilen veriler kendi içlerinde ve birbirleri ile kıyaslamalı olarak değerlendirilecektir. Bölüm kapsamında sunulan grafiklerde ve tablolarda her deney ve sayısal analiz modelleri ayrı ayrı isimlendirilmiş elde edilen veriler bu isimlendirmeye göre düzenlenmiştir. Grafiklerde ve tablolarda kullanılan modellere ait parametreler ve isimler Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Deneysel ve sayısal modellerin birleşim türlerine göre grup isimleri

Grup	Deneysel Model	Sayısal Model	Kolon (mm)	Kiris (mm)	Alın Levhası	t (mm)	H _p (mm)	B _p (mm)	L _w (mm)	Kaynak Kalınlığı a(mm)
Şahit Numune	DE1	AE1	200*200*5	100*200*4	YOK	-	-	-	-	6
1.Grup	DE2	AE2	200*200*5	100*200*4	VAR	6	180	300	79	6
	DE3	AE3	200*200*5	100*200*4	VAR	8	180	300	79	6
2.Grup	DE4	AE4	200*200*5	100*200*4	VAR	6	180	350	91,5	6
	DE5	AE5	200*200*5	100*200*4	VAR	8	180	350	91,5	6
3.Grup	DE6	AE6	200*200*5	100*200*4	VAR	6	180	400	104	6
	DE7	AE7	200*200*5	100*200*4	VAR	8	180	400	104	6

Çizelgede yer alan şahit numune analiz sonuçları, diğer analiz grupları için alt sınır niteliğindedir. Çalışmada kullanılan tüm birleşimler kutu kesitli profil kullanılarak kaynaklı olarak dizayn edilmiştir. Birleşimlerin taşıma kapasitesinin sayısal ve deneysel analizlerden elde edilen verilere ışık tutması amacıyla birleşimde kullanılan kaynak alanı için kaynak taşıma kapasiteleri Çizelge 4.2'de ifade edilmiştir. Tabloda ifade edilen kesme kuvveti değeri deney düzeneğinde yatay yükün sisteme dahil edildiği mekanizma (kuvvet kolu) ile

kiriş boyu toplamını, moment kolu olarak dikkate alınmış olup, (L= 128cm) kuvvet değeri buna göre hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2. Kolon-kiriş, alın levhası-kolon arası kaynak alanları ve taşıma kapasiteleri

	Kaynak Alanı (cm ²)	Mukavemet Momenti (cm ³)	Maks. Moment (kg.cm)	Maks. Kesme Kuvveti (kg)
Şahit N.	21,36	132,4	144708	1138
1.Seri	21,36	132,4	145707	1138
	43,44	270,1	298102	2321
2.Seri	21,36	132,4	146703	1138
	43,44	270,1	299803	2321
3.Seri	21,36	132,4	146708	1138
	43,44	270,1	297101	2321

Bu çalışma 111 M 125 nolu Tübitak projesinin devamı nitindedir. Aynı tipte birleşim detayının ve profillerin kullanıldığı Tübitak projesinde kutu kesitler ile ilgili elde edilen veriler bu çalışmada da dikkate alınmıştır.

Bu sebeple birleşimde kullanılan kaynak dikişi kalınlığı ($A_{kiriş} \times 1400 = 0,7 \times l_{kaynak} \times a_{kaynak} \times 1100$) denkleminde ki eşitliğe göre bu birleşim için maksimum kaynak kalınlığı 7mm olarak belirlenmiştir. Birleşimi meydana getiren yapısal elemanların (kolon, kiriş, alın levhası, berkitme levhası) et kalınlıkları da dikkate alınarak kaynak dikişi kalınlığı 6mm alınmış ve devam eden deneysel analizler bu değer kullanılarak oluşturulmuştur.

Çizelge 4.3'te imalatta kullanılan kaynak dikişlerinin mekanik özellikleri verilmiştir. Çizelgede tanımlanan bu değerler sayısal analizlerde kaynak dikişlerinin modellenmesinde kullanılmıştır. (Değerler kullanılan gaz altı alaşımsız kaynak telinin fabrika verileridir.)

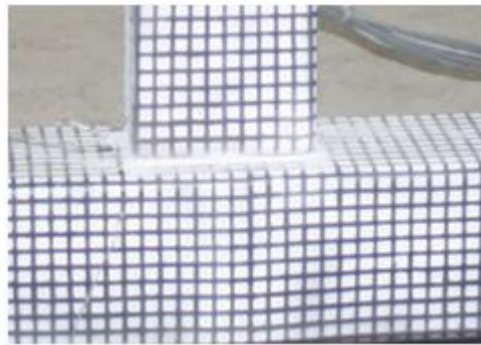
Çizelge 4.3 İmalatta kullanılan kaynak dikişleri mekanik özellikleri

Akma Gerilmesi (kg/mm ²)	Kopma Gerilmesi (kg/mm ²)	Uzama (%)	Elastisite Modülü (kg/mm ²)
46	59	28	21000

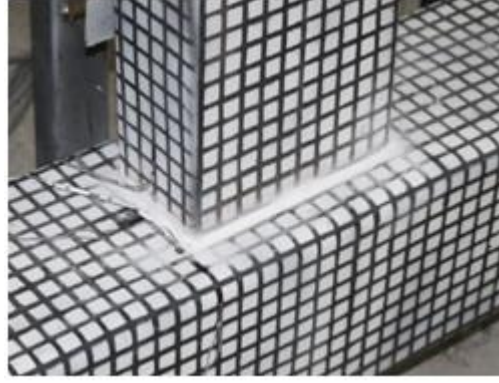
4.1 Şahit Numune

4.1.1 DE1, AE1 Analiz sonuçları ve değerlendirmesi

Çalışmada kullanılan başlık levhası boyutları ve cidar kalınlığına göre analizler gruplandırılmıştır. Diğer tüm başlık levhalı modeller için referans olması için DE1 isimli model başlık levhasız olup şahit numune olarak değerlendirilmiştir. Birleşim 200*200*5mm ebatlarındaki kutu kesitli kolon elemanın 100*200*4mm ebatlarındaki kirişe kaynak dikişi kalınlığı a=6mm alınarak kaynaklı olarak birleştirilmesinden oluşmaktadır Şekil 4.1.a ve b'de modele ait deney öncesi fotoğrafları görünmektedir. Şekilde görüldüğü üzere deney numunesi kaynaklı birleşim olması sebebiyle moment aktaran bir birleşim niteliğindedir.



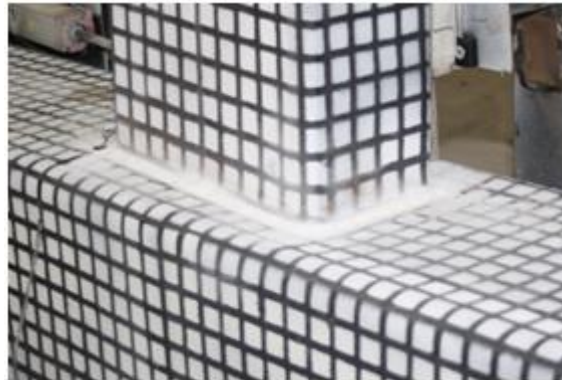
a) Deney öncesi genel görünüm



b)Deney öncesi genel görünüm

Şekil 4.1. DE1 Deney öncesi genel görünüm

Tersinir uygulanan yatay yük altında deneysel analizi yapılan numunede, birleşimin şekli itibari ile kiriş-kolon arasındaki yük aktarımı aracısız gerçekleşmektedir. Birleşimde kiriş 100*200*4, kolon 200*200*5 olması sebebi ile Beta ($B_{kiriş}/B_{kolon}$) katsayısı 0,5 olup, eğilme etkisine maruz kalan birleşimde kiriş başlığında meydana gelen çekme ve basınç kuvvetleri tamamıyla kolon üst başlığı tarafından karşılanmak zorundadır. Çünkü kirişin boyutları itibari ile kolon üzerindeki yerleşimi, kolon gövdelerinden 50mm eksantirisiteye sahiptir. Bu durum kolon üst başlığını, tekil yüke maruz basit bir kiriş ya da mebrane gibi davranmaya zorlamakta olup tüm şekil değiştirmeyi kendi üzerinde sönümlemektedir. Şekil 4.2 a-b'de kolon üzerinde meydana gelen deformasyon açıkça görülmektedir.



a) Yükleme altında kolon üst başlığında meydana gelen şekil değiştirme

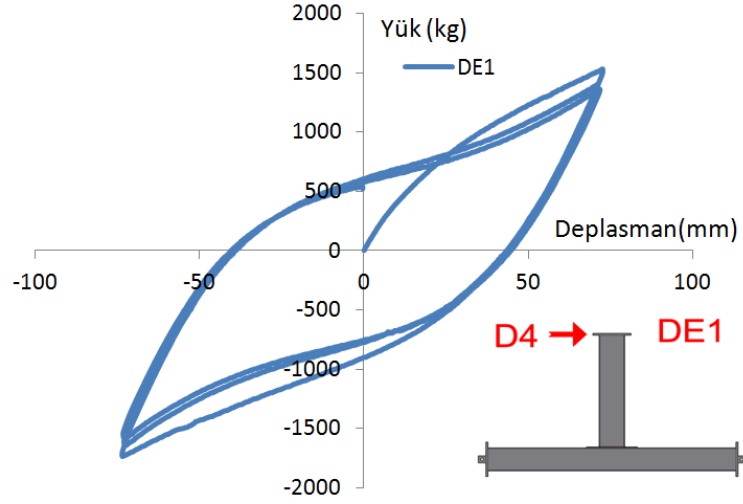


b) Yükleme altında kolon üst başlığında meydana gelen şekil değiştirme

Şekil 4.2. DE1 Yatay yük altında davranışı

Şekillerde görüldüğü üzere kolon bir membrane gibi davranarak eğilme etkisi altında oluşan tüm iç kuvvetleri üst başlığında sönmüştür. Bu durum birleşimin rijit bir davranış sergilemesini engellemiş olup, bu sebeple birleşimde güçlü kolon zayıf kiriş davranışı mümkün olmamıştır. Kiriş üzerinde hiç bir deformasyon gözlenmez iken kaynaklar yırtılmadan kolon üst başlığındaki şekil değiştirmeye dayanmış ve birleşim bütünlüğü bozulmamıştır.

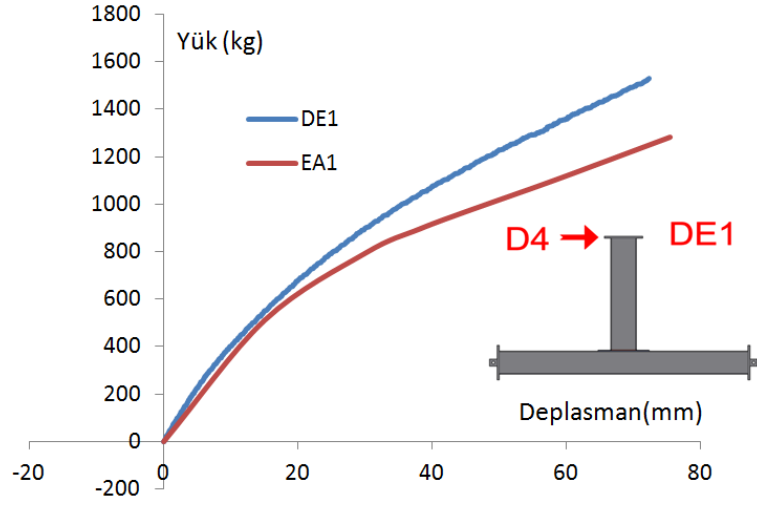
Deneysel analiz için elde edilen şekil 4.3'te yük-deplasman eğrilerinden de fark edileceği üzere eğilme etkisi altında kolon üst başlığında meydana gelen şekil değiştirme birleşim taşıma kapasitesinin çok altında değerler almasına sebep olmuştur. Kirişin kolon üzerine dar kesitiyle etkin yük aktarımını gerçekleştirmesi durumu, kolon üst başlığının bu yükü daha tüm kesitine yaymadan oluşan deformasyon ile sönmemesine sebep olmaktadır. Ancak kolon üst başlığında meydana gelen şekil değiştirmeler, grafikten de görüleceği üzere, kendi içinde kalmış, ne kaynak da nede kolon gövdesinde plastik bir şekil değiştirmeye sebep olmamıştır. Bu sebeple, eğri her döngüde aynı eğimi takip etmiş olup, eğri altında kalan dikkate alındığında birleşim bu şekil değiştirme için kapasitesini koruyabilmiştir.



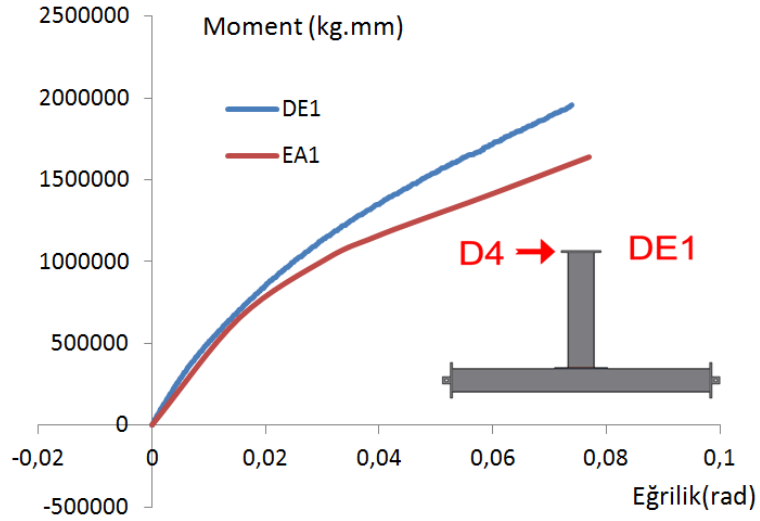
Şekil 4.3. D4 noktası tekrarlı yükleme için yük-deplasman grafiği

Şekil 4.4.a'da bir düzlemde değerlendirilen sayısal analiz ve deneysel analiz yük-deplasman eğrilerine birbiri ile paralel bir çizgide ilerlemiştir. Sayısal analizle deneysel analizden birbirinden ayrışmasının bir diğer nedeni de deneysel çalışmada yüklemenin manuel (el kontrollü) olarak yapılmasından kaynaklanmaktadır. Yüklemede kuvvetin artması numunenin rijitliği ile paralellik göstermektedir. Deplasman için gerekli rijitlik değeri aşıncaya kadar kuvvet artışı hızlı gerçekleşirken, rijitlik kırıldıktan sonra kuvvet artımları azalmaktadır. Yük artışının deplasman değerine göre artışı kontrollü yapılamadığı ve buna bağlı olarak sabit bir yükleme hızı sağlanamadığı için grafik ayrılmış gibi görünmektedir. Grafikte de numunedeki rijitlik kırılmalarının gerçekleştiği noktalarda da eğri değişmektedir. Buna karşın sayısal analiz de kaynak yırtılması meydana gelmemesinden dolayı daha rijit bir davranış sergilemiştir.

Şekil 4.4.b'de sayısal ve deneysel analizlerden elde edilen yük-deplasman eğrileri kullanılarak moment-dönme grafiklerine geçiş yapılmıştır. Grafikte bu tip birleşim için CIDECT'te tanımlanmış olan amprik formüllere göre gerekli moment taşıma kapasitesi değeri bir kıyas düzlemi olarak verilmiştir.



a) DE-1 ve AE1 Yük-deplasman eğrisi kıyaslaması

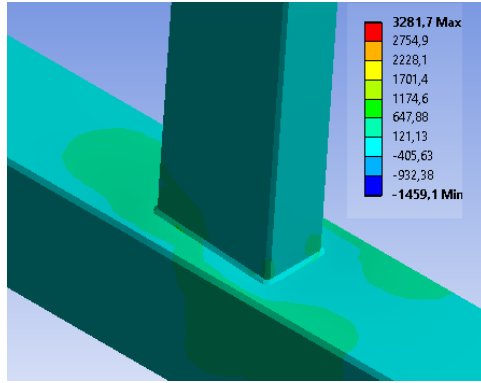


a) DE-1 AE-1 Moment Eğrilik kıyaslaması

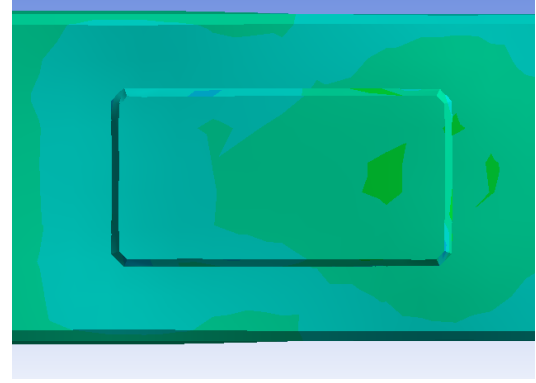
Şekil 4.4. DE1, AE1 Analiz sonucu kıyaslaması

DE-1 numunesi için yapılan sayısal analiz sonuçları da aşağıda gösterilmiştir. Şekil 4.5.a'da yatay yük etkisindeki AE-1 deforme olmuş hal genel görünümü verilmektedir. Deforme olmuş durum incelendiğin de giriş uç noktalarında meydana gelen gerilme yığılmaları kolon başlığında lokal deformasyonlara sebep olmaktadır. Oluşan deformasyonlar, kutu kesitli profillerin bu tip birleşimlerde oluşması muhtemel lokal burkulma etkilerini açıkça vurgulamaktadır. Birleşimi sağlayan kaynak bütünlüğü bozulmadığı takdirde

moment etkisindeki bu tip birleşimde kolon üzerinde ortaya çıkan şekil değiştirmelerin düğüm noktası davranışını belirlediği tespit edilmektedir.

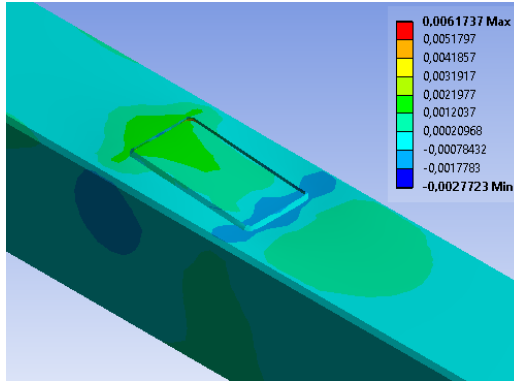


a) Perspektif Gerilme Dağılımı Görünümü

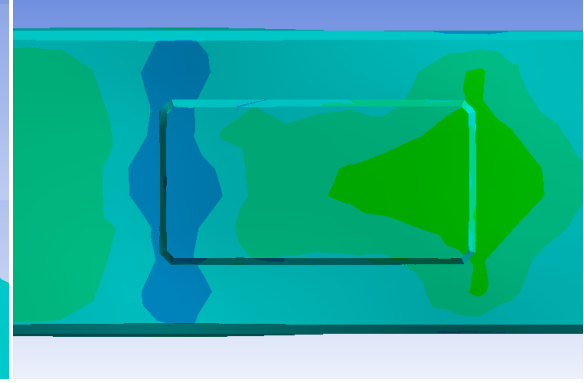


b) Plandan Gerilme Dağılımı Görünümü

Şekil 4.5. Sayısal analiz gerilme dağılımı genel görünüm



a) Perspektif Şekil Değişirme Görünümü



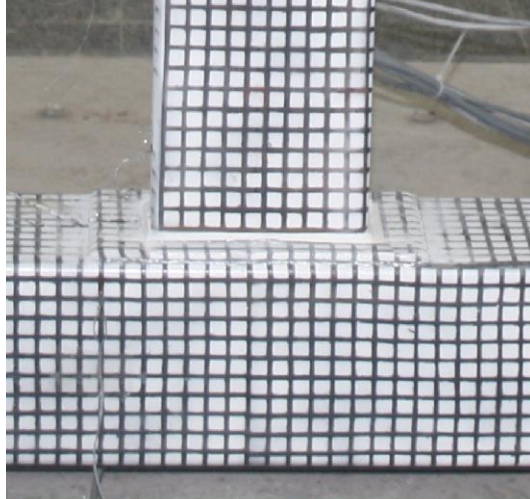
b) Plandan Şekil Değişirme Görünümü

Şekil 4.6. Sayısal analiz şekil değişirme dağılımı genel görünümü

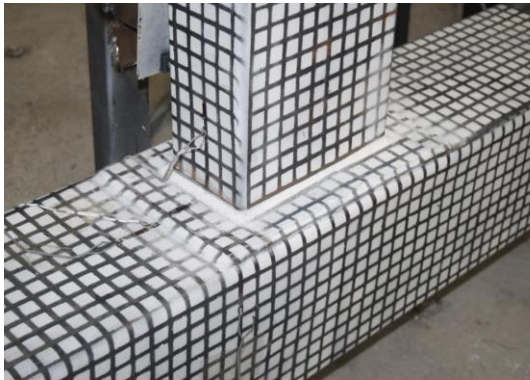
Şekil 4.6 a-b incelendiğinde gerilme yığılmalarının kiriş uç bölgelerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu durum, yük aktarımının kiriş başlığı tarafından sağlandığını, buna bağlı olarak gerilmelerin özellikle kiriş başlığı etrafında yoğunlaştığı göstermektedir. Yoğunlaşan gerilme değerleri kolon başlığında olası deformasyonları hızlandırmaktadır. Yani kolon üst başlığında meydana gelen noktasal gerilme yığılmalarından dolayı, kolon sahip olduğu kesit mukavemet özelliklerinin tamamını düğüm noktası taşıma kapasitesine yansıtımadan, deformasyonlara bağlı nihai taşıma kapasitesine ulaşıldığı görülmektedir.

4.1.2 DE2 , AE2 Analiz sonuçları ve değerlendirmesi

Kutu kesitli profillerin kaynaklı olarak birleştirildiği çalışmada, eğilme etkisi altında kolon üzerinde meydana gelmesi muhtemel Şekil değiştirmelerin önüne geçmek ve güçlü kolon zayıf kiriş tasarımıını sağlayabilmek için başlık plakaları kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan başlık plakaları kolon st başlığına kaynaklı olarak hem levha kenarlarından hem de levha içinde açılan kaynak boşluklarından bağlanmıştır. Bu kapsamda oluşturulan ilk numune DE-2 nolu model olup bu modelde 180*300*8 mm ebatlarında plaka ve plaka üzerinde zerin de açılan 6 adet (79mm) kaynak boşluğu kullanılmıştır. Şekil 4.7 ve 4.8'de deney öncesi duruma ilişkin görünümler verilmiştir.

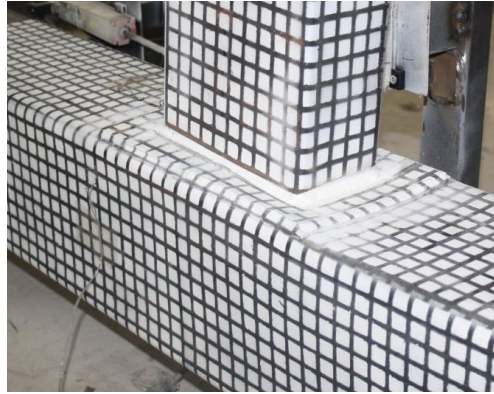


Şekil 4.7. DE2 Deney ncesi genel görünüm

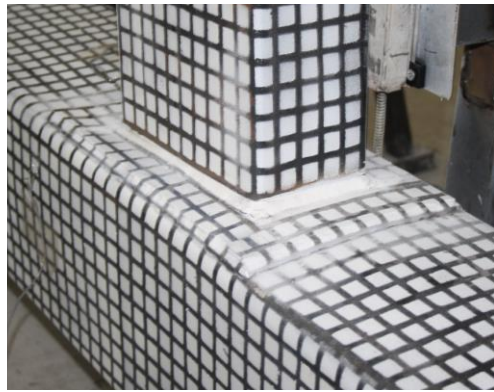


Şekil 4.8. DE2 Deney ncesi genel görünüm

Tersinir uygulanan yatay yük altında deneysel analizi yapılan numunede, ne kaynak da nede profillerde birleşim bütünlüğünü bozacak yırtılma meydana gelmemiştir. Başlık levhalı ilk deney numunesi olan DE-2 nolu model, şahit numune ile karşılaştırıldığında birleşime eklenen başlık levhası sayesinde kolon üst başlığında meydana gelen deformasyon daha geniş bir alanda karşılanmış olup, başlıkta ki deformasyon gövde de şekil değiştirmeye sebep olmuştur. Şekil 4.9 ve 4.10'da numune üzerinde meydana gelen deformasyonlar görülmektedir. Bu sayede kolon kesit özelliklerine bağlı kazanımlar, düğüm noktası kapasitesine katkı sağlar duruma gelmiştir. Ancak yeterli rijitlik sağlanamadığı için deformasyon yine kolon üzerinde sönülmemiş, kiriş üzerinde herhangi bir plastik şekil değiştirme oluşmamıştır. Ancak başlık plakası üzerinde kullanılan ek kaynak dikişleri sayesinde plaka kolon üst başlığı ile bir bütün gibi davranmıştır.



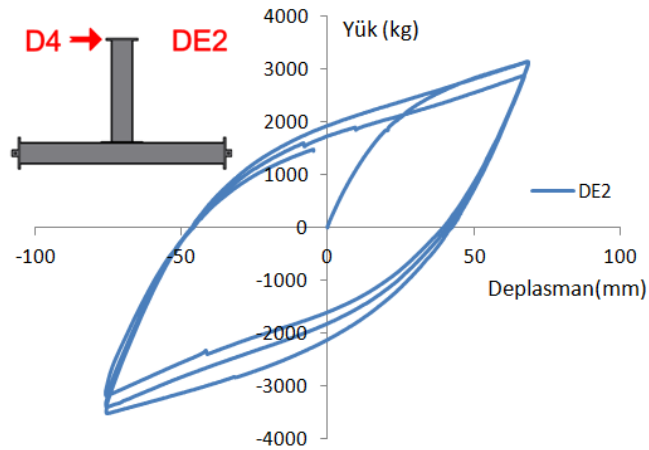
Şekil 4.9. DE2 nolu numunenin Yatay yük altında davranışı



Şekil 4.10. DE2 nolu numunenin Yatay yük altında davranışı

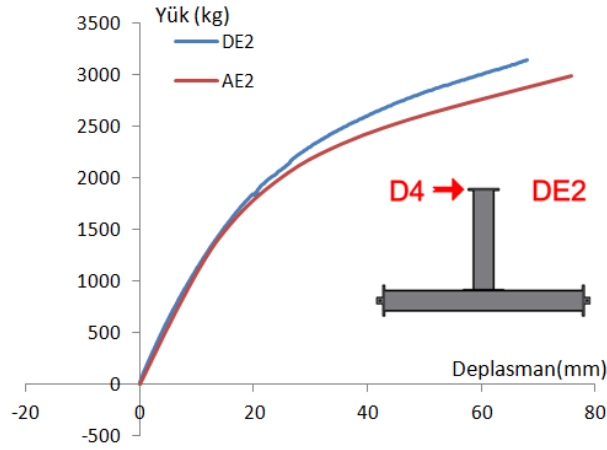
Kullanılan ek kaynaklar sayesinde kolon üst başlığında meydana gelen membran davranışı başlık levhasına da yansımış, ancak rijit bağlantı sayesinde membran kalınlığı kolon ve levha kalınlığının toplamı olan 14 mm düzeyine çıkmıştır. Bu durum birleşimi ve kolonu daha rijit bir duruma getirmiştir.

DE-2 numunesi için elde edilen yük deplasman eğrileri incelendiğinde birleşime eklenen başlık levhasının etkisi hemen göze çarpmaktadır. Şahit numuneye göre birleşimin kapasitesi yaklaşık iki katına çıkmıştır. Levha kolon üst başlığına levha kenarları dışında ek kaynaklar kullanılarak da bağlandığı için levha kolon üst başlığı ile bir bütün davranış sergilemiş olup tersinir döngülerde kapasite ve rijitlikler değişmemiştir. Birleşim tersinir etkiyen yük altında dahi kapasite kaybına uğramadan döngüleri tamamlamıştır. Şekil 4.11'de deneysel analize ait yük deplasman eğrisi gösterilmiştir.



Şekil 4.11. DE2 nolu numunenin yük-deplasman grafiği

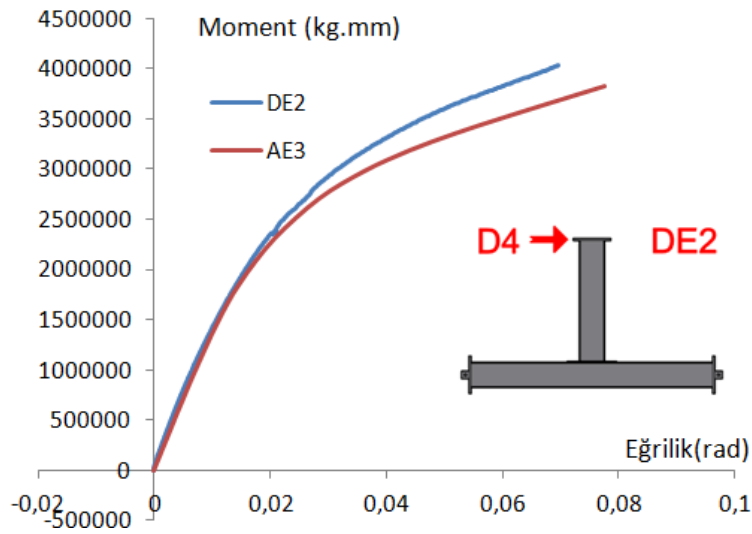
DE-2 numunesi için oluşturulan AE-2 nolu sayısal model için elde edilen yük deplasman değişimi şekil 4.12'de karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Eğri incelendiğinde her iki analiz arasında mükemmel bir uyum tespit edilmiş olup analizler birbirini doğrular niteliktedir.



a) DE-2 ve AE2 modeller Yük-deplasman eğrisi kıyaslaması

Şekil 4.12. Sayısal ve Deneysel Yük Deplasman Eğrisi Kıyaslaması

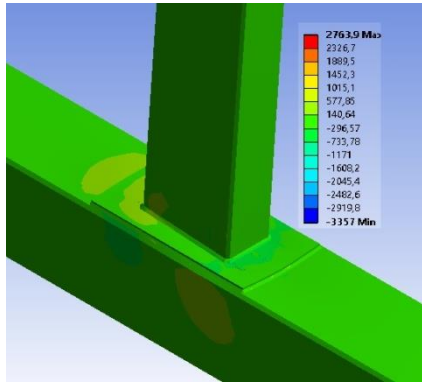
Şekil 4.13'te sayısal ve deneysel analizlerden elde edilen yük-deplasman eğrileri kullanılarak moment-dönme grafiklerine geçiş yapılmıştır. Grafikte bu tip birleşim için CIDECT'te tanımlanmış olan ampirik formüllere göre gerekli moment taşıma kapasitesi değeri bir kıyas düzlemi olarak verilmiştir



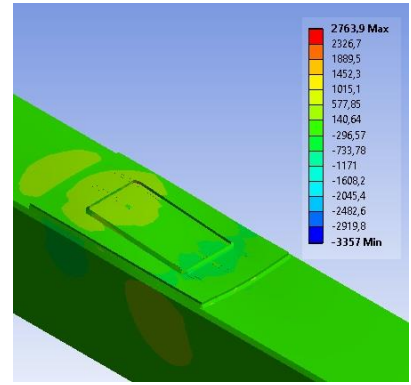
Şekil 4.13. Sayısal ve Deneysel Moment Eğrilik Kıyaslaması

DE-2 numunesi için yapılan sayısal analiz sonuçlarından elde edilen normal gerilme ve şekil değiştirmiş durumu gösteren görünümler aşağıda gösterilmiştir. Şekil 4.14.a'da yatay yük etkisindeki AE-2 deforme olmuş hal genel görünümü verilmektedir. Deforme olmuş durum incelendiğın de kiriş uç noktalarında meydana gelen gerilme yığılımları kolon başlığında ve gövdesinde

lokal deformasyonlara sebep olmaktadır. Oluşan deformasyonlar, kutu kesitli profillerin bu tip birleşimlerde oluşması muhtemel lokal burkulma etkilerini açıkça vurgulamaktadır. Birleşimi sağlayan kaynak bütünlüğü bozulmadığı takdirde moment etkisindeki bu tip birleşimde kolon üzerinde ortaya çıkan şekil değiştirmelerin düğüm noktası davranışını belirlediği tespit edilmektedir. Ayrıca levha üzerinde kullanılan ek kaynak dikişlerinin levha ve kolon üst başlığı deformasyonu üzerine olumlu etkisi açıkça görülmektedir. Tüm durumlar için hem gerilme değerleri hem de deformasyon durumları aynı paralellikte sonuçlar vermiştir.

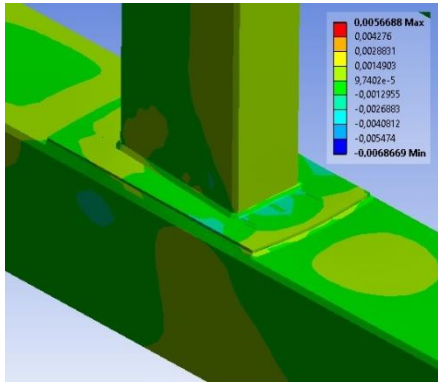


a) Perspektif Gerilme Dağılımı Görünümü

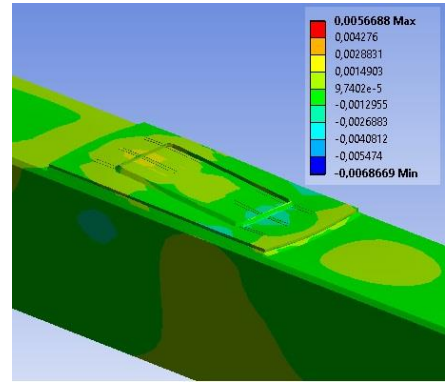


b) Perspektif Kolon Üst Başlığı Gerilme Dağılımı Görünümü

Şekil 4.14. Sayısal analiz gerilme dağılımı genel görünüm



a) Perspektif şekil değiştirme Dağılımı Görünümü

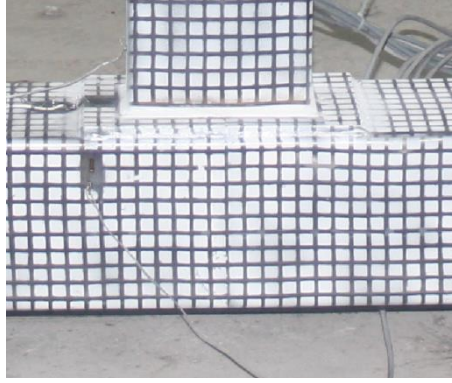


b) Perspektif Kolon Üst Başlığı Şekil değiştirme Görünümü

Şekil 4.15. Sayısal analiz şekil değiştirme dağılımı genel görünümü

4.1.3 DE3 , AE3 Analiz sonuçları ve değerlendirmesi

1. Grup ikinci deneyi olan DE-3 de başlık levhası boyutu 180x300x8mm olarak değiştirilmiştir. DE-2'den farklı olarak levha kalınlığı 2 mm arttırılmış ve 8 mm olarak modellenmiştir. Levha üzerinde ek kaynak dikişleri için kullanılan kaynak boşluğu boyutları aynı ölçülerde kalarak 79 mmdir. Deney öncesi genel görünüm aşağıdaki şekil 4.16 ve 4.17'de verilmiştir.



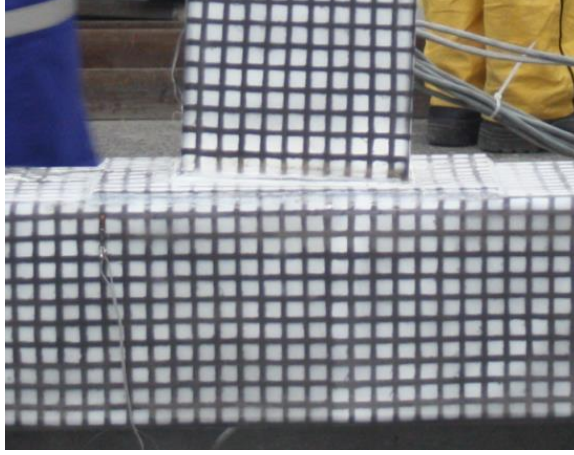
Şekil 4.16. DE3 Deney öncesi genel görünüm



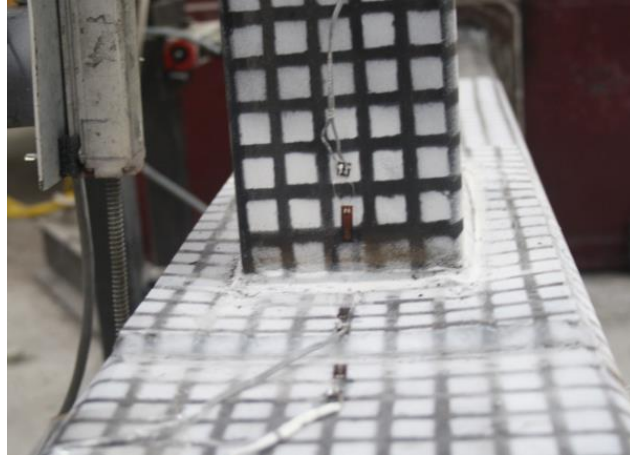
Şekil 4.17. DE3 Deney öncesi genel görünüm

Yöntemde herhangi bir değişiklik uygulanmayan deney numunesinde önceki başlık levhalı numunelerde görüldüğü gibi birleşimi bozacak herhangi bir yırtılma meydana gelmemiş artan levhanın boyutuyla kolon üst başlığındaki gerilme ve şekil değiştirme değerleri azalmıştır. Cidar kalınlığındaki artış düğüm noktasının kapasitesini arttıracak yönde katkı sağlamış yine yeterli

rijitlik sağlanamadığı için kiriş üzerinde herhangi bir deformasyon görülmemiştir. Ancak levha rijitliğinin artışı kolon başlığında meydana gelen deformasyonun kolon gövdesine de yayılmasını sağlamıştır. Şekil 18-19'da deney sonrası kolon ve levha üzerinde meydana gelen şekil değiştirme görülmektedir.



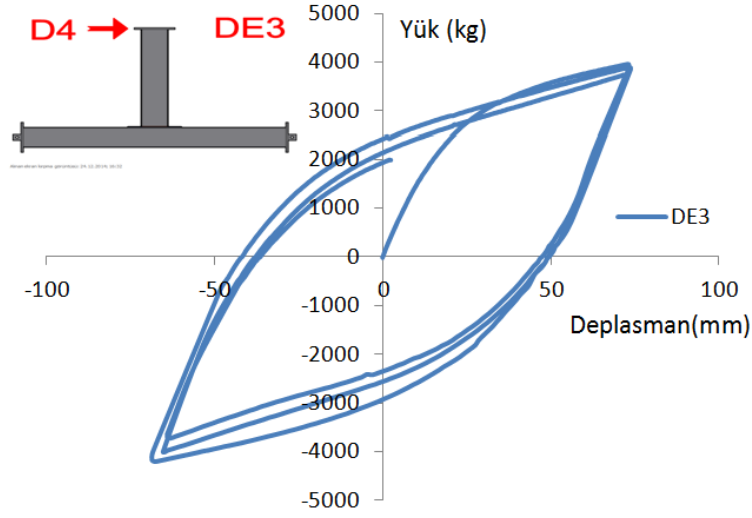
Şekil 4.18. DE3 Yatay yük altında davranışı



Şekil 4.19. DE3 Yatay yük altında davranışı

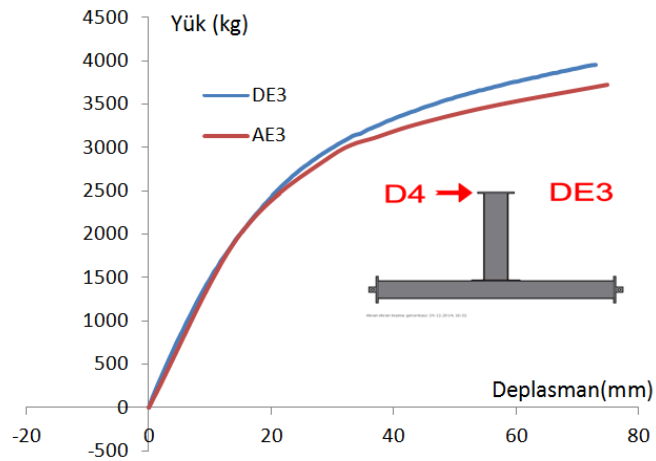
Artan başlık levhasının cidar kalınlığı birleşimin yük taşıma kapasitesini DE-2 numunesine nazaran bir artış göstermiştir. Gerilme ve şekil değiştirme değerleri bir önceki numunelere nazaran azalma gözlenmiştir. Aşağıda yük deplasman eğrilerinin diğer başlık levhali deney numunelerinde olduğu gibi birbirine yaklaştığı görülmüştür. Alın levhasının üzerine açılan kaynak boşluğunun tersinir yükleme halinde kolon üst başlığıyla birlikte çalışıp , her bir döngüde

yük kaybını en aza indirdiği tekrar gözlenmiştir. Şekil 4.20'de yük deplasman eğrileri görülmektedir.



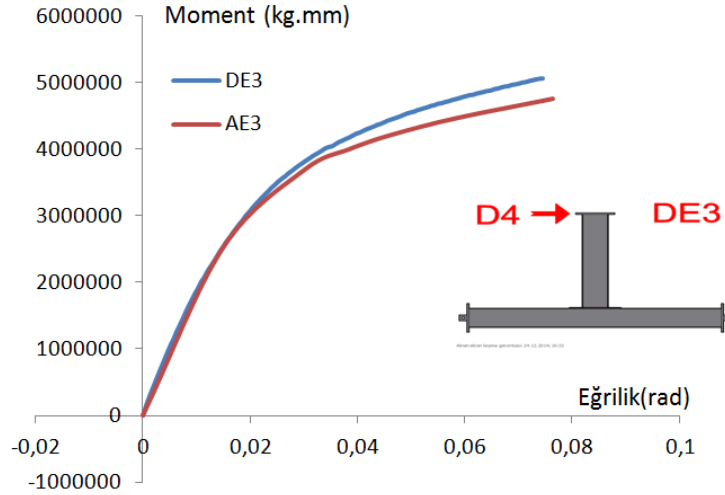
Şekil 4.20. D3 noktası yük-deplasman grafiği

Şekil 21'de sayısal ve deneysel analiz sonuçları karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur. Yüklemede kuvvetin artması numunenin rijitliği ile paralellik göstermektedir. Yük artışının deplasman değerine göre artışı kontrollü yapılamadığı ve buna bağlı olarak sabit bir yükleme hızı sağlanamadığı için grafik ayrıışmış gibi görünmektedir. Grafikte de numunedeki rijitlik kırılmalarının gerçekleştiği noktalarda da eğri değişmektedir.



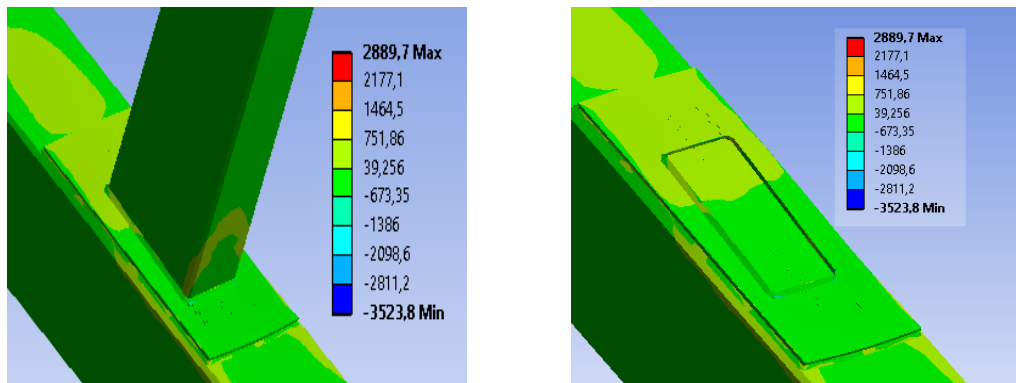
Şekil 4.21. DE-3 ve AE-3 Yük-deplasman eğrisi kıyaslaması

Şekil 4.22’de sayısal ve deneysel analizlerden elde edilen yük-deplasman eğrileri kullanılarak moment-dönme grafiklerine geçiş yapılmıştır. Grafikte bu tip birleşim için CIDECT’te tanımlanmış olan ampririk formüllere göre gerekli moment taşıma kapasitesi değeri bir kıyas düzlemi olarak verilmiştir



Şekil 4.22. Sayısal ve deneysel analiz moment eğrilik kıyaslaması

DE-3 numunesi için yapılan sayısal analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.Şekil 4.23'te deforme olmuş şekil görülmektedir. Başlık levhasının cidar kalınlığının artması ile kolon üst başlığının aldığı gerilmeler ve şekil değiştirme değerleri azalma görülmüştür. Artan levha cidar kalınlığının düğüm noktası davranışını değiştirmemiştir. Kuvvetli kolon zayıf kiriş şartı bu kez de maalesef sağlanamamıştır. Deforme olmuş genel haller aşağıda gösterilmiştir.

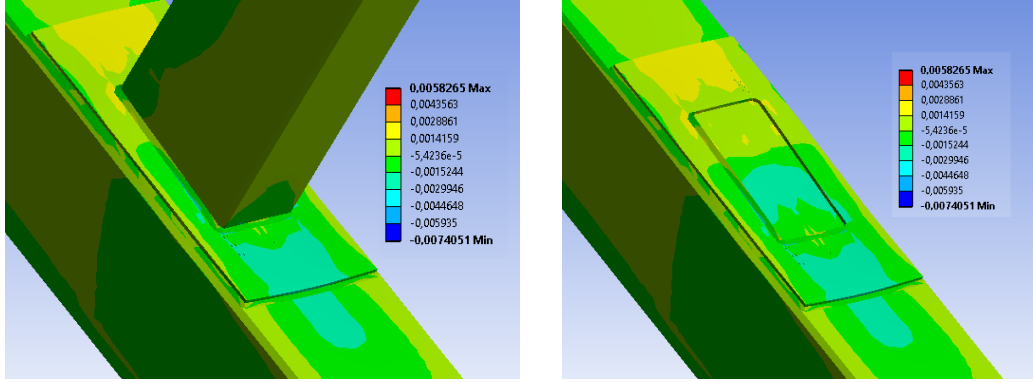


a) Perspektif Gerilme Dağılımı Görünümü

b) Perspektif Gerilme Dağılımı Görünümü

Şekil 4.23. Sayısal analiz gerilme dağılımı genel görünüm

Şekil değiştirmiş durumun gösterildiği şekil 24'de levha üstü ve kolon üstünde meydana gelen deformasyonlar açıkça görülmektedir. Şekil üzerindeki renk dağılımından, kullanılan ek kaynaklar sayesinde başlık levhası ile kolon üst başlığının bir bütün gibi davrandığı görülmüş olup, kaynakların davranışa olumlu yansısı açıkça tespit edilmiştir.



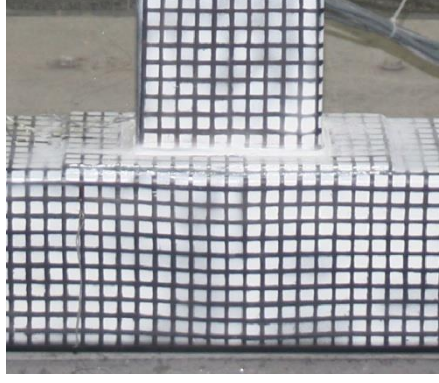
a) Perspektif şekil değiştirme Dağılımı Görünümü

b) Perspektif şekil değiştirme Dağılımı Görünümü

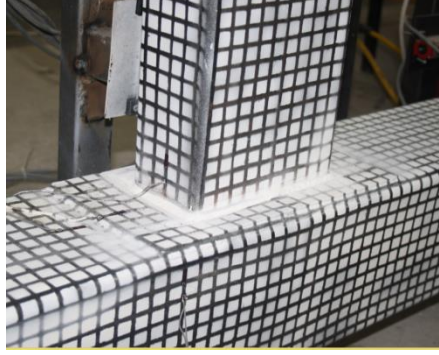
Şekil 4.24. Sayısal şekil değiştirmiş hal genel görünüm

4.1.4 DE4 , AE4 Analiz sonuçları ve değerlendirmesi

2. grup ilk deney numunesi olan DE-4'te başlık levhası boyutları bir üst değere çıkartılmıştır. Buna göre levha 180x350x6mm olarak modellenmiştir. Bu şekilde levha boyutundaki değişimin kapasiteye katkısı incelenecektir. Bu grup numunelerde de ilk seride olduğu gibi kolon, kiriş boyutlarında bir değişiklik yapılmamıştır. Ayrıca yükleme protokolü de sabit tutulmuş değişimin kapasiteye yansısı görülmek istenmiştir. Deney öncesi ve sonrası durumlar aşağıdaki şekil 4.25 ve şekil 4.26'da verilmiştir.

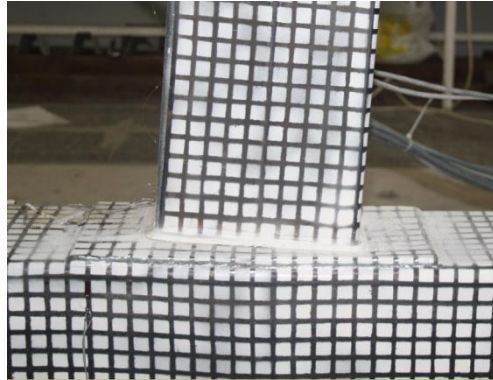


Şekil 4.25. DE4 Deney öncesi genel görünüm



Şekil 4.26. DE4 Deney öncesi genel görünüm

Bir önceki seride olduğu gibi tersinir yatay yük altında analizi yapılan numunede benzer bir davranış ortaya çıkmış, kaynakta birleşimi bozacak bir yırtılma oluşmamıştır. Levhanın boyutlarındaki artışın kapasiteye yansıması 6mm kalınlığındaki levha için olumlu olmamış bir önceki serinin altında değerler vermiştir. Bu sebeple kolon kesiti yine rijit bir davranış sergileyememiş bu sebeple kirişte herhangi bir plastik şekil değiştirme oluşmamıştır. Şekil 4.27 ve şekil 4.28'de meydana gelen şekil değiştirmeler gösterilmiştir.

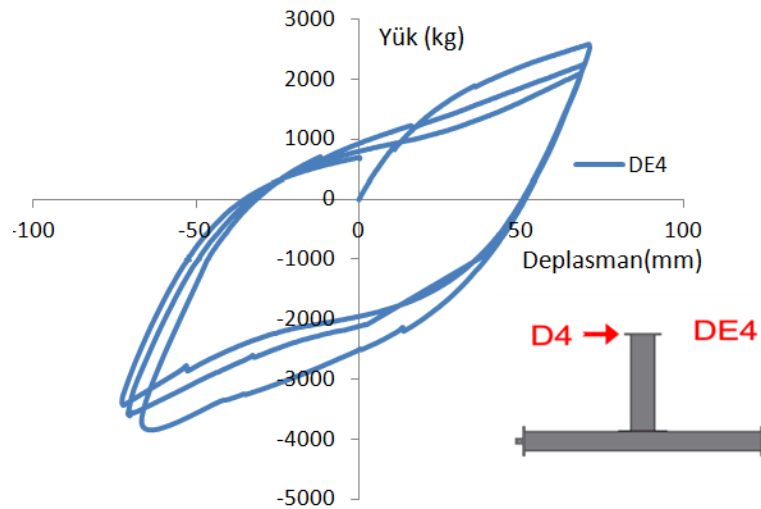


Şekil 4.27. DE4 Yatay yük altında davranışı



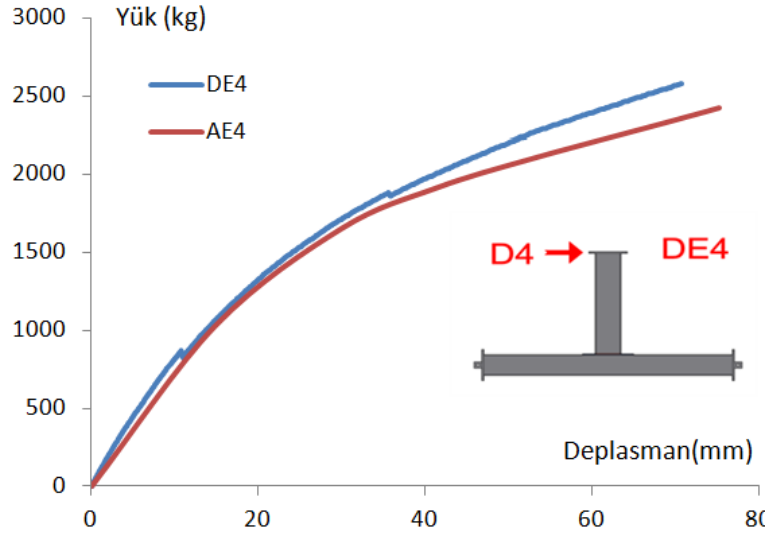
Şekil 4.28. DE4 Yatay yük altında davranışı

DE-4 numunesi için elde edilen yük deplasman eğrileri incelendiğinde artan levha boyutu bir önceki serilere göre kapasitede azalma olduğu gözlenmiştir. Bu durum levha boyutunun artışı bu cidar kalınlığı için narin kaldığı sonucunu çıkarmıştır. Kolon üst başlığıyla levhanın birlikte bir bütün davranışa katkı döngülerde kapasite ve rijitlik değişmemiştir. Deneysel analize ait yük deplasman eğrisi aşağıda verilmiştir.



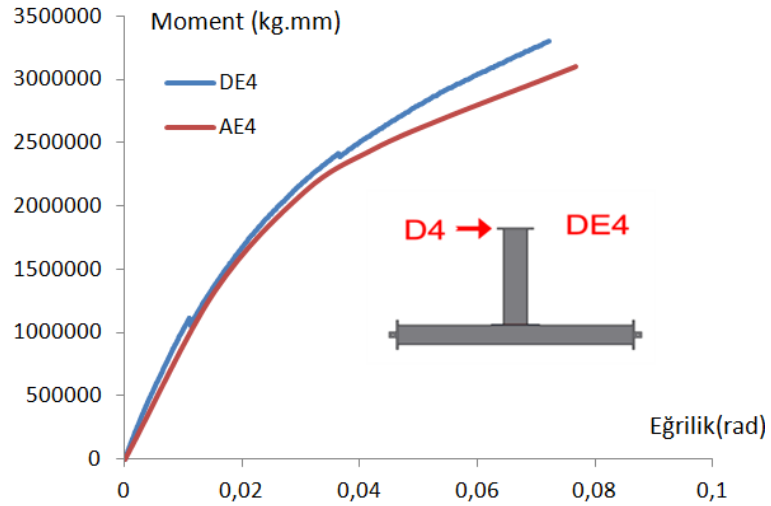
Şekil 4.29. D4 noktası yük-deplasman grafiği

DE-4 numunesi için oluşturulan AE-4 nolu sayısal model için elde edilen yük deplasman değişimi şekil 4.30'da karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Grafik incelendiğinde sayısal ve deneysel analizin örtüştüğü görülmektedir.



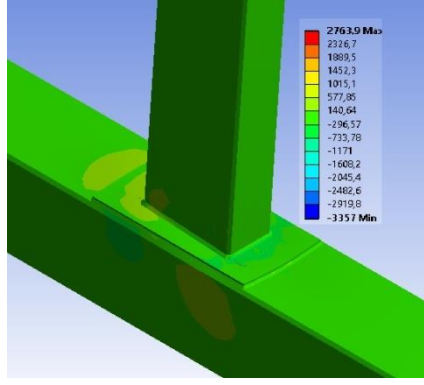
Şekil 4.30. Deneysel ve sayısal analiz yük deplasman eğrileri kıyaslaması

Şekil 4.31'de sayısal ve deneysel analizlerden elde edilen yük-deplasman eğrileri kullanılarak moment-dönme grafiklerine geçiş yapılmıştır. Grafikte bu tip birleşim için CIDECT'te tanımlanmış olan amprik formüllere göre gerekli moment taşıma kapasitesi değeri bir kıyas düzlemi olarak verilmiştir.

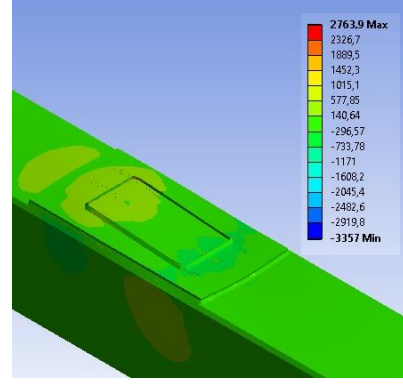


Şekil 4.31. Deneysel ve sayısal analiz moment eğrilik kıyaslaması

DE-4 numunesi için sayısal analiz sonucunda elde edilen gerilme ve şekil değiştirme durumları aşağıda verilmiştir. 6 mm lik cidar kalınlığında 350mm uzunluğunda başlık levhasının bu kesit için narinliği gerilmelere yansımıştır.



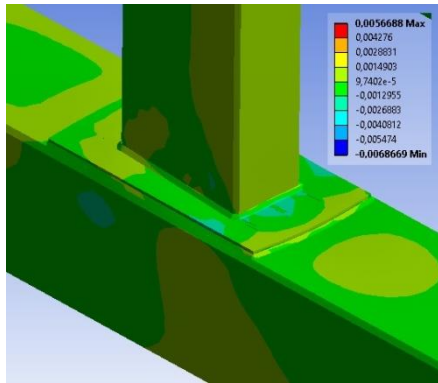
a) Perspektif Gerilme Dağılımı Görünümü



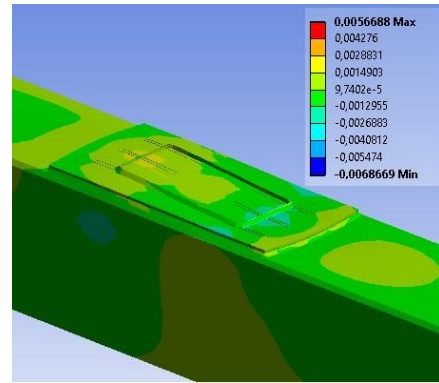
b) Perspektif Kolon Üst Başlığı Gerilme Dağılımı Görünümü

Şekil 4.32. Sayısal analiz gerilme dağılımı genel görünüm

Şekil 33'de DE-4 nolu numnenin şekil değiştirmiş durum için verilen görünümleri verilmiştir. Burada deplasmanlar kolon ve levha üstü olarak baktığımızda bu boyut içinde kullanılan ek kaynak dikişlerinin olumlu sonuç verdiği iki yüzeyin bir bütün davranış sergilediği tespit edilmiştir.



a) Perspektif şekil değiştirme Dağılımı Görünümü



b) Perspektif Kolon Üst Başlığı Şekil değiştirme Görünümü

Şekil 4.33. Sayısal analiz şekil değiştirme dağılımı genel görünüm

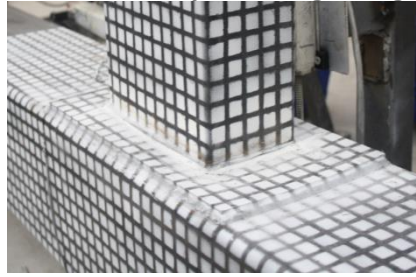
4.1.5 DE5 , AE5 Analiz sonuçları ve değerlendirmesi

İkinci grup ikinci deney numunesi olan DE-5, DE-4 numunesinden farklı olarak kullanılan başlık levhasının cidar kalınlığı artırılıp 8 mm'ye çıkartmıştır. Bu kapsamda elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Başlık levhasının B_p , H_p ve

L_W değerleri değiştirilmemiştir. Deney ncesi genel görünümler aşağıdaki şekil 4.34 ve 4.35'te verilmiştir.

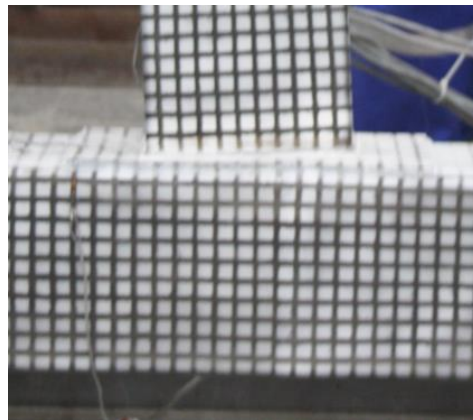


şekil 4.34. DE5 Deney ncesi genel görünüm

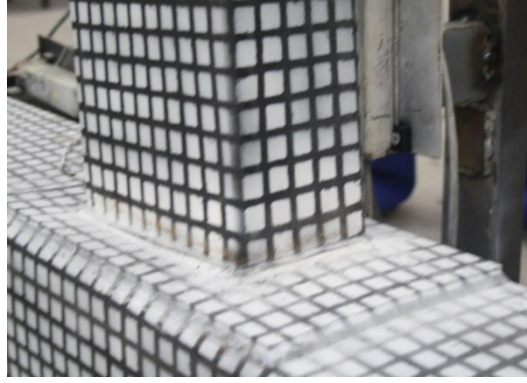


şekil 4.35. DE5 Deney ncesi genel görünüm

Yöntemde herhangi bir değişiklik uygulanmayan deney numunesinde önceki başlık levhalı numunelerde görüldüğü gibi birleşimi bozacak herhangi bir yırtılma meydana gelmemiş artan levhanın boyutuyla kolon st başlığındaki gerilme ve şekil değiştirme değerleri azalmıştır. Düğüm noktasının kapasitesini arttıracak yönde katkı sağlamış yine yeterli rijitlik sağlanamadığı için kiriş üzerinde herhangi bir deformasyon görülmemiştir.

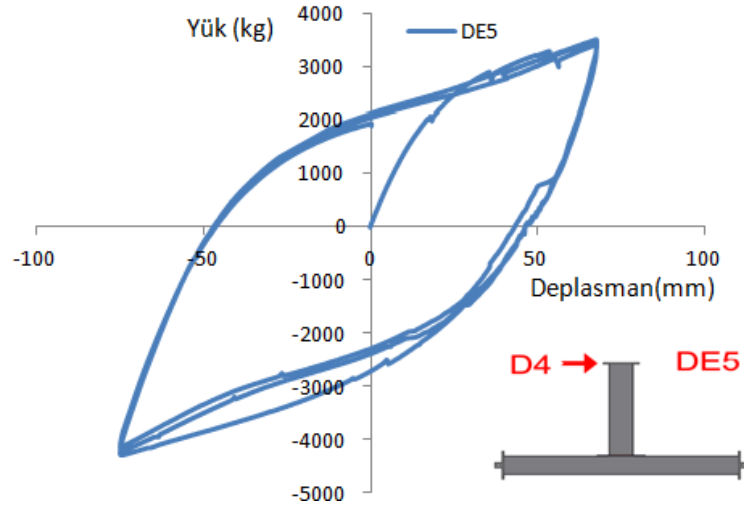


şekil 4.36. DE5 Yatay yük altında davranışı



Şekil 4.37. DE5 Yatay yük altında davranışı

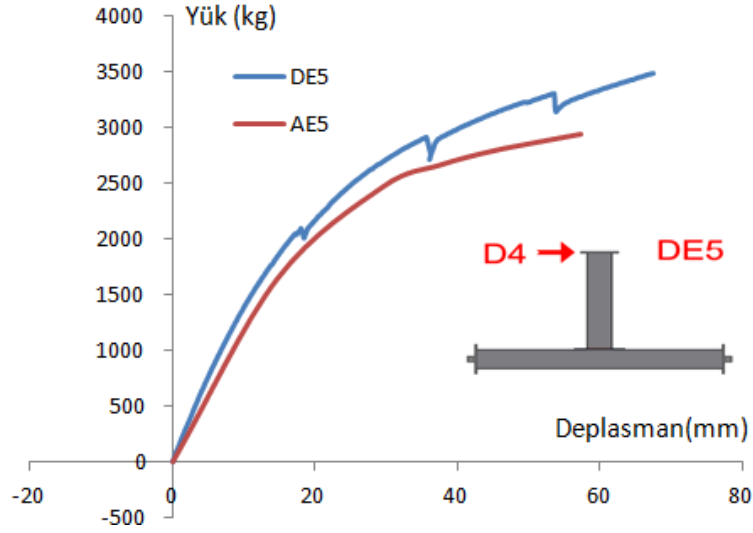
Cidar kalınlığındaki artış 2. grup 1.deneyindeki başlık levhasındaki narinliği almış ve kapasitede artış sağlamıştır. 180x350x8mm lik başlık levhası tersinir etkiyen yükleme altında düğüm noktasının performansına olumlu katkı sağlar iken, ne yazık ki yeter kapasitede rijitliğe katkı sağlayamadığı için yine kolon şekil değiştirmiştir. Bu sebeple birleşim zayıf kolon güçlü kiriş kuramını yakamamıştır.



Şekil 4.38. D4 noktası yük-deplasman grafiği

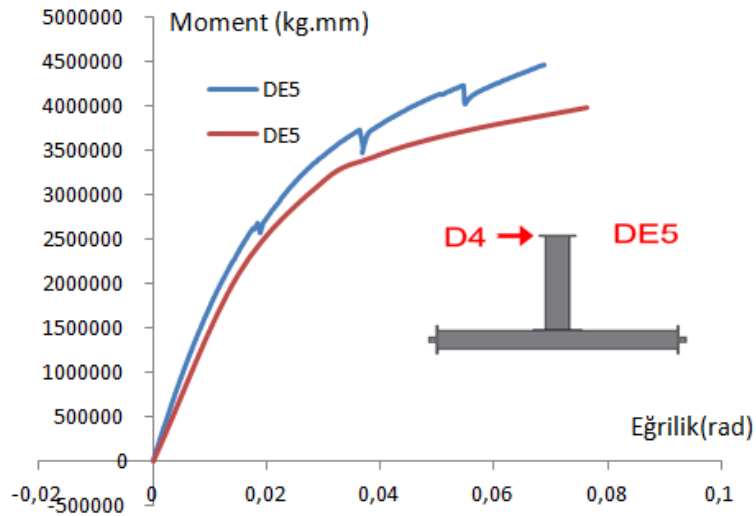
Yüklemeye kuvvetin artması numunenin rijitliği ile paralellik göstermektedir. Yük artışının deplasman değerine göre artışı kontrollü yapılamadığı ve buna bağlı olarak sabit bir yükleme hızı sağlanamadığı için grafik ayrılmış gibi görünmektedir. Grafikte de numunedeki rijitlik kırılmalarının gerçekleştiği noktalarda da eğri değişmektedir. Ek olarak cidar kalınlığının artışı kirişin

levhaya birleştiği noktalarda yani ısıtılma maruz kalan kısmın, gerilme yopunlaştığı köşelerde kılcal çatlaklar oluşmuştur. Bu çatlaklar grafiğe ani yük düşüşleri olarak yansımıştır. Şekil 39'da sayısal ve deneysel analiz sonuçları karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur.



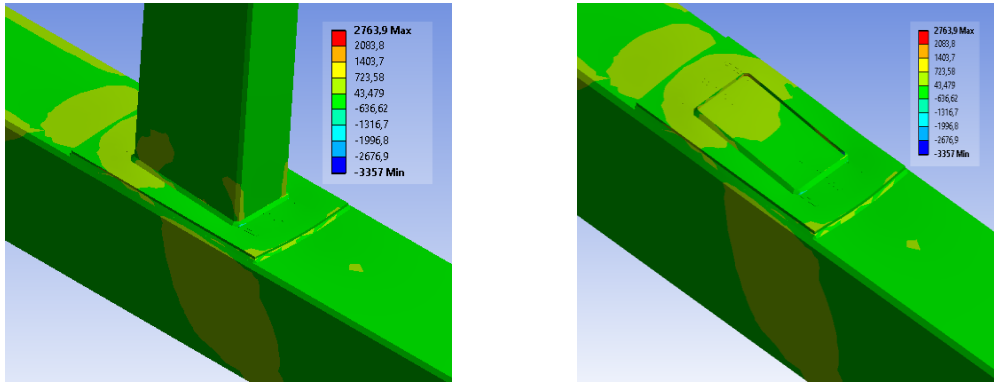
Şekil 4.39. DE-5 ve AE-5 Yük-deplasman eğrisi kıyaslaması

Şekil 4.40'ta sayısal ve deneysel analizlerden elde edilen yük-deplasman eğrileri kullanılarak moment-dönme grafiklerine geçiş yapılmıştır. Grafikte bu tip birleşim için CIDECT'te tanımlanmış olan amprik formüllere göre gerekli moment taşıma kapasitesi değeri bir kıyas düzlemi olarak verilmiştir.



Şekil 4.40. D4 Noktası Moment Eğrilik Grafiği

DE-6 numunesi için yapılan sayısal analiz sonuçları aşağıda verilmiştir. Şekil 4.41'de deforme olmuş şekil görülmektedir. Artan başlık levhasının cidar kalınlığının artması ile kolon üst başlığının aldığı gerilmeler ve şekil değiştirme değerleri azalma görülmüştür. Artan levha cidar kalınlığının düğüm noktası davranışını değiştirmemiştir. Kuvvetli kolon zayıf kiriş şartı sayısal analizlerde bu kez de maalesef sağlanamamıştır. Deforme olmuş genel haller aşağıda gösterilmiştir.

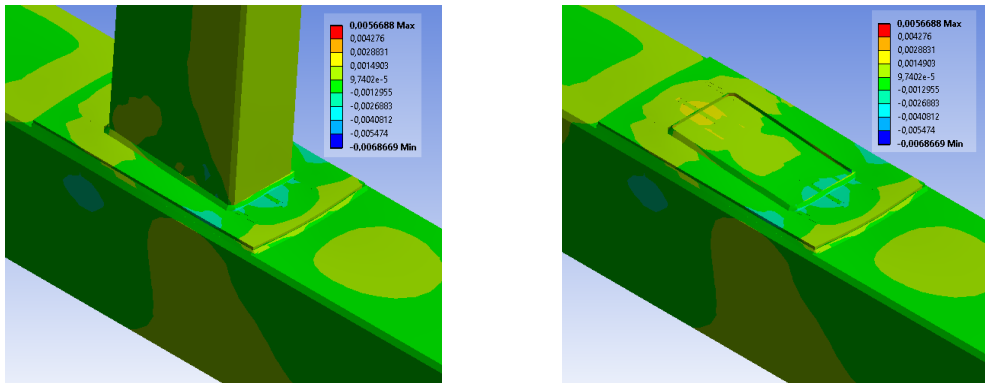


a) Perspektif Gerilme Dağılımı Görünümü

b) Perspektif Gerilme Dağılımı Görünümü

Şekil 4.41. Sayısal Gerilme Hali Genel Görünüm

Şekil 4.42'de gösterilen şekil değiştirilmiş duruma ait görsellerde ek kaynakların bu numunede de olumlu yansımaları görülmektedir. Levha ve kolon üst başlığı bu numune içinde bir bütün davranmıştır.



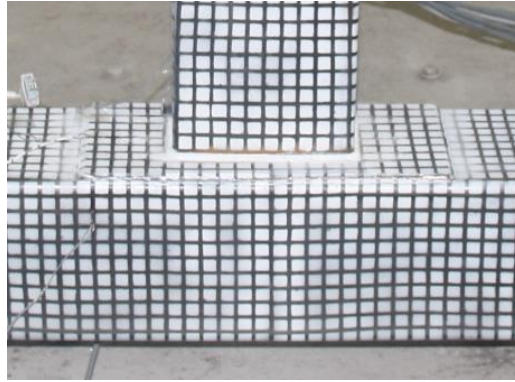
a) Perspektif Gerilme Dağılımı Görünümü

b) Perspektif Gerilme Dağılımı Görünümü

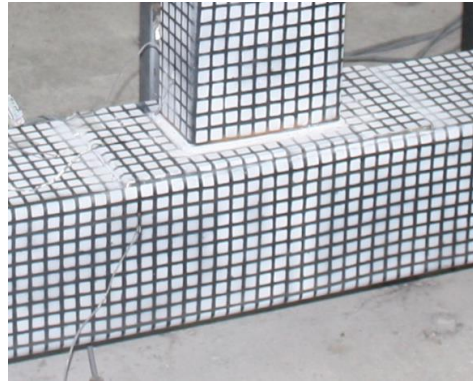
Şekil 4.42. Sayısal Şekil Değiştirmiş Hal Genel Görünüm

4.1.6 DE6 , AE6 Analiz sonuçları ve değerlendirmesi

Çalışmada en büyük levha boyutunun kullanıldığı son seri DE-6 birinci deneyinde 180x400x6 mm başlık levhası kullanılmıştır. Bu seride kolon-kiriş birleşiminde rijitliği sünekliği sağlamak adına başlık levhasının b boyutu ve üzerindeki kaynak boşluğu artırılmıştır. Deneyde levha üzerinde ki boşluk sayısı değiştirilmeden 104mm'ye çıkarılmıştır. Bu şekliyle üçüncü grup modeller oluşturulmuştur. Deney öncesi genel görünümü şekil 4.43 ve şekil 4.44 aşağıda gösterilmiştir.



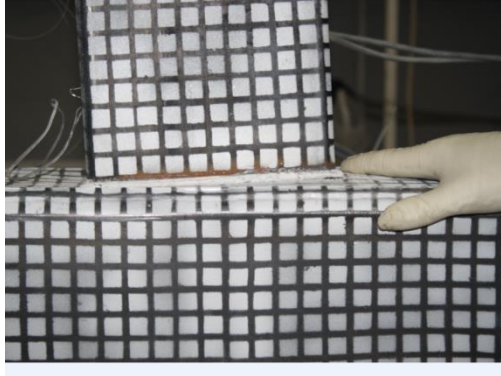
Şekil 4.43. DE6 Deney öncesi genel görünüm



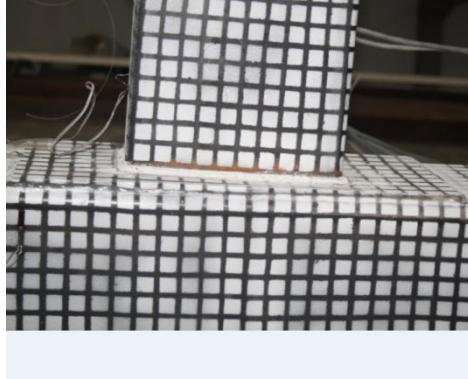
Şekil 4.44. DE6 Deney öncesi genel görünüm

Yöntemde herhangi bir değişiklik uygulanmayan deney numunesinde önceki başlık levhalı numunelerde görüldüğü gibi birleşimi bozacak herhangi bir yırtılma meydana gelmemiş artan levhanın boyutuyla kolon üst başlığındaki gerilme ve şekil değiştirme değerleri azalmıştır. Ancak levha büyüdükçe levha narinliği artmış ve Düğüm noktasının kapasitesine etkisi boyundaki uzamaya paralel olmamıştır. Deney sonrası durumların gösterildiği şekil 4.45. ve şekil

4.46. incelendiğinde kolon üzerindeki şekil değiştirmeler, daha geniş bir alana yayıldığı için kolon başlığının düşey yöndeki göçme miktarı azalmıştır.

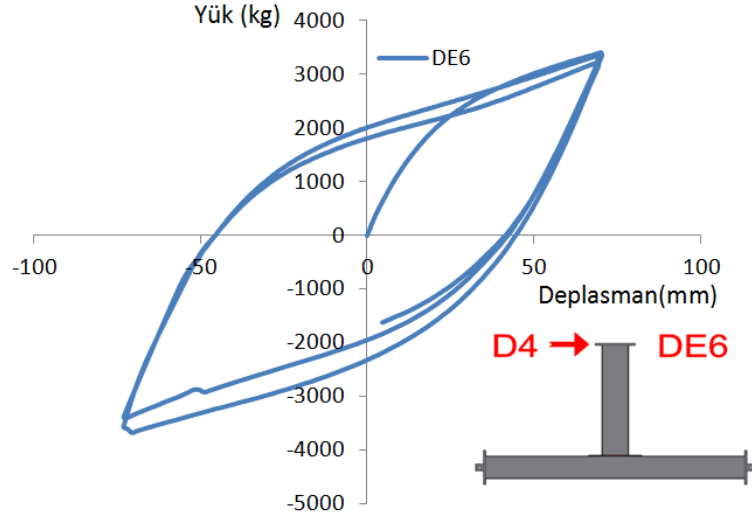


Şekil 4.45. DE6 Yatay yük altında davranışı



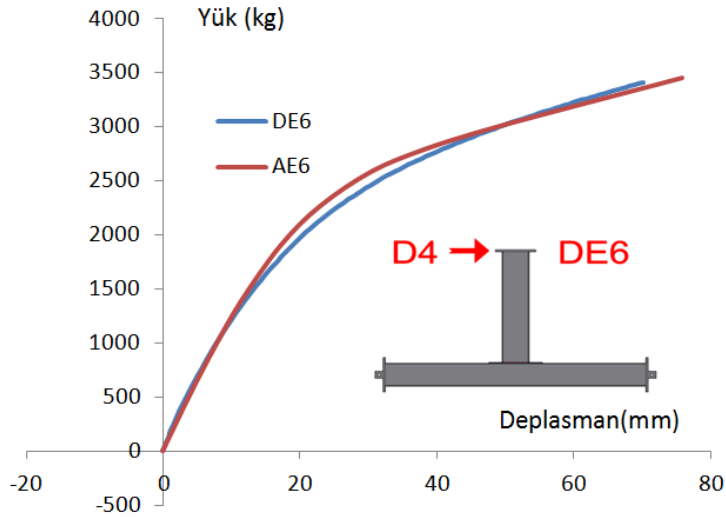
Şekil 4.46. DE6 Yatay yük altında davranışı

Şekil 4.47'de DE-6 numunesi için elde edilen yük deplasman eğrileri incelendiğinde uzayan b boyutu ve lw kaynak boşluğu sayesinde kolon üst başlığı ile koordinasyonu artmış buda her bir tekrarda eğriler birbirine yaklaşıyor yük kaybını azaltacak yönde bir etki yaptığını söyleyebiliriz. Kolon üst başlığıyla levhannın birlikte bir bütün davranışa katkı döngülerde kapasite ve rijitlik değişmemiştir. Deneysel analize ait yük deplasman eğrisi aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.47. D6 noktası yük-deplasman grafiği

DE-4 numunesi için oluşturulan AE-4 nolu sayısal model için elde edilen yük deplasman değişimi şekil 4.48'de karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Eğri incelendiğinde her iki analiz arasındaki farklılık tekrarlı yüklemenin el ile kontrolünden kaynaklanmaktadır.

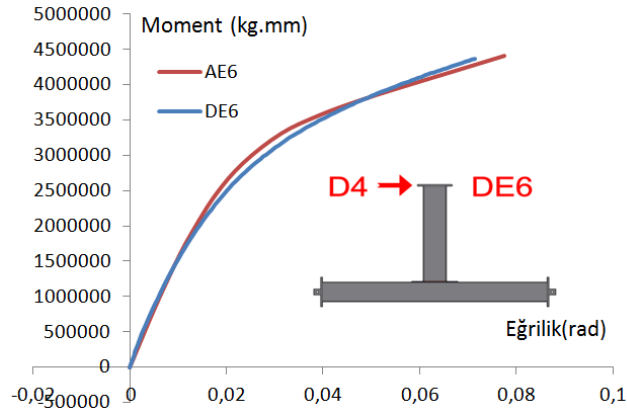


a) DE-6 ve AE-6 Yük-deplasman eğrisi kıyaslaması

Şekil 4.48 Sayısal ve deneysel analiz yük deplasman eğrisi kıyaslaması

Şekil 4.49'da sayısal ve deneysel analizlerden elde edilen yük-deplasman eğrileri kullanılarak moment-dönme grafiklerine geçiş yapılmıştır. Grafikte bu

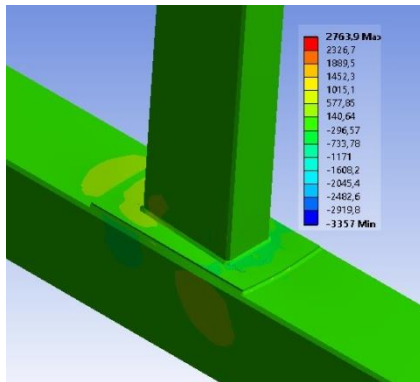
tip birleşim için CIDECT'te tanımlanmış olan amprik formüllere göre gerekli moment taşıma kapasitesi değeri bir kıyas düzlemi olarak verilmiştir



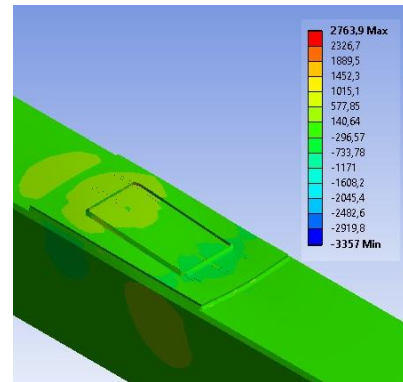
b) DE-6 AE-6 Moment Eğrilik kıyaslaması

Şekil 4.49 Sayısal ve deneysel analiz moment eğrilik kıyaslaması

DE-6 numunesi için sayısal analiz sonucunda elde edilen gerilme ve şekil değiştirme durumları aşağıda verilmiştir. Bir önceki serilere göre plakanın kolon üst başlığını daha geniş bir alana sarması sebebiyle kolon üst başlığında ve gövdesinde şekil 50-51'de gerilme ve şekil değiştirme değerlerinde düşüş görülmüştür. Artan başlık levhasının b boyutu ve kaynak boşluğu ve beraberinde gelen kaynak alanının artması kolon yüzeyini daha da geniş sardığı için yük deplasman eğrilerinin daha da birbirine yaklaşmıştır.

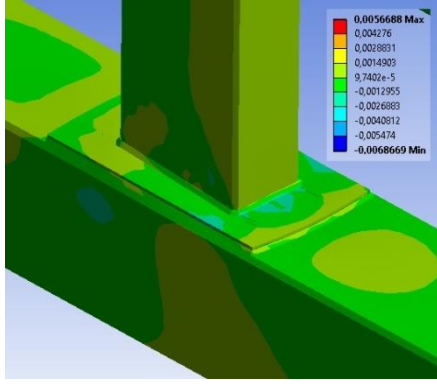


a) Perspektif Gerilme Dağılımı Görünümü

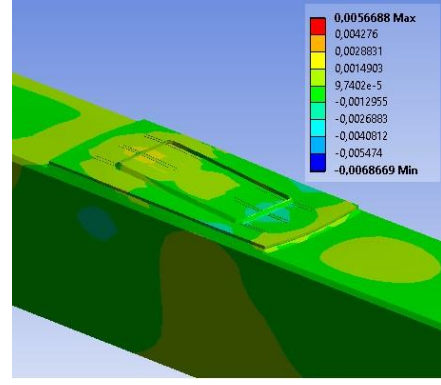


b) Perspektif Kolon Üst Başlığı Gerilme Dağılımı Görünümü

Şekil 4.50 Sayısal analiz gerilme dağılımı genel görünüm



a) Perspektif şekil değiştirme Dağılımı Görünümü

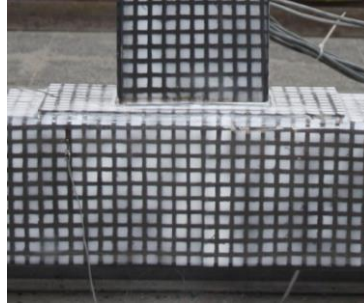


b) Perspektif Kolon Üst Başlığı Şekil değiştirme Görünümü

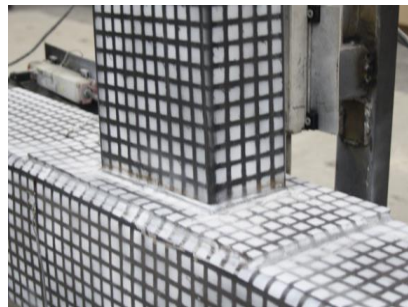
Şekil 4.51 Sayısal şekil değiştirmiş hal genel görünüm

4.1.7 DE7 , AE7 Analiz sonuçları ve değerlendirmesi

DE-6 numunesinden farklı olarak kullanılan başlık levhasının cidar kalınlığı arttırılıp 8 mm 'ye çıkartılıp , sonuçlar değerlendirilmiştir. Başlık levhasının B_P , H_P ve L_W değerleri değiştirilmemiştir. Deney öncesi genel görünümle aşağıdaki şekil4.52 ve 4.53'te verilmiştir.

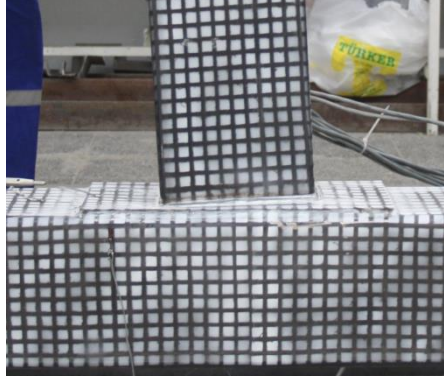


Şekil 4.52 DE7 Deney öncesi genel görünüm

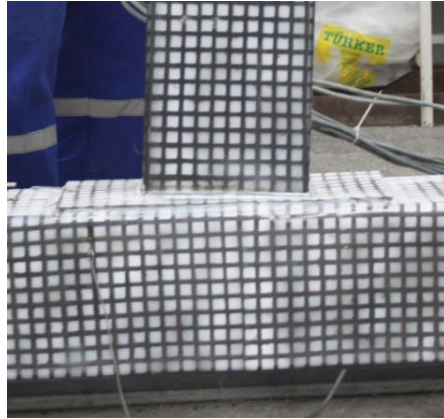


Şekil 4.53 DE7 Deney öncesi genel görünüm

Yöntemde herhangi bir değişiklik uygulanmayan deney numunesinde önceki başlık levhali numunelerde görüldüğü gibi birleşimi bozacak herhangi bir yırtılma meydana gelmemiş artan levhanın boyutuyla kolon üst başlığındaki gerilme ve şekil değiştirme değerleri azalmıştır. Düğüm noktasının kapasitesini arttıracak yönde katkı sağlamış yine yeterli rijitlik sağlanamadığı için kiriş üzerinde herhangi bir deformasyon görülmemiştir.

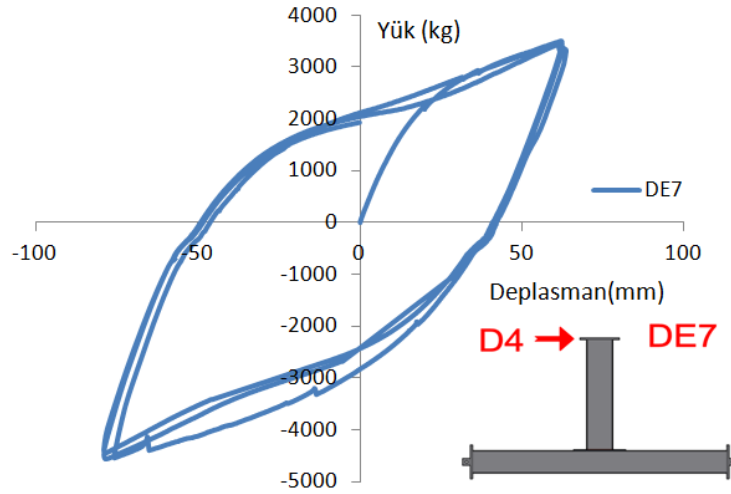


Şekil 4.54. DE7 Yatay yük altında davranışı



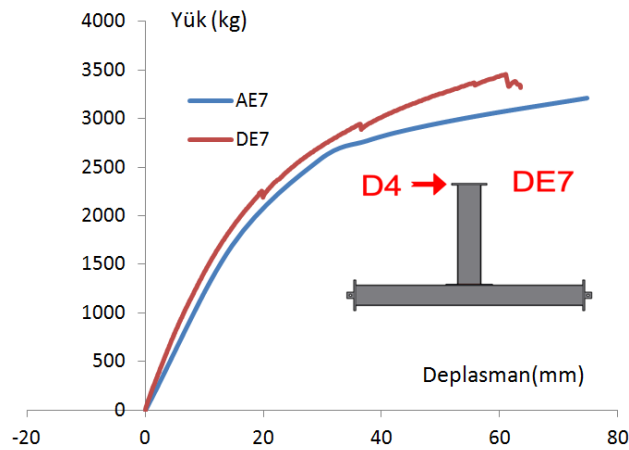
Şekil 4.55. DE7 Yatay yük altında davranışı

Artan başlık levhasının cidar kalınlığı birleşimin yük taşıma kapasitesi DE-6 numunesine nazaran bir artış göstermiştir. Gerilme ve şekil değiştirme değerleri DE-6 numunesine nazaran azalma gözlenmiştir. Aşağıda yük deplasman eğrilerinin diğer başlık levhali deney numunelerinde olduğu gibi birbirine yaklaştığı görülmüştür. Alın levhasının üzerine açılan kaynak boşluğunun eğilme yönünde atalet momentini arttırması sebebiyle tersinir yükleme halinde kolon üst başlığıyla birlikte çalışıp , her bir döngüde yük kaybını en aza indirdiği tekrar gözlenmiştir. Şekil 4.56'da yük deplasman eğrileri görülmektedir.



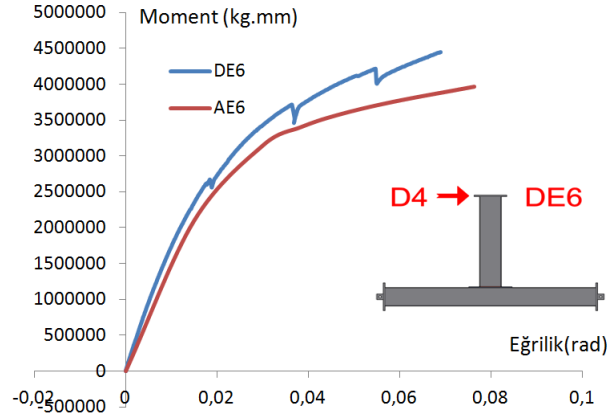
Şekil 4.56. D4 noktası yük-deplasman grafiği

Yüklemeye kuvvetin artması numunenin rijitliği ile paralellik göstermektedir. Yük artışının deplasman değerine göre artışı kontrollü yapılamadığı ve buna bağlı olarak sabit bir yükleme hızı sağlanamadığı için grafik ayrılmış gibi görünmektedir. Grafikte de numunedeki rijitlik kırılmalarının gerçekleştiği noktalarda da eğri değişmektedir. Deneysel egrideki ani düşüşler levha cidarındaki artışa paralel olarak kolon üst yüzündeki davranış rijitleşmiş ve kiriş gerilme yığımlarının yoğunlaştığı bölgelerde kılcal çatlaklar oluşturmaya başlamıştır. Her düşüş bu oluşum anlarını göstermektedir.



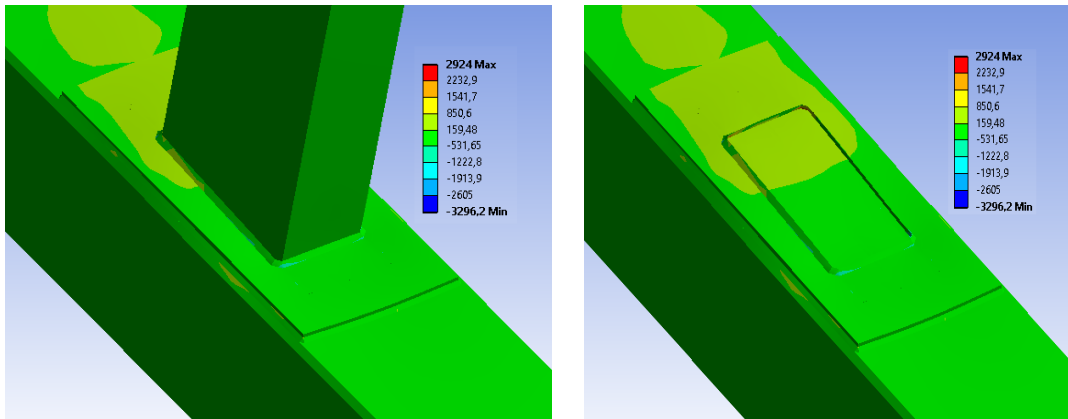
Şekil 4.57. DE-7 ve AE-7 Yük-deplasman eğrisi kıyaslaması

Şekil 4.58’de sayısal ve deneysel analizlerden elde edilen yük-deplasman eğrileri kullanılarak moment-dönme grafiklerine geçiş yapılmıştır. Grafikte bu tip birleşim için CIDECT’te tanımlanmış olan amprik formüllere göre gerekli moment taşıma kapasitesi değeri bir kıyas düzlemi olarak verilmiştir.



Şekil 4.58. D4 Noktası Moment Eğrilik Grafiği

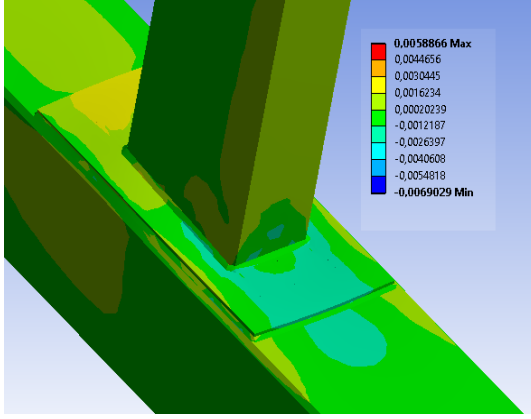
DE-7 numunesi için yapılan sayısal analiz sonuçları aşağıda verilmiştir. Şekil 4.59’da deforme olmuş şekil görülmektedir. Artan başlık levhasının cidar kalınlığının artması ile kolon üst başlığının aldığı gerilmeler ve şekil değiştirme değerleri azalma görülmüştür. Artan levha cidar kalınlığının düğüm noktası davranışını değiştirmemiştir. Kuvvetli kolon zayıf kiriş şartı bu kez de maalesef sağlanamamıştır. Deforme olmuş genel haller aşağıda gösterilmiştir.



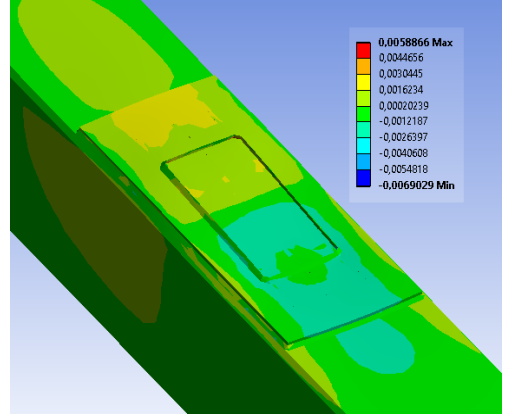
a) Perspektif Gerilme Dağılımı Görünümü

b) Perspektif Gerilme Dağılımı Görünümü

Şekil 4.59. Sayısal gerilme hali genel görünüm



a) Perspektif Gerilme Dağılımı Görünümü



b) Perspektif Gerilme Dağılımı Görünümü

Şekil 4.60. Sayısal şekil değiştirmiş hal genel görünüm

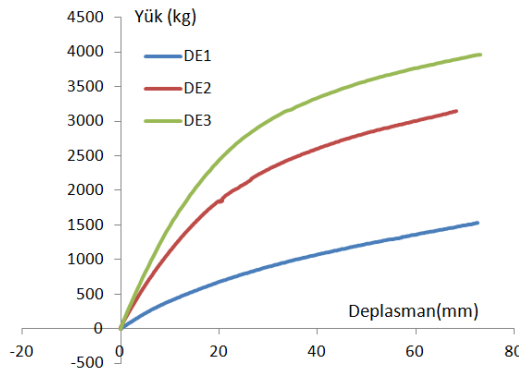
5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kutu kesitli birleşimlerde düğüm noktasının mekanik özelliklerine bağlı kapasite değerlerini sağlayabilmesi için kesit, birleşim ve çerçeve bütünlüğünün tersinir yükler altında korunması gerekmektedir. Bu durumun mümkün olabilmesi de ancak kesit üzerinde meydana gelecek lokal burkulma etkilerinin önlenmesi ile mümkün olabilecektir. Ancak son yıllarda yapılan araştırmalarda kutu kesitli birleşimlerde gerek yapı elemanı davranışına bağlı gerekse birlikteliği sağlayan birleşim araçlarına bağlı oluşan yapısal bozukluklar bu koşulların sağlanamadığını tespit etmişlerdir. Bu sebeple araştırmacılar, malzeme bakımından yüksek süneklik özelliğine sahip çeliğin profillerin süneklik özelliklerinin sistem davranışına yansıtılabilmesi için birçok araştırma yapmışlardır. Yapılan bu araştırmalar neticesinde, lokal burkulma etkilerinin önüne geçildiği ve yük dağılımının tüm birleşim boyunca orantısız paylaşılacağı mümkün olabileceği birçok birleşim noktası detayı geliştirilmiştir. Bu tez çalışması kutu kesitli birleşimler için birleşim detaylarının incelendiği 111M125 nolu TÜBİTAK projesinin devamı durumundadır.

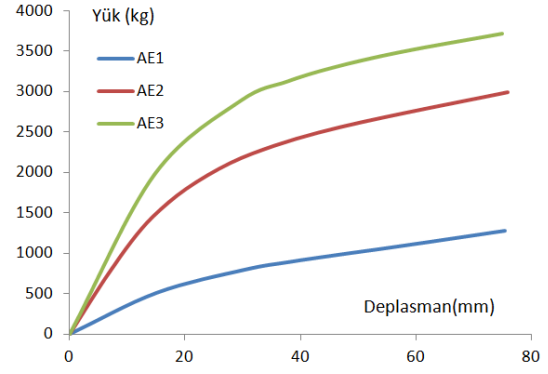
111M125 nolu proje kapsamında $\beta=0,75$ olan kare kesitli kutu kolon-dikdörtgen kesitli kutu kiriş birleşimde kullanılan başlık levhaları eğilme etkisi altında sadece kenarlardan kolon başlığına bağlandığından dolayı, membran etkisi göstermiş bu sebeple düğüm noktası rijit davranış sergileyememiştir.

Bu çalışmada eğilme etkisi altında başlık levhasında meydana gelen membran etkisinin yani başlık levhasının kolon üst başlığından bağımsız hareket ederek birleşim kapasitesindeki azalmanın önüne geçilmek istenmiştir. Bunun için başlık levhası kolon başlığına kenarlara ek olarak ortasında açılan ek kaynak boşlukları aracılığıyla bağlanmıştır. Bu kapsamda 3 farklı boyutta 2 farklı cidar kalınlığında başlık levhası kullanılarak β katsayısı sabit (0,5) birisi şahit numune olmak üzere ek başlıklı 6 adet kolon-kiriş birleşimini analiz edilmiştir.

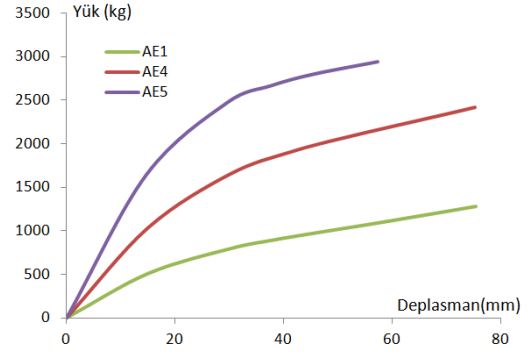
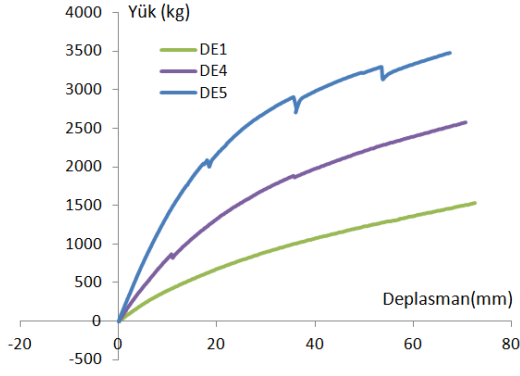
Tüm deneysel ve sayısal analizler göstermiştir ki $\beta=0,5$ olduğu yani kirişin kolon üzerinde zımbalama etkisinin daha etkin olduğu numunlerde, birleşime eklenen başlık levhasının birleşim taşıma kapasitesini arttırdığı açıkça görülmüştür. Ancak, hiç bir kombinasyonunda kolon üzerindeki şekil değiştirmenin önüne geçilemeyip, rijit bir birleşim elde edilmemiş ve güçlü kolon zayıf kiriş beklentisi yakalanamamıştır. Ancak kullanılan ek levhaların sayesinde tersinir etkiyen yükler altında başlık levhası kolon üst başlığı ile bir bütün davranış sergilemiş, tüm döngülerde kapasitede belirgin bir dalgalanma meydana gelmeden, deformasyonlar lineer sınırlar dahilinde kalması sağlanmıştır. Referans değer olan Şahit numunede ise kiriş sebebiyle kolon üzerinde meydana gelen deformasyonlar lineer sınırları aşmış, döngülerde kapasitede değişimler gözlemlenmiştir. Şekil 5.1'de ifade edilen yük deplasman eğrileri incelendiğinde tüm gruplarda başlık levhalarının kapasite ve rijitliği arttırdığı, boyuta değişimine ek olarak cidar artışında rijitliği olumlu etkilediği görülmüştür. Ancak özellikle 2. 3. grup deneylerde 8mm kalınlığındaki başlık levhasının kullanıldığı durumda kiriş-levha birleşim noktası gerilme yığılmalarının arttığı köşe noktalarında kılcal çatlaklara bağlı kapasitede ani düşüşler görülmüştür.



a) 1. Grup Deneysel analiz sonuçları

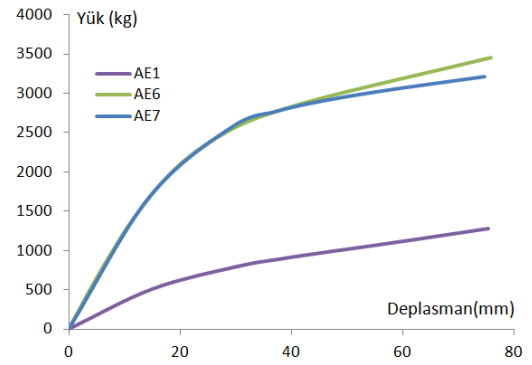
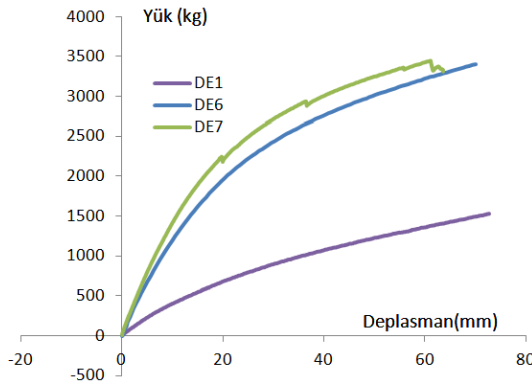


b) 1. Grup Sayısal analiz sonuçları



c) 2. Grup Deneysel analiz sonuçları

d) 2. Sayısal Deneysel analiz sonuçları

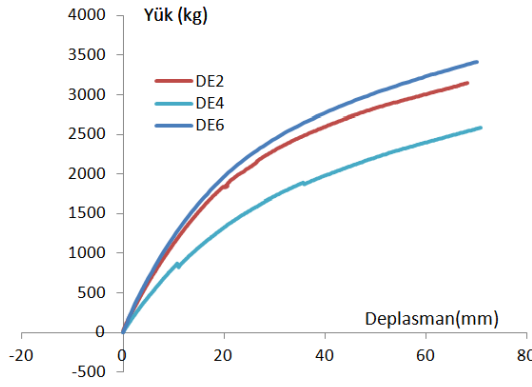


e) 3. Grup Deneysel analiz sonuçları

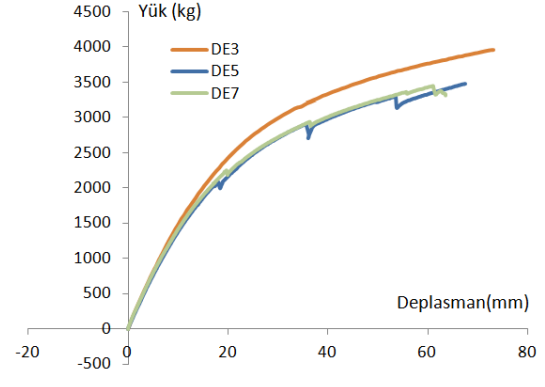
f) 3. Grup Sayısal analiz sonuçları

Şekil 5.1 Yük deplasman eğrilerinin karşılaştırmalı sunumu

Bu kapsamda lokal burkulmaların önüne geçme için ek kaynak kullanılarak birleşime ilave edilen başlık levhalarının cidar kalınlığı ve boyut parametrelerinin kıyaslandığı şekil 5.2'de 6mm cidar kalınlığı için ideal sonucu 1. ve 3. grup deneylerin verdiği, 8mm cidar kalınlığında ise en ideal sonucu 1. grup deney numunesinin verdiği tespit edilmiştir.



a) 6mm cidar kalınlığı boyutsal kıyaslama



b) 8mm cidar kalınlığı boyutsal kıyaslama

Elde edilen sonuçlar ışığı altında $\beta=0,5$ olduğu bir kutu kesitli birleşimde sisteme eklenecek ek kaynaklı bir başlık levhasının birleşim kapasitesine etki ettiği ancak sağladığı rijitliğin güçlü kolon zayıf kiriş beklentisini sağlamadığı görülmüştür. her ne kadar ek kaynak kullanılarak levha boyutu arttığında oluşacak membran etkisinin önüne geçilmek istense de en ideal sonucun en küçük levhada elde edildiği görülmüştür. Bu sebeple, ek başlıklı birleşimlerde levha boyutunun kiriş kenarı sınırından 50mm'yi aşması önerilmektedir. Ancak sayısal analiz sonucunda elde edilen şekil değiştirme grafikleri incelendiğinde ek kaynak dikişleri sayesinde levha kolon davranışını bir bütün çalıştırmış ve terisiner döngülerde kapasitedeki dalgalanmaların önüne geçildiği görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Başaran, B., 2012. Kutu Kesitli Kiriş-Kolonların Berkimesiz Alın Levhalı Kaynaklı Moment Aktaran Birleşimleri İçin Süneklik Detaylarının İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 181s, Isparta.
- Berman, J.W., Bruneau, M., 2008. Tubular Links For Eccentrically Braced Frames; I: Finite Element Parametric Study. *Journal Of Structural Engineering*, 5 (May 2008).
- Design Guide 3, 2009. For Rectangular Hollow Section (Rhs) Joints Under Predominantly Static Loading. Comité International Pour le Développement Et L'étude De La Construction Tubulaire.
- Eurocode 3, 2003. Design of steel structures - Part 1-8: Design of joints. European Committee For Standardization, Brussels.
- Feng, R., Young, B., 2011. Design Of Cold-Formed Stainless Steel Tubular T- And X-Joints. *Journal Of Constructional Steel Research*, 67, 421-436.
- Garlock, M.M., Ricles, J.M., Sause, R., 2005. Experimental Studies Of Full-Scale Posttensioned Steel Connections. *Journal Of Structural Engineering*, March 2005, 438-448.
- Kim, T., Stojadinović, B., ASCE2, M., Whittaker, A.S., 2008. Seismic Performance Of Pre-Northridge Welded Steel Moment Connections To Built-Up Box Columns. *Journal Of Structural Engineering*, February 2008, 289-299.
- Koning, C.H.M. de, Wardenier, J., 1984. The Static Strength Of Welded Joints Between Structural Hollow Sections Or Between Structural Hollow Sections And H-Sections. Delft University Of Technology, Delft, Part 2: Joints between rectangular hollow sections, Stevin Report 6-84-19.
- Korol, R.M., El-Zanaty, M., Brady, F.J., 1977. Unequal Width Connections Of Square Hollow Sections In Vierendeel Trusses. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 4, 190-201.
- Kumar, S.R.S., Rao, P., 2005. RHS Beam-To-Column Connection With Web Opening—Experimental Study And Finite Element Modelling. *Journal Of Constructional Steel Research*, 62, 739-746.
- Lea J., Goldsworthy, H.M., Gad, E.F., 2011. Blind Bolted Moment Connection To Sides Of Hollow Section Columns. *Journal Of Constructional Steel Research*, 67, 1900-1911.
- Lee, C.H., ASCE1, M., Jung, J.H., Oh, M.H., Koo, E.S., 2005. Experimental Study Of Cyclic Seismic Behavior Of Steel Moment Connections Reinforced With Ribs. *Journal Of Structural Engineering*, January 2005, 108-118.

- Mang, F., Bucak, Ö., Wolfmuller, F., 1983. The Development Of Recommendations For The Design Of Welded Joints Between Steel Structural Hollow Sections (T- And X-Type Joints). University of Karlsruhe, Germany, Final Report on ECSC Agreement 7210 SA/l 09 and CIDECT Program 5AD.
- Mashiri, F.R., Zhao, X. L., 2004. Plastic Mechanism Analysis Of Welded Thin-Walled T-Joints Made Up Of Circular Braces And Square Chords Under In-Plane Bending. *Thin-Walled Structures*, 42, 759–783.
- Mashiri, F.R., Zhao, X. L., 2009. Square Hollow Section (SHS) T-Joints With Concrete-Filled Chords Subjected To In-Plane Fatigue Loading In The Brace. *Thin-Walled Structures*, 48, 150–158.
- Özer, E., 2007. Yapı Sistemlerinin Lineer Olmayan Analizi. Erişim Tarihi: 01.02.2012. http://web.itu.edu.tr/~orak/ders_notlari/ders_notlari.html.
- TDY 2007, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. T. C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- TS EN ISO 6892-1, 2010. Metalik Malzemeler - Çekme Denyi - Bölüm 1: Ortam Sıcaklığında Deney Metodu. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Uang, C.M., ASCE, M., Sato, A., Hong, J.K, Wood, K., 2010. Cyclic Testing And Modeling Of Cold-Formed Steel Special Bolted Moment Frame Connections. *Journal Of Structural Engineering*, AGUST 2010, 953-960.
- Wardenier, J., 1982. Hollow Section Joints. Delft University Press, Delft.
- Wardenier, J., Vegte, G.J. van der, Liu, D.K., 2007a. Chord Stress Function For Rectangular Hollow Section X And T Joints. *Proceedings 17th International Offshore And Polar Engineering Conference*, Lisbon, Portugal, IV, 3363- 3370.
- Yu, Y., 1997. The Static Strength Of Uniplanar And Multiplanar Connections In Rectangular Hollow Sections. Delft University Press, Thesis Ph.D. Delft, The Netherlands.
- Zehir, A., 2012. Kutu Kesitli Kiriş-Kolonların Berkitilmiş Alın Levhalı Kaynaklı Moment Aktaran Birleşimleri İçin Süneklik Detaylarının İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 72s, Isparta.
- Zhao, X. L., 2000. Deformation Limit And Ultimate Strength Of Welded T-Joints In Cold-Formed RHS Sections. *Journal of Constructional Steel Research*, 53, 149–165.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Emre KÖK

Doğum Yeri ve Yılı : İzmit 1988

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : kokemre@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Denizli Lisesi 2005

Lisans : SDÜ, Müh. Mim. Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, 2012