



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**HAFİF ÇELİK YAPILARIN BULON, VİDA VE
PERÇİNLİ BİRLEŞİMLERİNDE FARKLI
SEVİYELERDEKİ KOROZYONUN ETKİLERİ**

Mahmut Tansu KAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yapı Anabilim Dalı

Mayıs-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Mahmut Tansu KAYA tarafından hazırlanan “Hafif Çelik Yapıların Bulon, Vida ve Perçinli Birleşimlerinde Farklı Seviyelerdeki Korozyonun Etkileri ” adlı tez çalışması .../.../... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yapı Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Dikkat!

Tezin ilk tesliminde boş bırakınız.
Tez savunması yapıp, jüri tarafından kabul
edildikten sonra tez savunması tarihini
yazınız.
Bu bilgi notunu çıktı almadan önce siliniz.

Jüri Üyeleri

Başkan

Unvanı Adı SOYADI

Danışman

Doç. Dr. Ali KÖKEN

Üye

Unvanı Adı SOYADI

Üye

Unvanı Adı SOYADI

Üye

Unvanı Adı SOYADI

Dikkat!

Tez savunması yapıp, jüri tarafından
kabul edildikten sonra birini siliniz.
Bu bilgi notunu çıktı almadan önce
siliniz.

İmza

.....

Dikkat!

Tezin ilk tesliminde jüri üyeleri
yazılmamalıdır.
Jüri üyesi Yüksek Lisans için 3
doktora için ise 5 kişidir. Uygun
şekilde düzenleyiniz
Bu bilgi notunu çıktı almadan
önce siliniz.

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

LEE Müdürünün adını soyadını yazınız

Prof.Dr. Adı Soyadı

Bu bilgi notunu çıktı almadan önce siliniz.

Prof. Dr. Yakup KARA
Enstitü Müdürü

Dikkat!

Tez çalışması bir proje ile desteklenmiş ise
aşağıdaki ifade eklenmelidir.
Aksi durumda silinmelidir.
Bu bilgi notunu çıktı almadan önce siliniz.

Bu tez çalışması tarafından nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Dikkat!

**Öğrenci tarafından imzalanmalıdır.
Çıktı almadan önce “İmza” yazısını
siliniz.**

**Bu bilgi notunu çıktı almadan önce
siliniz.**

İmza

Mahmut Tansu KAYA

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAFİF ÇELİK YAPILARIN BULON, VİDA VE PERÇİNLİ BİRLEŞİMLERİNDE FARKLI SEVİYELERDEKİ KOROZYONUN ETKİLERİ

Mahmut Tansu KAYA

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Yapı Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Ali KÖKEN

2019, ... Sayfa

Jüri

Doç. Dr. Ali KÖKEN

Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI

Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI

Dikkat!

Örnek: 2010, 105 Sayfa

**Bu bilgi notunu çıktı
almadan önce siliniz.**

Bu çalışmanın teorik kısmında; hafif çelik yapılar ile ilgili genel bilgiler verilerek, en çok kullanılan yönetmeliklerden ve diğer yapı sistemleri ile arasındaki farklardan bahsedilerek, dünyada ve Türkiye’ de hafif çelik yapılara örnekler gösterilmiştir. Ayrıca korozyon hakkında genel bilgiler verilip, korozyon türlerinden ve korozyondan korunma yöntemlerinden bahsedilmiştir. Bu çalışmanın deneysel kısmında ise; Birleşim elemanı kullanılmayan tam levhalar, bulon birleşimli yarım levhalar, vida birleşimli yarım levhalar ve perçin birleşimli yarım levhalar farklı oranlarda korozyona uğratarak eksenel çekme deneyi uygulanmıştır. Eksenel çekme deneyleri sonucunda, hafif çelik elemanlarda korozyon miktarı arttıkça hem sünekliğin hem de malzeme dayanımının önemli derecede düştüğü belirlenmiştir. Ayrıca en büyük oranda akma ve çekme dayanımı kaybının perçin birleşimli levhalarda, en düşük oranda akma dayanımı kaybının bulon birleşimli levhalarda, en düşük oranda çekme dayanımı kaybının vida birleşimli levhalarda, en büyük nihai birim uzamanın birleşimsiz tam levhalarda, en düşük nihai birim uzamanın perçin birleşimli levhalarda olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak perçin birleşimli levhalarda daha yüksek oranda dayanım ve süneklik kaybı oluşurken, bulon ve vida birleşimli levhalarda daha az oranda dayanım ve süneklik kaybı olduğu belirlenmiştir. Hafif çelik levhalarda korozyon oluşumunun azaltılması adına galvanizleme veya boyama gibi korunma yöntemlerinin kullanılması tavsiye edilebilir. Ayrıca yapılan bu deneyin kaynak birleşimli levhalar için de yapılması önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Dayanım, eksenel çekme deneyi, hafif çelik, korozyon, süneklik

Dikkat!
MS/Ph.D THESIS
Sadece birinizi yazınız diğerini
siliniz
Başlık sayfa başında olmalıdır.
Bu bilgi notunu çıktı almadan
önce siliniz.

ABSTRACT

MS/PhD THESIS

TEZ BAŞLIĞININ İNGİLİZCE'SİNİ BURAYA YAZINIZ

Mahmut Tansu KAYA

Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ali KÖKEN

2019, ... Pages

Jury

Assoc. Prof. Dr. Ali KÖKEN
Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI
Diğer Üyenin Unvanı Adı SOYADI

Dikkat!
Bu bilgi notunu
çıktı almadan
önce siliniz.
(KENDİ
BOLUMUNUZU
YAZINIZ)

Prof.Dr. için Prof.Dr.
Doç.Dr. için Assoc.Prof.Dr.
Dr.Öğr.Üyesi için Asst.Prof.Dr.
Kısaltmaları kullanılmalıdır.
Bu bilgi notunu çıktı almadan önce siliniz

Türkçe özet metninin İngilizce'sini yazmaya buradan başlayınız.

.....
..... 10 punto olmalı
.....
.....
.....

Keywords: Türkçe özetteki anahtar kelimelerin İngilizce'sini yazınız. Alfabetik sırada ve 10 punto olmalı

ÖNSÖZ

Korozyon, yapıları güvenlik ve estetik anlamda olumsuz olarak etkileyen çevresel bir faktördür. Dayanım ve süneklilik üzerinde doğrudan etkisi vardır. Bu sebeplerden dolayı yapılarda korozyon oluşumunu engelleyecek önlemler almamız gerekmektedir.

Öncelikle seminer konusunu seçerken isteklerimi göz önünde bulundurup bana yardımcı olan seminer danışmanım Doç. Dr. Ali KÖKEN' e teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmamın her aşamasında bana yardımcı olan değerli arkadaşım, Yasin DUYSAK' a, bana her türlü kaynak desteğini sağlayan Özkon Çelik' e, bu zorlu seminer sürecinde benden desteğini bir an için bile esirgemeyen eşim Begüm KAYA' ya ve tüm eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan sevgili aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Mahmut Tansu KAYA
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Hafif Çelik Yapılar Hakkında Genel Bilgiler	2
1.1.1. Hafif çelik yapıların tarihçesi	2
1.1.2. Hafif çelik yapıların kullanım alanları	3
1.1.3. Hafif çelik yapıların genel özellikleri	4
1.1.4. Hafif çelik yapıların tasarımında kullanılan yönetmelikler	4
1.1.4.1. TS 11372.....	5
1.1.4.2. AISI - NAS	5
1.1.4.3. EUROCODE 3.....	5
1.1.4.4. Diğer yönetmelikler	5
1.2. Hafif Çelik Yapılar ve Diğer Sistemler Arasındaki Temel Farklar	6
1.2.1. Hafif çelik ile geleneksel çelik elemanlar arasındaki temel farklar.....	6
1.2.2. Hafif çelik ile betonarme arasındaki temel farklar	6
1.3. Hafif Çelik Yapılarda Kullanılan Elemanlar ve Özellikleri.....	7
1.3.1. Hafif çelik yapı ürünleri ve elemanları	7
1.3.1.1. Hafif çelik profiller	7
1.3.1.2. Levhalar, trapez levhalar ve şeritler.....	10
1.3.2. Montaj elemanları	11
1.3.2.1. Vidalar	11
1.3.2.2. Bulonlar	12
1.3.2.3. Kaynak.....	13
1.3.2.4. Punto ve perçinler	14
1.3.2.5. Çiviler	16
1.3.2.6. Ankraj bulonları.....	18
1.3.3. Tamamlayıcı malzemeler ve elemanlar	19
1.4. Hafif Çelik Yapılar İçin Örnek Çalışmalar	19
1.4.1. ABD’ de hafif çelik yapılara örnekler	20
1.4.2. Türkiye’ de hafif çelik yapılara örnekler	20
1.4.2.1. Türkiye’ de, hafif çelik yapılarda 3 boyutlu modelleme örnekleri	20
1.4.2.2. Türkiye’ de hafif çelik yapı uygulamaları	21
1.5. Korozyon.....	23
1.5.1. Korozyonun oluşumu.....	24
1.5.2. Korozyon çeşitleri.....	25
1.5.2.1. Homojen dağılımlı korozyon	25
1.5.2.2. Galvanik korozyon.....	26
1.5.2.3. Aralık korozyonu	26

1.5.2.4. Çukur korozyonu	27
1.5.2.5. Taneler arası korozyon.....	28
1.5.2.6. Kazımalı korozyon.....	29
1.5.2.7. Gerilimli korozyon.....	29
1.5.2.8. Atmosferik korozyon	29
1.5.3. Korozyon hızı	30
1.5.4. Korozyondan korunma yöntemleri	31
1.5.4.1. Tasarım	31
1.5.4.2. Malzeme seçimi	32
1.5.4.3. Koruyucu kaplama.....	32
1.5.4.3.1. Püskürtme yöntemi ile metalik kaplama.....	32
1.5.4.3.2. Elektrolit yöntemi ile metalik kaplama.....	33
1.5.4.3.3. Sıcak daldırma yöntemi ile metalik kaplama.....	34
1.5.4.3.4. İnorganik kaplamalar	35
1.5.4.3.5. Organik kaplamalar (Boyalar)	35
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	37
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	42
3.1. Deney Materyalleri	42
3.1.1. Hafif çelik levhalar	42
3.1.2. Bağlantı elemanları	43
3.1.3. Yalıtım malzemesi	43
3.1.4. Güç kaynakları.....	44
3.1.5. Paslanmaz çelik çubuklar.....	45
3.1.6. Elektrik akımı aktarıcı elemanlar.....	46
3.1.7. Tuz (NaCl)	46
3.1.8. Çözelti havuzları	47
3.1.9. Çelik levha çekme aleti.....	48
3.2. Deney Yöntemi	49
3.3. İsimlendirme Sistemi	50
3.4. Deney Parametreleri	53
3.4.1. Levha kalınlıkları	53
3.4.2. Çözeltilerin tuz yüzdeleri.....	54
3.4.3. Farklı elemanlarda korozyon olması durumları.....	54
3.4.3.1. Hem levhada hem bulonlarda korozyon olması durumu	55
3.4.3.2. Hem levhada hem vidalarda korozyon olması durumu	55
3.4.3.3. Hem levhada hem perçinlerde korozyon olması durumu	55
3.4.3.4. Yalnız bulonlarda korozyon olması durumu	55
3.4.3.5. Yalnız perçinlerde korozyon olması durumu.....	56
3.4.4. Levhaların bağlantı şekilleri	56
3.4.4.1. Bağlantı elemanı kullanılmayan numuneler (Tam levhalar)	57
3.4.4.2. Bulonlu birleşim yapılmış elemanlar	57
3.4.4.3. Vidalı birleşim yapılmış elemanlar.....	58
3.4.4.4. Perçinli birleşim yapılmış elemanlar	59
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	61
4.1. 0.8 mm Kalınlıklı Tam Levhaların İncelenmesi	63
4.2. 1 mm Kalınlıklı Tam Levhaların İncelenmesi	66

4.3. 0.8 mm Kalınlıklı, Bulonlarla Tespit Edilmiş Levhaların İncelenmesi	69
4.4. 1 mm Kalınlıklı, Bulonlarla Tespit Edilmiş Levhaların İncelenmesi	72
4.5. 0.8 mm Kalınlıklı, Vidalarla Tespit Edilmiş Levhaların İncelenmesi	75
4.6. 1 mm Kalınlıklı, Vidalarla Tespit Edilmiş Levhaların İncelenmesi	78
4.7. 0.8 mm Kalınlıklı, Perçinlerle Tespit Edilmiş Levhaların İncelenmesi	81
4.8. 1 mm Kalınlıklı, Perçinlerle Tespit Edilmiş Levhaların İncelenmesi	84
4.9. Sadece Bulonları Korozyona Uğramış, 0.8 mm Kalınlıklı Levhaların İncelenmesi	87
4.10. Sadece Bulonları Korozyona Uğramış, 1 mm Kalınlıklı Levhaların İncelenmesi	90
4.11. Sadece Perçinleri Korozyona Uğramış Levhaların İncelenmesi	93
4.12. Tüm Parametrelerin Karşılaştırılması	94
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	95
5.1 Sonuçlar	95
5.2 Öneriler	96
KAYNAKLAR	97
EKLER	100
ÖZGEÇMİŞ	100

Dikkat!
Başlık sayfa başında olmalıdır.
Bu bilgi notunu çıktı almadan önce siliniz.

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Simgeleri yazmaya buradan başlayınız ve yazım kılavuzunda belirtildiği şekilde düzenleyiniz. Simgelerin bitiminden sonra, kısaltmalar başlığından önce bir satır boşluk bırakınız.

Kısaltmalar

Kısaltmaları yazmaya buradan başlayınız ve yazım kılavuzunda belirtildiği şekilde düzenleyiniz.

Dikkat!
Tezde simgeler ve kısaltmalar bulunmuyor ise
bu sayfayı siliniz.
Bu bilgi notunu çıktı almadan önce siliniz.

1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında hafif çelik kullanımı eskiye nazaran oldukça yaygın hale gelmiştir. Bu kapsamda dünya genelinde hafif çelik yapılarla alakalı çeşitli ülkelerin geliştirdiği farklı yönetmelikler kullanılmaktadır.

Betonarme elemanlar, basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşük yapı elemanlarıdır. Fakat hafif çelik malzeme hem basınç dayanımı hem de çekme dayanımı konusunda yüksek değerlere ulaşmaktadır. Ayrıca günümüzün en önemli sorunlarından biri haline gelen deprem etkisi çelik yapılar ile minimum düzeye çekilmektedir. Betonarme malzemeye nazaran daha hafif bir yapı malzemesi olan hafif çelik sayesinde yapıların maruz kaldığı deprem kuvveti daha az olmaktadır ve böylelikle deprem anında daha az zarar görmektedir. Bir diğer konu ise çelik malzemelerin üretiminin belirli bir denetim altında yapılması ve imalatının genellikle atölyelerde yapılmasıdır. Bu sebeple dayanımlar standart seviyede olup büyük değişimler göstermez ve betonarme yapı gibi fazladan bir bakıma ve küre ihtiyaç duymaz.

Bütün bu avantajların yanı sıra çelik malzemelerin dayanımı ve sürekliliği korozyondan oldukça etkilenmektedir. Her ne kadar galvanizleme veya kaplama gibi çeşitli yalıtım işlemleri uygulansa da korozyon oluşumuna tamamiyle bir çözüm bulunamamaktadır. Bu kapsamda hafif çelik maddelerde oluşan korozyonun miktarı ve yeri dayanım üzerinde doğrudan bir etki yaratmaktadır. Eğer ki korozyona kalıcı bir çözüm bulamıyorsak, oluşacak korozyonun dayanım üzerindeki etkisini göz önüne alıp ona göre tasarım yapmamız gerekmektedir.

Bu tez kapsamında öncelikle hafif çelik yapılar hakkında genel bilgiler verilmiş, kullanılan yönetmelikler ve yapı elemanlarından bahsedilmiştir. Ayrıca korozyon, korozyon çeşitleri ve korozyondan korunma yöntemleri anlatılmıştır. Ardından yapılan deneysel çalışmada, hafif çelik yapı elemanlarında oluşan korozyonun, dayanım ve süreklilik açısından oluşturduğu etkiyi belirlemek amaçlanmıştır. Bu kapsamda farklı birleşim elemanları kullanılan levhalar önce korozyona uğratılmış, ardından eksenel çekme deneyine tabi tutularak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

1.1. Hafif Çelik Yapılar Hakkında Genel Bilgiler

1.1.1. Hafif çelik yapıların tarihçesi

Henry Bessemer 19. yy’ da Bessemer prosesi adını verdiği ilk pahalı olmayan endüstriyel prosesi bulduktan sonra verimli ve ucuz çelik üretimine başlanmıştır. Çeliğin dayanımının ve sünekliliğinin yüksek olması sebebi ile 19. yy’ ın sonlarından itibaren Amerika’ da, 20. yy’ın başlarından itibaren de Britanya’ da inşaat sektöründe kullanılmaya başlanmıştır (Jackson, 1998).

Çelik karkasın sahaya montaja hazır şekilde sevk edilmesi ve işlenme kolaylığı nedeniyle işçilik ve üretim maliyetlerinin düşürülmesi nedeniyle konut amaçlı “prefab” (ön üretilmiş) hafif çelik yapıların inşası artmıştır (Popüler Bilim, 1928). Hafif çelik, 2. Dünya Savaşı Bittikten sonra hızlı ve ekonomik olarak üretilip montajı yapılabildiği için Avrupa ülkeleri arasında kullanımı hızla yaygınlaşmıştır (Güneş, 2016).

Amerika’ da 1930’larda sıcak büküm çeliğin tasarım kriterleri standartlaştırılmıştır. 1946 yılına kadar soğuk büküm çelik için herhangi bir tasarım kriteri belirlenmemiştir. 1946’da AISI (American Iron and Steel Institute) ne bağlı olarak Cornell Üniversitesi Profesörü George Winter’ ın ilk araştırmaları sonucunda yönetmelik yayınlanmıştır. 1991 yılında yük ve dayanım faktör tasarımı Wei-Wen Yu ve Theodore V. Galambos tarafından enstitüye bağlı olarak yayınlanmıştır. 1996 yılında iki çalışma birleştirilerek genişletilmiş ve günümüzde kullanılan asıl yönetmelik oluşturulmuştur (Güneş, 2016).

Çizelge 1.1. Dünyada hafif çelik yapıların diğer yapılara göre yüzdeleri (Anonim, 2018a)

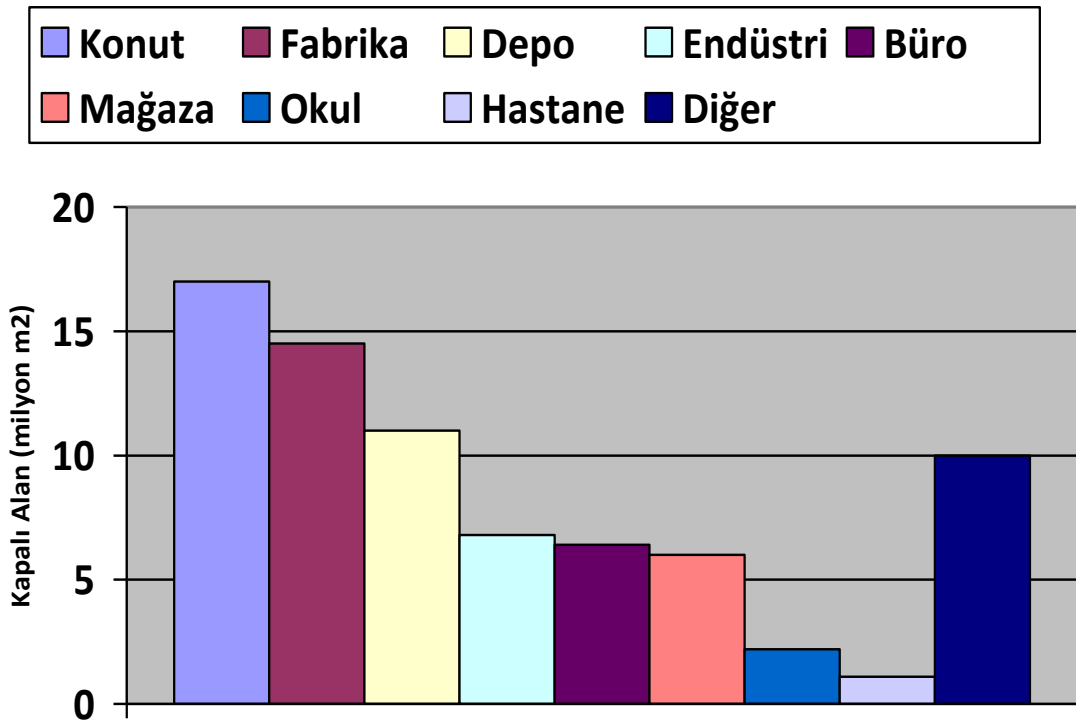
Ülke	Yapı Stoku
ABD	%25
Avustralya	%15
Japonya	%15
İngiltere	%10
Türkiye	%3

Türkiye’de hafif çelik üretimi ve satımını yapan firmaların tarihlerine bakıldığında 40 seneyi geçmediği görülmektedir. Bu da Türkiye’de hafif çelik

sektörünün en fazla 40 seneye dayandığını gösterir. Fakat ülkemizde oluşan depremler, endüstriyelleşme sonucunda hafif çelik yapılara olan ihtiyaç oluşmuştur. Hafif çelik sektöründe adı geçen firmalar özellikle 1999 depreminden sonra büyüme ve gelişme göstermişlerdir. Zamanla ülkemizde oluşan ihtiyaç ve komşu ülkelerde olan savaşlardan dolayı hafif çelik sektörümüz büyümüş ve dış ülkelere açılmışlardır (Güneş, 2016).

1.1.2. Hafif çelik yapıların kullanım alanları

Hafif çelik yapıların ülkemizde kullanımı son yıllarda oldukça artmıştır. Hafif çelik yapılar ilk başlarda şantiye binaları olarak kullanılıyordu. Fakat zamanla deprem evleri olarak yapılmaya başlandı. Artık okul, kreş, yurt, işyeri, mescit, lokanta, halk pazarı, konut ve daha birçok alanda yapılmaya başlandı. Fakat konut olarak inşaat piyasasında hala olduğu yerde değildir. Amerika ve Avrupa’da konut olarak çok yaygın kullanılmasına rağmen ülkemizde kullanıcılar tarafından şüpheyle karşılanmaktadır (Anonim, 2018a).

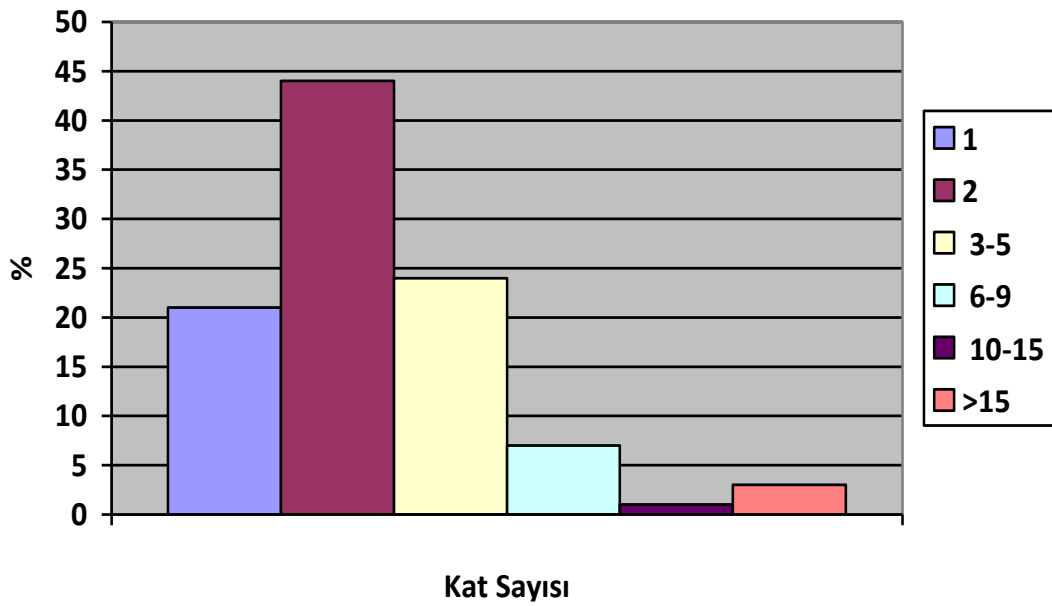


Şekil 1.1. Dünyada kullanım amacına göre hafif çelik yapılar (Anonim, 2018a)

1.1.3. Hafif çelik yapıların genel özellikleri

Hafif çelik yapılarda önceden üretilebilme imkânı olduğundan dolayı insan hataları en aza inmektedir. Yapı ince kesitli çeliklerden oluştuğu için diğer yapı türlerine göre 10 kata kadar daha hafiftir. Bu hafifliğinden dolayı da deprem yüklerini az aldığı için depreme karşı çok güvenlidir. Çok kötü zemin koşullarında bile uygulanabilmektedir (Susam, 2003).

Hızlı ve kolay bir şekilde montaj edilebilmektedir. İnşa aşamasında hava ve iklim koşullarından etkilenmediğinden dolayı 4 mevsim inşası mümkündür (Öztürk, 2010). Doğru şekilde galvanizlendiği zaman dış etkilerden etkilenip korozyona uğramaz. Diğer çelik sistemler ile desteklendiği zaman 3 kattan fazla yapılar da yapılabilir (Susam, 2003).



Şekil 1.2. Dünyada hafif çelik yapıların kat sayılarına göre yapılma yüzdeleri (Anonim, 2018a)

1.1.4. Hafif çelik yapıların tasarımında kullanılan yönetmelikler

Hafif çelik yapıların tasarımında dünyanın çeşitli bölgelerinde kullanılan AISI-NAS, Avrupa, Afrika ve Ortadoğu bölgelerinde kullanılan Eurocode 3, Türkiye’ de kullanılan TS 11372 gibi çeşitli yönetmelikler mevcuttur. Bu yönetmelikleri göz atacak olursak;

1.1.4.1. TS 11372

Ülkemizde çelik yapılar için 28 Nisan 1994 tarihinde TS 11372 “Çelik Yapılar Hafif-Soğukta Şekil Verilmiş Profillerle Oluşturulan-Hesap Kuralları” yönetmeliği yürürlüğe girmiştir.

TS 11372 temel malzeme özellikleri TS 2162 “Genel Yapı Çelikleri” standartlarına, boyutlandırma yöntemi ise TS 648 “Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralların” a uygun olmalıdır. Basınca çalışan elemanlarda kritik cidar kalınlığı, narinlik kontrolleri sonucunda belirlenir. Bu noktada sınır narinliği 75 olarak alınmaktadır (TS 11372, 1994).

1.1.4.2. AISI - NAS

1930’ lu yıllarda American Iron and Steel Institute (AISI) tarafından yayımlanan tasarım yönetmeliğidir. Canadian Standards Association (CSA)’ nın hazırlamış olduğu Kanada’da hafif çelik yapı tasarımı için kullanılan CSA S136 standardı ile birleştirilerek AISI – North American Standard (NAS) adıyla kullanılmaktadır. Hem emniyet gerilmeleri yöntemi, hem de taşıma gücü yöntemi kullanılabilmektedir. Bu yöntemlerin yanı sıra limit durum tasarımı yöntemi de Kanada’da yapıların tasarımında kullanılmaktadır. Dünyadaki hafif çelik yapı tasarımında referans alınan yönetmeliklerden biridir (Yu, 2000; AISI, 2007).

1.1.4.3. EUROCODE 3

Avrupa’da hafif çelik yapı tasarımı için kullanılan yönetmeliktir. Amerikan normlarına nazaran daha teorik ve karmaşık kriterleri bulunmaktadır. Eurocode 3 ayrıca hafif çelik elemanların plastik tasarımı ile ilgili kavramları da içerir (ENV 3, 1996). Avrupa ülkelerinin haricinde Afrika ve Ortadoğu ülkelerinde de kullanılmaktadır.

1.1.4.4. Diğer yönetmelikler

Avustralya ve Yeni Zelanda’da hafif çelik yapılar oldukça yaygındır. Bu bölgelerde National Association of Steel-Framed Housing (NASH) tarafından hazırlanan bir yönetmelik kullanılmaktadır. Ayrıca özellikle iskandinav ülkelerinde

hafif çelik yapılar üzerine birçok çalışma yapılmakta ve standartlar geliştirilmektedir (Öncü, 2010).

1.2. Hafif Çelik Yapılar ve Diğer Sistemler Arasındaki Temel Farklar

Hafif çelik yapıların normal çelik yapılar ve betonarme yapılar ile arasındaki farklara şu şekilde özetlenebilir;

1.2.1. Hafif çelik ile geleneksel çelik elemanlar arasındaki temel farklar

Söz konusu iki yapısal çelik elemanları arasında göz önüne alınabilecek pek çok fark vardır.

- Bağlantı elemanı olarak bulon ve kaynağın yanı sıra clinch olarak adlandırılan perçin benzeri ve vidalı bağlantılar yapılabilir (Öncü, 2010).

- Hafif çelik elemanlarda yüksekliğin kalınlığa oranı çok fazla olduğundan dolayı bölgesel kontroller yapılmaktadır. Geleneksel çelik de ise kritik noktaların kontrolleri yapılmaktadır (Öncü, 2010).

- Hafif çelik üretimi sırasında mekanik özelliklerde iyileştirmeler yapılabilir (Eurocode 3, 1996).

- Hafif çelik elemanlar orta seviyede yüklerde ve orta uzunlukta açıklıklarda daha ekonomik sonuçlar vermektedir (Eurocode 3, 1996).

- Ayrıca hafif çelik sistemlerde kayma ve ağırlık merkezleri arasında dış merkezlik oluşma ihtimali yüksektir. Bu da burulma ve burkulma oluşturabileceğinden ayrıca hesap yapılması gerekmektedir (Eurocode, 3 1996).

1.2.2. Hafif çelik ile betonarme arasındaki temel farklar

Türkiye’de betonarme yapıların sayısı diğer sistemli yapılara göre çok fazladır. Ülkemizde, betonu temin etmenin kolay olması, inşaat ekiplerinin fazla olması ve betonarme yapı sistemlerindeki deneyim gibi sebeplerden dolayı betonarme yapıların sayısı oldukça fazladır. Hafif çelik yapı sistemlerinin betonarme yapı sistemlerine göre çok önemli üstünlükleri bulunur. Burada, yalnızca yapısal farklılıklar açıklanacaktır (Öncü, 2010).

- Aynı iki mimari proje ele alındığında hafif çelik sistemli yapılar, betonarme yapılara göre çok daha hafif sistemlerdir. Bu sebepten dolayı eşdeğer deprem yükleri karşılaştırıldığında yapıya etki eden deprem yükü oldukça azalmaktadır. Hafif çelik sistemle betonarme sistem arasındaki bu fark sadece taşıyıcı sistem ağırlıklarında 18 kata çıkmaktadır (Öncü, 2010).

- Üstyapının hafif olmasından dolayı zemine etkiyen yük de önemli miktarda azalmaktadır. Bu konu özellikle gevşek ve taşıma gücü zayıf olan zeminlerde daha sağlam yapılar yapılabilmesine olanak sağlamaktadır (Öncü, 2010).

- Son olarak atölyede ön üretimli yapı malzemeleri olduğundan dolayı işçilikten doğan hatalar betonarmeye nazaran daha az olmaktadır.

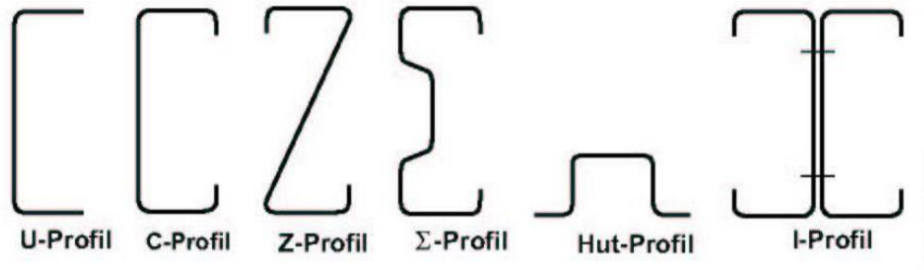
1.3. Hafif Çelik Yapılarda Kullanılan Elemanlar ve Özellikleri

Hafif çelik yapı sistemlerinin kuruluşunda kullanılan elemanlar temel olarak 3 ana başlık altında incelenebilir.

1.3.1. Hafif çelik yapı ürünleri ve elemanları

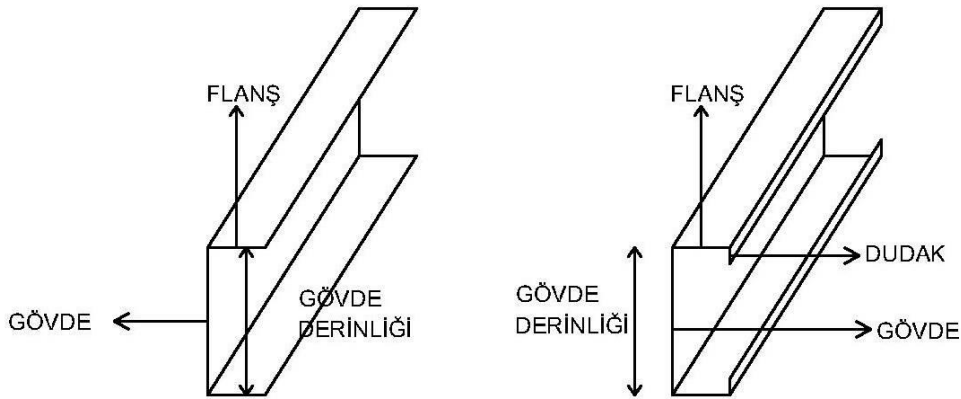
1.3.1.1. Hafif çelik profiller

Hafif çelik sistemlerde kullanılan profillerin isimlendirmesi biçimlerine göre olur. Genellikle C, U ve Σ profiller kullanılır. Hafif çelik üreticileri kendilerine ait profil tablolarını hazırlar. Bu tablolarda, hazırlanan profillerin karşısında, kesme uzunluklarına göre profillerin moment ve taşıma kapasiteleri verilir. Projelendirilmede esnasında bu tablolardaki değerlerden yararlanılır. Her üreticinin profil tabloları arasında fark olabilir (Ekinci, 2006).



Şekil 1.3. Hafif çelik yapılarda kullanılan soğuk şekillendirilmiş çelik profiller
(Stahl Informations Zentrum, 2002)

Hafif çelik yapıda genellikle C profiller kullanılır. C profiller flanş (başlık), gövde, ve dudak (lip) kısımlarından oluşur ve ölçülendirilmesi başlıkların dışından dışınadır. U profiller ise sadece flanş ve gövde kısımlarından oluşup, ölçülendirilmeleri başlıkların içinden içinedir (Ekinci, 2006).



Şekil 1.4. C ve U profillerini oluşturan kısımlar

Amerika, Kanada ve İngiltere gibi ülkelerde inch, feet, gibi ölçü birimleri kullanılır. Bu birimlerin kullanılması ile yapılan hesaplarda virgülden sonraki rakamların karışıklık yaratır. Bu sebeple flanş, gövde ve dudak boyutları gerçek boyutun 100 katı ile ifade edilir. Profil kalınlığı ise, 1000 katı ile, “Mil” adı verilerek ifade edilir. Örneğin gövde boyu 6.1 inch, flanş genişliği 2,10 inch ve kalınlığı 0.08 inch olan bir profil 610-210-80 Mil olarak ifade edilir. Ayrıca her açıklık için belirli eleman kalınlıkları kullanılacak şekilde sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmaya “Gauge” adı verilmektedir (Nasfa, 1996). Çizelge 1.2. de gauge sınırlandırmasının inch, mil, milimetre karşılıkları verilmiştir.

Çizelge 1.2. Hafif Çelik ‘‘gauge’’, sınıflandırılmasının, inch, mil, milimetre karşılıkları

Gauge	İnch	Mil	Milimetre
25 gauge	0.0179	18 mil	0.45 mm
22 gauge	0.0269	27 mil	0.68 mm
20 gauge	0.0329	33 mil	0.83 mm
18 gauge	0.0428	43 mil	1.09 mm
16 gauge	0.0538	54 mil	1.37 mm
14 gauge	0.0677	68 mil	1.72 mm
12 gauge	0.0966	97 mil	2.46 mm
10 gauge	0.1180	118 mil	2.99 mm

Alman DAST-Richtlinie 016 ve Eurocode 3 Standartları’nda, taşıyıcı sistemde kullanılabilecek hafif çelik kalınlığı, minimum 0.8 mm olarak belirlenmiştir. Kalınlığı 0.6 mm ile 0.8 mm arasında olan profillerin ise taşıyıcı olmayan bölücü duvarlarda kullanılmalarına izin vermiştir (Erenman ve ark., 2000).

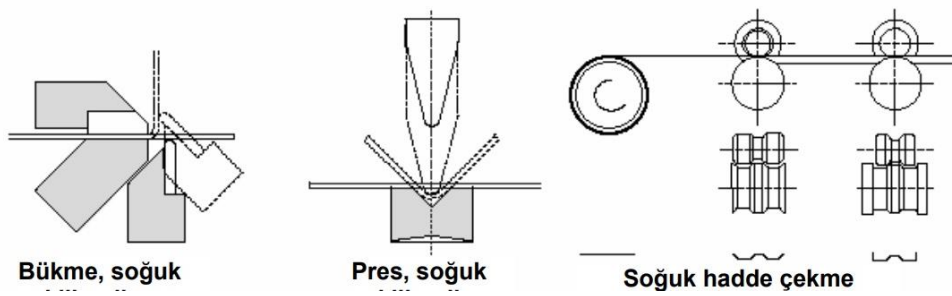
Hafif çelik sistemlerde kullanılan malzeme fabrikalarda, belirli standartlara göre üretilir. Eriyen hafif çelik, üretim bandının üzerinde silindir veya presleme yöntemi ile levha veya rulo sac haline dönüştürülür. Üretim sırasındaki silindir veya presleme işlemi, çeliğin iç yapısındaki boşlukları sıkıştırıp doldurduğu için hafif çelik malzemenin daha homojen bir yapıda olmasını ve dayanımının yükselmesini sağlar. Levha veya rulo halini alan hafif çelik malzeme uygun boyutlarda kesilir. Kesilmiş levha çelik, pres kalıp, silindir kalıp veya bükme işlemi ile profillendirilir (Şekil 1.5, Şekil 1.6, Şekil 1.7). Hafif çelik, levha halindeyken veya daha sonra uygun şekilde kesilip boyutlandırıldığı zaman galvanizleme işlemine tabi tutulur (Ekinci, 2006). Bu galvanizleme işlemi hafif çelik malzemeyi dış etkilere ve korozyona karşı önemli derecede korumaktadır. Eğer hafif çelik eleman boyutlandırılma işleminden sonra galvanizlenirse, sonradan herhangi bir delme, kesme gibi işlem uygulanmadığından dolayı galvaniz kaplama zarar görmez (Ekinci, 2006).



Şekil 1.5. Hafif Çelik levhanın bükülerek soğuk şekillendirilmesi (Anonim, 2019d)



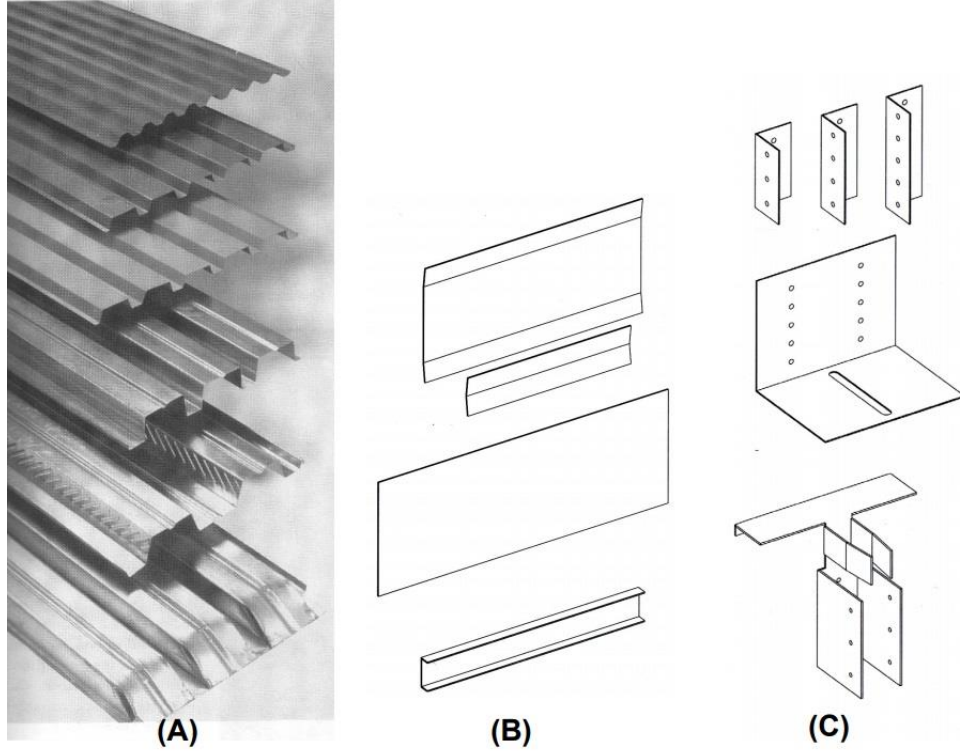
Şekil 1.6. Üretim bandında silindir presler ile soğuk şekillendirme



Şekil 1.7. Hafif çelik profillerin üretimi (Stahl Informations Zentrum, 2002)

1.3.1.2. Levhalar, trapez levhalar ve şeritler

Hafif çelik çerçevelerde bağlantı yüzeyini artırmak için çelik levhalar kullanılabilir. Bu levhaların kalınlığı, kullanılan profillerin kalınlığından daha az olamaz. Bağlantı noktalarındaki köşebentler, çelik levhalardan oluşturulurlar (Şekil 1.8-(C)). Çelik şeritler, genellikle çaprazlamalar şeklinde kullanılır (Şekil 1.8-(B)). Trapez levhalar ise yüzeysel elemanlardır. Profillerin üretim aşamaları ile aynı şekilde üretilirler (Şekil 1.8-(A)). Genellikle döşemelerde kullanılırlar (Ekinci, 2006).



Şekil 1.8. Çeşitli, soğuk şekillendirilmiş trapez levhalar (A), çelik levha ve şeritler (B), köşebent ve çeşitli bağlantı elemanları (C) (Allen, 1999; Stahl Informations Zentrum, 2002)

1.3.2. Montaj elemanları

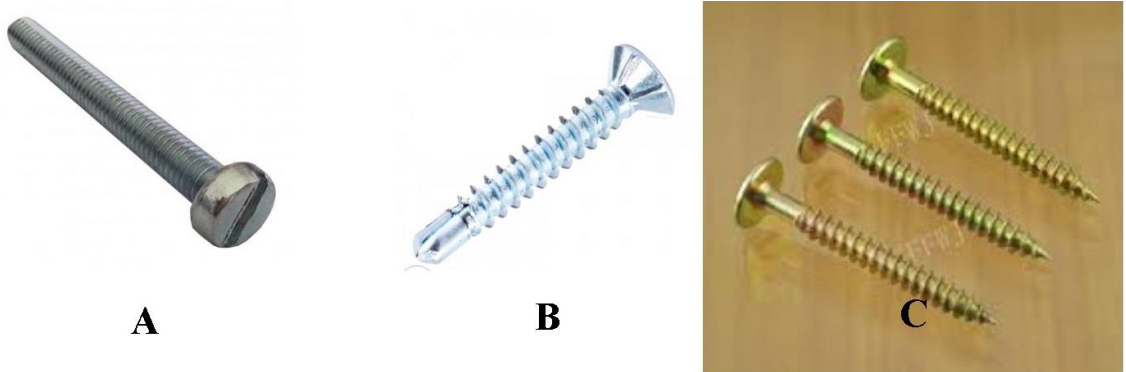
Hafif çelik yapılarda montaj elemanları, vida ve bulon, perçin, çivi, kaynak gibi bağlantı elemanları ile ankraj elemanları olarak ele alınabilir.

1.3.2.1. Vidalar

Hafif çelik yapıların montajında kullanılan vidalar kendinden delme özelliğine sahiptir fakat levhanın kalınlığı 0.88 mm' den az ise kendinden delme özelliği olan vidalar kullanılamaz (Şekil 1.9). Bir vidanın ucundaki kesici kısım ne kadar uzunsa vidanın delebileceği malzeme kalınlığı da o kadar artmaktadır. Çelik ile çelik tespitinde düz başlı vidalar kullanılırken, kaplama malzemeleri ile kaplama malzemeleri veya kaplama malzemeleri ile çelik tespitinde konik başlı vidalar kullanılır. Çok amaçlı olarak kullanılan vidalar da mevcuttur (Şekil 1.10) (CCFSS, 1993; AISI, 1993).



Şekil 1.9. Kendinden delme özelliği olan vidalar (A) ve 0.88 mm' den ince kalınlıklarda kullanılan vidalar (B)

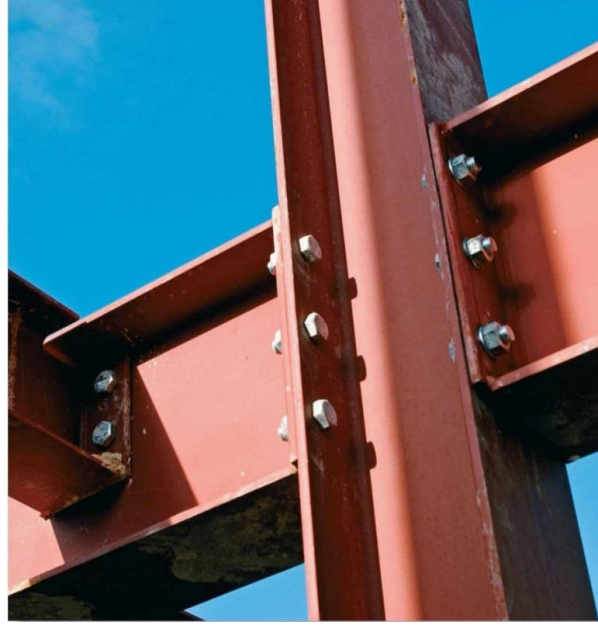


Şekil 1.10. Sadece çelik-çelik tespitinde kullanılan vida (A), Sadece kaplama- çelik tespitinde kullanılan vida (B), Çelik-çelik ve kaplama- çelik tespitinde kullanılan farklı başlı vidalar (C)

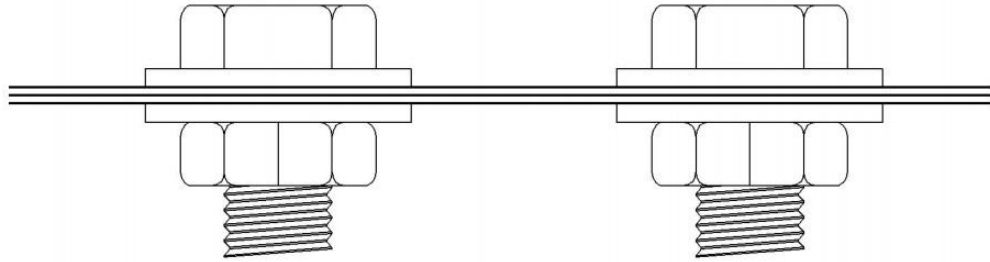
1.3.2.2. Bulonlar

Bulonlu bağlantılar genellikle hafif çelik elemanların, beton veya diğer çelik elemanlar ile tespitinde (Şekil 1.11) kullanılır. Yaygın olmamakla birlikte hafif çelik elemanların hafif çelik elemanlara bağlantısında da kullanılır. Bulonlar ile bağlantı yaparken öncelikle, hafif çelik elemanlarda bulon çapından biraz daha geniş olan

delikler açılır. Daha sonra bu deliklerden bulonlar geçirilir ve diğer ucuna somun takılıp bir anahtarla sıkıştırılır (Ekinci, 2006).



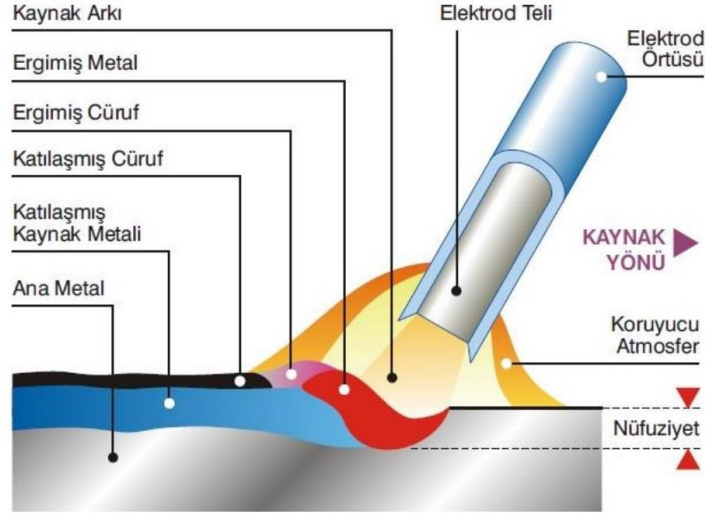
Şekil 1.11. Hafif çelik profil dikmelerin bulonlu montajı



Şekil 1.12. Hafif çelik sistemlerde bulonlu birleşim (Saylan, S., Bellevi, M. 2004)

1.3.2.3. Kaynak

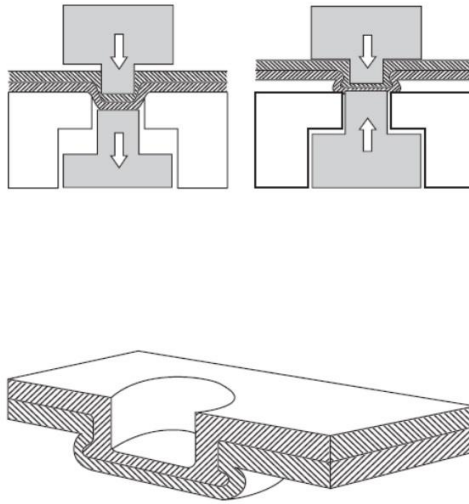
Hafif çelik sistemlerinde vida ve bulonlu bağlantılardan sonra en çok kaynak ile bağlantı şekli kullanılmaktadır. Bağlantı noktaları kaynak ile birbirine bağlanır (Şekil 1.13). Vida ve bulonlu bağlantılara göre daha rijittir. Ancak, kaynak sırasında yüksek ısıdan dolayı galvaniz kaplama zarar görebilir (Ellis, 2005; AISI, 1993). Bulonlu ve vidalı bağlantılara göre daha fazla zaman isteyen bir işlemdir. Ayrıca sökülmesi ve değiştirilmesi güçtür.



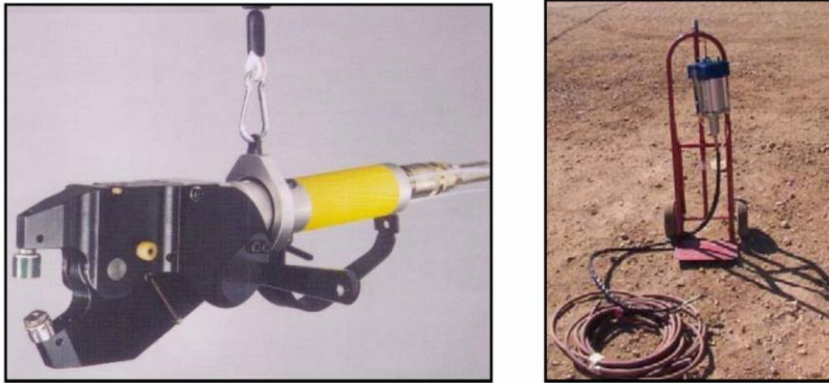
Şekil 1.13. Kaynak ile montaj (web.hitit.edu.tr)

1.3.2.4. Punto ve perçinler

Çelik-çelik birleşiminde kullanılan yöntemlerden biri de punto ile montajdır (Şekil 1.14.). Punto aletleri ile, çelik levhalar birbirine preslenerek montaj yapılır. Bu punto aletleri hidrolik veya hava kompresi ile çalışabilir (Şekil 1.15.). Punto ile montajda elemanlar daha sonradan kolay kolay sökülemezler. Sökülseler dahi elemanların tekrar kullanılması zordur (HUD, 2003). Ayrıca puntolama işlemi sırasında profiller ezilir ve sonucunda da galvaniz kaplama zarar görebilir.



Şekil 1.14. Punto ile montaj (Stahl Informations Zentrum, 2002)

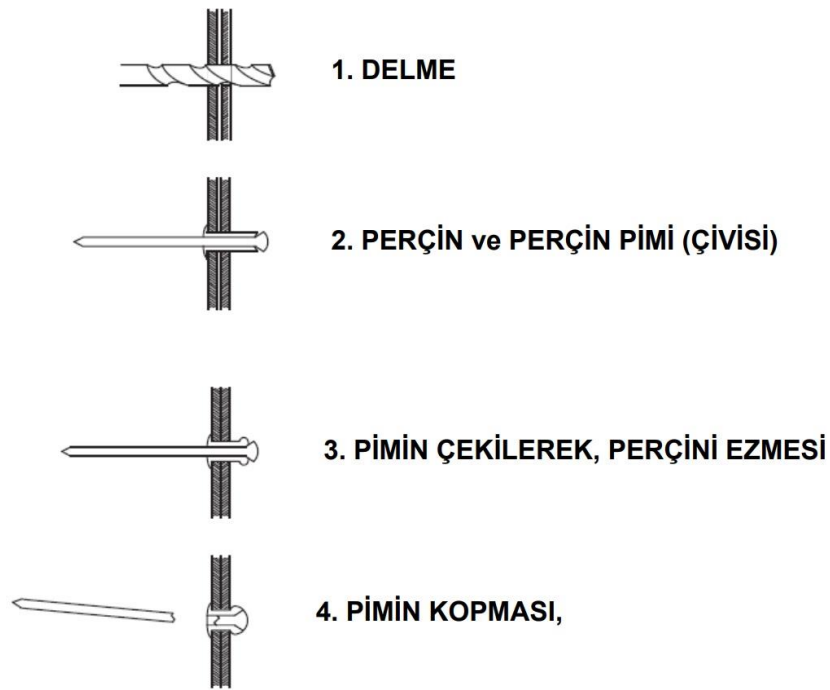


Şekil 1.15. Hidrolik veya hava kompresisi ile çalışan punto aleti (HUD, 2003).

Perçin ile montajda profil üzerine önceden delikler açılır ve bu deliklere sert alüminyum veya yumuşak çelik alışımlı perçinler yerleştirilerek ezilir. Perçin tabancası ile perçin çekilip ezilir ve böylece perçin sıkışarak montaj gerçekleştirilmiş olur (Şekil 1.17.). Perçin sonradan kesilerek elemanlar birbirinden ayrılabilir. Bu işlem, perçin yuvası için önceden bir delme işlemi gerektirdiği için vidalı ve puntolu birleşimlere göre daha yavaş yapılmaktadır.



Şekil 1.16. Perçin



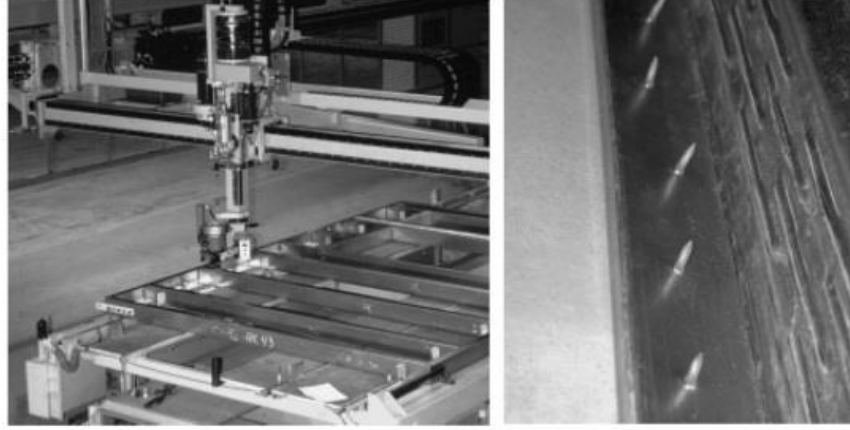
Şekil 1.17. Perçin ile montaj aşamaları (Stahl İnformtions Zentrum, 2002)

1.3.2.5. Çiviler

Hafif çelik elemanların montajında özel yivli çiviler de kullanılır (Şekil 1.17). Genellikle kaplamaların, hafif çelik profillere montajında kullanılır. Fakat bağlantı yöntemi olarak çivi kullanımı pek yaygın değildir. Montaj, hava kompresörü ile çalışan çivi tabancalarıyla veya robot kollar ile yapılabilir (Şekil 1.19) (Stahl İnformtions Zentrum, 2002).



Şekil 1.18. Hafif çelik elemanların montajında kullanılan yivli çivi



Şekil 1.19. Hafif çelik sistemlerde robotlar ile montaj- Çiviler ile montaj (AISI, 1993)

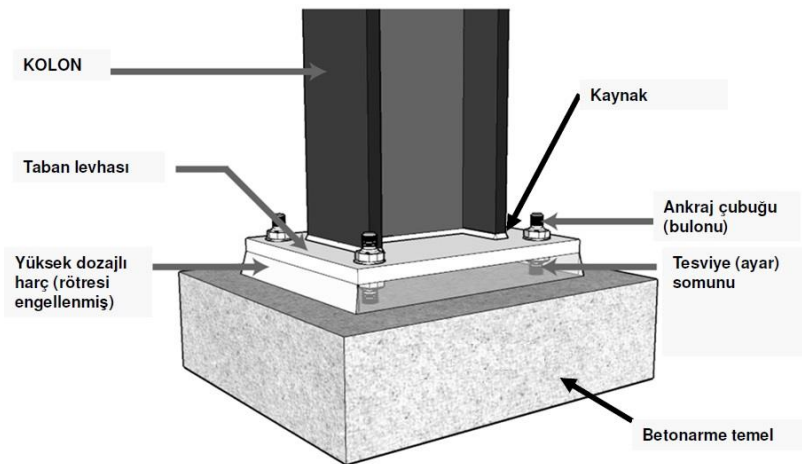
Montaj elemanları, Çizelge 1.3' de olduğu gibi özetlenebilir.

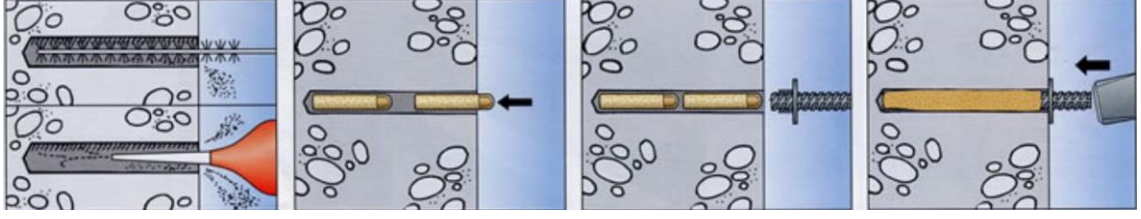
Çizelge 1.3. Montaj elemanlarının karşılaştırılması

	Uygulama kolaylığı	Montaj aşamaları	Montaj hızı	Bağlantı rijitliği	Tekrar sökülebilirlik	Özel ekipman gerekliliği
Vida	Kolay	Bir aşamalı (delme ve montaj birlikte)	Hızlı	Orta	Kolay sökülebilir	
Bulon	Orta	İki aşamalı 1. delme 2. montaj	Orta	Yüksek	Kolay sökülebilir	
Punto	Kolay	Bir aşamalı 1. ezme	Hızlı	Orta	Sökülemez	Gerekli
Perçin	Orta	İki aşamalı 1. delme 2. montaj	Orta	Orta	Sökülmesi zor	Gerekli
Çivi	Kolay	Bir aşamalı (delme ve montaj birlikte)	Hızlı	Düşük	Kolay sökülebilir	
Kaynak	Zor	Dört aşamalı 1. temizleme 2. montaj 3. düzeltme 4. temizleme	Yavaş	Yüksek	Sökülemez	Gerekli

1.3.2.6. Ankraj bulonları

Hafif çelik yapı sistemlerinde, duvarların temellere monte edilmesinde ankrajlar kullanılır (Şekil 1.20). Ayrıca kimyasal dübelleri ile montaj da yapılabilmektedir (Şekil 1.21).

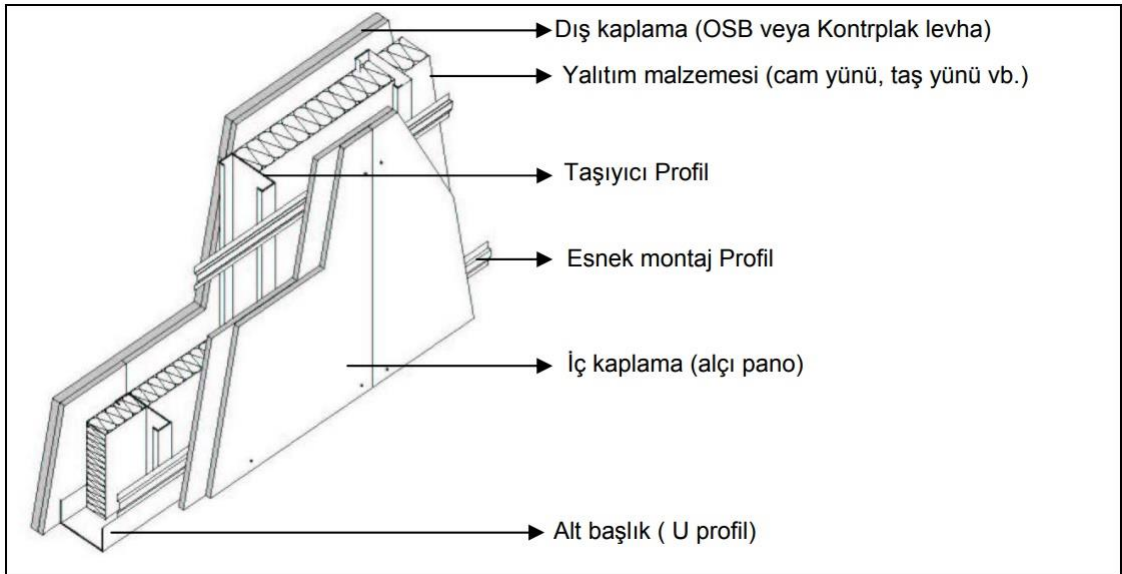
**Şekil 1.20.** Betonarme ankraj (Anonim, 2019b)



Şekil 1.21. Kimyasal dübel ile montaj aşamaları (Anonim, 2019c)

1.3.3. Tamamlayıcı malzemeler ve elemanlar

Hafif çelik yapı sistemlerinde, kaplama, yalıtım ve bitirme malzemeleri tamamlayıcı olarak adlandırılırlar. Taşıyıcı çerçeve ve döşeme yüzeylerde çoğunlukla kontrplak (plywood), OSB (Orient Strand Board) veya alçı levhalar kullanılır. Ayrıca yapay ahşap levhalar da kullanılabilir. Bunun yanı sıra çatıda su yalıtımı için membran, ve PVC levhalar kullanılır (Ekinci, 2006) (Şekil 1.22).



Şekil 1.22. Hafif çelik yapı sisteminde duvar katmanlarını gösteren kesit örneği (Fröhlich, B., Schulenburg, S. 2003)

1.4. Hafif Çelik Yapılar İçin Örnek Çalışmalar

Hafif çelik yapıların yapılması Türkiye’ de ve diğer gelişmiş ülkelerde de yeni sayılabilecek bir konudur. Bunun ana sebebi Bu yapıları yapan firmaların ABD ve Avrupa içerisinde yerel kalmasıdır.

1.4.1. ABD’ de hafif çelik yapılara örnekler

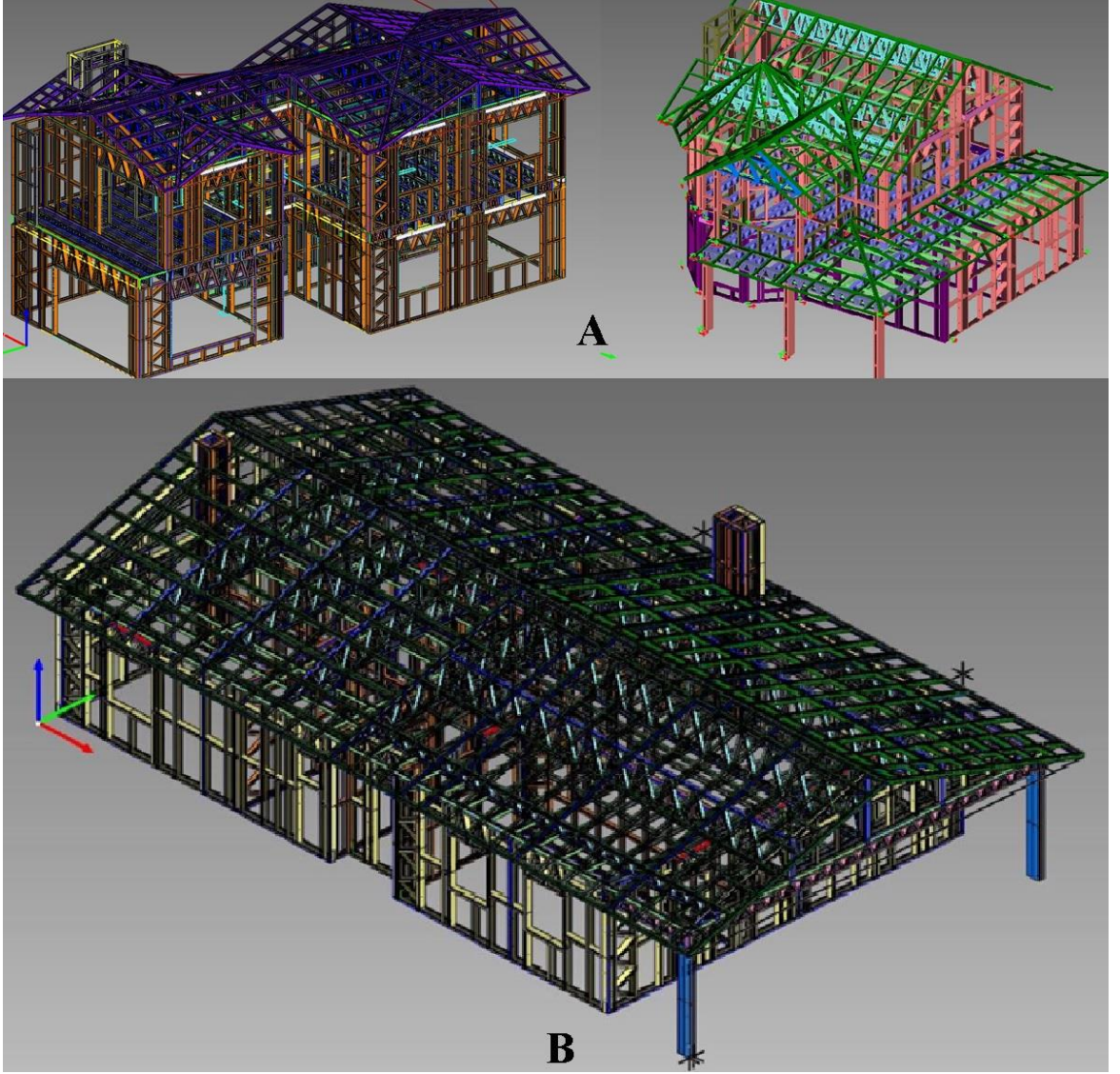
Dünya geneline bakıldığında, hafif çelik yapı sektörünün en çok geliştiği ülkelerden biri olan ABD’ den birkaç örnek verecek olursak;



Şekil 1.23. Hilton Inn Hotel (A-B), Wyndham Hotel (C), Hampton Building (D)

1.4.2. Türkiye’ de hafif çelik yapılara örnekler

1.4.2.1. Türkiye’ de, hafif çelik yapılarda 3 boyutlu modelleme örnekleri



Şekil 1.24. 3 boyutlu konut modellemeleri (A) ve 3 boyutlu fabrika modellemesi (B)

1.4.2.2. Türkiye’de hafif çelik yapı uygulamaları



Şekil 1.25. Konut proje 1'in inşaat safhası ve bitmiş hali (Anonim, 2018b)



Şekil 1.26. Konut proje 2'nin inşaat safhası ve bitmiş hali (Anonim, 2018b)

1.5. Korozyon

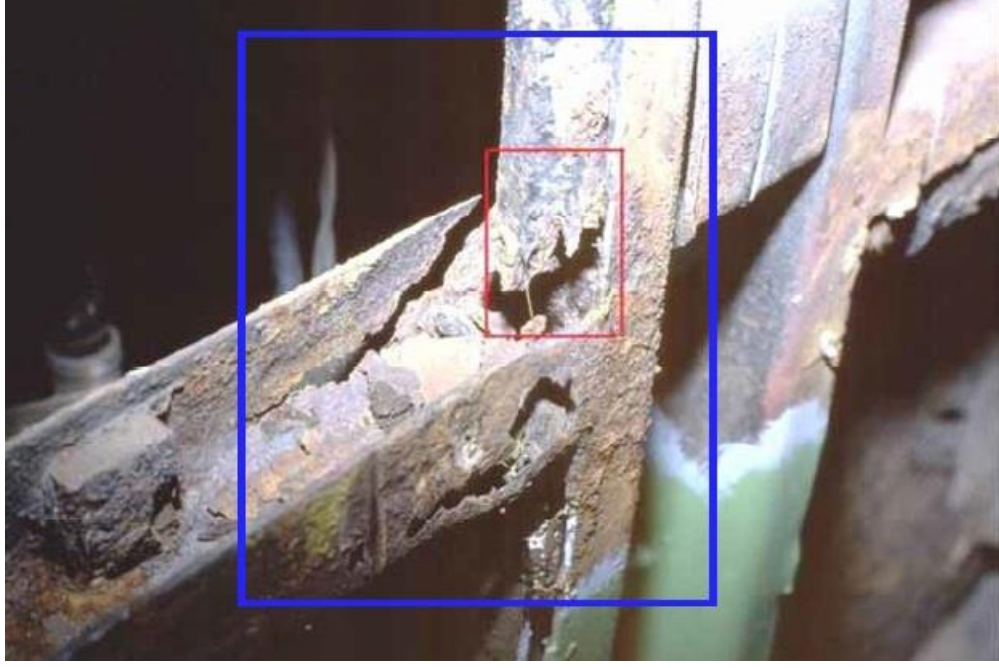
Hafif çelik yapılar için en önemli sorunlardan biri de korozyondur. Her ne kadar hafif çelik elemanlara kaplama, yalıtım vs. uygulansa da korozyona tam bir çözüm olamamaktadır. Oluşan korozyon ise yapının dayanımına doğrudan etki etmektedir. Ayrıca korozyon oluşumu sonucunda hafif çelik miktarında azalmalar meydana gelmektedir. Bu hem ekonomik hem güvenlik hem de estetik açıdan yapıları olumsuz etkilemektedir. Bu tez kapsamında yaptığım deneyde korozyonun hafif çelik üzerindeki etkilerini, oluşum şekillerini ve korozyon sonrası oluşacak dayanım kayıplarını, her bağlantı türü için ayrı ayrı inceledim.

Öncelikle korozyonu tanımlamak gerekirse, maddelerin, çoğunlukla metallerin, çevre etkisi ile kimyasal veya fiziksel çözünme sonucu aşınmasıdır (Üneri, 1998). Su ve oksijen in olduğu her yerde korozyon gözlenmektedir.

Korozyon öncelikle, malzeme kaybı yaşandığı için, kesitte azalmalara ve dolayısıyla dayanım kaybına sebep olacaktır. Sonucunda da yapıları güvenlik açısından emniyetsiz yapılar haline dönüştürecektir.



Şekil 1.27. Korozyona uğramış birleşim elemanı



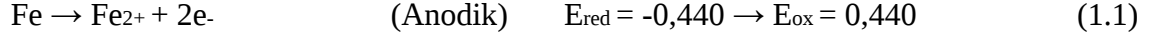
Şekil 1.28. Korozyona sebep olduğu hasar (Kaftan, 2006)

Korozyon, ekonomik olarak da zarara yol açmaktadır. Yeterli yalıtımın ve kaplamanın yapılmadığı yerlerde hafif çelik malzemenin miktarında azalmalar meydana gelmektedir. Bu azalmalar sonucunda korozyona uğrayan malzemelerin değiştirilmesi, yenilenmesi, bakım yapılması vs. konulardan dolayı ek maliyetler ortaya çıkmaktadır. Her yıl ülkemizin gayrisafi milli gelirinin %5' e yakını korozyon dolayısıyla oluşan hasarlar ile yok olmaktadır.

Korozyon, yapının görünümü doğrudan etkilemekte, yapıya estetik açıdan da zarar vermektedir. Ayrıca korozyon sonucu malzemeler kirlenerek kullanılmaz hale gelebilmektedir.

1.5.1. Korozyonun oluşumu

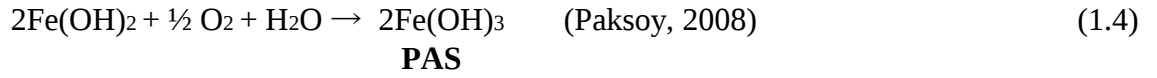
Korozyon oluşumunda elektrot potansiyeli düşük olan element anot, yüksek olan element katot görevi görmektedir. Demir, oksijene göre daha düşük elektrolit potansiyeline sahip olduğu için oksitlenerek anot olur, oksijen ise daha yüksek elektrolit potansiyeline sahip olduğu için katot olur.



Toplamda 0.841 potansiyel fark oluştuğundan dolayı aşağıdaki reaksiyon oluşur:



Daha sonra $\text{Fe}(\text{OH})_2$ oluşur ve $\text{Fe}(\text{OH})_2$ tekrar oksijenle reaksiyona girerek pas oluşur.

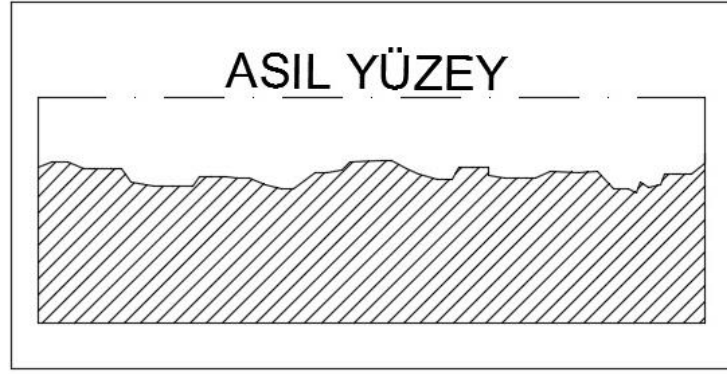


1.5.2. Korozyon çeşitleri

Korozyon çeşitleri temel olarak 8 ana başlık altında incelenebilir.

1.5.2.1. Homojen dağılımlı korozyon

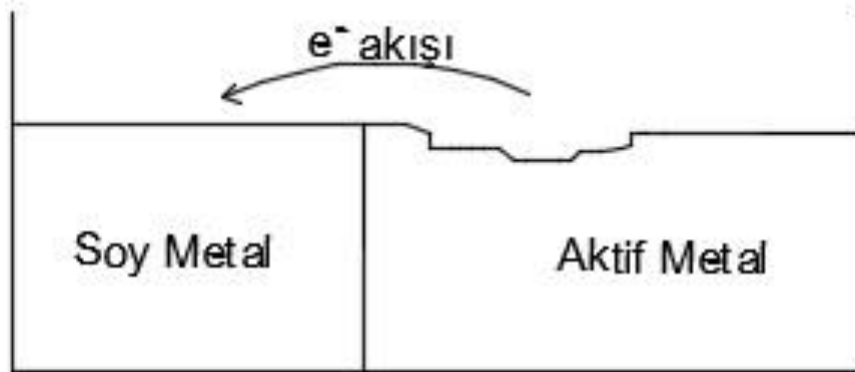
En çok gözlenen korozyon çeşididir. Anodik ve katodik çevrelerin sürekli yer değiştirmesinden dolayı korozyon eşit dağılır ve uzun süre sonucunda korozyonun malzeme üzerinde homojen olduğu kabul edilir. Laboratuvar deneyleriyle korozyon hızı kolayca saptanabildiği için yapının ömrüne ilişkin tutarlı tahminlerde bulunulur. Ayrıca bu korozyon türünde metal kaybı en az seviyede olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı korozyon türleri içinde en az korkulanıdır (Yüksel, 2005).



Şekil 1.29. Homojen korozyon

1.5.2.2. Galvanik korozyon

En az 2 farklı metal yada alaşım aynı ortamda bulunduğunda metaller arasında potansiyel fark oluşur. Oluşan bu potansiyel fark sonucunda daha aktif olan metal korozyona uğrar. Yani anodik metalde korozyonla malzeme kaybı yaşanırken katodik maddede korozyon gözlenmez. Korozyonun hızını etkileyen en önemli etmen malzemenin yüzey alanıdır. Bu korozyon türünde en az 2 farklı metal bulunduğundan dolayı bu korozyon türüne metal çifti korozyonu da denmektedir (Özbaş, 1997).



Şekil 1.30. Galvanik korozyon

1.5.2.3. Aralık korozyonu

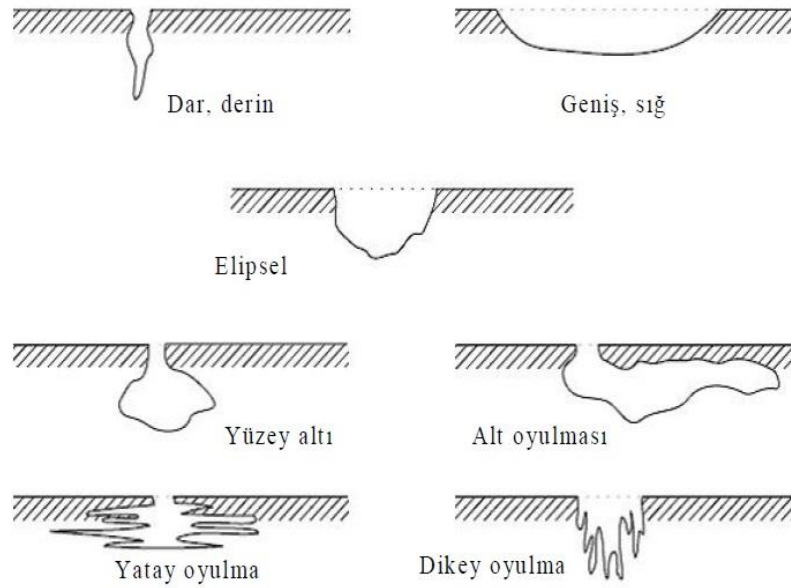
Perçin, bulon, cıvata gibi birleşimlerde, çatlak gibi dar aralıklarda kir ve birikintiler olur. Bu bölgelerde oksijen difüzyonu gerçekleşmesi zor olduğu için korozyon oluşumu gözlenmektedir (Yüksel, 2005). Bu tür yerlerde oluşan korozyon birikerek birleşim elemanlarını iter ve açılmalarına sebep olur. Normal yüzeylere nazaran bu bölgelerde daha fazla korozyon meydana gelmektedir. Bu tür korozyona aynı zamanda çatlak korozyonu da denmektedir. Kaynaklı birleşimlerde boşluk olmadığı için bu tür korozyon oluşmamaktadır.



Şekil 1.31. Vidada oluşan aralık korozyonu

1.5.2.4. Çukur korozyonu

Korozyonun tek noktada toplandığı türüdür. Katodik alan içerisinde bulunan anodik bölgede korozyon oluşmaya başlar. Oluşan korozyon gitgide büyür ve metal o noktadan delinir. Korozyon türleri arasında en çok karşılaşılan, en tehlikeli ve hasar miktarı en yüksek olan türdür. Çok az miktarda malzeme kaybı olmasına rağmen delinmeler ve kopmalar oluştuğundan dolayı malzeme kullanılmaz hale gelebilir. Çukur korozyon birkaç farklı tipte oluşabilmektedir. Oluşabilecek çukur korozyon tipleri Şekil 1.32 de gösterilmektedir.



Şekil 1.32. Çukur korozyon tipleri (Roberge, 2000)

1.5.2.5. Taneler arası korozyon

Korozyonun tane sınırlarında olduğu türüdür. Malzeme kaybı az olmasına rağmen metal tanelerinin bağ yapısını bozduğundan dolayı, dayanımı önemli derecede düşürmekte ve kimi zaman sıfıra indirmektedir. Gözle görülmediğinden dolayı en tehlikeli korozyon türlerinden biridir. Çeşitli kaplamalar ve yalıtım malzemeleri ile bu tür korozyona karşı kolaylıkla önlem alınabilmektedir.



Şekil 1.33. Taneler arası korozyonun mikroskopik görüntüsü (Anonim, 2019a)

1.5.2.6. Kazımalı korozyon

Birbirine değen ve yük altında bulunan 2 metal, kaynak yöntemi ile birleştirildikleri sırada oluşan kılcal boşluklardan hava girer ve metal oksitlenmeye başlar. Oksitlenme sonucu oluşan pas kılcal boşluklardan dışarıya çıkamaz. Dışarıya çıkamayan pas serttir ve kazıyıcı özelliğindedir. Zamanla bu pas, üzerindeki yüklerle birlikte metali aşındırır ve zarar verir (Doruk, 1982).

1.5.2.7. Gerilimli korozyon

Mekanik gerilim altında olan makine parçaları ve metal yapılarda görülen korozyon tipidir. Çukur korozyonunun oluşmasının ardından mekanik gerilim altında olan metallerdeki korozyon büyür ve keskin uçlu çatlaklara dönüşür. Bu çatlak çevresel etkilere bağlı olarak malzeme içine ilerler ve artık kesit, üzerine yüklenen yükü taşıyamayacağı seviyeye geldiğinde ani bir şekilde kopar.

1.5.2.8. Atmosferik korozyon

Atmosfer gazlarına ve içerdiği kirlere maruz kalan malzeme zamanla korozyona uğrar ve yıpranır. Bu duruma atmosferik korozyon adı verilir. Sıcaklık, hava koşulları, nem gibi birçok etmen atmosferik korozyonun hızını ve miktarını etkilemektedir (Paksoy, 2008). Atmosferdeki değişen parametreler, her bölgede ayrı hızda korozyon olmasına sebep olmaktadır. Bu parametrelere göre korozyonun çeşidi de değişebilmektedir.



Şekil 1.34. Atmosferik korozyon örneği

1.5.3. Korozyon hızı

Korozyon hızı zaman içerisinde sabit değildir. Zaman geçtikçe korozyon hızı yavaşlamaktadır. Korozyon hızı için oluşturulan birçok denklemin ortak noktası, korozyon sonrası oluşacak ağırlık kaybını hesaplamasıdır. Fakat bu denklemler içerisinde bulunan değişkenlerin tam olarak tespit edilmesi zordur. Bu yüzden oluşacak olan kayıp miktarları, özellikle korozyon süresi kısa ise, yanlış sonuçlar vermektedir (Paksoy, 2008).

$$W = Kt^n \quad (1.5)$$

W = Korozyondan dolayı oluşacak ağırlık kaybı

t = Korozyona maruz kalma süresi

K ve n = Alaşım ve ortam ile ilgili sabitler

Denkleminde bulunan K ve n sabitlerini belirlemek çok zordur fakat belirlenebildiği takdirde 2 yıla kadar doğru sonuçlar verebilmektedir (ASM Handbook, Vol 13, 1992). Faraday yasasına göre:

$$m = \frac{i \times t \times M}{F \times n} \quad (1.6)$$

m = Korozyon sonucu oluşacak kütle kaybı (g)

i = Korozyon akımı (amper)

t = Korozyona maruz kalan süre (s)

M = Metalin mol kütlesi (g/mol)

F = Faraday sabiti (coulomb)

n = Metalin verdiği elektron sayısı

Faraday yasasına göre sabitlerin değerleri iyi bir şekilde belirlenebilirse doğru sonuçlar verebilmektedir. Diğer bir formülde ise:

$$\frac{87600 \times dW}{d \times A \times T} = \mu\text{m} / \text{yıl} \quad (1.7)$$

dW = Korozyon işlemi sonucu oluşan ağırlık kaybı (mg)

d = Metalin yoğunluğu (gr/ cm^3)

A = Tüm yüzeylerin toplam alanı (cm^2)

T = Toplam deney süresi (saat)

$\mu\text{m} / \text{yıl}$ = Korozyon hızı

1.5.4. Korozyondan korunma yöntemleri

Korozyondan korunma türlerini 3 ana başlık adı altında inceleyebiliriz. Bunlar:

1.5.4.1. Tasarım

Korozyonu önlemek amacıyla tasarım aşamasında, birbirinden farklı metaller kullanıldığında bu metallerin temaslarını engelleyecek yalıtımlar yapılmalıdır. Su birikmesine engel olacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu konuda en çok kaynaklı bölgelerde su birikmemesine dikkat edilmelidir. Ayrıca pürüzlü yüzey su birikmesine sebep olacağı için, boya uygulaması esnasında pürüzlü bir yüzey oluşmamasına önem verilmelidir.

Çatlak ve ya delikler oluşmasına karşı önlemler alınmalıdır (ASM Handbook, Vol 13, 1992).

1.5.4.2. Malzeme seçimi

Malzeme seçerken güvenlik unsurları ile beraber ekonomiklik de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu kapsamda malzemenin ömrüne bağlı kalınarak bir miktar korozyon olumuna izin verilebilir. Ayrıca malzememizin içine farklı elementler katılarak korozyona karşı olan direnci artırılabilir. Mesela çelik malzemeye %0.20 seviyelerinde bakır karıştırmak ya da uygun oranda krom, nikel, molibden elementlerini ekleyerek çeliğin korozyona karşı olan direncini önemli derecede arttırabiliriz (Yüksel, 2005).

1.5.4.3. Koruyucu kaplama

Çelik, galvanik kaplama ve boya ile elektrokimyasal etkilere, bariyer kaplama ile fiziksel etkilere karşı direnç kazanır. Her iki görevi de gören kaplamalar mevcuttur. Çevre koşulları, ekonomik ömür, tekrarlanma gereği gibi hususlara göre kaplama ya da boya arasında tercihte bulunulur (ASM Handbook, Vol 13, 1992). Kapsama türleri ise şunlardır:

1.5.4.3.1. Püskürtme yöntemi ile metalik kaplama

İlk olarak çelik malzemenin yüzeyi temizlenir. Ardından eriyik haldeki çinko ya da alüminyum sıcak halde çelik malzemenin üstüne püskürtülür. Püskürtme sırasında metal soğuktur ve yüzeyi herhangi bir zarara uğramaz. Burada en önemli noktalardan biri püskürtme ile kaplama işleminden önce yüzeyin kum püskürtme yöntemi ile temizlenmiş olmasıdır (Çizmecioğlu, 1998).



Şekil 1.35. Püskürtme yöntemi ile kaplama işlemi

1.5.4.3.2. Elektrolit yöntemi ile metalik kaplama

Bu yöntemde katot olan metal, anot kaplama malzemesi ile dolu olan elektrolit çözelti banyosuna daldırılır ve bir elektrot ile doğru akım kaynağına bağlanır. Anot kaplama malzemesindeki iyonlar indirgenir ve katot malzemenin yüzeyini kaplar (Kaftan, 2006).

Elektrolit kaplamalar hidrojenle zengin bir yapıda olduğundan dolayı kırılabilirlik gibi sorunlara yol açmaktadır. Ayrıca köşe, çıkıntı ve kenarda yüksek elektrik alanı olduğundan dolayı düz yüzeylere göre daha önce kaplanır ve malzemenin üniform bir şekilde kaplanmasına engel olur. Eğer bu süreye dikkat edilmezse köşe ve kenarlarda kaplamanın daha kalmasına neden olur (Batchelor, A.W. ve ark., 2002).

Oluşacak elektrolit kaplamanın kalitesini, akım yoğunluğu, konsantrasyon miktarı, pH seviyesi, elektrolit maddenin özellikleri ve sıcaklık gibi faktörler etkilemektedir.



Şekil 1.36. Elektrolit çözelti banyosu (Kaftan, 2006)

1.5.4.3.3. Sıcak daldırma yöntemi ile metalik kaplama

Sıcak daldırma yöntemi, en yaygın şekilde kullanılan ve en eski kaplama yöntemidir. Kaplama malzemesi olarak genellikle çinko kullanılmasının yanı sıra kalay, kurşun ve alüminyum da kullanılır. Kaplanacak çelik malzeme eriyik halde bulunan çinko banyosuna daldırılır. Bu şekilde oluşturulan galvaniz kaplamanın ömrü, ortam koşullarına ve kaplamanın kalınlığına göre değişir (Kakani, S.L. ve Kakani, A.).

Elde edilen çinko kaplamanın minimum kalınlığı 50µm dir ve deniz suyu gibi ortamlarda bile çelik malzemeyi koruyabilmektedir. Oluşturulan çinko kaplamanın en altını çinko-demir alaşımı katman oluşturur. Korozyon dayanımı bakımından hemen hemen saf çinkoya yakındır (Doruk, 1982).

Sıcak daldırma yöntemindeki ana amaç, korozyona uğramasını istemediğimiz çelik malzemeyi, başka bir anot özellik gösteren malzeme ile kaplayarak, çelik malzemeden önce kaplama tabakanın korozyona uğramasını sağlamaktır. Bu şekilde kaplanan malzemeye ‘kurban anot’ adı verilir. Kaplama tabaka tümüyle korozyona uğramadıkça, alttaki çelik malzeme korozyona uğramaz ve bu şekilde koruma sağlanır (Kaftan, 2006).



Şekil 1.37. Galvenizleme sonrası oluşan görüntü (Kaftan, 2006)

1.5.4.3.4. İnorganik kaplamalar

Metaller uygun bileşimde banyoların içine daldırılır ve ortamda oluşan reaksiyonlar sonucunda metal yüzeyinde tuzlardan oluşan bir tabaka oluşur. Bu işleme örnek olarak fosfatlama gösterilebilir. Fosfatlamadan sonra çinko, kadmiyum veya alüminyum gibi elementlerle kromatlama işlemi yapılır. Fosfat tabakasının üstüne boya işlemi yapılır. Bu sayede boya tabakası zamanla aşınsa bile altındaki fosfat tabakası korozyon oluşmasına engel olur (Çizmecioğlu, 1998). En yaygın olarak alüminyum eloksal kaplaması kullanılmaktadır.

1.5.4.3.5. Organik kaplamalar (Boyalar)

Boyalar hakkında TS EN ISO 12944 standardında ayrıntılı olarak bahsedilmiştir. Boya, herkesin çok iyi tanıdığı fakat işlevini tam olarak bilmediği bir koruyucu malzemedir. Boyaların genellikle estetik güzellik açısından kullanıldığı düşünülür fakat, boyaların ilk amacı koruyuculuk, ikinci amacı ise estetik güzellik sağlamaktır (Paksoy, 2008).

Boyalar hemen hemen her metalin yüzeyine uygulanabilir. Uygulama kolaylığı ve maliyeti nedeniyle en yaygın kullanılan koruyucu yöntemdir. Boyalar metal yüzeyleri dış ortamdan yalıtarak korozyona uğramasını engeller. Eğer metal yüzey doğrudan atmosfere maruz kalıyorsa boya iki kat halinde sürülür. İçteki tabaka metal yüzeyin korozyona uğramasını engellerken dıştaki tabaka da su ve oksijenin geçişini

engellemektedir. Boya seçiminde uygulanacak ortamın korozyon özellikleri ve boyanın uygulanacağı işletmenin ömrü göz önünde bulundurulmalıdır. Boya uygulamasının fırça tatbikati, elektrostatik yöntem, daldırma ve püskürtme gibi çeşitli uygulanma yöntemleri vardır (Kaftan, 2006).

Boya kaplamalar korozyona karşı olarak çelik yapılarda diğer tüm kaplamaların toplamından daha fazla kullanılmaktadır. Bunun başlıca sebepleri:

- Uygulama kolaylığı
- Boya fiyatının ucuz olması
- Uygulama ekipmanlarının daha ucuz olması
- Hasar görmüş yapılarda da uygulanabilmesi
- Her yerde uygulanabilir olması (Yüksek yapılar, su altı yapıları vs.)
- Kötü yüzeylere bile uygulanabilmesi

Bütün bu sebeplerden dolayı boya, en avantajlı kaplama yöntemidir (Paksoy, 2008).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Dikkat!
Başlık sayfa başında olmalıdır.
İstenildiğinde Giriş bölümünde alt başlık olarak
“1.?. Kaynak Araştırması” şeklinde de verilebilir

Bu bilgi notunu çıktı almadan önce siliniz.

Sıcak hadde yöntemi ile

oluşturulan yapıların ekonomik olabilmesi için çok katlı yapılarda ve büyük açıklıklarda kullanılması gerekmektedir. Az katlı yapılarda ve küçük açıklıklı yapılarda ekonomik sonuçlar vermemektedir. Bu konuda ekonomiklik sağlamak adına soğuk şekillendirilmiş hafif çelikler kullanılarak, çeşitli yapılar geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında hafif çelik yapı sistemlerinin kuruluş açıklamaları, belirli kriterler altında analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, hafif çelik yapıların diğer yapılara göre avantajları ve dezavantajları, hangi tür yapılar için daha uygun sonuçlar verdiği ve Türkiye şartlarına uyumu incelenmiştir. İncelemelerin sonucunda, daha az malzeme ile yapıldığından dolayı tasarruf sağlandığı, hafif çelik seri üretiminin belirli standardizasyon altında yapıldığı ve bu sayede güvenilir olduğu, her iklim koşulunda inşa edilebilir olduğu ve galvanizleme ile uzun ömürlü korozyon direnci sağlandığı buna karşı yangın anında önemli dayanım kayıpları oluştuğu sonucuna varılmıştır (Ekinci, 2006).

Türkiye’de üretilen mevcut bir yönetmelik bulunmadığı için, soğuk bükümlü hafif çelikler için kesit, kapasite tasarım, üretim ve montaj kontrolleri tam anlamıyla yapılamamaktadır. Pazar talebinin yüksek olduğu zamanlarda birçok hafif çelik yapı ekonomik olarak inşa edilmektedir. Her ne kadar her firma kendi tasarım ve üretim kabulleriyle üretim yapsalar da yönetmelik olarak, yurtdışında kullanılan yönetmeliklerden yararlanmaktadır. Çalışma kapsamında hafif çelik yapıların kullanım şekilleri, tasarım ve üretim şekilleri hakkında bilgi verilmiştir. Yapılan araştırma sonucunda, Türkiye’ nin yanı sıra Ortadoğu ve Afrika gibi bölgelerde hizmet veren önemli sayıda türk firma bulunduğu ve betonarme yapı kadar hafif çelik yapı inşa edildiği saptanmıştır. Ayrıca hem üretici firmalar için hem de denetleyici kurumlar için hesapların ve kontrollerin daha kolay yapılabilmesi adına dünya genelinde kullanılan yönetmelikler baz alınarak, bir yönetmelik oluşturulması gerektiği sonucuna varılmıştır (Güneş, 2016).

Ülkemizde, özellikle 1999 yılında gerçekleşen Kocaeli ve Düzce depreminden sonra hafif çelik yapıların sayısı önemli seviyede artmıştır. Çalışma kapsamında, hafif çelik yapı sistemlerinin tasarım süreci ve sistemin geliştirilmesi için bilgiler verilmiştir. Ayrıca hafif çelik yapı sisteminin deprem dayanımı ile ilgili özellikleri, hafif çelik yapılarda kullanılan bazı sistem detayları anlatılmış ve örnek olarak 3 katlı bir binanın

tasarımı yapılmıştır. Araştırmalar sonucunda, mevcut bir yönetmelik bulunmadığından dolayı üretim aşamasında zorluklar yaşandığı, tasarlanan 3 katlı binada m² ye düşen çelik miktarının 33-40 kg arasında olduğu, ülkemizde kullanılan hafif çelik malzemelerin dayanımının sınırlı olduğu ve daha yüksek dayanıma sahip çeliklerin kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır (Öncü, 2010).

Hafif çelik yapıların ülkemizde ve dünyada kullanımı hızlı bir şekilde artmaktadır. Öncelerde yalnız şantiye binaları yapılırken şuan konut, eğlence, kamu, ve sosyal amaçlı olarak birçok türde binalar yapılmaktadır. Yapılan çalışmada, çelik prefabrik yapılarda kullanılan kaplama malzemelerinin çeşitleri, uygulama şekilleri, yalıtım özellikleri ve maliyet analizi yapılmıştır. Çalışma sonucunda, en ucuz yapı elemanı olarak trapez sac ve suntalam tespit edilmiştir. En pahalı yapı elemanı ise sandwich panel olarak tespit edilmiştir (Öztürk, 2010).

Başka bir çalışmada ise; çeliklerin atmosferik korozyona karşı korunması için kullanılan 8 farklı boyanın performansı değerlendirilmiştir. Bu kapsamda öncelikle kumlama yöntemi ve mekanik temizlik ile temizlenmiş ve ardından 1-shop primer, 2-shop primer + epoksi arakat ve poliüretan son kat boya, 3-çinkoca zengin epoksi astar, epoksi arakat ve poliüretan son kat boya, 4-yüzey toleranslı epoksi astar, epoksi arakat ve poliüretan son kat boya, 5-mikamsı cam içeren yüksek toleranslı astar, 6-mikamsı cam içeren yüksek toleranslı astar + poliüretan son kat boya, 7-yüksek dolgulu yüzey toleranslı epoksi astar ve poliüretan son kat boya, 8- poliüretan astar, epoksi arakat ve poliüretan son kat boya olmak üzere toplam 8 çeşit boya sürülmüştür. Her boya sürülen sistemin ekonomik ömürleri tespit edilmiştir. En başarılı sonucu veren 3 numaralı çinkoca zengin epoksi astar, epoksi arakat ve poliüretan son kat boya olmuştur (Paksoy, 2008).

Çatı ve zemin döşemeleri, duvar panelleri ve köprülerde kullanılan soğuk çekilmiş saclarla yapılan cıvatalı bağlantıların tasarımında AISI, Eurocode 3, CSA-S 136, AS/NZS 4600 gibi yönetmelikler dikkate alınmaktadır. Fakat kenar yırtılma hatası, yuva hatası ve net kesit hatası olmak üzere toplam 3 konuda hata gözlenmektedir. Bu hata modları sonucu oluşacak çekme dayanımları için yönetmeliklerde bazı formüller verilmektedir. Bu hatalar sonucu oluşan elemanlarda gerekli çekme deneyleri yapılarak, tasarım standartı kullanılarak hesaplanan değerler karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre en doğru ve güvenilir hata modunu Eurocode 3 tasarım standartı vermiştir (Saylan, S. ve Belevi, M., 2004).

Ülkemizde konut üretimi için, geleneksel, geliştirilmiş geleneksel ve endüstrileşmiş yapı sistemleri olmak üzere toplam 3 yapım sistemi bulunmaktadır. Ancak bu yapım sistemlerinin bazı olumsuz yönlerinden dolayı alternatif yapım sistemi gereksinimi duyulmuştur. Son yıllarda bu problemi çözmeye yönelik olarak, hızlı inşa edilmeleri, yapının hafif olması ve geri dönüştürülebilir olmaları gibi sebeplerinden ötürü hafif çelik elemanlarla oluşturulmuş yapım sistemleri ön plana çıkmaktadır. Fakat hafif çelik yapılar ülkemizde henüz yeteri kadar tanınamamış ve uygulama örnekler yok denecek kadar azdır. Çalışmada, konut üretiminde hafif çelik kullanımı irdelenmiş, yapım süreci, korozyon, yangın, ısı denetim, ses denetimi gibi kriterler incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda hafif çelik yapılar tüm kriterler için tatmin edici sonuçlar vermiştir. Türkiye’ de daha hızlı bir şekilde yaygınlaşması kanaatine varılmıştır (Susam, 2003).

Son yıllarda, soğuk şekillendirilmiş çelik profiller, çerçeve sistemlerin oluşturulmasında yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Normal çelik yapılarda bulonlu ve kaynaklı birleşimler kullanılmaktadır. Hafif çelik yapılarda bulonlu ve kaynaklı birleşimlere ek olarak vida, perçin, rozette birleşim gibi yöntemler de kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında vidalı birleşimler ele alınmıştır. Birleşimin yapısal davranışını belirlemek amacıyla kiriş gövdesi berkitilmiştir. Birleşimlerin, moment-dönme eğrisi, moment-dönme karakteristik özellikleri ve göçme modları belirlenmiştir. Deney sonuçlarında, berkitme kullanımının, göçmeyi geciktirdiğini ve moment kapasitesini arttırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca levha kalınlığı rijitlik ve göçme davranışını değiştirmiştir (Yazıcı, 2018).

Hafif çelik taşıyıcı sistemlerin ülkemizde kullanımı yenidir. Özellikle 1990 İzmit depreminden sonra kullanımı gündeme gelmiştir. Çalışmanın amacı, hafif çelik taşıyıcı sistem seçiminin etkilerini araştırmak ve tasarım verilerini belirlemektir. Bu çalışmada, hafif çeliğin malzeme özellikleri, yangın, korozyon, depreme karşı davranışını ve taşıyıcı sistem nitelikleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda hafif çelik yapı sistemleri değerlendirildiğinde, gerekli önlemler ve yalıtımlar da yapıldığı takdirde, tüm inceleme parametrelerinde olumlu sonuçlar vermiştir (Yıldırım, 2003).

Tüm çelik yapılarda korozyon oluşmaktadır. Ancak korozyonun etkileri ve korozyon oluşumu sonrası meydana gelecek maddi kayıplar, gerekli tedbirler alınarak en az seviyeye indirilebilmektedir. Alınacak bu tedbirler yapının maliyetini arttırmaktadır fakat yapının ömrünü ve bakım süresini arttırmaktadır. Dolayısıyla yapının uzun vadede ekonomik olmasını sağlamaktadır. Korozyondan korunmak için

korozyonu tanımamız gerekmektedir. Yeterince korozyonu tanıyabilirsek, korozyondan dolayı oluşacak maddi kayıpları en aza indirebiliriz. Çalışmanın amacı korozyondan korunma maliyetlerini araştırmaktır. Çalışmada, örnek bir yapı öncelikle boya yöntemi ile kaplanmış ve maliyet hesabı yapılmıştır. Bunun yanında galvanizleme yöntemi ile de kaplanarak maliyet analizi yapılmıştır. Ardından karşılaştırma yapılarak taşıyıcı sistem maliyeti üzerindeki toplam maliyeti değerlendirilmiştir. Sonuç olarak boya ile kaplama yönteminde tüm maliyete oranla %12 gibi bir değer ortaya çıkmıştır. Bu değer galvanizleme yönteminde ise %28 seviyelerine çıkmaktadır. Fakat ekonomik olmamasına rağmen galvanizleme yönteminin daha uzun ömürlü olduğu tespit edilmiştir (Kaftan, 2006).

Yapı malzemesi olarak kullanılan çelik, en ucuz ve en bol bulunan metaldir. Ne yazık ki çelik aşınmaya ve korozyon etkisine açık bir metaldir. Aşınma ve korozyon olduğu zaman, ilgili çelik elemanın henüz tümü kaybolmadan, görevini yapamaz hale gelir. Bu sebeple kaybolan metalden çok daha yüksek miktarda zarar meydana gelmektedir. Dolayısıyla verimi azaltır, ekonomik zarara uğratar ve önemli kayıplara neden olur. Çalışma kapsamında St 44-2 çeliği farklı kimyasallarla kaplanarak korozyon ve aşınma testine maruz bırakılmıştır. Oluşan değişiklikler karşılaştırılmıştır. Deney sonucunda, çelik üzerine uygulanan sert krom kaplamanın aşınma dayanımını, nikel kaplamanın ise korozyon direncini arttırdığı tespit edilmiştir. Diğer kaplamalar ise maliyeti de göz önüne alındığında, çeliğe yeterince katkı sağlayamamıştır. Her iki kaplama birlikte uygulandığında ise hem korozyona hem aşınmaya karşı dayanıklı hale geldiği tespit edilmiştir (Yüksel, 2005).

Diğer bir çalışmada, atmosferik korozyona dayanıklı çeliklerin karakteristik özellikleri ve çevresel etkilere karşı dayanıklılığı incelenmiştir. Çalışmanın amacı, malzemenin atmosferik korozyona karşı davranışını inceleyip, olumsuz koşullara karşı çözümler bulmaktır. Çalışma kapsamında Tuzla bölgesinde yer alan Piri Reis Üniversitesinde kullanılan çelik elemanlar incelenmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda yıllık pas miktarının 6 µm/yıl değerini geçmemesi ve su birikmesine engel olunması gerektiği belirlenmiştir. Ayrıca korozyon etkisinin en az kırsal koşullarda olduğu belirlenmiştir (Es, 2018).

Çinko ve nikel kaplı malzemelerin korozyona karşı davranışını incelemek adına izlenen yöntemler oldukça uzun zaman gerektirmekte ve objektif sonuçlar vermemektedir. Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi (EIS) yöntemi korozyonu sayısallaştırarak, bize sonuçları inceleme imkânı vermiştir. Çalışma kapsamında çelik

plakalar üzerine farklı zaman süresince çinko ve nikel kaplamalar yapılmıştır. Daha sonrasında tuzlu su sis testi yardımı ile polarizasyon dirençleri arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, pürüzlü yüzeylere uygulanan nikel kaplamaların ömrünün değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca kaplama kalınlığının da korozyona karşı dirençte çok önemli bir parametre olduğu belirlenmiştir (Tuna, 2013).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışmasının bu bölümünde, deneyde kullanılan numuneler, birleşim elemanları, yardımcı elemanlar, deney parametreleri ve deney işleyişi anlatılmaktadır.

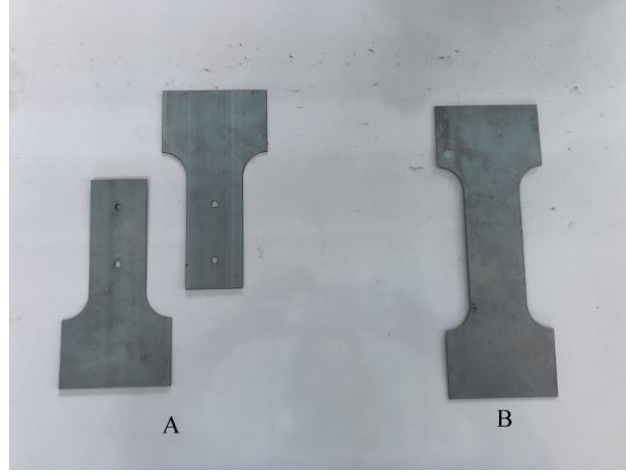
Deney kapsamında, hafif çelik numuneler ve çeşitli birleşim elemanları ile birleştirilmiş numuneler öncelikle herhangi bir korozyona uğramadan eksenel çekme deneyine tabi tutulmuştur. Daha sonra yaklaşık %10 ve %20 kütle kaybı oluşturacak şekilde farklı tuz çözeltisi içeren deney düzeneklerinin içerisinde hızlandırılmış korozyona uğratılmıştır. Numunenin gerekli kütle kaybına ulaştığını belirlemek adına, numuneler sık sık çözelti havuzundan çıkarılıp tartılmıştır. Yeterli kütle kaybına ulaşan numuneler eksenel çekme deneyine tabi tutulmak üzere ayrılırken, yeterli kütle kaybına ulaşamayan numuneler tekrar çözelti havuzuna koyulmuştur. Korozyona uğradıktan sonra, bu hafif çelik numuneler de eksenel çekme deneyine tabi tutulmuştur. Bu deney kapsamında her parametre için, 2 adet numune hazırlanmıştır.

3.1. Deney Materyalleri

Deney elemanları olarak, hafif çelik levhalar, bağlantı elemanları, yalıtım malzemesi, güç kaynakları, paslanmaz çelik çubuklar, elektrik akımı aktarıcı elemanlar, tuz, çözelti havuzları ve çelik levha çekme aleti kullanılmıştır.

3.1.1. Hafif çelik levhalar

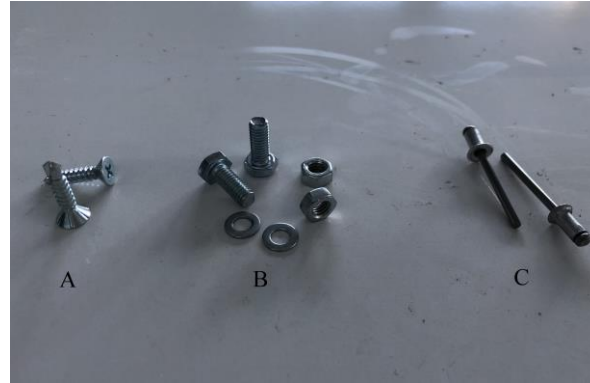
St37 çeliğinden üretilen levhalar lazer kesim ile uygun şekillerde kesilerek imal edilmiştir. Kalınlıkları 0.8 mm ve 1 mm olmak üzere 2 farklı kalınlıkta hafif çelik levha kullanılmıştır. Herhangi bir birleşim elemanı kullanılmayan numuneler tam levha halinde (Şekil 3.1.-B), birleşim elemanları kullanılacak numuneler ise 2 parçadan oluşmak üzere yarım levha halinde (Şekil 3.1.-A) kesildikten sonra bulon, vida ve perçin ile tespitler yapılmıştır. Bulon ve perçin ile birleşim yapılacak olan numunelerin yuvaları önceden delinip montaja hazır hale getirilmiştir. Levhaların baş kısımları 95 mm, gövde kısımları 50 mm genişliğindedir.



Şekil 3.1. Yarım levhalar (A) ve tam levha (B)

3.1.2. Bağlantı elemanları

Bağlantı elemanı olarak bulon, vida ve perçin kullanılmıştır. Bulon olarak M4 uygun bulon, perçin olarak 4 mm çapında NKS perçin ve vida olarak 4 mm x 30 mm YHB vida kullanılmıştır. Bulon ve perçin için boyutlarına uygun olarak levhalar üzerinde önceden delikler açılmış, bağlantıya hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3.2. Bağlantı elemanı olarak kullanılan vida (A), bulon (B) ve perçinler (C)

3.1.3. Yalıtım malzemesi

Korozyonun gerçekleşmesi gereken yer levhanın gövde kısmıdır. Bunun için gövde kısımları hariç diğer yerlerde korozyon oluşumunun önüne geçmek gerekmektedir.

Deney düzeneğinde levhalar çözelti havuzlarına dik bir şekilde yerleştirilmektedir. Üst başlık su ile temas etmediğinden dolayı korozyon problemi yaşanmamaktadır fakat alt başlık su içinde kaldığı için korozyona uğramaması adına aquablocker adı verilen, elektrik akımından herhangi bir şekilde etkilenmeyen, su yalıtım malzemesi ile kaplanmaktadır. Aquablocker malzemesi, levhanın yüzeyine yapışarak su ile temas etmesini ve korozyon oluşumunu engellemektedir.



Şekil 3.3. Aquablocker su yalıtımı malzemesi ve alt başlığı aquablocker ile kaplanmış numune

3.1.4. Güç kaynakları

Hafif çelik numuneleri hızlandırılmış korozyona uğratmak için güç kaynağına ihtiyaç vardır. Deneyde kullandığımız parametreleri sağlıklı bir şekilde karşılaştırabilmemiz adına güç kaynağından çıkacak olan akım sabit olmalıdır. DC güç kaynağı sayesinde gönderilen akımı 1 ampere sabitleyerek, numunelerin aynı elektriksel etkiye maruz kalmaları sağlanmıştır.

Güç kaynağı üzerinde anot ve katot girişler bulunmaktadır. Anot girişe korozyona uğratmak istediğimiz hafif çelik numuneler, katot girişe paslanmaz çelik çubuklar bağlanmıştır.



Şekil 3.4. DC güç kaynağı

3.1.5. Paslanmaz çelik çubuklar

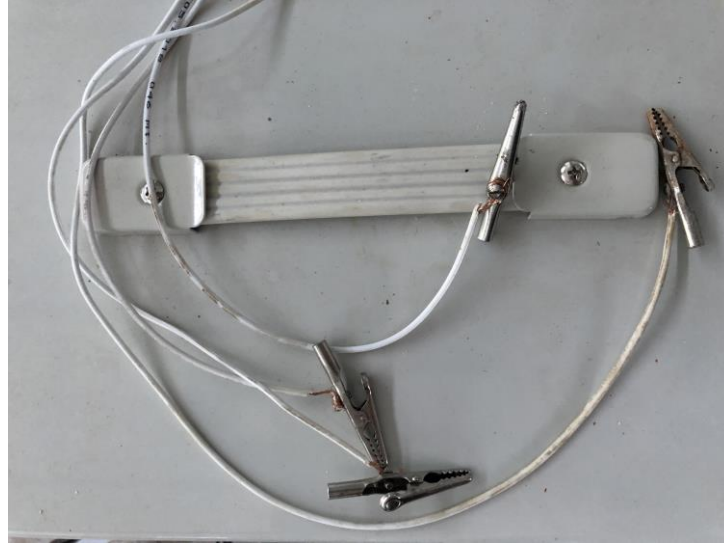
Hafif çelik levhalarda kütle azalması meydana getirmek için elektron kaybetmesi gerekmektedir. Bu kapsamda elektriksel devreyi tamamlayabilmek adına tuzlu su içerisine paslanmaz çelik çubuklar koyulmaktadır. Paslanmaz çelik çubuklar ile aynı ortamda bulunan hafif çelik levhalar daha aktif metal haline gelip elektron kaybetmektedir. Hafif çelik levhaların kaybettiği elektronlar, paslanmaz çelik çubukların bünyesine geçmektedir. Korozyon hızında herhangi bir değişiklik olmaması adına, paslanmaz çelik çubuklar belirli periyotlarda çıkarılarak üzerinde oluşan tabaka temizlenmektedir.



Şekil 3.5. Paslanmaz çelik çubuklar

3.1.6. Elektrik akımı aktarıcı elemanlar

Güç kaynağından çıkan sabit akımı numunelere aktarabilmek için bakır telli kablolar ve telden aktarılan akımı da numunelere iletmek için metal krokodil uçlar kullanılmıştır. Krokodil uçlar elektrik akımını iletecek özelliklerde olup sıkıştırma özelliği sayesinde direkt numunelere ve paslanmaz çelik çubuklara sabitlenmiştir. DC güç kaynağının üzerinde bulunan anot uç, bakır kablo ve krokodil yardımı ile hafif çelik levhalara, katot uc ise aynı şekilde bakır kablo ve krokodil yardımı ile paslanmaz çelik çubuklara sabitlenmiştir. Bu şekilde bağlantı yapıldıktan sonra akım devresi tamamlanmış bulunmaktadır.

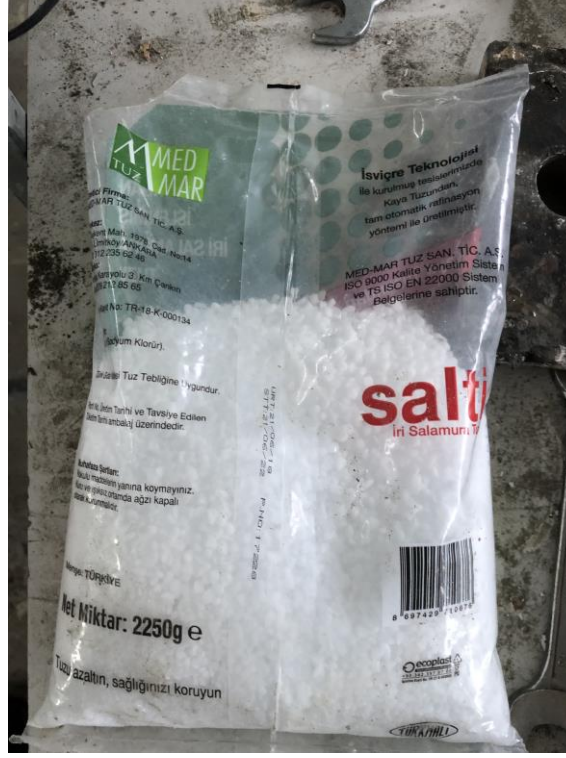


Şekil3.6. Bakır telli kablolar ve krokodil

3.1.7. Tuz (NaCl)

Korozyona uğrama işlemini gerçekleştirebilmek adına su içerisinde iyonlaşmayı sağlayabilmek adına su içerisine tuz koyulmuştur. Bu sayede tuz, su içerisinde iyonlaşarak elektrik akımının iletilmesini sağlamaktadır. Tuz-su çözeltisi içindeki tuz oranı ne kadar yüksekse elektrik akımı o kadar çok iletilmektedir. Ayrıca elektrik akımında dalgalanmalar olmaması ve iyi bir şekilde iletilmesi amacı ile çözeltiye yabancı bir element olan iyot karıştırılmamış, tuz olarak iyotsuz rafineri kaya tuzu

seçilmiştir. Tuzun su içerisinde tamamen çözünmesinin ardından numuneler havuz içerisine konulmuştur.



Şekil 3.7. Çözelti içerisinde kullanılan tuz

3.1.8. Çözelti havuzları

Oluşturduğumuz tuzlu su çözeltisini muhafaza etmek ve deney düzeneğini kurmak adına, cam yüzeyli, su sızdırmaz havuzlar kullanılmıştır. Kullanılan havuzlar şeffaf camlı olup içerisindeki değişiklikler dışarıdan rahatça görülebilmektedir. Bu sayede, zamanla çözelti içerisinde oluşan kir, tortu ve artık maddeler tespit edilmiştir. Korozyon hızını yavaşlatmaması ve deneyi olumsuz bir şekilde etkilememesi adına belirli periyotlar içerisinde havuz temizliği ve su değişimi yapılmıştır.



Şekil 3.8. Deneyde kullanılan cam havuzlar

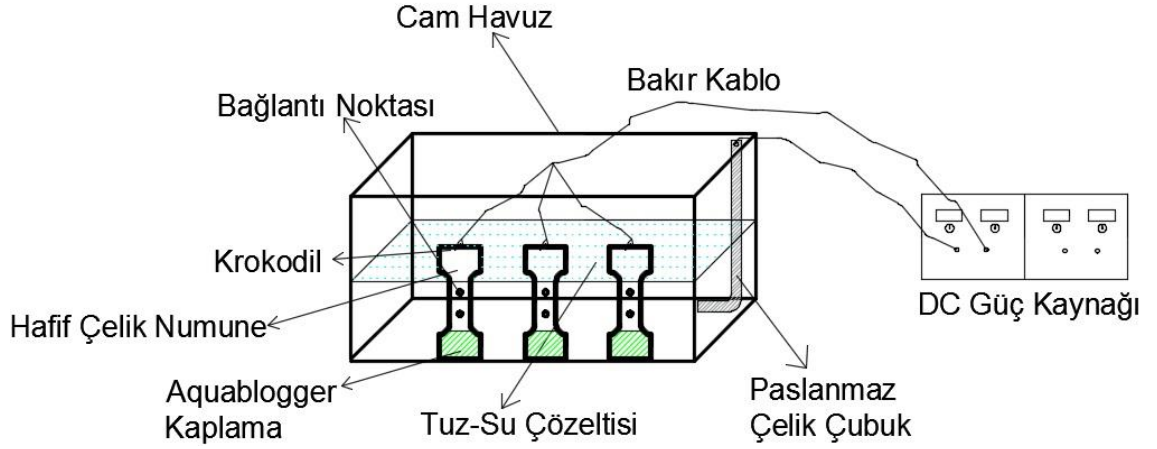
3.1.9. Çelik levha çekme aleti

Korozyona uğramamış ve farklı seviyelerde korozyona uğramış numuneler, çelik levha çekme aleti ile eksenel çekme deneyine tabi tutularak, hafif çelik levhalarda oluşan dayanım değişiklikleri gözlenmiştir. Çekme aleti, hafif çelik levha numunelere, 2 başlıktan da tutarak, 2 mm/dk hız ile eksenel çekme işlemi gerçekleştirmiştir. Oluşan değerler ve grafikler, çelik levha çekme aletinden alınarak not edilmiştir.



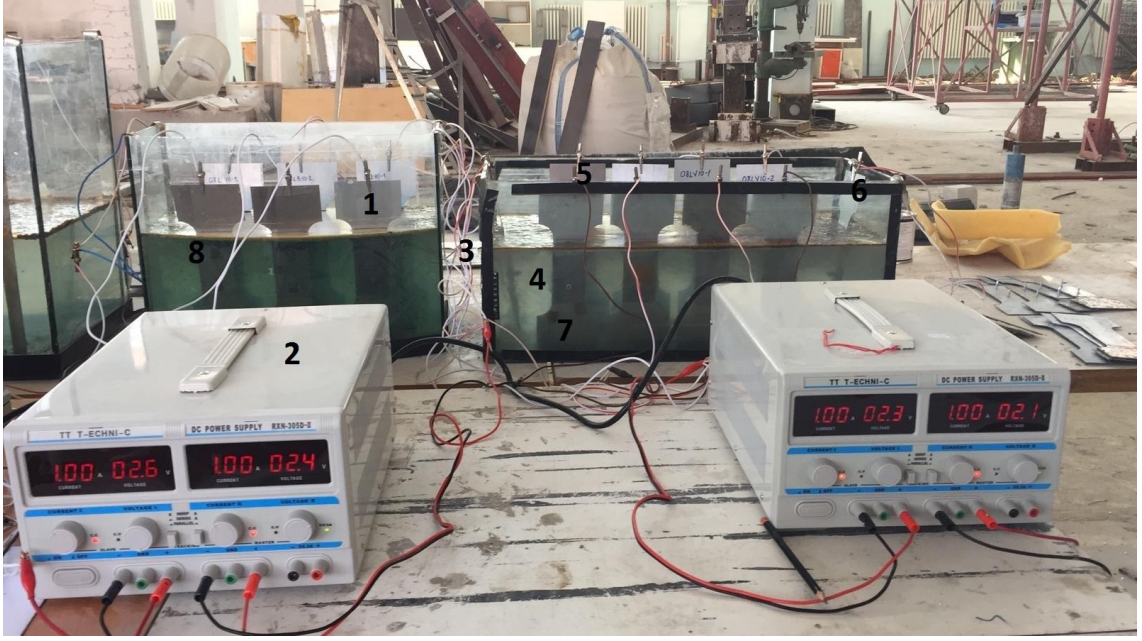
Şekil 3.9. Çelik levha çekme aleti

3.2. Deney Yöntemi



Şekil 3.10. Deney şeması

Şekil 3.10. da deneyin genel şeması gösterilmiştir. İlk olarak Cam havuzun içerisine, hafif çelik numunenin üst başlık başlangıç seviyesine kadar tuz-su çözeltisi hazırlanmaktadır. Hafif çelik numunenin üst başlığı tuz-su çözelti seviyesinin üstünde olduğundan dolayı korozyona uğrama ihtimali yoktur fakat alt başlık tuz-su çözeltisinin içinde olduğundan dolayı korozyona uğramaması için alt başlıklar aquablocker yalıtım malzemesi ile kaplanmıştır. Bu sayede korozyonun sadece zayıf kesit olan gövde bölgesinde gerçekleşmesi sağlanmıştır. Ardından hafif çelik numune ve paslanmaz çelik çubuk dik bir şekilde havuzun içerisine konulur. Hafif çelik numune, krokodil yardımı ile sıkıştırılıp, bakır kabloya bağlanır ve bakır kablo, DC güç kaynağının anot girişine takılır. Paslanmaz çelik çubuk ise bakır kablo yardımı ile DC güç kaynağının katot girişine takılır. Kısa devre oluşmaması için krokodillerin ve bakır tellerin su ile teması engellenmiştir. DC güç kaynağının çalıştırılmasının ardından, hafif çelik numunelere elektrik akımı gönderilmiş oldu. Elektrik etkisinin numuneler üzerinde etkisinin stabil olması amacı ile tüm güç kaynakları sabit kalacak şekilde 1 ampere ayarlanmıştır. Numunelerin hepsine elektrik akımı verilerek korozyona maruz bırakılmıştır. Yeterli korozyonun oluşması sonucunda numuneler havuzdan çıkarılıp temizlenmiş ve kurumaya bırakılmıştır. Numunelerin kurummasının ardından her numune kendi parametresi altında aksel çekme deneyine tabi tutulmuş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.



Şekil 3.11. Deney düzeneği

Şekil 3.11. de deney düzeneği görülmektedir. 1 numara hafif çelik numuneyi, 2 numara DC güç kaynağını, 3 numara bakır kabloları, 4 numara tuz-su çözeltisini, 5 numara krokodil uçları, 6 numara cam havuzu, 7 numara aquablocker ile kaplanan kısım ve 8 numara levhaların bağlantı yapılan yerlerini göstermektedir.

Çözeltinin üstünde ve havuz tabanında bir süre sonunda kir, tortu ve kimyasal atık birikimi gözlenmiştir. Bu kir birikimi zamanla numunenin yüzeyini kaplayıp su ile temasını engellediği için, korozyon hızını düşürme ihtimaline karşı her 24 saatte bir havuz altında, çözelti üstünde, paslanmaz çelik üstünde ve numuneler üzerinde biriken kirler temizlenmiştir. Bu temizleme işleminin ardından tuz-su çözeltisi tamamen yenilenerek deney düzeneği tekrar kurulmuştur.

Deneyde kullanılan parametrelerin daha kolay incelenebilmesi adına her numune için bir isim oluşturulmuştur. Oluşturulan bu isimlendirme sistemi aşağıda anlatılmaktadır.

3.3. İsimlendirme Sistemi

İsimlendirme sistemi oluşturulurken 5 nitelik göz önünde bulundurulmuştur. Bunlar sırasıyla levha kullanıldıysa levhanın kalınlığı, korozyona uğratılan numunenin ismi, varsa birleşim elemanının ismi, korozyona uğratıldığı çözeltinin tuz yüzdesi

(korozyona uğramayan numune ise R) ve numune numarasıdır. Korozyona uğratılan numune ve birleşim elemanının ismi yazılırken yalnızca baş harfi yazılacak şekilde isimlendirme yapılmıştır. Levha kalınlığı olarak 0.8 ve 1 mm lik levhalar kullanıldığından isimlendirmenin başında bu 2 değerden biri yer almaktadır. Daha sonra korozyona uğrayan numune levha ise L, bulon ise B, vida ise V, perçin ise P şeklinde yazılmıştır. Ardından eğer ki bağlantı elemanı kullanıldıysa, bulon için B, vida için V, perçin için P yazılmıştır. Bağlantı elemanından da sonra oluşan kütle kaybı yüzdeleri 10 veya 20 (eğer ki numune referans olup korozyona uğratılmamışsa R) şeklinde yazılmıştır. En son olarak da her numune türünden 2 adet bulunduğundan dolayı her numune 1 yada 2 olarak isimlendirilmiştir. Birkaç örnek verecek olursak;

0.8LP10-1 de bulunan;

0.8: Levha olarak 0.8 mm kalınlıklı levha kullanıldığını

L: Korozyona uğratılacak numunenin levha olduğunu

P: Birleşim elemanı olarak perçin kullanıldığını

10: Kütle kaybının yaklaşık %10 olduğunu

1: 1 numaralı numune olduğunu,

1LBR-2 de bulunan;

1: Levha olarak 1 mm kalınlıklı levha kullanıldığını

L: Deneye tabi tutulan numunenin Levha olduğunu

B: Birleşim elemanı olarak bulon kullanıldığını

R: Numunenin referans olup herhangi bir korozyon işlemi uygulanmadığını,

2: 2 numaralı numune olduğunu,

1B20-2 de bulunan;

1: Korozyona uğratılacak numunenin 1 mm kalınlığında levhaya monte edileceğini

V: Korozyona uğratılacak numunenin bulon olduğunu

20: Kütle kaybının yaklaşık %20 olduğunu

2: 2 numaralı numune olduğunu göstermektedir.

Deney kapsamında kullanılan birleşim elemanlı numunelerin isimlendirilmesi Çizelge 3.1. de, birleşimsiz numunelerin isimlendirilmesi Çizelge 3.2. de verilmektedir.

Çizelge 3.1. Birleşim elemanlı numunelerin isimlendirilmesi

Birleşim Elemanı	Tuz Yüzdesi	Levha Kalınlığı (mm)	
		0.8 mm	1 mm
Bulon	Referans	0.8LBR-1	1LBR-1
		0.8LBR-2	1LBR-2
	%10	0.8LB10 -1	1LB10 -1
		0.8LB10 -2	1LB10 -2
	%20	0.8LB20 -1	1LB20 -1
		0.8LB20 -2	1LB20 -2
Vida	Referans	0.8LVR-1	1LVR-1
		0.8LVR-2	1LVR-2
	%10	0.8LV10 -1	1LV10 -1
		0.8LV10 -2	1LV10 -2
	%20	0.8LV20 -1	1LV20 -1
		0.8LV20 -2	1LV20 -2
Perçin	Referans	0.8LPR-1	1LPR-1
		0.8LPR-2	1LPR-2
	%10	0.8LP10 -1	1LP10 -1
		0.8LP10 -2	1LP10 -2
	%20	0.8LP20 -1	1LP20 -1
		0.8LP20 -2	1LP20 -2

Çizelge 3.2. Birleşimsiz numunelerin isimlendirilmesi

Korozyona Uğrayacak Numune	Tuz Yüzdesi		
	Referans	%10	%20
0.8 mm Kalınlıklı Levha	0.8LR-1	0.8L10-1	0.8L20 -1
	0.8LR-2	0.8L10-2	0.8L20 -2
1 mm Kalınlıklı Levha	1LR-1	1L10-1	1L20 -1
	1LR-2	1L10-2	1L20 -2

Bulon	0.8BR-1 (2 adet)	0.8B10-1 (2 adet)	0.8B20-1 (2 adet)
	0.8BR-2 (2 adet)	0.8B10-2 (2 adet)	0.8B20-2 (2 adet)
	1BR-1 (2 adet)	1B10-1 (2 adet)	1B20-1 (2 adet)
	1BR-2 (2 adet)	1B10-2 (2 adet)	1B20-2 (2 adet)
Perçin	0.8PR-1 (2 adet)	0.8P10-1 (2 adet)	0.8P20-1 (2 adet)
	0.8PR-2 (2 adet)	0.8P10-2 (2 adet)	0.8P20-2 (2 adet)
	1PR-1 (2 adet)	1P10-1 (2 adet)	1P20-1 (2 adet)
	1PR-2 (2 adet)	1P10-2 (2 adet)	1P20-2 (2 adet)

Deneylere başlamadan önce numunelerin üzerlerine, bu isimlendirme yöntemi kullanılarak, permanent kalem ile isimleri yazılmıştır.



Şekil 3.12. İsimlendirilmiş bir numune

3.4. Deney Parametreleri

Deneylerde, kullanılan levha kalınlığı, çözeltide mevcut olan tuz yüzdesi, levhaların bağlantı şekli ve farklı elemanlarda korozyon olması durumu olmak üzere toplam 4 parametre incelenmiştir.

3.4.1. Levha kalınlıkları

Deneyde 0.8 mm ve 1 mm olmak üzere 2 kalınlıkta levha kullanılmıştır. Tüm parametreler için her iki kalınlıkta levhadan da numuneler üretilmiştir. Bu parametrenin

incelenmesinin asıl amacı, levha kalınlığı değiştiğinde oluşan korozyon etkisinin hangi oranda değiştiğini belirlemektir.



şekil 3.13. 0.8 mm kalınlıklı (A) ve 1 mm kalınlıklı (B) levhalar

3.4.2. Çözeltilerin tuz yüzdeleri

%10 ve %20 kütle kaybı oluşturacak şekilde 2 farklı tuz oranı içeren çözelti hazırlanmıştır. Yüksek oranda tuz içeren tuz-su çözeltisinde iyonlaşma daha fazla olduğu için elektrik akımı daha fazla iletilmektedir. Akımın fazla iletilmesi ise daha fazla korozyon oluşumu ile sonuçlanmaktadır. Bu parametrenin incelenmesinin asıl amacı, çözeltide bulunan tuz miktarı arttığında, korozyon oluşumu ve dayanım değişimi üzerinde ne gibi bir etki oluştuğunu tespit etmektir.

3.4.3. Farklı elemanlarda korozyon olması durumları

Hafif çelik yapı birleşimlerinde, çoğu zaman, yapı elemanları ve bağlantı elemanları birlikte korozyona uğrarlar. Fakat bu elemanlar üzerinde kimi zaman farklı korunma yöntemleri uygulandığından dolayı korozyon hızı numuneden numuneye

farklılık gösterir. Bu sebeple deneyde, bu farklılıklar da göz önünde bulundurularak, yapı elemanlarının hem birlikte hem de ayrı ayrı korozyona uğramış olma durumları incelenecektir.

3.4.3.1. Hem levhada hem bulonlarda korozyon olması durumu

Bu parametrede, levha ve bulonların aynı korozyon etkisi altında kaldığı durumlar incelenmiştir. Bu korozyon türünün gerçekleşmesi amacıyla, öncelikle levhaların tüm bulonlu bağlantıları yapılmış ve ardından çözelti havuzuna konmuştur. Yapılan deney sonucunda hem levhalarda hem bulonlarda korozyon olduğu gözlemlenmiştir.

3.4.3.2. Hem levhada hem vidalarda korozyon olması durumu

Bu parametrede, levha ve vidaların aynı korozyon etkisi altında kaldığı durumlar incelenmiştir. Bu korozyon türünün gerçekleşmesi amacıyla, öncelikle levhaların tüm vidalı bağlantıları yapılmış ve ardından çözelti havuzuna konmuştur. Yapılan deney sonucunda hem levhalarda hem vidalarda korozyon olduğu gözlemlenmiştir.

3.4.3.3. Hem levhada hem perçinlerde korozyon olması durumu

Bu parametrede, levha ve perçinlerin aynı korozyon etkisi altında kaldığı durumlar incelenmiştir. Bu korozyon türünün gerçekleşmesi amacıyla, öncelikle levhaların tüm perçinli bağlantıları yapılmış ve ardından çözelti havuzuna konmuştur. Yapılan deney sonucunda hem levhalarda hem perçinlerde korozyon olduğu gözlemlenmiştir.

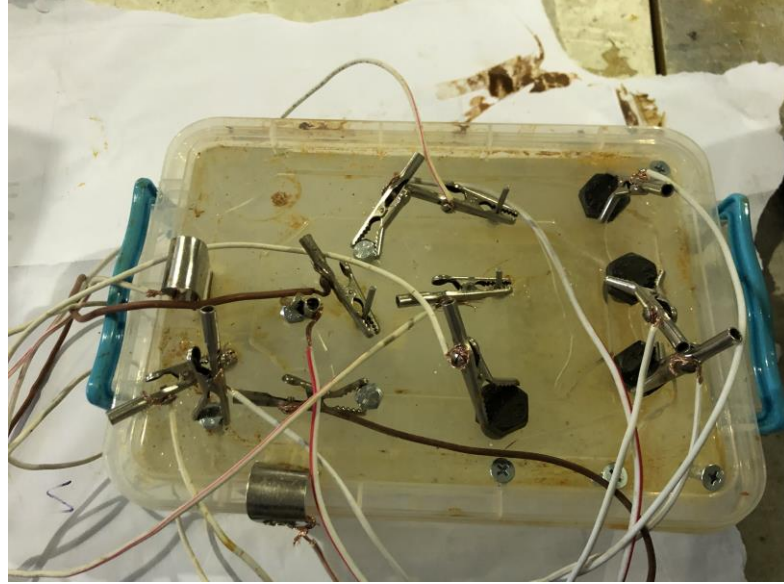
3.4.3.4. Yalnız bulonlarda korozyon olması durumu

Bu parametrede, bulonlar çözeltinin içerisine konarak korozyon oluşumu sağlanmıştır. Levhalar ise herhangi bir korozyon işlemine tabi tutulmamıştır. Daha sonra bu levhalar, korozyona uğramış bulonlar ile tespit edilmiş ve bu şekilde eksenel çekme deneyine tabi tutulmuştur. Burada sadece bulonlarda oluşan korozyonun, dayanım üzerindeki etkisi incelenmiştir.

3.4.3.5. Yalnız perçinlerde korozyon olması durumu

Bu parametrede, perçinler çözeltinin içerisine konarak korozyon oluşumu sağlanmıştır. Levhalar ise herhangi bir korozyon işlemine tabi tutulmamıştır. Daha sonra bu levhalar, korozyona uğramış perçinler ile tespit edilmiş ve bu şekilde eksenel çekme deneyine tabi tutulmuştur. Burada sadece perçinlerde oluşan korozyonun, dayanım üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Bulon ve perçinlerin korozyona uğratılma işlemleri Şekil 3.14. te gösterilmektedir.



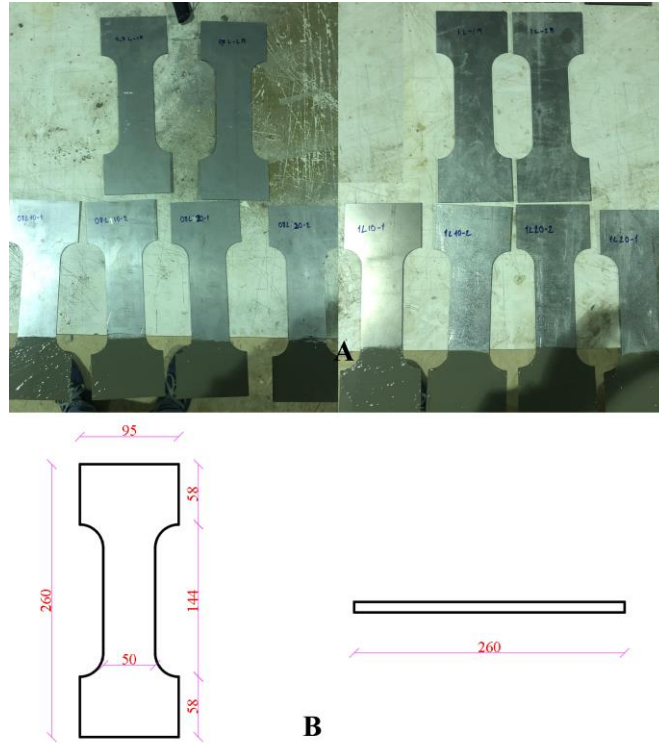
Şekil 3.14. Bulon ve perçinlerin korozyona uğratılma işlemi

3.4.4. Levhaların bağlantı şekilleri

Levhaların tespit işleminde, bulon, vida ve perçin olmak üzere 3 bağlantı elemanı kullanılmıştır. Her bağlantı türünde, korozyonun dayanım değişimindeki etkisi ayrı ayrı incelenmiştir. Ayrıca herhangi bir bağlantı yapılmadan, tam levha halinde numuneler üzerinde de korozyon deneyi yapılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Deneyde kullanılan bağlantısız numuneleri ve bağlantı yöntemlerini daha ayrıntılı inceleyecek olursak;

3.4.4.1. Bağlantı elemanı kullanılmayan numuneler (Tam levhalar)

Bu parametre altında, herhangi bir bağlantı elemanı kullanılmadan, tek parça levha halinde numuneler incelenecektir. Bağlantı bölgesi olmaksızın, saf levhanın, farklı korozyon seviyeleri sonucu oluşan dayanım değişimini incelemek esas alınmıştır. Bu parametre kapsamında; 0.8L10-1, 0.8L10-2, 1L10-1, 1L10-2 isimli numuneler düşük oranda tuz içeren çözelti içerisinde, 0.8L20-1, 0.8L20-2, 1L20-1, 1L20-2 isimli numuneler yüksek oranda tuz içeren çözelti içerisinde bekletildikten sonra, 0.8LR-1, 0.8LR-2, 1LR-1, 1LR-2 numuneleri ise herhangi bir korozyon işlemi uygulanmadan aksel çekme deneyine tabi tutulmuştur. İncelenen numuneler (Şekil 3.14.-A), numune ölçüleri (Şekil 3.14.-B) de gösterilmiştir.

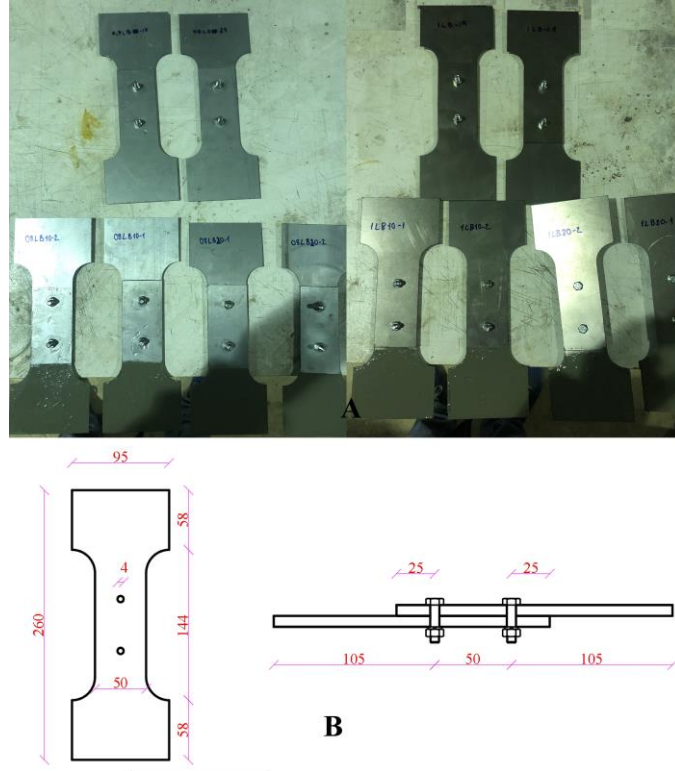


Şekil 3.15. Tam levhalar (A) ve levha ölçüleri (B)

3.4.4.2. Bulonlu birleşim yapılmış elemanlar

Bu parametrede, 2 adet yarım levhanın bulonlu birleştirilmesiyle meydana gelen numunede, farklı korozyon seviyeleri sonucu oluşan dayanım değişimi incelenmiştir. Bu kapsamda 0.8LB10-1, 0.8LB10-2, 1LB10-1, 1LB10-2 isimli numuneler düşük oranda tuz içeren çözelti içerisinde, 0.8LB20-1, 0.8LB20-2, 1LB20-1, 1LB20-2 isimli numunelerse yüksek oranda tuz içeren çözelti içerisinde bekletildikten sonra, 0.8LBR-1,

0.8LBR-2, 1LBR-1, 1LBR-2 numuneleri ise herhangi bir korozyon işlemi uygulanmadan aksel çekme deneyine tabi tutulmuştur. Ayrıca, B10-1, B10-2 isimli numuneler düşük oranda tuz içeren çözelti içerisinde, B20-1, B20-2 isimli numunelerse yüksek oranda tuz içeren çözelti içerisinde bekletildikten sonra, korozyona uğramamış levhalar, bu bağlantı elemanları ile birleştirilerek aksel çekme deneyine tabi tutulmuştur. Bu sayede korozyona uğramamış durumun yanı sıra, hem bulon ve levhanın aynı anda korozyona uğraması durumu incelenmiş, hem de sadece bulonların korozyona uğraması durumu incelenmiştir.

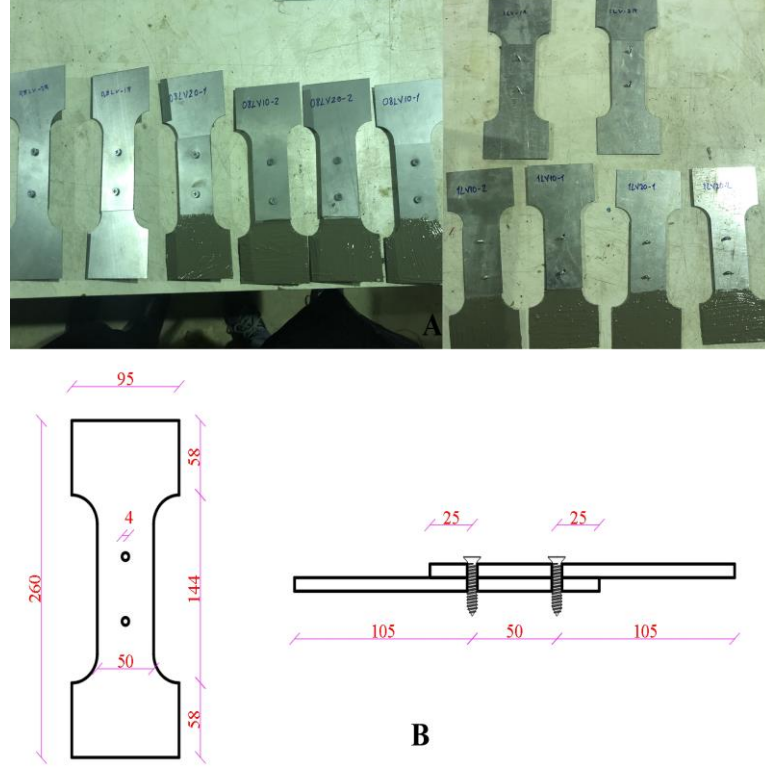


Şekil 3.16. Bulon birleşimli levhalar (A) ve numune ölçüleri (B)

3.4.4.3. Vidalı birleşim yapılmış elemanlar

Bu parametrede, 2 adet yarım levhanın vidalı birleştirilmesiyle meydana gelen numunede, farklı korozyon seviyeleri sonucu oluşan dayanım değişimi incelenmiştir. Bu kapsamda 0.8LV10-1, 0.8LV10-2, 1LV10-1, 1LV10-2 isimli numuneler düşük oranda tuz içeren çözelti içerisinde, 0.8LV20-1, 0.8LV20-2, 1LV20-1, 1LV20-2 isimli numunelerse yüksek oranda tuz içeren çözelti içerisinde bekletildikten sonra, 0.8LVR-1, 0.8LVR-2, 1LVR-1, 1LVR-2 numuneleri ise herhangi bir korozyon işlemi

uygulanmadan aksel çekme deneyine tabi tutulmuştur. Bu sayede korozyona uğramamış durumun yanı sıra, vida ve levhanın aynı anda korozyona uğraması durumu incelenmiştir.

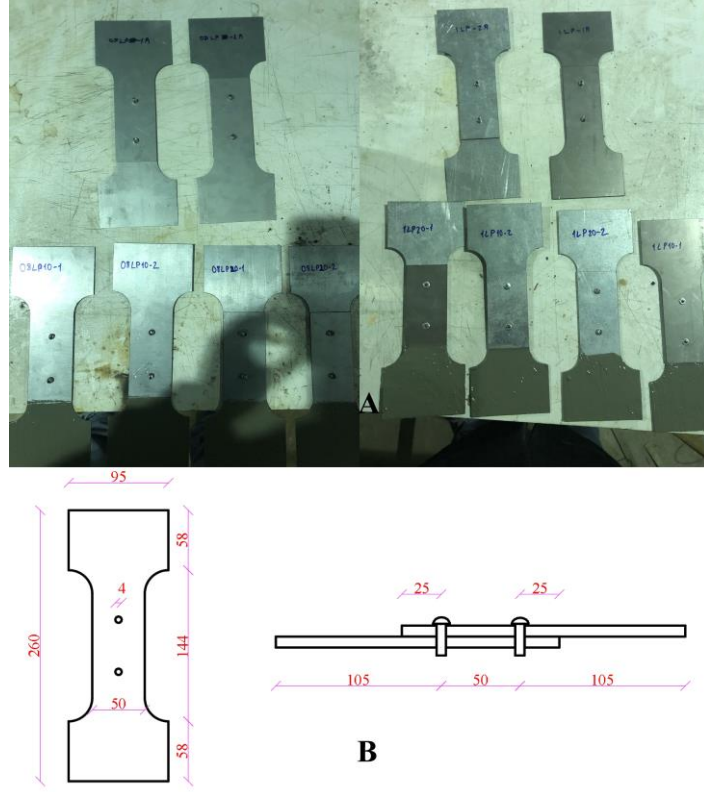


Şekil 3.17. Vida birleşimli levhalar (A) ve numune ölçüleri (B)

3.4.4.4. Perçinli birleşim yapılmış elemanlar

Bu parametrede, 2 adet yarım levhanın perçinli birleştirilmesiyle meydana gelen numunede, farklı korozyon seviyeleri sonucu oluşan dayanım değişimi incelenmiştir. Bu kapsamda 0.8LP10-1, 0.8LP10-2, 1LP10-1, 1LP10-2 isimli numuneler düşük oranda tuz içeren çözelti içerisinde, 0.8LP20-1, 0.8LP20-2, 1LP20-1, 1LP20-2 isimli numunelerse yüksek oranda tuz içeren çözelti içerisinde bekletildikten sonra, 0.8LPR-1, 0.8LPR-2, 1LPR-1, 1LPR-2 numuneleri ise herhangi bir korozyon işlemi uygulanmadan aksel çekme deneyine tabi tutulmuştur. Ayrıca, P10-1, P10-2 isimli numuneler düşük oranda tuz içeren çözelti içerisinde, P20-1, P20-2 isimli numunelerse yüksek oranda tuz içeren çözelti içerisinde bekletildikten sonra, korozyona uğramamış levhalar, bu bağlantı elemanları ile birleştirilerek aksel çekme deneyine tabi tutulmuştur. Bu sayede korozyona uğramamış durumun yanı sıra, hem perçin ve levhanın aynı anda

korozyona uğraması durumu incelenmiş, hem de sadece perçinlerin korozyona uğraması durumu incelenmiştir.



Şekil 3.18. Perçin birleşimli (A) ve numune ölçüleri (B)

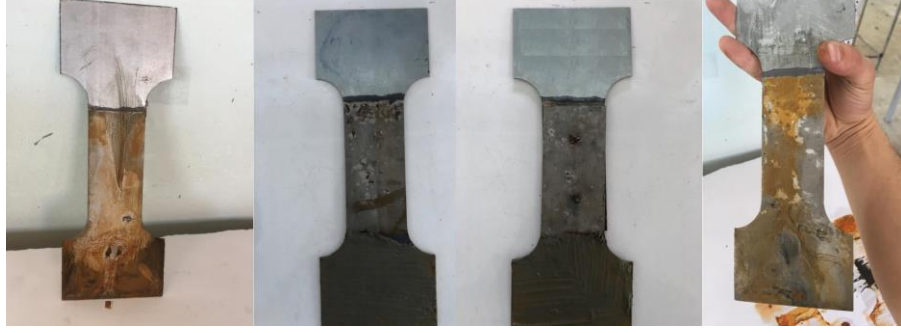
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Yapılan hızlandırılmış korozyon işlemi sonucunda numuneler, yaklaşık %10 ve %20 kütle kaybına uğratılmıştır. Çizelge 4.1. de levhaların korozyona uğratılmadan önceki, sonraki ve olması gereken kütleleri verilmiştir. Korozyon oluşumu sadece alt ve üst başlık arasında kalan orta bölümde gerçekleştiğinden dolayı, levhaların kaybetmesi gereken kütleler, bu orta bölümün kütlelerinin %10 ve %20 si alınarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1. Korozyona uğrayan levhaların kütlelerindeki değişim

10% Kütle Kaybı İşlemi				20% Kütle Kaybı İşlemi			
ELEMAN İSMİ	İLK KÜTLE (g)	OLMASI GEREKEN KÜTLE (g)	SON KÜTLE (g)	ELEMANIN İSMİ	İLK KÜTLE (g)	OLMASI GEREKEN KÜTLE (g)	SON KÜTLE (g)
0.8L10-1	121.22	118.21	118.30	0.8L20-1	121.22	115.21	114.91
0.8L10-2	122.43	119.44	119.12	0.8L20-2	122.45	116.45	116.15
1L10-1	151.45	147.60	147.74	1L20-1	151.44	143.84	143.66
1L10-2	150.53	146.20	146.42	1L20-2	150.25	142.47	142.53
0.8LB10-1	162.61	155.90	156.71	0.8LB20-1	162.60	149.26	150.29
0.8LB10-2	162.80	156.11	156.28	0.8LB20-2	162.83	149.47	149.87
1LB10-1	201.20	193.25	193.33	1LB20-1	201.22	184.80	184.85
1LB10-2	201.12	192.82	192.34	1LB20-2	201.00	184.65	182.41
0.8LP10-1	151.47	145.26	144.49	0.8LP20-1	151.44	139.00	139.20
0.8LP10-2	151.27	145.95	144.90	0.8LP20-2	151.25	138.82	136.77
1LP10-1	190.41	182.73	181.90	1LP20-1	190.41	175.25	175.54
1LP10-2	190.22	182.54	183.12	1LP20-2	190.28	174.81	174.61
0.8LV10-1	157.92	150.77	149.97	0.8LV20-1	157.25	144.46	143.33
0.8LV10-2	157.25	150.71	151.24	0.8LV20-2	157.45	144.48	145.14
1LV10-1	194.40	186.60	185.17	1LV20-1	194.48	178.89	177.99
1LV10-2	194.2	186.4	186.7	1LV20-2	194.2	178.6	177.9

Ayrıca, sadece bulonlarda ve sadece perçinlerde korozyon olması durumunu incelemek için, bu birleşim elemanları kütlelerinin %10 ve %20 sini kaybedecek şekilde korozyona uğratılmıştır.



Şekil 4.1. Korozyona uğramış numune örnekleri

Uygulanan hızlandırılmış korozyon işlemi sonucunda numuneler, eksenel çekme deneyine tabi tutulmuştur.



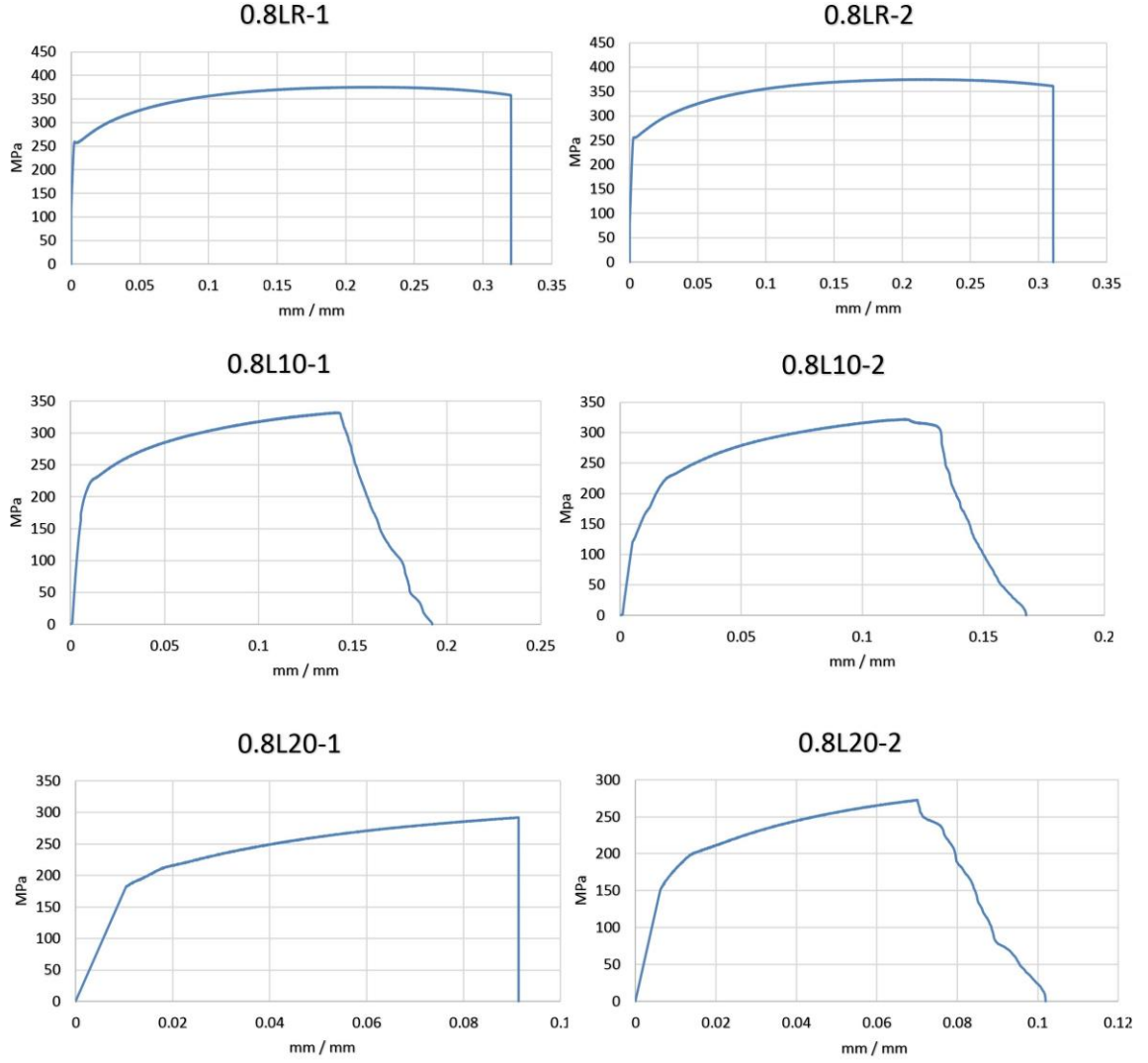
Şekil 4.2. Uygulanan çekme deneyi işlemleri

Bu tez kapsamında belirlenen parametrelere uygun olarak hazırlanan deney numuneleri; korozyonsuz, %10 korozyonlu ve %20 korozyonlu olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. Her grup için 2 adet numune eksenel çekme deneyine tabi tutulmuş elde edilen değerlerin ortalaması alınmıştır. Sonuç olarak deney numuneleri 10 farklı parametre başlığı ayrılmış ve toplam 6 numuneden oluşan her parametre kendi içerisinde değerlendirilmiştir.

Akma sınırı belirgin olmayan numunelerde $\epsilon=0.002$ şekil değiştirmenin olduğu noktadan elastik bölgedeki doğruya paralel çizilmiş ve eğriyi kestiği yerdeki σ değeri akma dayanımı olarak alınmıştır. Ayrıca nihai dayanım miktarı, akma dayanımının 1.15 katı alınmış ve nihai birim uzama, bu dayanıma karşılık gelen birim uzama olarak kabul edilmiştir.

4.1. 0.8 mm Kalınlıklı Tam Levhaların İncelenmesi

Eksenel çekme deneyleri sonucunda elde edilen 0.8LR-1, 0.8LR-2, 0.8L10-1, 0.8L10-2, 0.8L20-1, 0.8L20-2 isimli numunelerin σ - ϵ eğrileri Şekil 4.2. de verilmiştir.



Şekil 4.3. 0.8LR-1, 0.8LR-2, 0.8L10-1, 0.8L10-2, 0.8L20-1, 0.8L20-2 isimli numunelerin ayrı ayrı σ - ϵ eğrileri

Gerçekleştirilen eksenel çekme deneyinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2. de dayanımlar, Çizelge 4.3. de birim uzamalar şeklinde verilmiştir.

Çizelge 4.2. 0.8 mm kalınlıklı tam levhaların akma, çekme ve nihai dayanımları

Eleman İsmi	Akma Dayanımı (MPa)	Ort. Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Ort. Çekme Dayanımı (MPa)	Nihai Dayanım (MPa)
0.8LR-1	257.2	256.2	371.2	371.4	357.9
0.8LR-2	255.2		371.5		361.1
0.8L10-1	227.2	204.0	322.4	321.9	261.3
0.8L10-2	180.8		321.4		207.9
0.8L20-1	192.5	192.9	292.3	282.4	292.3
0.8L20-2	193.3		272.5		222.3

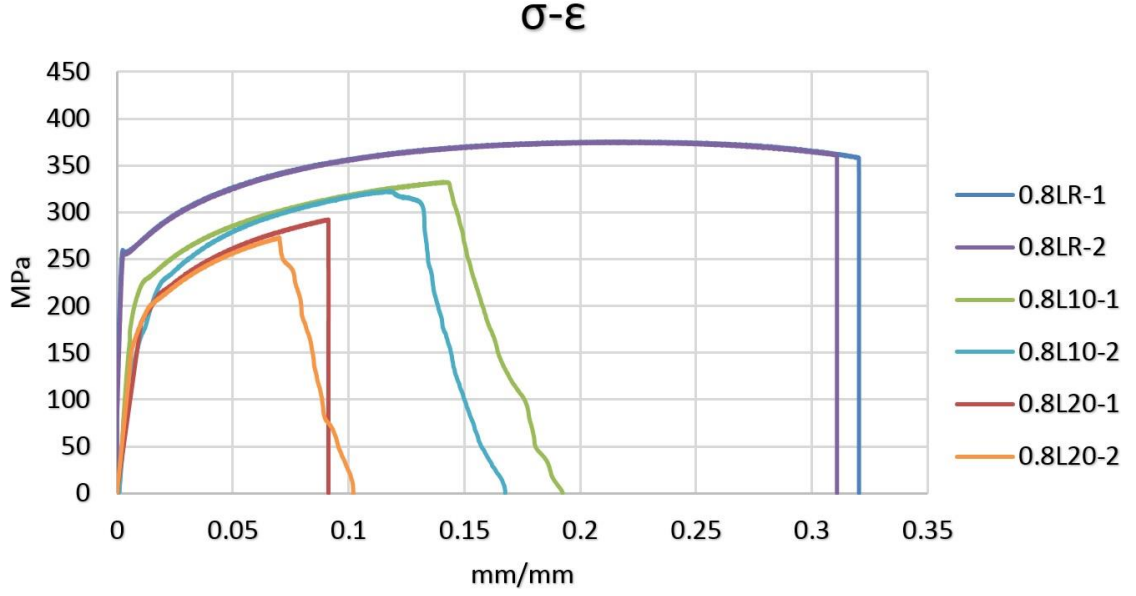
Çizelge 4.3. 0.8 mm kalınlıklı tam levhaların akma ve nihai birim uzamaları

Eleman İsmi	Akma Birim Uzaması (mm/mm)	Ort. Akma Birim Uzaması (mm/mm)	Nihai Birim Uzama (mm/mm)	Ort. Nihai Birim Uzama (mm/mm)
0.8LR-1	0.00219	0.00217	0.32035	0.31561
0.8LR-2	0.00214		0.31086	
0.8L10-1	0.0118	0.01225	0.15060	0.14412
0.8L10-2	0.01269		0.13763	
0.8L20-1	0.01277	0.01267	0.09131	0.08427
0.8L20-2	0.01257		0.07723	

Elde edilen değerler sonucunda, referans numunelerle karşılaştırdığımızda;

- Akma dayanımı; %10 korozyona uğramış numunelerde %20.4 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %24.7 azalmıştır.
- Çekme dayanımı; %10 korozyona uğramış numunelerde %13.3 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %23.9 azalmıştır.
- Akma birim uzaması; %10 korozyona uğramış numunelerde %465 artarken, %20 korozyona uğramış numunelerde %484 artmıştır.
- Nihai birim uzama; %10 korozyona uğramış numunelerde %54.3 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %73.3 azalmıştır.

Şekil 4.3.' de test edilen tüm numunelerin σ - ϵ eğrileri bir arada görülmektedir.



Şekil 4.4. 0.8 mm kalınlıklı tam levhaların toplu σ - ϵ eğrileri

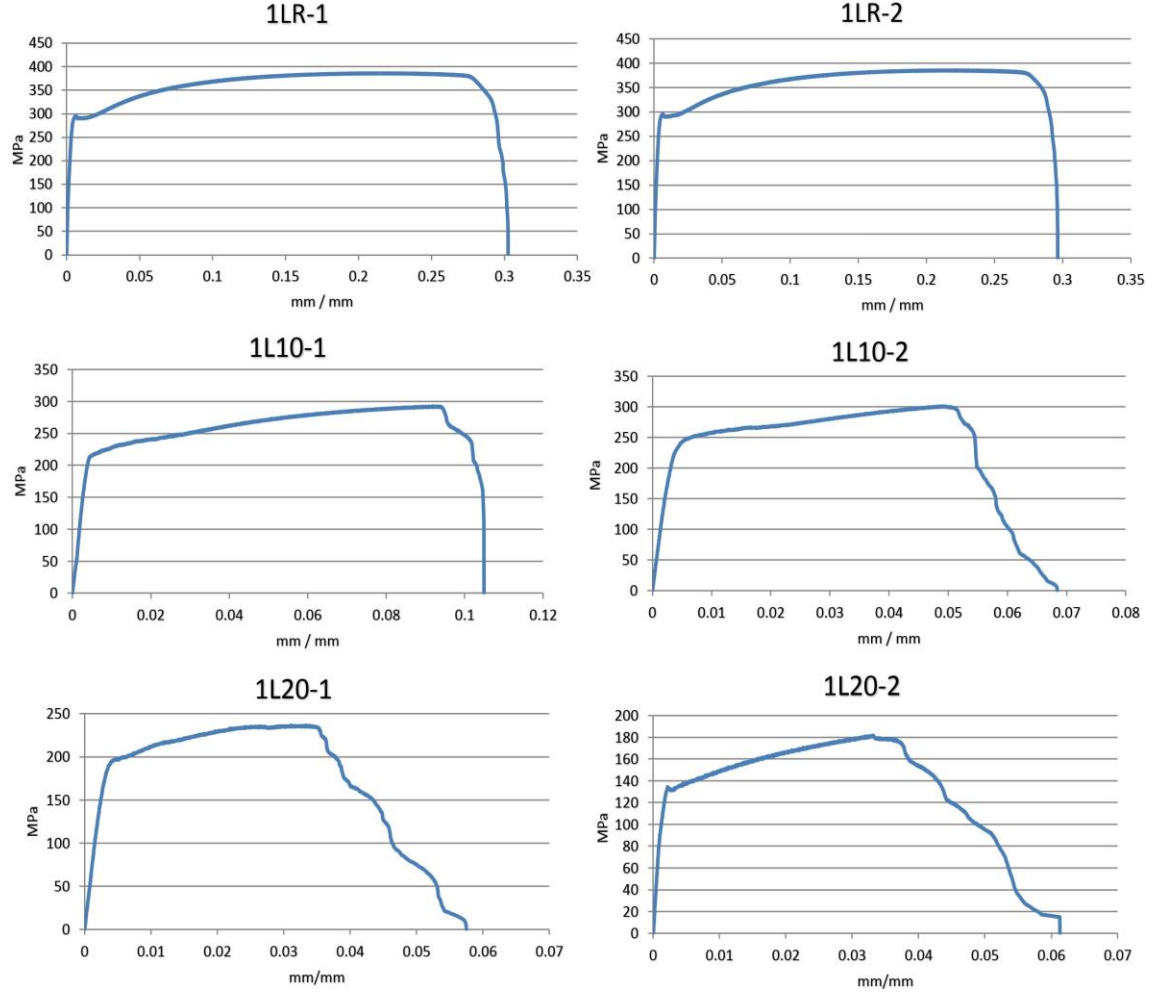
Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde 0.8 mm kalınlıklı tam levhalarda korozyon miktarı arttıkça; akma ve çekme dayanımında önemli azalmalar meydana geldiği belirlenmiştir. Ayrıca akma birim uzamalarında çok yüksek bir artış olmasına rağmen nihai birim uzamalarında azalmalar oluşmuştur. Kısaca korozyon seviyesinin artması, 0.8 mm kalınlıklı hafif çelik levhaların hem sünekliliğini hem de taşıma gücü kapasitesini azaltmış, daha gevrek ve dayanımı düşük bir malzeme haline getirmiştir. Referans numuneler orta bölgelerden sünek bir şekilde kırılırken, korozyonlu numuneler başlık altı bölgelerden gevrek bir şekilde kırılmıştır. Şekil 4.4. de malzemelerin aksel çekme deneyinden önceki (A) ve sonraki (B) halleri görülmektedir.



Şekil 4.5. 0.8 mm kalınlıklı tam levhaların aksel çekme deneyinden önceki (A) ve sonraki (B) durumları

4.2. 1 mm Kalınlıklı Tam Levhaların İncelenmesi

Eksenel çekme deneyleri sonucunda elde edilen 1LR-1, 1LR-2, 1L10-1, 1L10-2, 1L20-1, 1L20-2 isimli numunelerin σ - ϵ eğrileri Şekil 4.6. da verilmiştir.



Şekil 4.6. 1LR-1, 1LR-2, 1L10-1, 1L10-2, 1L20-1, 1L20-2 isimli numunelerin ayrı ayrı σ - ϵ eğrileri

Gerçekleştirilen eksenel çekme deneyinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.4. de dayanımlar, Çizelge 4.5. de birim uzamalar şeklinde verilmiştir.

Çizelge 4.4. 1 mm kalınlıklı tam levhaların akma, çekme ve nihai dayanımları

Eleman İsmi	Akma Dayanımı (MPa)	Ort. Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Ort. Çekme Dayanımı (MPa)	Nihai Dayanım (MPa)
1LR-1	285.6	285.3	385.9	385.7	328.4
1LR-2	285.0		385.4		327.8
1L10-1	220.6	235.7	291.8	296.2	253.7
1L10-2	250.7		300.6		288.3
1L20-1	198.7	165.5	235.1	208.0	228.5
1L20-2	132.2		180.8		152.0

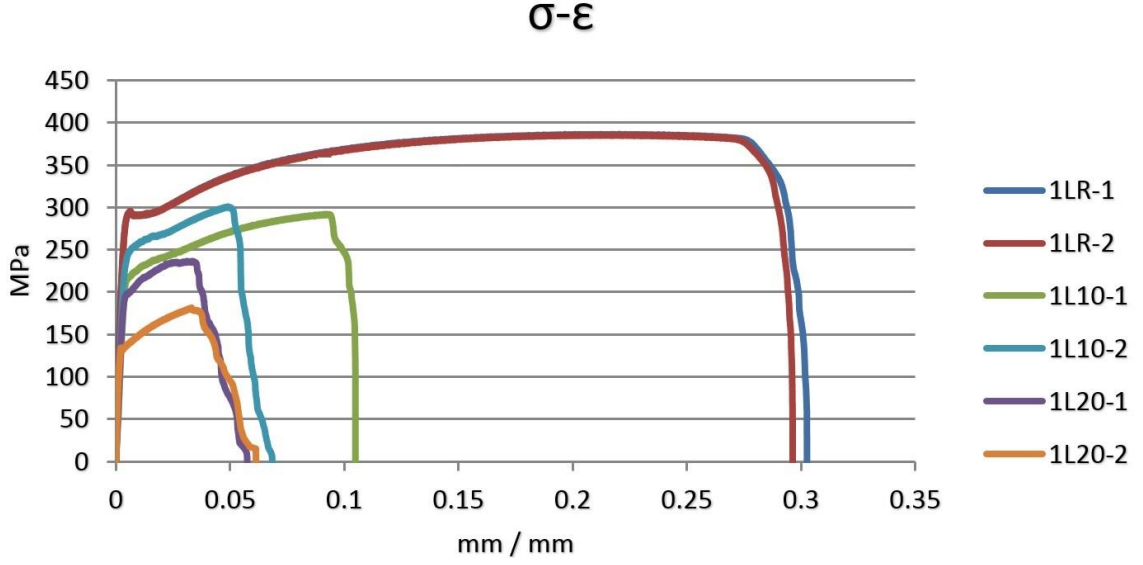
Çizelge 4.5. 1 mm kalınlıklı tam levhaların akma ve nihai birim uzamaları

Eleman İsmi	Akma Birim Uzaması (mm/mm)	Ort. Akma Birim Uzaması (mm/mm)	Nihai Birim Uzama (mm/mm)	Ort. Nihai Birim Uzama (mm/mm)
1LR-1	0.00445	0.00444	0.29123	0.28954
1LR-2	0.00443		0.28785	
1L10-1	0.00640	0.00626	0.09843	0.07520
1L10-2	0.00611		0.05179	
1L20-1	0.00701	0.00640	0.03553	0.03800
1L20-2	0.00579		0.04046	

Elde edilen değerler sonucunda, referans numunelerle karşılaştırdığımızda;

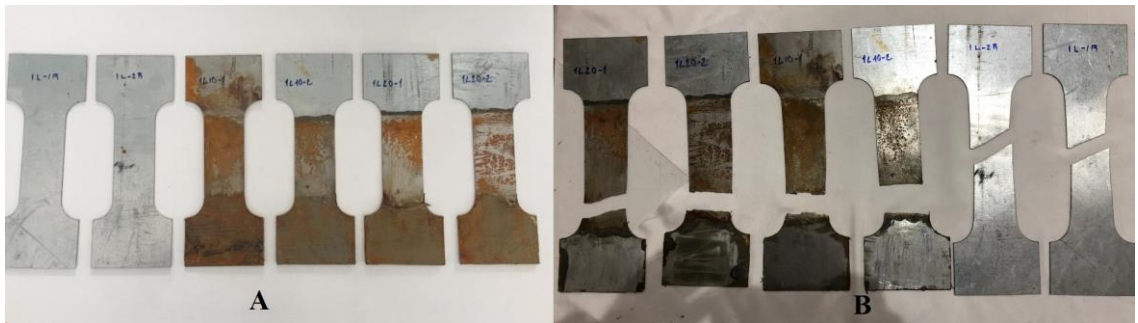
- Akma dayanımı; %10 korozyona uğramış numunelerde %17.4 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %42 azalmıştır.
- Çekme dayanımı; %10 korozyona uğramış numunelerde %23.2 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %46.1 azalmıştır.
- Akma birim uzaması; %10 korozyona uğramış numunelerde %41 artarken, %20 korozyona uğramış numunelerde %44.1 artmıştır.
- Nihai birim uzama; %10 korozyona uğramış numunelerde %74.0 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %86.9 azalmıştır.

Şekil 4.7.' de test edilen tüm numunelerin σ - ϵ eğrileri bir arada görülmektedir.



Şekil 4.7. 1 mm kalınlıklı tam levhaların toplu σ - ϵ eğrileri

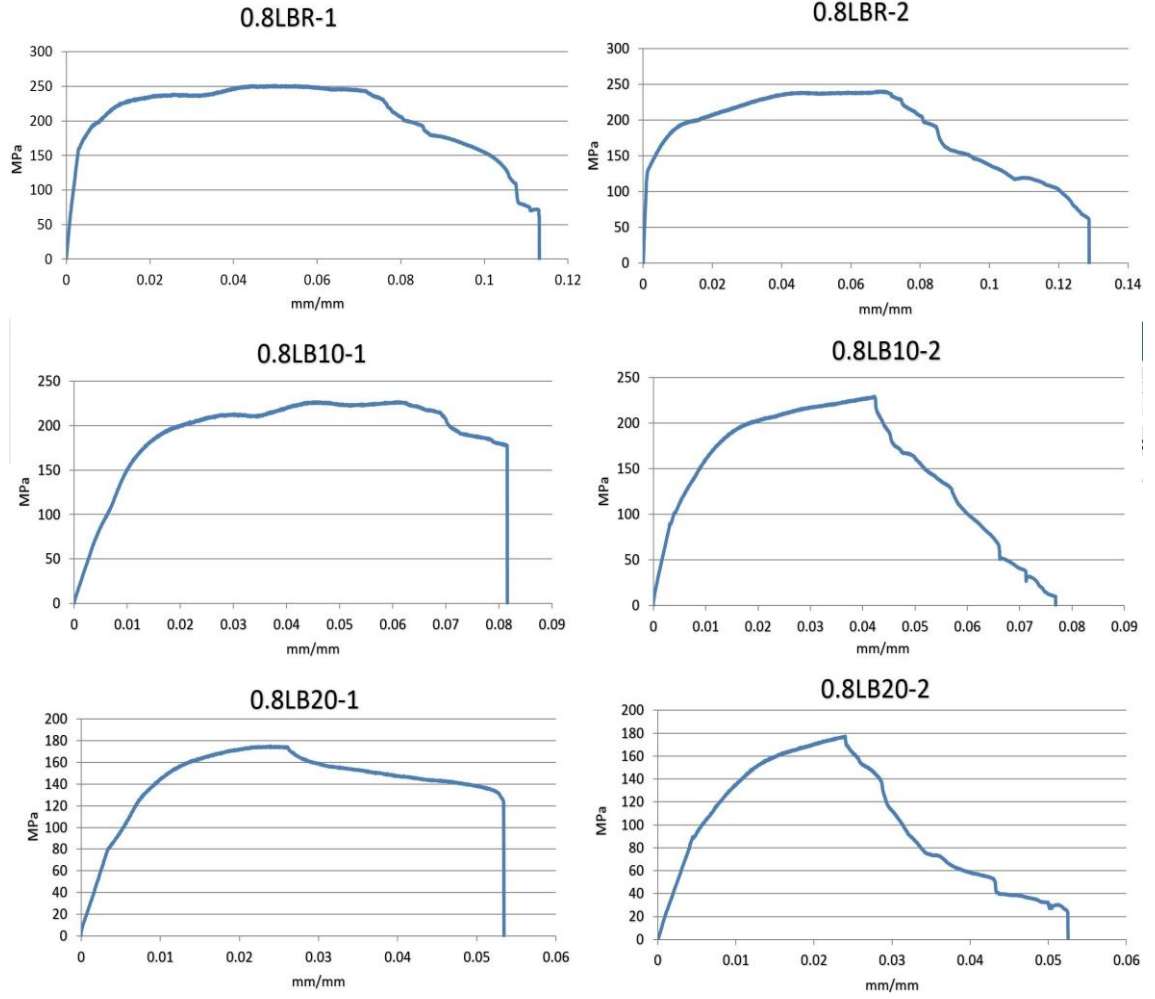
Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde 1 mm kalınlıklı tam levhalarda korozyon miktarı arttıkça; akma ve çekme dayanımında önemli azalmalar meydana geldiği belirlenmiştir. Ayrıca akma birim uzamalarında artış olmasına rağmen nihai birim uzamalarında azalmalar oluşmuştur. Kısaca korozyon seviyesinin artması, 1 mm kalınlıklı hafif çelik levhaların hem sünekliğini hem de taşıma gücü kapasitesini azaltmış, daha gevrek ve dayanımı düşük bir malzeme haline getirmiştir. Referans numuneler orta bölgelerden sünek bir şekilde kırılırken, korozyonlu numuneler başlık altı bölgelerden gevrek bir şekilde kırılmıştır. Şekil 4.8. de malzemelerin eksenel çekme deneyinden önceki (A) ve sonraki (B) halleri görülmektedir.



Şekil 4.8. 1 mm kalınlıklı tam levhaların eksenel çekme deneyinden önceki (A) ve sonraki (B) durumları

4.3. 0.8 mm Kalınlıklı, Bulonlarla Tespit Edilmiş Levhaların İncelenmesi

Eksenel çekme deneyleri sonucunda elde edilen 0.8LBR-1, 0.8LBR-2, 0.8LB10-1, 0.8LB10-2, 0.8LB20-1, 0.8LB20-2 isimli numunelerin σ - ϵ eğrileri Şekil 4.9. da verilmiştir.



Şekil 4.9. 0.8LBR-1, 0.8LBR-2, 0.8LB10-1, 0.8LB10-2, 0.8LB20-1, 0.8LB20-2 isimli numunelerin ayrı ayrı σ - ϵ eğrileri

Gerçekleştirilen eksenel çekme deneyinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6. de dayanımlar, Çizelge 4.7. de birim uzamalar şeklinde verilmiştir.

Çizelge 4.6. 0.8 mm kalınlıklı, bulon birleşimli levhaların akma, çekme ve nihai dayanımları

Eleman İsmi	Akma Dayanımı (MPa)	Ort. Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Ort. Çekme Dayanımı (MPa)	Nihai Dayanım (MPa)
0.8LBR-1	174.7	161.00	250.7	244.5	200.9
0.8LBR-2	147.2		238.2		169.3
0.8LB10-1	162.2	151.4	226.3	227.6	186.5
0.8LB10-2	140.5		228.9		161.6
0.8LB20-1	92.1	99.9	174.3	175.2	123.9
0.8LB20-2	107.7		176.0		123.9

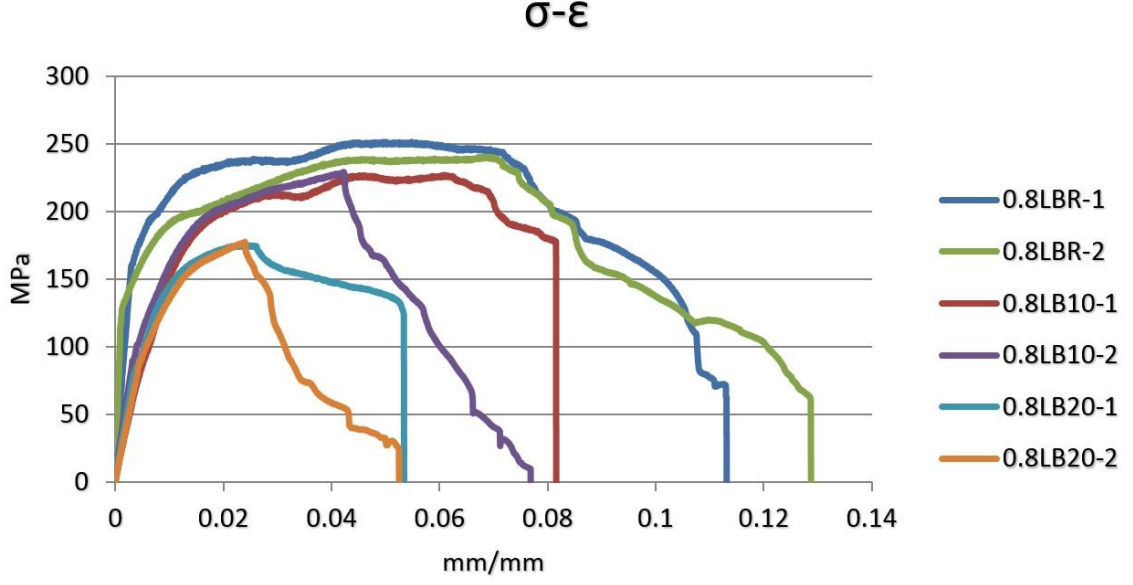
Çizelge 4.7. 0.8 mm kalınlıklı, bulon birleşimli levhaların akma ve nihai birim uzamaları

Eleman İsmi	Akma Birim Uzaması (mm/mm)	Ort. Akma Birim Uzaması (mm/mm)	Nihai Birim Uzama (mm/mm)	Ort. Nihai Birim Uzama (mm/mm)
0.8LBR-1	0.00317	0.00337	0.08113	0.08365
0.8LBR-2	0.00356		0.08616	
0.8LB10-1	0.01122	0.00959	0.07733	0.06368
0.8LB10-2	0.00796		0.05002	
0.8LB20-1	0.00467	0.00565	0.05345	0.04128
0.8LB20-2	0.00663		0.02910	

Elde edilen değerler sonucunda, referans numunelerle karşılaştırdığımızda;

- Akma dayanımı; %10 korozyona uğramış numunelerde %6 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %38 azalmıştır.
- Çekme dayanımı; %10 korozyona uğramış numunelerde %6.9 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %28.3 azalmıştır.
- Akma birim uzaması; %10 korozyona uğramış numunelerde %185 artarken, %20 korozyona uğramış numunelerde %67.6 artmıştır.
- Nihai birim uzama; %10 korozyona uğramış numunelerde %23.9 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %50.7 azalmıştır.

Şekil 4.10.' da test edilen tüm numunelerin σ - ϵ eğrileri bir arada görülmektedir.



Şekil 4.10. 0.8 mm kalınlıklı, bulon birleşimli levhaların toplu σ - ϵ eğrileri

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde 0.8 mm kalınlıklı, bulon bağlantılı levhalarda korozyon miktarı arttıkça; akma ve çekme dayanımında önemli azalmalar meydana geldiği belirlenmiştir. Ayrıca akma birim uzamalarında artış olmasına rağmen nihai birim uzamalarında azalma oluşmuştur. Kısaca korozyon seviyesinin artması, bulon birleşimli hafif çelik levhaların hem sünekliliğini hem de taşıma gücü kapasitesini azaltmış, daha gevrek ve dayanımı düşük bir malzeme haline getirmiştir.

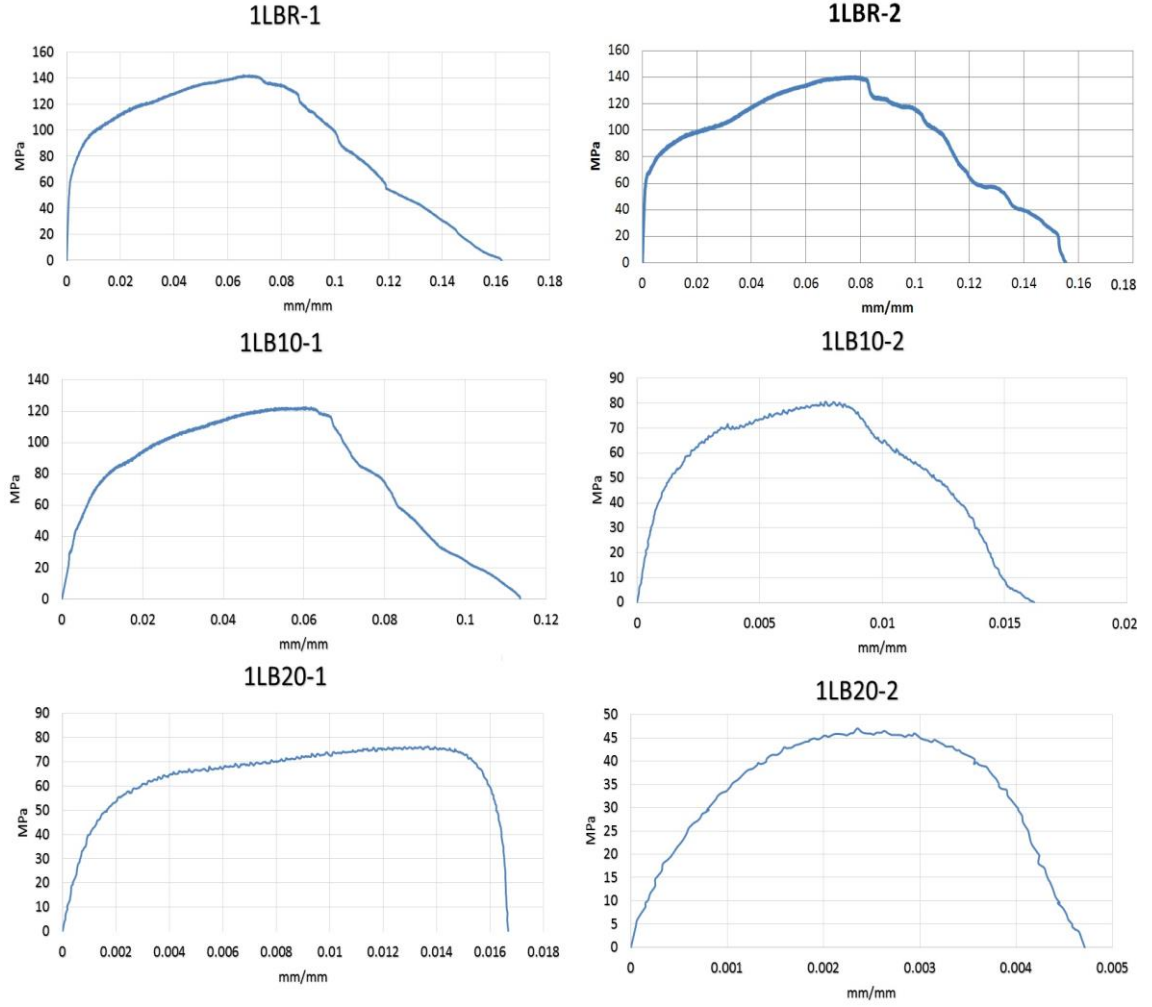
Hafif çelik levhalar, oldukça sünek bir malzeme olduğundan dolayı, eksenel çekme deneyi sırasında levhaların, bulonları tuttuğu bölgeler yırtılmıştır. Bulonları tutamayan levhalar ayrılıp yük taşıyamaz hale gelmiştir. Şekil 4.11. de malzemelerin eksenel çekme deneyinden önceki (A) ve sonraki (B) halleri görülmektedir.



Şekil 4.11. 0.8 mm kalınlıklı, bulon birleşimli levhaların eksenel çekme deneyinden önceki (A) ve sonraki (B) durumları

4.4. 1 mm Kalınlıklı, Bulonlarla Tespit Edilmiş Levhaların İncelenmesi

Eksenel çekme deneyleri sonucunda elde edilen 1LBR-1, 1LBR-2, 1LB10-1, 1LB10-2, 1LB20-1, 1LB20-2 isimli numunelerin σ - ϵ eğrileri Şekil 4.12. de verilmiştir.



Şekil 4.12. 1LBR-1, 1LBR-2, 1LB10-1, 1LB10-2, 1LB20-1, 1LB20-2 isimli numunelerin ayrı ayrı σ - ϵ eğrileri

Gerçekleştirilen eksenel çekme deneyinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.8. de dayanımlar, Çizelge 4.9. de birim uzamalar şeklinde verilmiştir.

Çizelge 4.8. 1 mm kalınlıklı, bulon birleşimli levhaların akma, çekme ve nihai dayanımları

Eleman İsmi	Akma Dayanımı (MPa)	Ort. Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Ort. Çekme Dayanımı (MPa)	Nihai Dayanım (MPa)
1LBR-1	68.9	70.7	141.9	141.0	79.2
1LBR-2	72.4		140.0		83.3
1LB10-1	62.5	67.6	122.1	101.3	71.9
1LB10-2	72.6		80.5		80.5
1LB20-1	63.4	54.6	76.1	61.3	72.9
1LB20-2	45.8		46.5		46.5

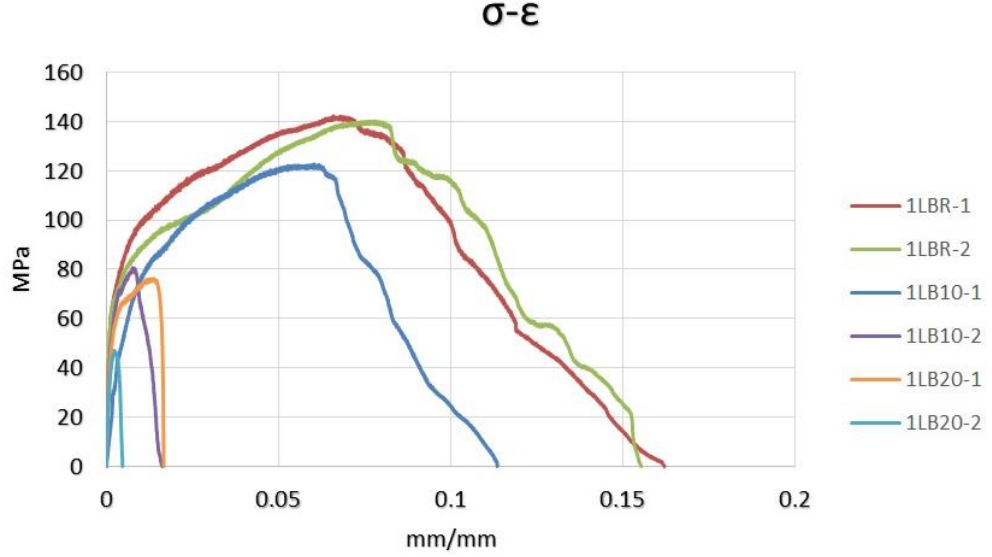
Çizelge 4.9. 1 mm kalınlıklı, bulon birleşimli levhaların akma ve nihai birim uzamaları

Eleman İsmi	Akma Birim Uzaması (mm/mm)	Ort. Akma Birim Uzaması (mm/mm)	Nihai Birim Uzama (mm/mm)	Ort. Nihai Birim Uzama (mm/mm)
1LBR-1	0.00237	0.00300	0.10841	0.11117
1LBR-2	0.00363		0.11392	
1LB10-1	0.00662	0.00561	0.08056	0.04412
1LB10-2	0.00459		0.00768	
1LB20-1	0.00367	0.00301	0.01504	0.00884
1LB20-2	0.00234		0.00263	

Elde edilen değerler sonucunda, referans numunelerle karşılaştırdığımızda;

- Akma dayanımı; %10 korozyona uğramış numunelerde %4.4 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %22.8 azalmıştır.
- Çekme dayanımı; %10 korozyona uğramış numunelerde %28.2 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %56.5 azalmıştır.
- Akma birim uzaması; %10 korozyona uğramış numunelerde %87 artarken, %20 korozyona uğramış numunelerde %1 artmıştır.
- Nihai birim uzama; %10 korozyona uğramış numunelerde %60.3 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %92.4 azalmıştır.

Şekil 4.13.' de test edilen tüm numunelerin σ - ϵ eğrileri bir arada görülmektedir.



Şekil 4.13. 1 mm kalınlıklı, bulon birleşimli levhaların toplu σ - ϵ eğrileri

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde 1 mm kalınlıklı, bulon bağlantılı levhalarda korozyon miktarı arttıkça; akma ve çekme dayanımında önemli azalmalar meydana geldiği belirlenmiştir. Ayrıca akma birim uzamalarında artış olmasına rağmen nihai birim uzamalarında azalma oluşmuştur. Kısaca korozyon seviyesinin artması, bulon birleşimli hafif çelik levhaların hem sünekliğini hem de taşıma gücü kapasitesini azaltmış, daha gevrek ve dayanımı düşük bir malzeme haline getirmiştir.

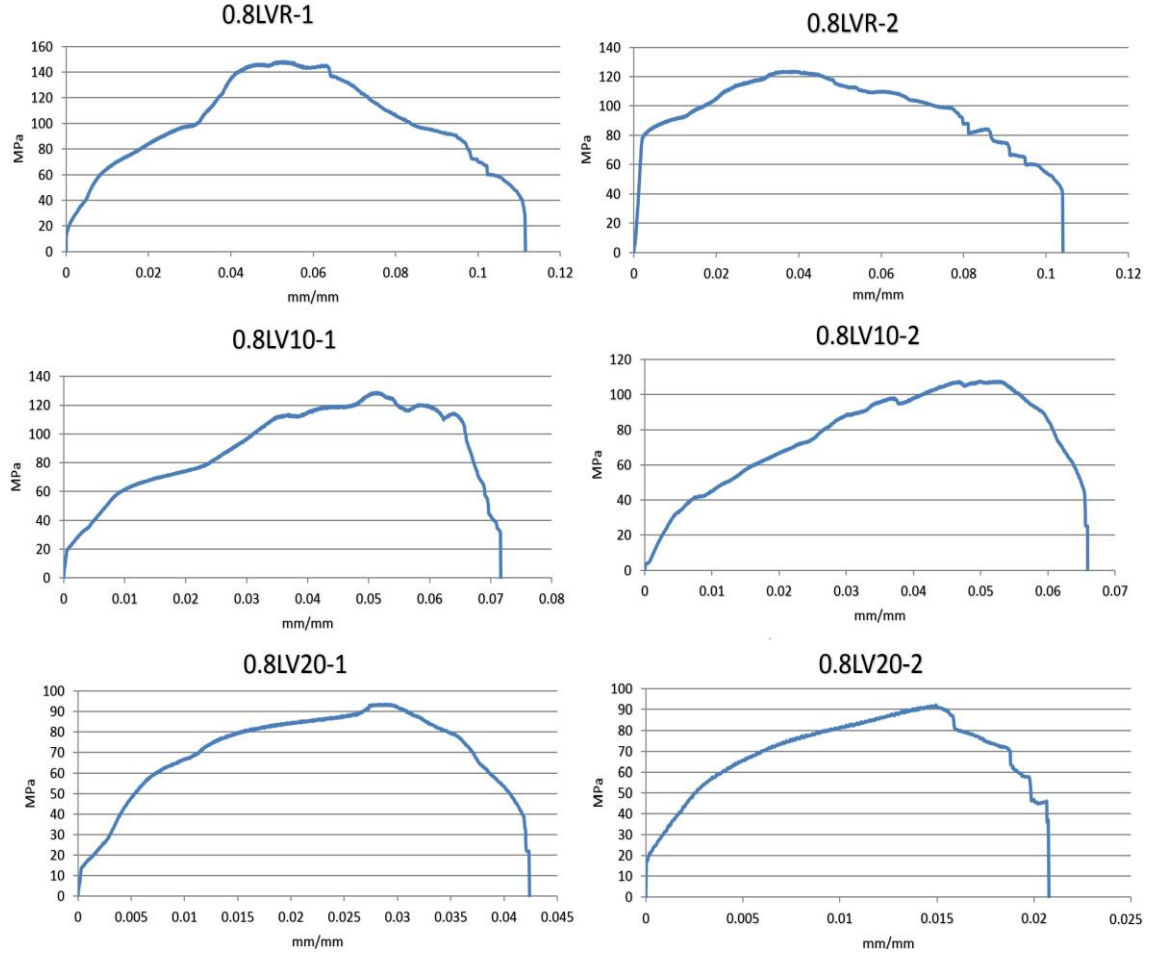
Hafif çelik levhalar, oldukça sünek bir malzeme olduğundan dolayı, eksenel çekme deneyi sırasında levhaların bulonları tuttuğu bölgeler yırtılmıştır. Bulonları tutamayan levhalar ayrılıp yük taşıyamaz hale gelmiştir. 1LB-10-2, 1LB20-1 ve 1LB20-2 isimli levhaların başlık altı bölgelerinde, yoğun çukur korozyon oluşmuştur. Bu sebeple levhalar, önemli bir yük taşıyamadan başlık altı altı bölgelerinden kırılmıştır. Şekil 4.14. de malzemelerin eksenel çekme deneyinden önceki (A) ve sonraki (B) halleri görülmektedir.



Şekil 4.14. 1 mm kalınlıklı, bulon birleşimli levhaların eksenel çekme deneyinden önceki (A) ve sonraki (B) durumları

4.5. 0.8 mm Kalınlıklı, Vidalarla Tespit Edilmiş Levhaların İncelenmesi

Eksenel çekme deneyleri sonucunda elde edilen 0.8LVR-1, 0.8LVR-2, 0.8LV10-1, 0.8LV10-2, 0.8LV20-1, 0.8LV20-2 isimli numunelerin σ - ϵ eğrileri Şekil 4.15. de verilmiştir.



Şekil 4.15. 0.8LVR-1, 0.8LVR-2, 0.8LV10-1, 0.8LV10-2, 0.8LV20-1, 0.8LV20-2 isimli numunelerin ayrı ayrı σ - ϵ eğrileri

Gerçekleştirilen eksenel çekme deneyinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.10. da dayanımlar, Çizelge 4.11. de birim uzamalar şeklinde verilmiştir.

Çizelge 4.10. 0.8 mm kalınlıklı, vida birleşimli levhaların akma, çekme ve nihai dayanımları

Eleman İsmi	Akma Dayanımı (MPa)	Ort. Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Ort. Çekme Dayanımı (MPa)	Nihai Dayanım (MPa)
0.8LVR-1	61.5	74.4	147.7	135.5	70.7
0.8LVR-2	87.2		123.3		100.3
0.8LV10-1	38.7	40.4	128.2	118	44.5
0.8LV10-2	42.0		107.8		48.3
0.8LV20-1	31.6	34.0	93.8	93.0	36.3
0.8LV20-2	36.4		92.1		41.9

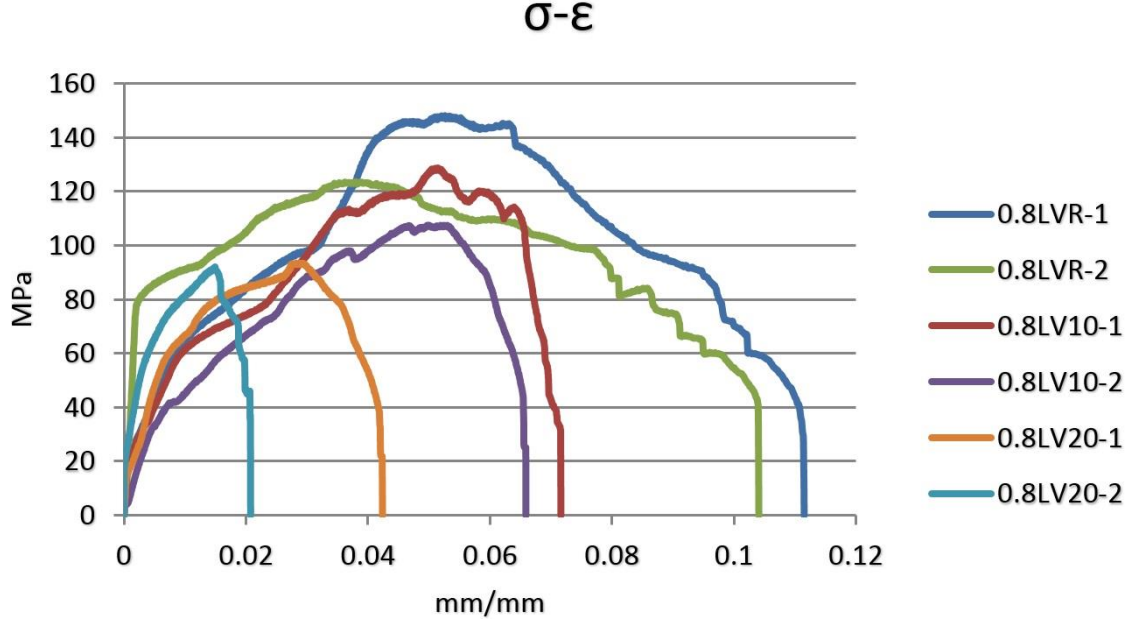
Çizelge 4.11. 0.8 mm kalınlıklı, vida birleşimli levhaların akma ve nihai birim uzamaları

Eleman İsmi	Akma Birim Uzaması (mm/mm)	Ort. Akma Birim Uzaması (mm/mm)	Nihai Birim Uzama (mm/mm)	Ort. Nihai Birim Uzama (mm/mm)
0.8LVR-1	0.00880	0.00743	0.09992	0.08621
0.8LVR-2	0.00606		0.07250	
0.8LV10-1	0.00472	0.00637	0.06979	0.06746
0.8LV10-2	0.00801		0.06512	
0.8LV20-1	0.00318	0.00228	0.04192	0.03130
0.8LV20-2	0.00137		0.02067	

Elde edilen değerler sonucunda, referans numunelerle karşılaştırdığımızda;

- Akma dayanımı; %10 korozyona uğramış numunelerde %45.7 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %54.3 azalmıştır.
- Çekme dayanımı; %10 korozyona uğramış numunelerde %12.9 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %31.4 azalmıştır.
- Akma birim uzaması; %10 korozyona uğramış numunelerde %14.3 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %69.3 azalmıştır.
- Nihai birim uzama; %10 korozyona uğramış numunelerde %21.7 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %63.7 azalmıştır.

Şekil 4.16.' da test edilen tüm numunelerin σ - ϵ eğrileri bir arada görülmektedir.



Şekil 4.16. 0.8 mm kalınlıklı, vida birleşimli levhaların toplu σ - ϵ eğrileri

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde 0.8 mm kalınlıklı, vida bağlantılı levhalarda korozyon miktarı arttıkça; akma ve çekme dayanımında önemli azalmalar meydana geldiği belirlenmiştir. Ayrıca hem akma birim uzamalarında hem de nihai birim uzamalarında azalma oluşmuştur. Kısaca korozyon seviyesinin artması, vida birleşimli hafif çelik levhaların hem sünekliliğini hem de taşıma gücü kapasitesini azaltmış, daha gevrek ve dayanımı düşük bir malzeme haline getirmiştir.

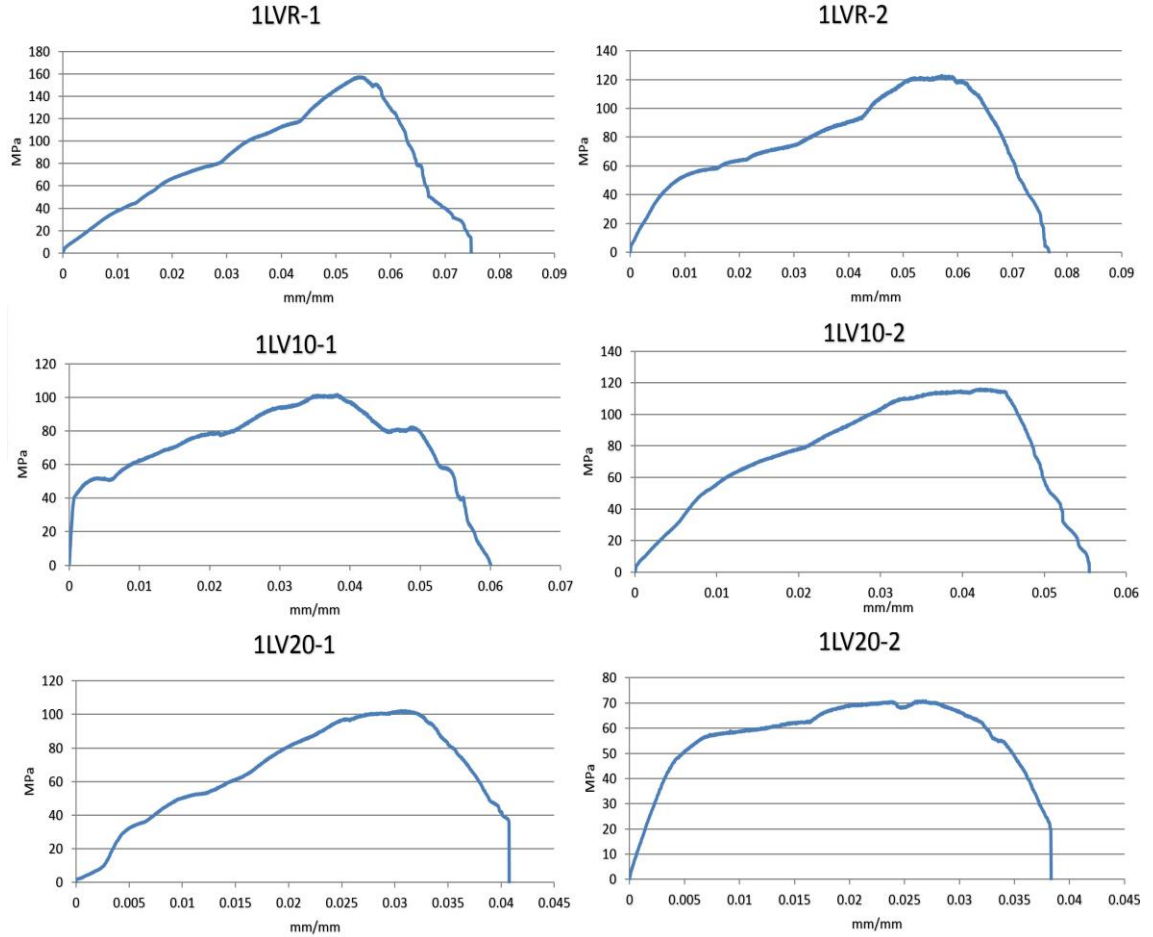
Hafif çelik levhalar, oldukça sünek bir malzeme olduğundan dolayı, eksenel çekme deneyi sırasında levhaların vidaları tuttuğu bölgeler yırtılmıştır. Vidaları tutamayan levhalar ayrılıp yük taşıyamaz hale gelmiştir. Şekil 4.17. de malzemelerin eksenel çekme deneyinden önceki (A) ve sonraki (B) halleri görülmektedir.



Şekil 4.17. 0.8 mm kalınlıklı, vida birleşimli levhaların eksenel çekme deneyinden önceki (A) ve sonraki (B) durumları

4.6. 1 mm Kalınlıklı, Vidalarla Tespit Edilmiş Levhaların İncelenmesi

Eksenel çekme deneyleri sonucunda elde edilen 1LVR-1, 1LVR-2, 1LV10-1, 1LV10-2, 1LV20-1, 1LV20-2 isimli numunelerin σ - ϵ eğrileri Şekil 4.18. de verilmiştir.



Şekil 4.18. 1LVR-1, 1LVR-2, 1LV10-1, 1LV10-2, 1LV20-1, 1LV20-2 isimli numunelerin ayrı ayrı σ - ϵ eğrileri

Gerçekleştirilen eksenel çekme deneyinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.12. de dayanımlar, Çizelge 4.13. de birim uzamalar şeklinde verilmiştir.

Çizelge 4.12. 1 mm kalınlıklı, vida birleşimli levhaların akma, çekme ve nihai dayanımları

Eleman İsmi	Akma Dayanımı (MPa)	Ort. Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Ort. Çekme Dayanımı (MPa)	Nihai Dayanım (MPa)
1LVR-1	78.8	67.4	156.7	139.3	90.6
1LVR-2	56.0		121.9		64.4
1LV10-1	49.4	55.3	100.6	108.0	56.8
1LV10-2	61.1		115.4		70.3
1LV20-1	48.5	48.6	102.2	86.5	55.8
1LV20-2	48.6		70.8		55.9

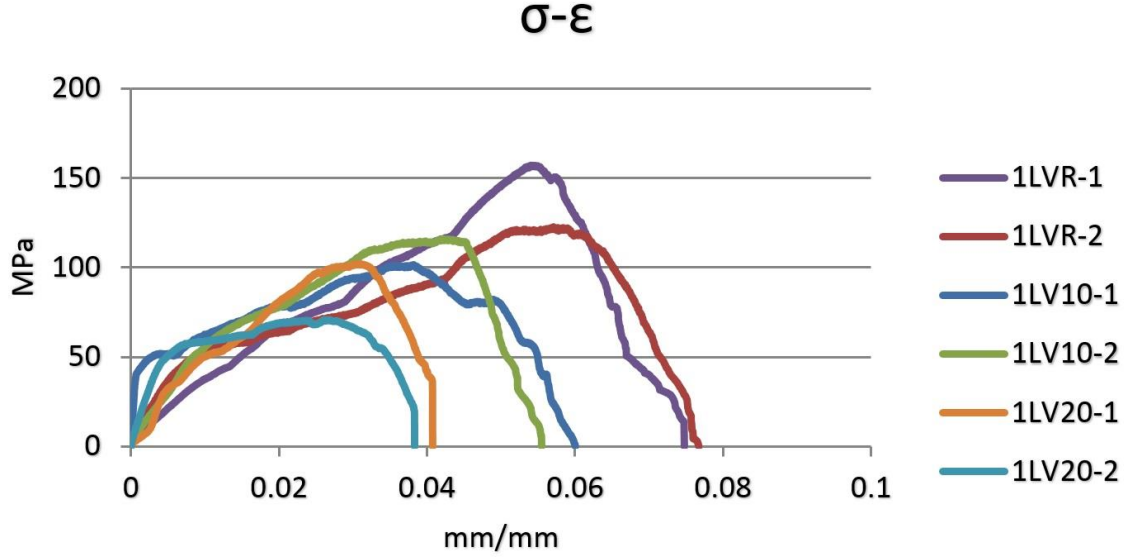
Çizelge 4.13. 1 mm kalınlıklı, vida birleşimli levhaların akma ve nihai birim uzamaları

Eleman İsmi	Akma Birim Uzaması (mm/mm)	Ort. Akma Birim Uzaması (mm/mm)	Nihai Birim Uzama (mm/mm)	Ort. Nihai Birim Uzama (mm/mm)
1LVR-1	0.02754	0.01977	0.06414	0.06706
1LVR-2	0.01200		0.06997	
1LV10-1	0.00267	0.00768	0.05418	0.05172
1LV10-2	0.01149		0.04925	
1LV20-1	0.00936	0.00694	0.03831	0.03567
1LV20-2	0.00452		0.03302	

Elde edilen değerler sonucunda, referans numunelerle karşılaştırdığımızda;

- Akma dayanımı; %10 korozyona uğramış numunelerde %18 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %27.9 azalmıştır.
- Çekme dayanımı; %10 korozyona uğramış numunelerde %22.5 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %37.9 azalmıştır.
- Akma birim uzaması; %10 korozyona uğramış numunelerde %61.2 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %64.9 azalmıştır.
- Nihai birim uzama; %10 korozyona uğramış numunelerde %22.9 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %46.8 azalmıştır.

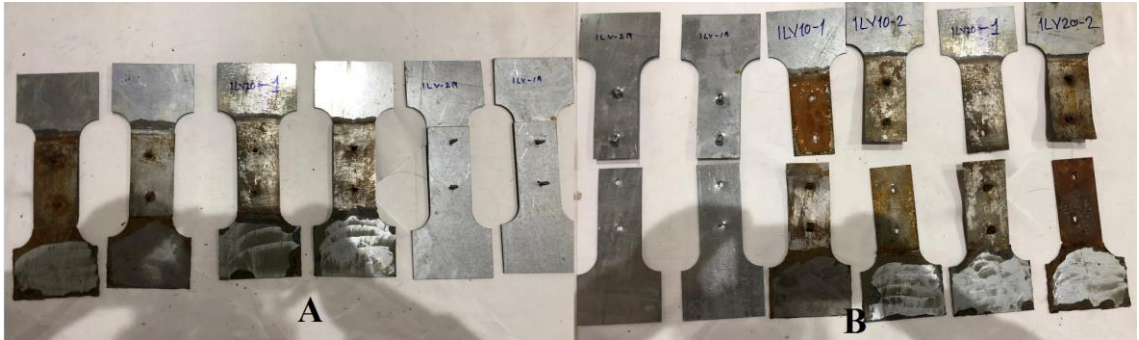
Şekil 4.19.' da test edilen tüm numunelerin σ - ϵ eğrileri bir arada görülmektedir.



Şekil 4.19. 1 mm kalınlıklı, vida birleşimli levhaların toplu σ - ϵ eğrileri

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde 1 mm kalınlıklı, vida bağlantılı levhalarda korozyon miktarı arttıkça; akma ve çekme dayanımında önemli azalmalar meydana geldiği belirlenmiştir. Ayrıca hem akma birim uzamalarında hem de nihai birim uzamalarında azalma oluşmuştur. Kısaca korozyon seviyesinin artması, vida birleşimli hafif çelik levhaların hem sünekliliğini hem de taşıma gücü kapasitesini azaltmış, daha gevrek ve dayanımı düşük bir malzeme haline getirmiştir.

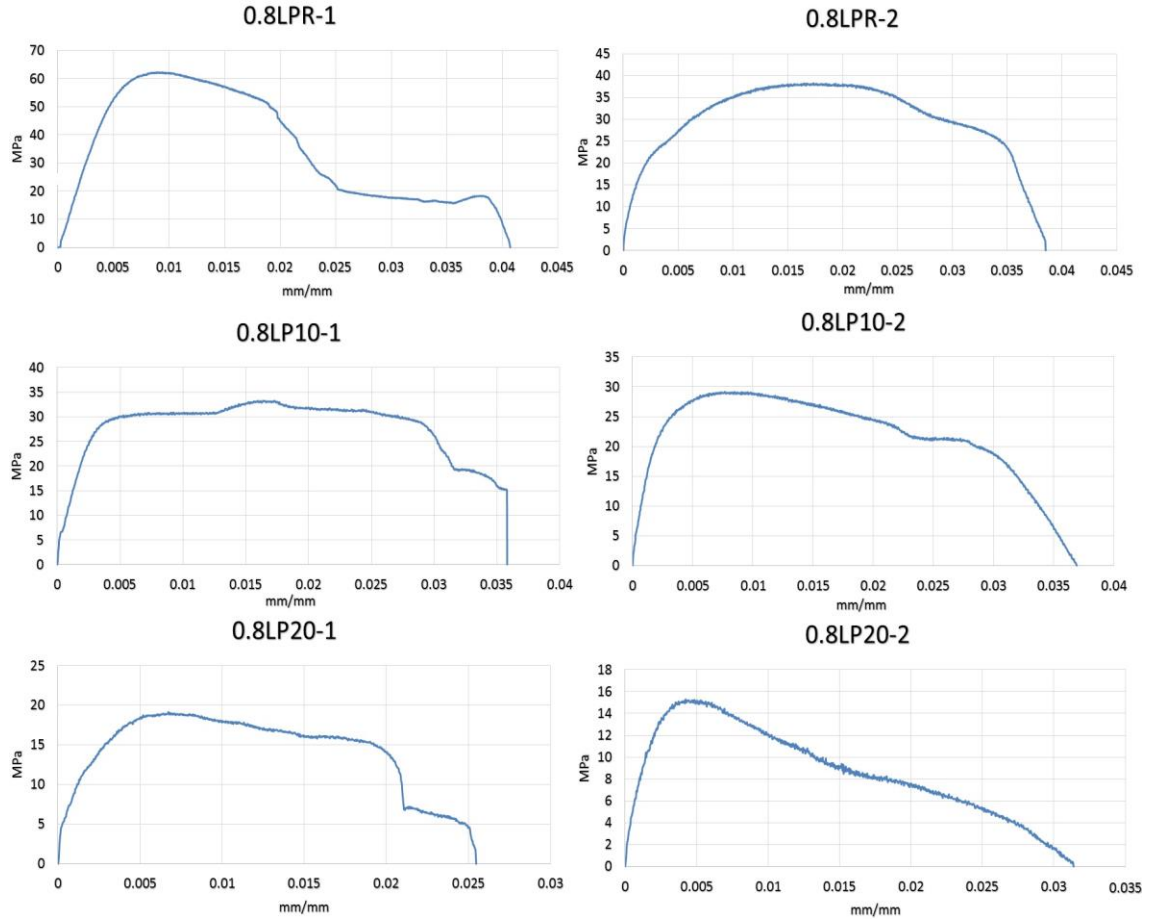
Hafif çelik levhalar, oldukça sünek bir malzeme olduğundan dolayı, eksenel çekme deneyi sırasında levhaların vidaları tuttuğu bölgeler yırtılmıştır. Vidaları tutamayan levhalar ayrılıp yük taşıyamaz hale gelmiştir. Şekil 4.20. de malzemelerin eksenel çekme deneyinden önceki (A) ve sonraki (B) halleri görülmektedir.



Şekil 4.20. 1 mm kalınlıklı, vida birleşimli levhaların eksenel çekme deneyinden önceki (A) ve sonraki (B) durumları

4.7. 0.8 mm Kalınlıklı, Perçinlerle Tespit Edilmiş Levhaların İncelenmesi

Eksenel çekme deneyleri sonucunda elde edilen 0.8LPR-1, 0.8LPR-2, 0.8LP10-1, 0.8LP10-2, 0.8LP20-1, 0.8LP20-2 isimli numunelerin σ - ϵ eğrileri Şekil 4.21. de verilmiştir.



Şekil 4.21. 0.8LPR-1, 0.8LPR-2, 0.8LP10-1, 0.8LP10-2, 0.8LP20-1, 0.8LP20-2 isimli numunelerin ayrı ayrı σ - ϵ eğrileri

Gerçekleştirilen eksenel çekme deneyinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.14. de dayanımlar, Çizelge 4.15. de birim uzamalar şeklinde verilmiştir.

Çizelge 4.14. 0.8 mm kalınlıklı, perçin birleşimli levhaların akma, çekme ve nihai dayanımları

Eleman İsmi	Akma Dayanımı (MPa)	Ort. Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Ort. Çekme Dayanımı (MPa)	Nihai Dayanım (MPa)
0.8LPR-1	57.0	42.4	62.2	50.2	62.2
0.8LPR-2	27.7		38.2		31.9
0.8LP10-1	28.5	26.1	33.3	31.3	32.8
0.8LP10-2	23.7		29.2		27.3
0.8LP20-1	14.4	14.7	19.2	17.3	16.6
0.8LP20-2	14.9		15.3		15.3

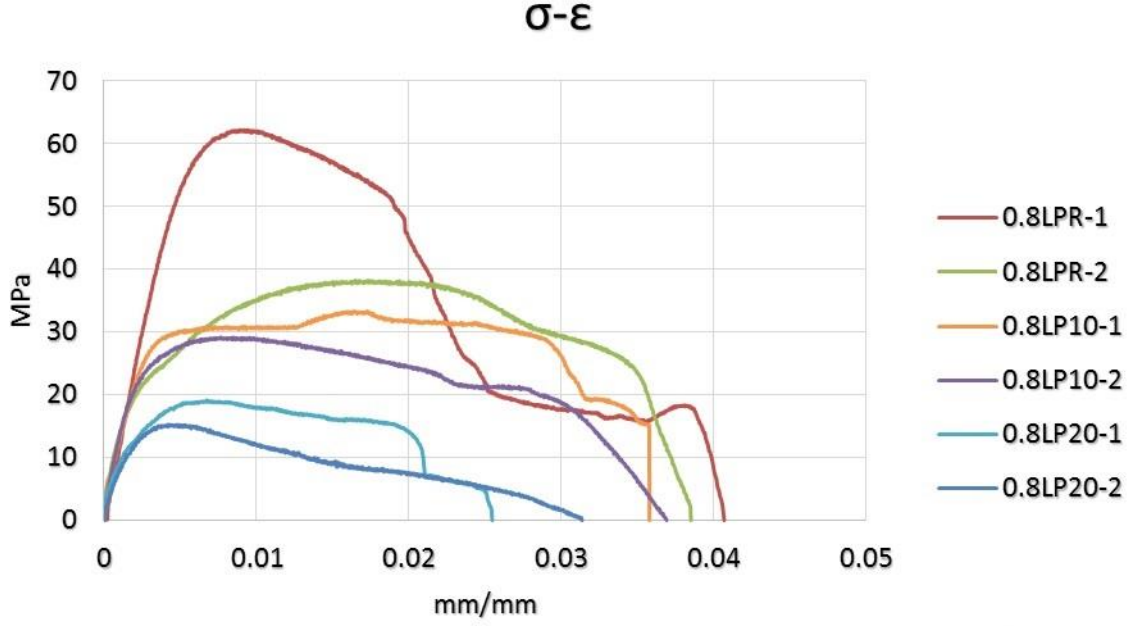
Çizelge 4.15. 0.8 mm kalınlıklı, perçin birleşimli levhaların akma ve nihai birim uzamaları

Eleman İsmi	Akma Birim Uzaması (mm/mm)	Ort. Akma Birim Uzaması (mm/mm)	Nihai Birim Uzama (mm/mm)	Ort. Nihai Birim Uzama (mm/mm)
0.8LPR-1	0.00588	0.00556	0.01441	0.02121
0.8LPR-2	0.00524		0.02800	
0.8LP10-1	0.00360	0.00317	0.02706	0.02068
0.8LP10-2	0.00274		0.01430	
0.8LP20-1	0.00264	0.00308	0.01704	0.02003
0.8LP20-2	0.00351		0.02302	

Elde edilen değerler sonucunda, referans numunelerle karşılaştırdığımızda;

- Akma dayanımı; %10 korozyona uğramış numunelerde %38.4 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %65.3 azalmıştır.
- Çekme dayanımı; %10 korozyona uğramış numunelerde %37.6 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %65.5 azalmıştır.
- Akma birim uzaması; %10 korozyona uğramış numunelerde %43.0 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %44.6 azalmıştır.
- Nihai birim uzama; %10 korozyona uğramış numunelerde %2.5 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %5.6 azalmıştır.

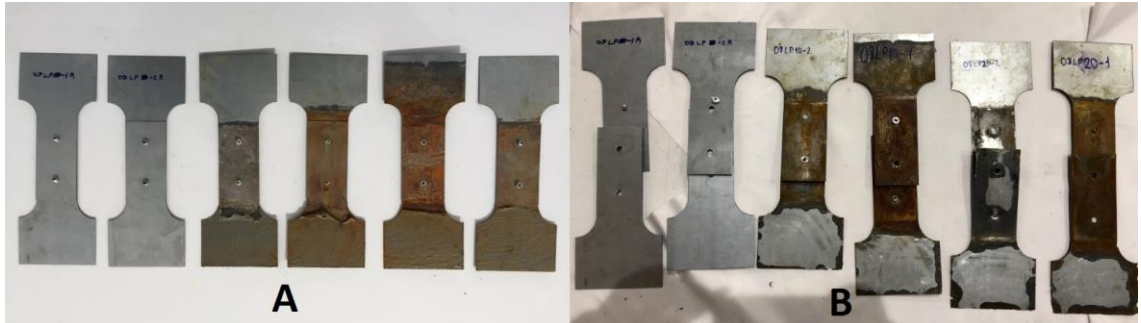
Şekil 4.22.' de test edilen tüm numunelerin σ - ϵ eğrileri bir arada görülmektedir.



Şekil 4.22. 0.8 mm kalınlıklı, perçin birleşimli levhaların toplu σ - ϵ eğrileri

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde 0.8 mm kalınlıklı, perçin bağlantılı levhalarda korozyon miktarı arttıkça; akma ve çekme dayanımında önemli azalmalar meydana geldiği belirlenmiştir. Ayrıca hem akma birim uzamalarında hem de nihai birim uzamalarında azalma oluşmuştur. Kısaca korozyon seviyesinin artması, perçin birleşimli hafif çelik levhaların hem sünekliliğini hem de taşıma gücü kapasitesini azaltmış, daha gevrek ve dayanımı düşük bir malzeme haline getirmiştir.

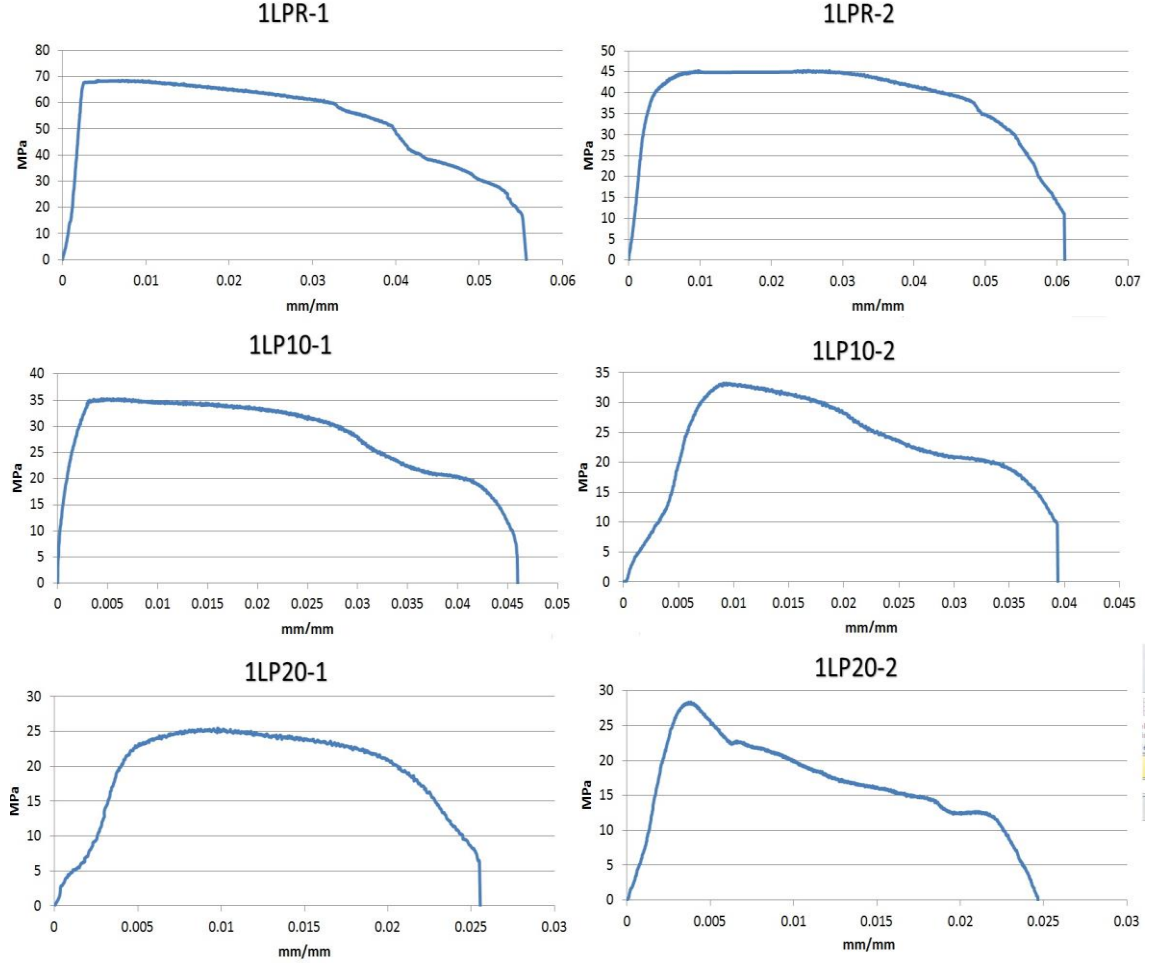
Perçinler, korozyona karşı oldukça dirençsiz olduğundan, düşük korozyon seviyelerinde bile, fazla bir yük taşıyamadan kırılmıştır. Şekil 4.23. de malzemelerin eksenel çekme deneyinden önceki (A) ve sonraki (B) halleri görülmektedir.



Şekil 4.23. 0.8 mm kalınlıklı, perçin birleşimli levhaların eksenel çekme deneyinden önceki (A) ve sonraki (B) durumları

4.8. 1 mm Kalınlıklı, Perçinlerle Tespit Edilmiş Levhaların İncelenmesi

Eksenel çekme deneyleri sonucunda elde edilen 1LPR-1, 1LPR-2, 1LP10-1, 1LP10-2, 1LP20-1, 1LP20-2 isimli numunelerin σ - ϵ eğrileri Şekil 4.24. de verilmiştir.



Şekil 4.24. 1LPR-1, 1LPR-2, 1LP10-1, 1LP10-2, 1LP20-1, 1LP20-2 isimli numunelerin ayrı ayrı σ - ϵ eğrileri

Gerçekleştirilen eksenel çekme deneyinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.16. da dayanımlar, Çizelge 4.17. de birim uzamalar şeklinde verilmiştir.

Çizelge 4.16. 1 mm kalınlıklı, perçin birleşimli levhaların akma, çekme ve nihai dayanımları

Eleman İsmi	Akma Dayanımı (MPa)	Ort. Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Ort. Çekme Dayanımı (MPa)	Nihai Dayanım (MPa)
1LPR-1	67.8	54.8	68.4	56.9	68.4
1LPR-2	41.7		45.3		45.3
1LP10-1	27.5	20.4	35.3	34.3	31.6
1LP10-2	13.3		33.2		15.3
1LP20-1	12.5	18.6	25.4	26.9	14.4
1LP20-2	24.6		28.3		28.3

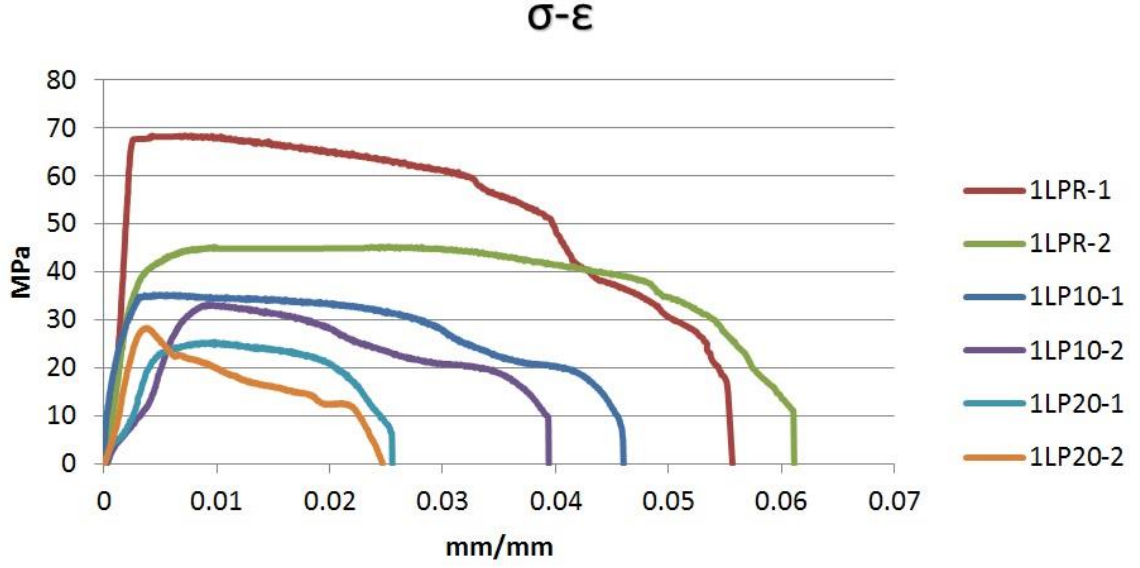
Çizelge 4.17. 1 mm kalınlıklı, perçin birleşimli levhaların akma ve nihai birim uzamaları

Eleman İsmi	Akma Birim Uzaması (mm/mm)	Ort. Akma Birim Uzaması (mm/mm)	Nihai Birim Uzama (mm/mm)	Ort. Nihai Birim Uzama (mm/mm)
1LPR-1	0.00393	0.00426	0.01028	0.01899
1LPR-2	0.00458		0.02769	
1LP10-1	0.00177	0.00294	0.01745	0.01865
1LP10-2	0.00411		0.01985	
1LP20-1	0.00293	0.00280	0.02297	0.01334
1LP20-2	0.00266		0.00370	

Elde edilen değerler sonucunda, referans numunelerle karşılaştırdığımızda;

- Akma dayanımı; %10 korozyona uğramış numunelerde %62.8 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %66.1 azalmıştır.
- Çekme dayanımı; %10 korozyona uğramış numunelerde %39.7 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %52.7 azalmıştır.
- Akma birim uzaması; %10 korozyona uğramış numunelerde %31.0 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %34.3 azalmıştır.
- Nihai birim uzama; %10 korozyona uğramış numunelerde %1.8 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %29.8 azalmıştır.

Şekil 4.25.' de test edilen tüm numunelerin σ - ϵ eğrileri bir arada görülmektedir.



Şekil 4.25. 1 mm kalınlıklı, perçin birleşimli levhaların toplu σ - ϵ eğrileri

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde 1 mm kalınlıklı, perçin bağlantılı levhalarda korozyon miktarı arttıkça; akma ve çekme dayanımında önemli azalmalar meydana geldiği belirlenmiştir. Ayrıca hem akma birim uzamalarında hem de nihai birim uzamalarında azalma oluşmuştur. Kısaca korozyon seviyesinin artması, perçin birleşimli hafif çelik levhaların hem sünekliliğini hem de taşıma gücü kapasitesini azaltmış, daha gevrek ve dayanımı düşük bir malzeme haline getirmiştir.

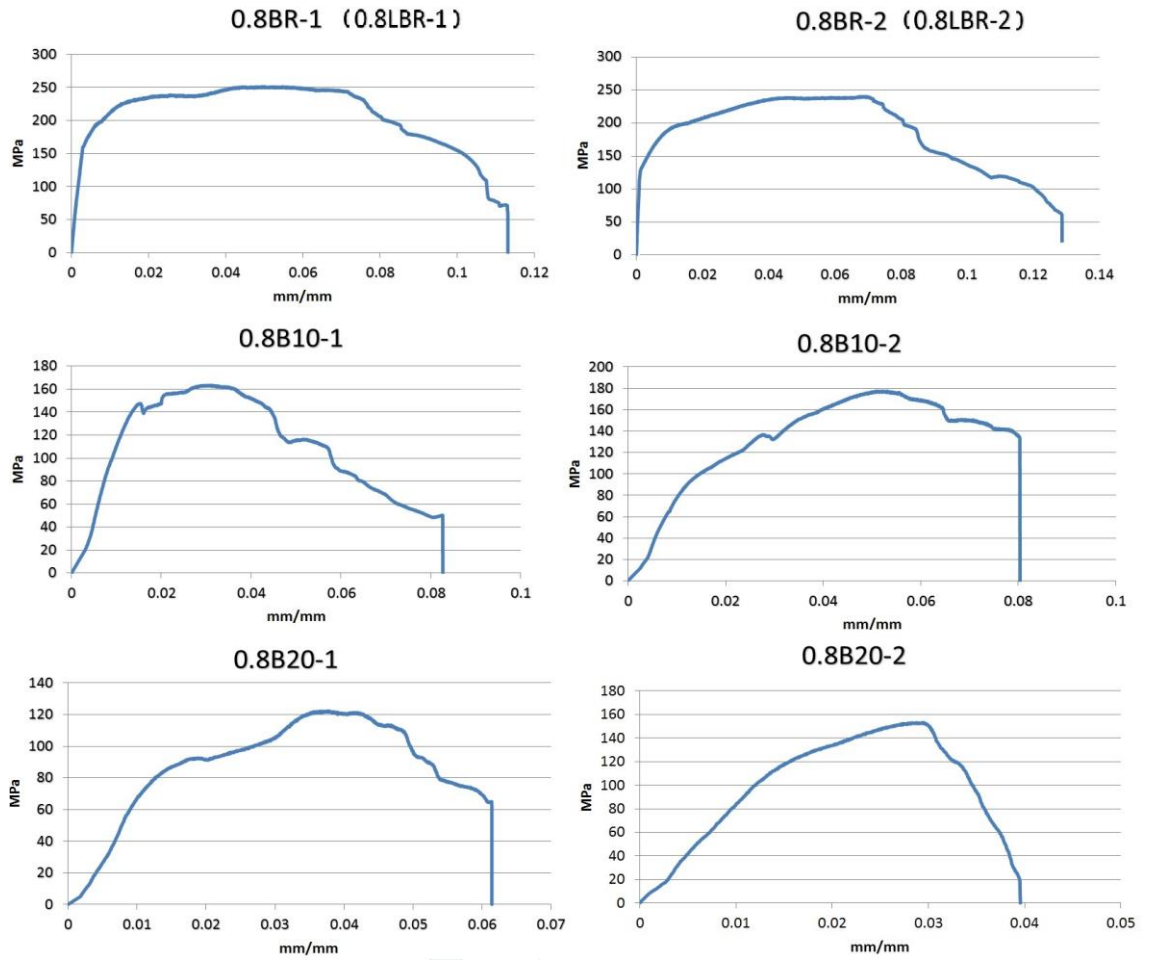
Perçinler, korozyona karşı oldukça dirençsiz olduğundan, düşük korozyon seviyelerinde bile, fazla bir yük taşıyamadan kırılmıştır. Şekil 4.26. da malzemelerin aksenal çekme deneyinden önceki (A) ve sonraki (B) halleri görülmektedir.



Şekil 4.26. 1 mm kalınlıklı, perçin birleşimli levhaların aksenal çekme deneyinden önceki (A) ve sonraki (B) durumları

4.9. Sadece Bulonları Korozyona Uğramış, 0.8 mm Kalınlıklı Levhaların İncelenmesi

Eksenel çekme deneyleri sonucunda elde edilen 0.8BR-1, 0.8BR-2, 0.8B10-1, 0.8B10-2, 0.8B20-1, 0.8B20-2 isimli numunelerin σ - ϵ eğrileri Şekil 4.27. de verilmiştir. 0.8BR-1 ve 0.8BR-2 isimli numunelere, hiçbir korozyon işlemi uygulanmayacağından dolayı bu parametre için referans numuneler olarak, daha önce, 0.8 mm kalınlıklı, bulonlarla tespit edilmiş levhaların incelenmesinde deneye tabi tutulan 0.8LBR-1 ve 0.8LBR-2 numuneleri seçilmiştir.



Şekil 4.27. 0.8BR-1, 0.8BR-2, 0.8B10-1, 0.8B10-2, 0.8B20-1, 0.8B20-2 isimli numunelerin ayrı ayrı σ - ϵ eğrileri

Şekil 4.28. de korozyona uğramamış bulon (B1), kütlece %10 korozyona uğramış bulon (B2), kütlece %20 korozyona uğramış bulon (B3) ve tüm korozyona uğramış bulonlar (A) gösterilmektedir.



Şekil 4.28. Korozyona uğramamış bulon (B1), %10 korozyona uğramış bulon (B2), %20 korozyona uğramış bulon (B3) ve korozyona uğrayan bulonların tümü (A)

Gerçekleştirilen eksenel çekme deneyinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.18. de dayanımlar, Çizelge 4.19. da birim uzamalar şeklinde verilmiştir.

Çizelge 4.18. Sadece bulonları korozyona uğramış, 0.8 mm kalınlıklı levhaların akma, çekme ve nihai dayanımları

Eleman İsmi	Akma Dayanımı (MPa)	Ort. Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Ort. Çekme Dayanımı (MPa)	Nihai Dayanım (MPa)
0.8BR-1	174.7	161.00	250.7	244.5	200.9
0.8BR-2	147.2		238.2		169.3
0.8B10-1	147.4	133.4	163.4	170.5	163.4
0.8B10-2	119.3		177.5		137.2
0.8B20-1	90.4	102.6	122.3	137.8	104.0
0.8B20-2	114.8		153.3		132.0

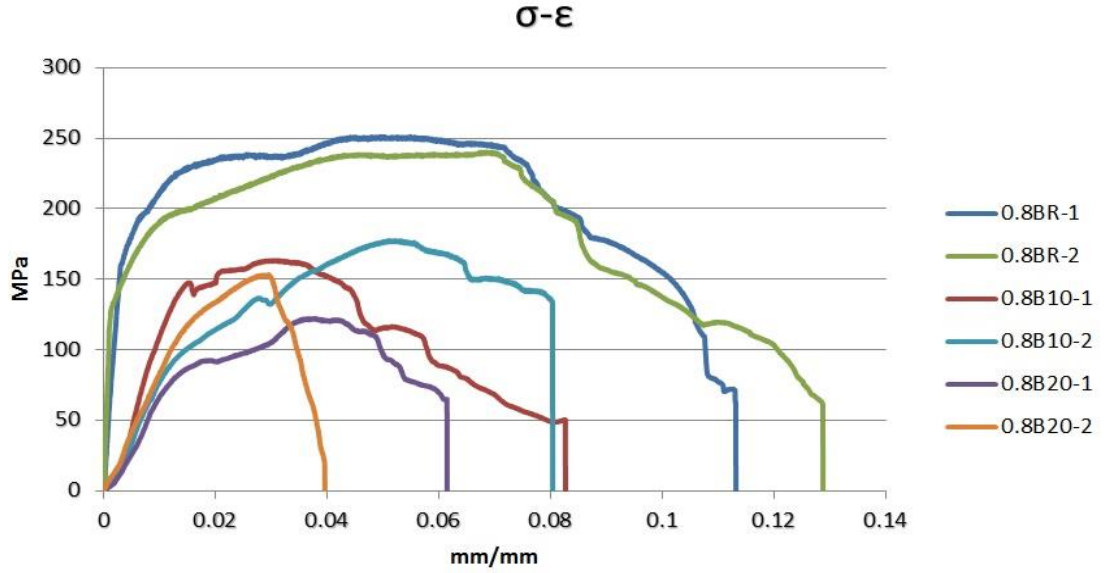
Çizelge 4.19. Sadece bulonları korozyona uğramış, 0.8 mm kalınlıklı levhaların akma ve nihai birim uzamaları

Eleman İsmi	Akma Birim Uzaması (mm/mm)	Ort. Akma Birim Uzaması (mm/mm)	Nihai Birim Uzama (mm/mm)	Ort. Nihai Birim Uzama (mm/mm)
0.8BR-1	0.00317	0.00337	0.08113	0.08365
0.8BR-2	0.00356		0.08616	
0.8B10-1	0.01538	0.01874	0.03203	0.05577
0.8B10-2	0.02210		0.07950	
0.8B20-1	0.01693	0.01566	0.04922	0.04023
0.8B20-2	0.01439		0.03124	

Elde edilen değerler sonucunda, referans numunelerle karşılaştırdığımızda;

- Akma dayanımı; %10 korozyona uğramış numunelerde %17.1 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %36.3 azalmıştır.
- Çekme dayanımı; %10 korozyona uğramış numunelerde %30.3 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %43.6 azalmıştır.
- Akma birim uzaması; %10 korozyona uğramış numunelerde %456.1 artarken, %20 korozyona uğramış numunelerde %364.7 artmıştır.
- Nihai birim uzama; %10 korozyona uğramış numunelerde %33.3 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %51.9 azalmıştır.

şekil 4.29.' da test edilen tüm numunelerin σ - ϵ eğrileri bir arada görölmektedir.



şekil 4.29. Sadece bulonları korozyona uğramış, 0.8 mm kalınlıklı levhaların toplu σ - ϵ eğrileri

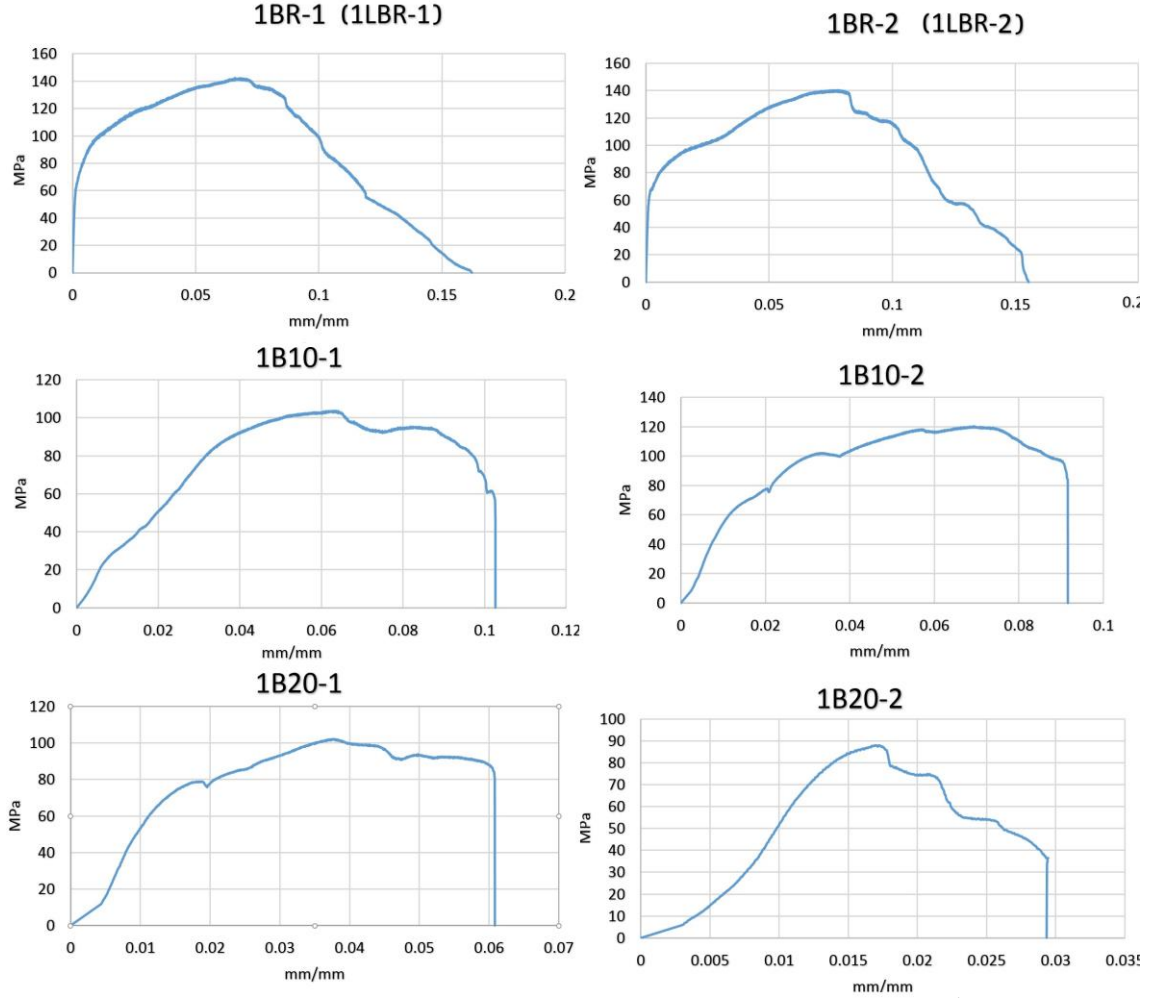
Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde sadece bulonları korozyona uğramış, 0.8 mm kalınlıklı levhalarda korozyon miktarı arttıkça; akma ve çekme dayanımında önemli azalmalar meydana geldiği belirlenmiştir. Ayrıca akma birim uzamalarında artış olurken, nihai birim uzamalarında azalma oluşmuştur. Kısaca korozyon seviyesinin artması, sadece bulonları korozyona uğramış, 0.8 mm kalınlıklı levhaların hem sünekliliğini hem de taşıma gücü kapasitesini azaltmış, daha gevrek ve dayanımı düşük bir malzeme haline getirmiştir. şekil 4.30. da malzemelerin eksenel çekme deneyinden önceki (A) ve sonraki (B) halleri görölmektedir.



Şekil 4.30. Sadece bulonları korozyona uğramış, 0.8 mm kalınlıklı levhaların eksenel çekme deneyinden önceki (A) ve sonraki (B) durumları

4.10. Sadece Bulonları Korozyona Uğramış, 1 mm Kalınlıklı Levhaların İncelenmesi

Eksenel çekme deneyleri sonucunda elde edilen 1BR-1, 1BR-2, 1B10-1, 1B10-2, 1B20-1, 1B20-2 isimli numunelerin σ - ϵ eğrileri Şekil 4.31. de verilmiştir. 1BR-1 ve 1BR-2 isimli numunelere, hiçbir korozyon işlemi uygulanmayacağından dolayı bu parametre için referans numuneler olarak, daha önce, 1 mm kalınlıklı, bulonlarla tespit edilmiş levhaların incelenmesinde deneye tabi tutulan 1LBR-1 ve 1LBR-2 numuneleri seçilmiştir.



Şekil 4.31. 1BR-1, 1BR-2, 1B10-1, 1B10-2, 1B20-1, 1B20-2 isimli numunelerin ayrı ayrı σ - ϵ eğrileri

Gerçekleştirilen eksenel çekme deneyinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.20. de dayanımlar, Çizelge 4.21. de birim uzamalar şeklinde verilmiştir.

Çizelge 4.20. Sadece bulonları korozyona uğramış, 1 mm kalınlıklı levhaların akma, çekme ve nihai dayanımları

Eleman İsmi	Akma Dayanımı (MPa)	Ort. Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Ort. Çekme Dayanımı (MPa)	Nihai Dayanım (MPa)
1BR-1	68.9	70.7	141.9	141.0	79.2
1BR-2	72.4		140.0		83.3
1B10-1	61.8	63.0	103.7	112.1	80.8
1B10-2	64.1		120.4		83.7
1B20-1	58.6	45.4	102.1	95.1	80.8
1B20-2	32.1		88.0		36.9

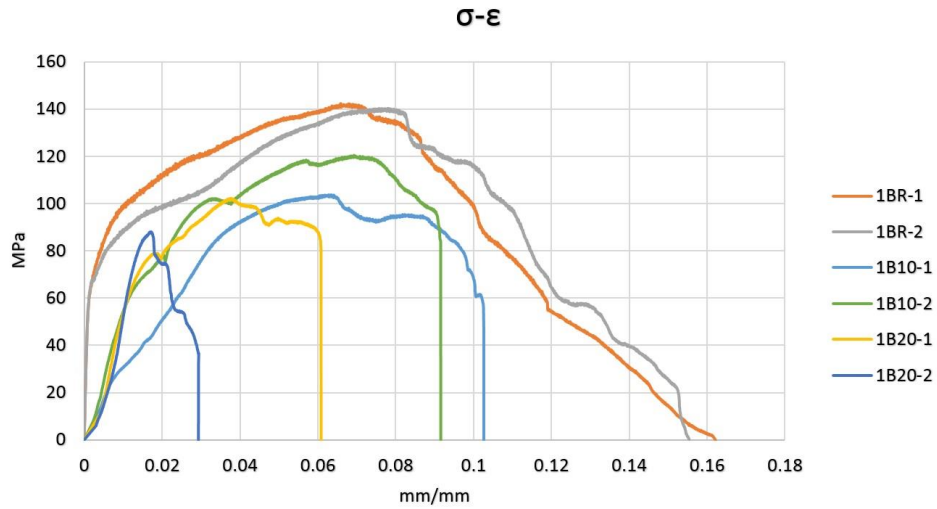
Çizelge 4.21. Sadece bulonları korozyona uğramış, 1 mm kalınlıklı levhaların akma ve nihai birim uzamaları

Eleman İsmi	Akma Birim Uzaması (mm/mm)	Ort. Akma Birim Uzaması (mm/mm)	Nihai Birim Uzama (mm/mm)	Ort. Nihai Birim Uzama (mm/mm)
1BR-1	0.00237	0.00300	0.10865	0.11124
1BR-2	0.00363		0.11382	
1B10-1	0.02477	0.01879	0.09677	0.09417
1B10-2	0.01280		0.09156	
1B20-1	0.01090	0.00940	0.06082	0.04506
1B20-2	0.00790		0.02929	

Elde edilen değerler sonucunda, referans numunelerle karşılaştırdığımızda;

- Akma dayanımı; %10 korozyona uğramış numunelerde %10.9 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %35.8 azalmıştır.
- Çekme dayanımı; %10 korozyona uğramış numunelerde %20.5 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %32.6 azalmıştır.
- Akma birim uzaması; %10 korozyona uğramış numunelerde %526.3 artarken, %20 korozyona uğramış numunelerde %213.3 artmıştır.
- Nihai birim uzama; %10 korozyona uğramış numunelerde %15.3 azalırken, %20 korozyona uğramış numunelerde %59.5 azalmıştır.

Şekil 4.32.' de test edilen tüm numunelerin σ - ϵ eğrileri bir arada görülmektedir.



Şekil 4.32. Sadece bulonları korozyona uğramış, 1 mm kalınlıklı levhaların toplu σ - ϵ eğrileri

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde sadece bulonları korozyona uğramış, 1 mm kalınlıklı levhalarda korozyon miktarı arttıkça; akma ve çekme dayanımında önemli azalmalar meydana geldiği belirlenmiştir. Ayrıca akma birim uzamalarında artış olurken, nihai birim uzamalarında azalma oluşmuştur. Kısaca korozyon seviyesinin artması, sadece bulonları korozyona uğramış, 1 mm kalınlıklı levhaların hem sünekliliğini hem de taşıma gücü kapasitesini azaltmış, daha gevrek ve dayanımı düşük bir malzeme haline getirmiştir. Şekil 4.33. de malzemelerin eksenel çekme deneyinden önceki (A) ve sonraki (B) halleri görülmektedir.



Şekil 4.33. Sadece bulonları korozyona uğramış, 1 mm kalınlıklı levhaların eksenel çekme deneyinden önceki (A) ve sonraki (B) durumları

4.11. Sadece Perçinleri Korozyona Uğramış Levhaların İncelenmesi

Perçinler ince yapılı olduklarından dolayı korozyona karşı oldukça dayanımı düşük bir birleşim elemanıdır. Korozyona uğrayan perçinlerin levhaya takılmaları esnasında, perçin çivisi ve gövdesi birbirinden ayrılmış ve tespit işlemi gerçekleştirilemediğinden dolayı bu parametre incelenememiştir. Şekil 4.34. de levhaya takılmak istenirken kırılan bir perçin gösterilmiştir.



Şekil 4.34. Korozyona uğramış perçin

4.12. Tüm Parametrelerin Karşılaştırılması

Çizelge 4.22. de tüm parametreler için kütlece %10 ve %20 korozyon oluştuğunda elde edilen sonuçlar referans numunelere göre yüzdesel olarak karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma yapılırken 0.8 mm ve 1 mm kalınlıktaki levhaların ortalama değerleri alınmıştır. Yüzdelerin önünde yer alan + artış olduğunu, - ise kayıp olduğunu ifade etmektedir.

Eleman	Korozyon Seviyesi	Akma Dayanımı	Çekme Dayanımı	Akma Birim Uzaması	Nihai Birim Uzama
Birleşimsiz Tam Levhalar	%10	-%18.9	-%18.3	+%253.0	-%64.2
	%20	-%33.4	-%35.0	+%264.1	-%80.1
Bulon Birleşimli Levhalar	%10	-%5.2	-%17.6	+%136.0	-%42.1
	%20	-%30.4	-%42.4	+%34.3	-%71.6
Vida Birleşimli Levhalar	%10	-%31.9	-%17.7	-%37.8	-%22.3
	%20	-%41.1	-%34.7	-%67.1	-%55.3
Perçin Birleşimli Levhalar	%10	-%50.6	-%38.7	-%37.0	-%2.2
	%20	-%65.7	-%59.1	-%39.5	-%17.7
Sadece Bulonu Korozyonlu Levhalar	%10	-%14.0	-%25.4	+%491.2	-%24.3
	%20	-%36.05	-%38.1	+%289.0	-%55.7

Çizelge 4.22. Kütlece %10 ve %20 korozyon oluşan numunelerin, referans numunelere göre karşılaştırılması

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Tez kapsamında teorik olarak hafif çeliklerden ve korozyondan bahsedilmiştir. Deneysel çalışma olarak, bulon birleşimli, vida birleşimli, perçin birleşimli ve birleşimsiz levhalar üzerinde çalışılmıştır. Levhalar korozyonsuz, kütlece %10 ve kütlece 20 kayıp olacak şekilde korozyona uğratılmıştır. Gerekli korozyon miktarları oluşuktan sonra, levhalar çekme deneyine tabi tutulmuş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda;

- Levhalarda oluşan korozyon miktarı arttıkça, hem malzeme dayanımı hem de süneklik önemli derecede azalmaktadır.
- Genellikle, korozyon oranından daha büyük dayanım kayıpları oluşmuştur.
- Korozyonun en çok perçinlere zarar vermesinin yanında bulon ve vidalara daha az zarar vermiştir.
- Akma birim uzamalarında stabil bir sonuç meydana gelmemiş, bazı numunelerde akma birim uzamaları artarken, bazı numunelerde azalmıştır.
- Perçinler, korozyona karşı oldukça dayanıksız bir birleştirme elemanı olduğu için en büyük oranda akma ve çekme dayanım kaybı perçin birleşimli levhalarda oluşmuştur.
- Bulonlar ve vidalar, perçinlere nazaran korozyondan daha az etkilendiğinden dolayı en az oranda akma dayanımı kaybı bulon birleşimli levhalarda, en az oranda çekme dayanımı kaybı vida birleşimli levhalarda oluşmuştur.
- Birleşimli levhalarda, birleşim noktalarında yırtılmalar oluşmuştur. Birleşimsiz levhalarda böyle bir durumla karşılaşmadığından dolayı en büyük nihai birim uzama birleşimsiz tam levhalarda oluşmuştur.

- Aynı şekilde korozyona karşı dayanıksızlığından dolayı, perçinler fazla bir yük taşıyamadan gevrek olarak kırılmış ve bunun sonucunda en düşük oranda nihai birim uzama perçin birleşimli levhalarda oluşmuştur.
- Genel olarak bulon ve vida birleşimli levhalarda daha az oranda dayanım ve süneklilik kayıpları oluşmasına karşı, perçin birleşimli levhalarda daha yüksek oranda dayanım ve süneklilik kayıpları oluşmuştur.
- Oluşan yoğun çukur korozyonlardan dolayı, bazı numuneler önemli bir yük taşıyamadan gevrek bir şekilde kırılmıştır.
- Perçinin, yalnız başına korozyona uğratıldıktan sonra levhalara monte edilemeyeceği görülmüş, bu sebeple de “sadece perçinleri korozyona uğramış levhalar” parametresi incelenememiştir.

5.2 Öneriler

Hafif çelik yapılarda oluşan korozyonlar, hem güvenlik hem estetik açıdan yapıyı olumsuz olarak etkilemektedir. Bunun önüne geçebilmek adına galvanizleme, boyama gibi çeşitli korunma yöntemlerinin kullanılması önerilebilir.

Hafif çelik elemanların tespit yöntemlerinden biri de kaynak işlemidir. Hafif çelik levhalar üzerinde açılan deliklerin aksel çekme işlemi sırasında yırtılmasından dolayı levhalar tam yük taşıyamamakta. Kaynak ile tespit işleminde bu dezavantaj ortadan kalkacağı için daha kararlı sonuçlar elde edilebilecektir. Fakat levhalar çok ince ve narin olduklarından kaynak işlemi dikkatli ve hassas bir şekilde yapılmalıdır. Hafif levhalarda bu şekilde kaynak işlemi yaparak diğer birleşim türleri ile karşılaştırılması önerilebilir.

Korozyondan korunma yöntemleri, korozyon oluşumunun hızını oldukça yavaşlatmaktadır. Bir grup hafif çelik levhaya çeşitli korunma yöntemleri uygulanıp, diğer grup hafif çelik levhalara herhangi bir korunma yöntemi uygulanmayarak eşit süre korozyon işlemine tabi tutulabilir. Süre sonunda levhaların, korozyon işleminden çıkarılıp aksel çekme deneyine tabi tutulması ve sonuçların karşılaştırılması önerilebilir.

KAYNAKLAR

- AISI STANDART, 1993, Fasteners for Residential Steel Farming, *AISI Teknik yayını*, Washington D.C..
- AISI STANDART, 2007, North American Steel İnstitute Specification fort he Design of Cold-Formed Steel Structural Members, USA.
- Alastair A. Jackson, 1998, Britanyada Çelik Karkaslı yapıların gelişimi, *İnşaat Tarihi*, Böl 14.
- Anonim, 2018a, Çelik yapı türleri, tarihsel gelişimi ve imalat yöntemleri, <http://metadenizcilik.com/celikyapilar> [Ziyaret Tarihi: 16 Ağustos 2018].
- Anonim, 2018b, Hafif Çelik Proje, http://www.ozkoncelik.com/tr/projeler/Hafif_Celik [Ziyaret Tarihi: 30 Aralık 2018].
- Anonim, 2019a, Korozyon Türleri, <http://www.stmcoatech.com/korozyon-turleri> [Ziyaret Tarihi: 28 Ocak 2019].
- Anonim, 2019b, Çelik yapılarda kolon ayakları- temel kolon birleşimleri <https://insapedia.com/celik-yapilarda-kolon-ayaklari-temel-kolon-birlesimleri/> [Ziyaret Tarihi: 02 Şubat 2019].
- Anonim, 2019c, Kimyasal dübeller, <http://www.celikdubel.com.tr/read.php?p=kimyasal-dubeller> [Ziyaret Tarihi: 10 Şubat 2019].
- Anonim, 2019d, İmalata şekil veren teknoloji: sac işleme makineleri, <http://www.moment-expo.com/imalata-sekil-veren-teknoloji-sac-isleme-makineleri> [Ziyaret Tarihi: 26 Şubat 2019].
- ASM Handbook, 1992, “Corrosion”, Vol 13.
- Batchelor, A.W. ve ark., 2002, Materials Degradation and its Control by Surface Engineering, *Imperial College Press*, London, 219-225.
- CCFSS, 1993, “AISI Specification Provisions for Screw Connections” Center for Cold-Formed Steel Structures, cilt 1, *Missouri-Rolla Üniversitesi Yayını*, Rolla.
- Çizmecioğlu, Z., 1998, İsale Hatlarının Katodik Korunması, *İstanbul Su Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) Yayını*, İstanbul.
- Doruk, M., 1982, Korozyon ve önlenmesi, *Ortadoğu Teknik Üniversitesi Yayını*, Ankara, 44-126.
- Ekinci, S., 2006, Hafif çelik yapı sistemleri “taşıyıcı sistem, yapı fiziki etkileri ve mimari tasarım ilkeleri açısından analizi”, Yüksek lisans tezi, *Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 17-35.

- Ellis, J., 2005, "Shear Wall Assemblies of Cold-Formed Steel", Framework, *SFA Yayını, Washington D.C.*, 25-28.
- ENV 1993-1-3, 1996, Eurocode 3:Design of Steel Structures, Part 1.3: General Rules-Supplementary Rules for Cold-Formed Thin-Gauge Members and Sheeting, European Committee for Standardization.
- Erenman ve ark., 2000, Villa inşaatı için alternatif yapı sistemlerinin karşılaştırmalı incelemesi, Araştırma raporu, Mimar Sinan Üniversitesi, *Sanayi-i Nefise Vakfı, İstanbul*.
- Fröhlich, B., Schulenbuer, S., 2003, Metal Architecture Design and Contruction, Birkhauser DBZ-Publishers for Architecture, Berlin.
- Güneş, S., 2016, Hafif çelik yapıların farklı yönetmeliklere göre incelenmesi, Yüksek lisans tezi, *Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*, 3-5.
- HUD, 2003, "Field Evaluation of Clinched Connections for Cold Formed Steel " HUD Office of Policy Development and Resarch, *Araştırma Raporu, Washington DC*.
- İnternet,<http://web.hitit.edu.tr/dosyalar/materyaller/eminerdin@hititedutr300320186Q3C5L6N.pdf> [Ziyaret Tarihi: 26 Şubat 2019].
- Kaftan, M.A., 2006, Çelik yapılarda korozyon oluşumu ve korozyondan korunma yöntemlerinin maliyet açısından karşılaştırılması, Yüksek lisans tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli*, 4-39.
- Kakani, S.L. ve Kakani, A., 2004, Material Science, *New Age International, Delhi*, 382-394.
- Lorre, E.N., 1994, Residental Steel Farming Construction Guide, *Technical publication, Las Vegas, Nevada*.
- Nasfa, 1996, Builder'ssteel stud guide, *Teknik yayın, RG-9607, Washington D.C.*
- Öncü, S., 2010, Hafif çelik yapıların tasarımı ve deprem riski düşük bölgelerde orta yükseklikteki binalarda uygulanabilirliği, Yüksek lisans tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*, 18-22.
- Özbaş, M., 1997, Uygun tasarım ve metal seçimi ile korozyondan korunma, Yüksek lisans tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara*, 126-127.
- Öztürk, V., 2010, Çelik prefabrik yapı sistemlerinin imalatı, montajı, yalıtım usülleri ve maliyet analizi ile uygun kaplamanın belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara*, 1-2.
- Paksoy, A.K., 2008, Çelik yapıların, atmosferik korozyona karşı korunmasında epoksi bazlı boya ve kaplamaların kullanımı ve performansı, Doktora tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*, 4-26.

- Roberge P. R., 2000, Handbook of corrosion engineering, *The McGraw-Hill Companies Publishing*, New York, 1129-1130.
- Salim ve ark., 2003, “Balast-Retrofit Wall Systems Using Cold-Formed Steel Studs”, *16. ASCE Engineering Mechanics Konferansı*, University of Washington, Seattle.
- Saylan, S., Bellevi, M., 2004, Kesmeye zorlanan ince cidarlı çelik levhalarla yapılan cıvatalı bağlantılarda hasar şekilleri, *Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt 6 sayı 2, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*, İzmir, 53-71.
- Stahl informations zentrum, 2002, Hauser in stahi-leichtbauweise, Yayın ref. no: D 560, Dusseldorf.
- Susam, M., 2003, Hafif çelik konutların konstrüksiyon özelliklerinin irdelenmesi ve bir uygulama örneği, Yüksek lisans tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-2.
- TS-11372, 1994, Çelik yapılar-Hafif- soğukta şekil verilmiş profillerle oluşturulan hesap kuralları, *TSE*, Ankara, 17-18.
- Üneri, S., 1998, Korozyon ve Önlenmesi, *Korozyon Derneği Yayını*, Ankara, 413-414.
- Yu, W.W., 2000, Cold-Formed Steel Design, *Wiley*, New York
- Yüksel, E., 2005, Çelik malzemelerin aşınma ve korozyon dayanımı arttırmak için çeşitli kimyasal kaplamaların incelenmesi, Yüksek lisans tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 42-53.

EKLER

Dikkat!
Başlık sayfa başında olmalıdır.
Bu bilgi notunu çıktı almadan önce siliniz.

EK-1 Uygun bir başlık buraya yazılmalıdır.

Dikkat!
Her EK ayrı bir sayfada verilmelidir.
Tezde ekler bulunmuyor ise bu sayfayı siliniz.
Bu bilgi notunu çıktı almadan önce siliniz.

EK-2 Uygun bir başlık buraya yazılmalıdır.

Dikkat!
Sayfa başında olmalıdır.
Bu bilgi notunu çıktı almadan önce siliniz.

Dikkat!
Her EK ayrı bir sayfada verilmelidir.
Tezde ekler bulunmuyor ise bu sayfayı siliniz.
Bu bilgi notunu çıktı almadan önce siliniz.

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mahmut Tansu KAYA
Uyruğu : Türk
Doğum Yeri ve Tarihi : Ordu 09.01.1992
Telefon : 0531 346 94 88
Faks : -
e-mail : Tansu_kaya_750@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı	İlçe	İl	Bitirme Yılı
Lise	: Ordu Fen Lisesi	Altınordu	Ordu	2010
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi	Selçuklu	Konya	2016
Yüksek Lisans	: -			
Doktora	: -			

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2017-Devam Etmekte	Yedikıta Yapı Denetim	Kontrol Elemanı

YABANCI DİLLER: İngilizce