

GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ * SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

AFET YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**DEPREMLERDEN SONRAKİ YENİDEN YAPILANMA SÜRECİNDE ÇELİK
PREFABRİK MALZEME KULLANIMININ GEREKLİLİĞİ ÜZERİNE
KÜRESEL BİR ARAŞTIRMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nesibe OF

TEMMUZ – 2021

GÜMÜŞHANE



GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ * SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

AFET YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**DEPREMLERDEN SONRAKİ YENİDEN YAPILANMA SÜRECİNDE ÇELİK
PREFABRİK MALZEME KULLANIMININ GEREKLİLİĞİ ÜZERİNE
KÜRESEL BİR ARAŞTIRMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nesibe OF

TEMMUZ – 2021

GÜMÜŞHANE



GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ * SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

AFET YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**DEPREMLERDEN SONRAKİ YENİDEN YAPILANMA SÜRECİNDE ÇELİK
PREFABRİK MALZEME KULLANIMININ GEREKLİLİĞİ ÜZERİNE
KÜRESEL BİR ARAŞTIRMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nesibe OF

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Serkan ÖZTÜRK

TEMMUZ – 2021

GÜMÜŞHANE

BİLDİRİM

Yüksek Lisans / Doktora Tezi olarak hazırlamış olduğum Depremlerden Sonraki Yeniden Yapılanma Sürecinde Çelik Prefabrik Malzeme Kullanımının Gerekliliği Üzerine Küresel Bir Araştırma” isimli bu çalışmanın, tamamen kendi çalışmam olduğunu, her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve alıntı yaptığım tüm çalışmaların kaynakçada yer aldığını taahhüt eder, tezimin kâğıt ve elektronik kopyalarının Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü arşivlerinde saklanmasına izin verdiğimi onaylarım.

Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

02/07/ 2021

.....

Nesibe OF

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezimin danışmanlığını üstlenen teşvik edici yönetimiyle, ılımlı eleştirileri ve özellikle de sabrıyla benden bilgi ve deneyimlerini hiç bir zaman esirgemeyen ve bana her zaman yol gösteren Sayın Prof. Dr. Serkan ÖZTÜRK'e öncelikle sonsuz teşekkür ederim.

Afet Yönetimi alanındaki eğitim hayatım boyunca bana ilham veren kıymetli hocalarım Prof. Dr. Saime ŞAHİNÖZ'e, Doç. Dr. Afşin Ahmet KAYA'ya, Dr. Öğr. Üyesi Sevil CENGİZ'e, Dr. Öğr. Üyesi Nurçin KÜÇÜK KENT'e, Öğr. Gör. Melikşah TURAN'a, ve Arş. Gör. Sefa MIZRAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her karar aşamasında bana hep destek vererek benim bu günlere ulaşmamı sağlayan pek kıymetli babam Ahmet ETKİ ve annem Ayten ETKİ ile kardeşlerim Rabia ETKİ ve Zehra ETKİ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez konusunda bana ilham kaynağı olan teknik ve psikolojik yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen sevgili eşim Salih OF'a ve onun kıymetli ailesine sonsuz teşekkür ederim.

Tezin düzenlenmesine yardımcı olan değerli arkadaşım Musa AYGÜL'e ve tez döneminde bana her türlü destek ve motivasyon veren kıymetli arkadaşlarım, Merve YETİMOĞLU, Mesut KOÇ, Meryem AKBULUT, Gülsün DOĞAN, Ayşegül SARIDAŞ, Derya DİNÇ, Zeynep TOPÇU, Bilal GÜRSOY, Ramazan KANBUR ve Emre PEHLİVAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Trabzon Prefabrik Yapı İnşaat Mühendisleri Yasemin KELEŞ ve Enes AYDIN ile Rize Çay Çarşısı Projesi İnşaat Mühendislerinden Erdoğan TURAN'a yardımlarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Gümüşhane - 2021

Nesibe OF

ÖZET

OF, Nesibe. Depremlerden Sonraki Yeniden Yapılanma Sürecinde Çelik Prefabrik Malzeme Kullanımının Gerekliliği Üzerine Küresel Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, 2021, (XIII+70)

Bu tez çalışmasında, çelik prefabrik yapıların yapısal özellikleri, ülkemizde ve dünya çapında kullanım oranları ile niçin kullanılması gerektiği konuları bilimsel kaynaklar ortaya konularak araştırılmıştır. Bu kaynaklardan çıkarılan sonuçlar derlenerek afet yönetimi için oldukça mühim olan yeniden yapılanma sürecine dikkat çekilmiştir. Çelik yapılar, yapısı gereği hafif ve esnek bir malzeme olmasından ötürü depreme mukavemet göstermektedirler. Bu ve daha birçok özelliğinden dolayı yüz ölçümünün büyük bir bölümü deprem bölgesinde yer alan ülkemizde konutların çelik prefabrikasyon ile yapılması gerekmektedir. Çünkü bu yapıların depremlerde yıkılmadığı veya hasar alarak ayakta kaldığı literatürdeki birçok araştırma sonucunda kanıtlanmış olup afet yönetiminde ileri seviyede bulunan ülkeler tarafından da kanıksanmıştır.

Türkiye çelik üretiminde dünyada yedinci sırada bulunmakta olup bu durum yapı sektörüne yansımamaktadır. Her büyük deprem sonrasında yöneticilerimiz tarafından artık çelik konstrüksiyon konut yapacağız sözü verilse de bir takım sebeplerden dolayı bu durum gerçekleşmemektedir.

Depremler yaşandıktan sonra yeniden yapılanma sürecine gelindiğinde yıkılan veya ağır hasar alan binaların yerine çelik konstrüksiyon binaları inşa etmek gerekmektedir. Bu strateji kriz yönetiminin son basamağı olan yeniden yapılandırmada sağlam temeller atmayı sağlayacak ve risk yönetiminin ilk basamağı olan zarar azaltma evresindeki çalışmaları destekleyici nitelikte olacaktır. Bu bağlamda tam anlamda bir bütünleşik afet yönetimi döngüsü oluşturulabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Afet, Deprem, Çelik Yapı, Yeniden Yapılandırma

ABSTRACT

OF Nesibe. A global research on the necessity of the use of steel prefabricated materials in the reconstruction process after earthquakes, Master Thesis, 2021, (XIII+70)

In this thesis, the structural features of steel prefabricated structures, their usage rates in our country and around the world and why they should be used were investigated. Steel structures are resistant to earthquakes due to their light and flexible structure. Due to these and many other features, the houses in our country, where a large part of the surface measurement is located in the earthquake zone, should be made with steel prefabrication. Because it has been proven as a result of many studies in the literature that these structures were not destroyed or survived by earthquakes, and they have been taken for granted by countries that are advanced in disaster management.

Turkey ranks seventh in the world in steel production, and this is not reflected in the building sector. Although it is promised by our managers that we will now build steel construction housing after every major earthquake, this situation cannot be realized due to a number of reasons.

When it comes to the reconstruction process after earthquakes, it is necessary to construct steel construction buildings instead of the destroyed or heavily damaged buildings. This strategy will be able to lay solid foundations in restructuring, which is the last step of crisis management, and support studies in the mitigation phase, which is the first step of risk management. In this context, a fully integrated disaster management cycle can be established.

Keywords: Disaster, Earthquake, Steel Structures, Reconstruction

İÇİNDEKİLER

DIŞ KAPAK

İÇ KAPAK

KABUL VE ONAY	III
BİLDİRİM	IV
ÖNSÖZ.....	V
ÖZET.....	VI
ABSTRACT	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
TABLolar LİSTESİ.....	XI
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	XII
KISALTMALAR LİSTESİ.....	XIII

GİRİŞ	1
-------------	---

BİRİNCİ BÖLÜM

1. AFET YÖNETİMİ KAVRAMLARI VE SINIFLANDIRILMASI.....	5-13
1.1. Afetin Tanımı	5
1.2. Afet Türleri.....	6
1.2.1. Doğal afetler	6
1.2.2. İnsan Kaynaklı ve Teknolojik Afetler	7
1.3. Afet Yönetimi.....	7
1.3.1.1. Risk/Zarar Azaltma	9
1.3.1.2. Hazırlık.....	10
1.3.1.3. Müdahale.....	10
1.3.1.4. İyileştirme	11

1.3.1.4.1. Yeniden Yapılandırma	12
---------------------------------------	----

İKİNCİ BÖLÜM

2. ÇELİK PREFABRİK YAPILAR	14-38
2.1. Malzeme Olarak Çelik.....	15
2.1.1 Çelik Malzemenin Üretimi ve Isıl işlemi	16
2.1.2. Çelik Yapı Bileşenleri	17
2.1.2.1. Hadde ürünleri.....	17
2.1.2.1.1. Profiller.....	18
2.1.2.1.2. Lamalar.....	18
2.1.2.1.3. Levhalar	19
2.1.2.2. Döküm Ürünleri	20
2.1.2.3. Çelik Bağlantı Elemanları	20
2.1.2.4. Çelik Taşıyıcı Elemanlar.....	20
2.2. Çelik Yapım Sistemleri ve Gelişim Süreci.....	21
2.3. Çelik Malzemenin Avantajları ve Dezavantajları	22
Depreme karşı avantajlar aşağıda sıralanmıştır (Çırpan, 2017: 16).	22
2.4. Prefabrikasyon Çelik	26
2.4.1. Hafif Çelik Konstrüksiyon Yapı Hakkında Bilgiler.....	28
2.5. Ülkemizde Yapısal Çelik Kullanımı	32
2.6. Deprem Bölgelerine Çelik Prefabrik Konut Yapılması	35

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3.BAZI ÜLKELERİN DEPREM SONRASI YENİDEN YAPILANMA SÜREÇLERİNDEKİ MALZEME KULLANIMLARI.....	39-50
3.1. Çin	40
3.2. Japonya.....	42
3.3. Şili	46

3.4. Almanya	49
--------------------	----

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4.GEREÇ ve YÖNTEM.....	51-56
4.1. Araştırmanın Türü ve Amacı.....	51
4.2. Araştırmanın Hedefleri.....	51
4.3. Araştırmanın Önemi	51
4.4. Araştırmanın Kapsamı.....	51
4.5. Araştırmanın Sınırlılıkları	52
4.6. Veri Toplama Araçları ve Yöntemi.....	52
4.7. Hipotez	52
4.8. Bulgular ve Tartışma	52
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	57
KAYNAKÇA	60
ÖZGEÇMİŞ.....	71

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. EM-DAT Veri Tabanına Göre Afetlerin Sınıflandırılması.....	7
Tablo 2. 120 m ² Bir Konut için Hafif Çelik ve Betonarme Yapı Karşılaştırması.....	31
Tablo 3. 2010 ve 2020 Yıllarında Dünyada Çelik Prefabrik Konutların Diğer Yapı Çeşitlerine Göre Yüzdelерinin Karşılaştırılması	33
Tablo 4. En Büyük Ham Çelik Üreticisi 10 Ülke	35

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Modern Afet Yönetimi Döngüsü	9
Şekil 2. Çelik Profillerin Çeşitleri	18
Şekil 3. Çelik Lamaların Çeşitleri	19
Şekil 4. Çelik Levhalar	19
Şekil 5. Hafif Çelik Yapı Karkası	30
Şekil 6. Hafif Çelik Yapının Yalıtım ve Levhalarla Tamamlanmış Hali	30
Şekil 7. Hafif Çelik Yapının Dış Kaplaması ve Çatısının Tamamlanmış Hali	31

KISALTMALAR LİSTESİ

TÜRKÇE		İNGİLİZCE	
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı		Disaster and Emergency Management
	Birleşmiş Milletler Afet Riskini Azaltma Ofisi	UNDRR	United Nations Office for Disaster Risk Reduction
	Uluslararası Afetler Veritabanı	EM-DAT	The International Disaster Database
Fe	Demir		Iron
C	Karbon		Carbon
Ni	Nikel		Nickel
Mn	Manganez		Manganese
P	Fosfor		Phosphorus
Al	Alüminyum		Aluminum
Cr	Krom		Chromium
S	Kükürt		Sulfur
S	Silisyum		Silicon
Mo	Molibden		Molybdenum
V	Vanadyum		Vanadium
W	Tungsten		Tungsten
ST	Alman Standardında Çelik Malzeme		German Standard Steel Material
NaCl	Sodyum Klorür		Sodium Chloride
	Dünya Çelik Birliği	WSA	World Steel Association
TUCSA	Türk Yapısal Çelik Derneği		Turkish Constructional Steelwork Association
	Afet azaltma ve kurtarma için küresel bir tesis	GFDR	Global Facility For Disaster Reduction And Recovery
	Magnitüd	Mw	Magnitude
	Kanada Sismik Kodu	NBCC	New Brunswick Community College

GİRİŞ

Dünyanın oluşumundan beri her zaman sismik dalgalanmalar meydana gelmiştir. Bu dalgalanmaların sonucunda oldukça yıkıcı depremler olmuş ve milyonlarca insanın hayatının son bulmasına sebebiyet vermiştir. Halen dünyada deprem olarak adlandırılan bu sismik dalgalanmalar hız kesmeden devam etmekte ve her yıl binlerce insan hayatıyla beraber tüm ekosistemi olumsuz etkilemektedir. Ülkemiz nüfusunun % 95'inin deprem tehlikesi altında bulunan bölgelerde yaşadığı ve endüstri merkezlerinin % 98'inin deprem bölgelerinde olduğu gerçeği, durumun önemini net olarak ortaya koymaktadır (Güzel, 2013: 17). Bu yüzden biz insanların depremleri daha iyi anlaması ve yönetmesi gerekmektedir.

Deprem olayının bir doğal afet kategorisinde ele alındığı durumda depremden önce, deprem anı ve deprem sonrası neler yapılabileceğini, neler yapılmaması gerektiğini, alınacak önlemleri ve yapılacak çalışmaları açıkça görebiliriz. Bu sıralamaya Afet yönetimi dediğimizde bunun bir bilim dalı ve afetleri çözebilecek, insanların en az zararla afeti atlattığını sağlayacak bir mekanizma olduğunu görürüz. Afet Yönetimi bir döngü halinde ilerlemektedir ve yalnızca afet meydana geldiğinde ya da ona müdahale edildiğinde değil afet öncesi sessiz dönemde de bu döngü çalışmaya devam eder. Bu döngünün devam etmesi afetlerin güçlü bir biçimde karşılanmasına ve müdahalede bulunulmasına imkân sağlar (Akyel, 2007: 19).

Kabul edilmelidir ki afetler tümüyle önlenemez ve ne zaman vuku bulacağı önceden tahmin edilemez. Bu yüzden afetlerde başarılı olabilmek ve zararlarını en aza indirebilmek için risk ve kriz yönetimi safhalarını içeren bütünlük bir afet yönetimi tercih edilmelidir. Afet öncesi zarar azaltma, hazırlık, tahmin ve erken uyarı, afet sonrası ise etki analizi, müdahale, iyileştirme ve yeniden yapılandırma safhalarını barındıran bu rotasyonun her safhası güçlü çalıştığı takdirde afet olayının yönetilmesi mümkün olacaktır. Akabinde bu sistemin toplum tarafından da benimsenerek bireye indirgenen bir sistem olması gerekmektedir (Yaylacı, 2015: 18).

Afetlere dirençli toplumlar oluşturabilmek için afet öncesi zarar azaltma ve hazırlık çalışmaları süresince katı kurallar koyulmalı ve her bireyin bilgisi tatbikatlarla

sağlamlaştırılırken afet sonrası iyileştirme çalışmalarının da toplumla bir bütün olarak yürütülebilmesi gerekmektedir. Bu sayede toplum, afetlerin doğuracağı olumsuz sonuçlardan en az tahribatla kurtulmak mümkün olacaktır (Mızrak, 2018: 58).

Ulusal anlamda afete müdahale safhasında geldiğimiz noktada hem uygulayıcılarımız ve aldıkları eğitimler hem de sahip olduğumuz donanım ve sağlık kuruluşları açısından başarılarımız göz ardı edilemez. Ancak sadece müdahale aşamasında başarılı olmak toplumumuzu afetlere hazırlamadığı gibi tekrar tekrar afete maruz kalıp aynı hatalara düşmek yıldırıcı olmaktadır. Risk ve kriz yönetimi birlikte değerlendirilmeli ve bu doğrultuda tedbirler alınmalıdır. Her aşama bilimle ve tatbikle sindirildikten sonra bir diğer aşamaya geçilmelidir (Karaaslan, 2015: 10).

Afet yönetim döngüsünün her safhasının üzerine çalışılmalıdır ancak henüz afet olmamışken yapacağımız çalışmalar temel oluşturacağı için daha önemlidir. Bu yüzden zarar azaltma, hazırlık ve yeniden yapılandırma gibi süreçler en çok üzerinde durulması gereken ve en fazla bütçe ayrılması gereken alanlardır. Deprem özelinde bu alanlardan en fazla dikkat edilmesi gereken alan ise yeniden yapılandırma sürecidir. Yeniden yapılandırma sürecinde aslında isminden anlaşıldığı gibi yeni bir fırsat verilmektedir. Bozulan yaşam şartları, yıkılan binalar ve bozulan psikolojileri yeniden düzenleme şansı elde etmekteyiz. Yeniden yapılandırma safhasının asıl amacı afetten hasar gören tüm yapı ve insan aktivitelerinin afet olmadan önceki halinden daha iyi bir noktaya getirilmesini sağlamaktır (Kadioğlu, 2011: 36).

Türkiye geçmişte büyük ölçüde can kaybı, yaralanma ve mal kaybına sebep olan doğal afetler yaşamıştır. Yirminci yüzyılın başlangıcından itibaren meydana gelen doğal afetlerde 87.000 kişi hayatını kaybetmiş, 210.000 kişi yaralanmış, 651.000 civarında ise konut yıkılmış yahut ağır hasar almıştır (Ergünay, 2007: 22). Bu afetlerden en yıkıcı ve kitlesel ölümlere sebebiyet veren tür depremlerdir. Bu depremler ülkemizin konumu, tektonik oluşumu ve jeolojik yapısı bakımından aktif ve hareketli olmasının bir sonucudur. Depremler can ve mal kaybının yanında depreme maruz kalan insanlarda hiç unutamayacakları korkular ve anksiyete (kaygı bozukluğu) durumlarını kalıcı olarak bırakmaktadır. Depremzedelerin yaşadıkları yapıların artık kullanılamayacak hale gelmesi, psikolojik tahribatın deprem sonrasında uzun bir süre yaşanmasına neden olmaktadır. Ne yazık ki bütün bu olumsuz durumlara rağmen deprem sonrası yeniden yapılan ya da onarılan binaların bir sonraki depremi sağlam karşılayacağından emin

değiliz. Ulusal stratejik planlama da depreme dayanıklı yapılar konusunda taviz verilmemesi gerekmektedir. Ancak hızla artan nüfusumuz, kent merkezlerine yapılan göçler, denetimsiz yapılaşma, plansız ve rant amaçlı şehirleşme gibi eğilimler sürdüğü için her geçen dakika en başta depremler olmak üzere diğer afet türlerine karşı da bizi savunmasız bir hale getirmektedir. Ülkemiz nüfusunun % 95'inin birinci derece deprem bölgelerinde yaşadığı gerçeği hatırlandığında mevcut konutlar, köprüler, iş merkezleri, sanayi kuruluşları vb. yapılarımızın deprem etkisine dayanıklı yapılar olması gerekmektedir. Tecrübelerle sabittir ki depremlerde can kayıplarının asıl nedeni deprem değil dayanımı düşük binalardır. Bu durum depremlere karşı alınacak önlemlerin en başında, sağlam binalar inşa etmenin geldiğini göstermektedir. Bu bağlamda akla ilk gelen yapı elemanları ve malzemesinin kalitesi, yeri ve alanında uzman kişilerce yapılıp yapılmadığı olmaktadır (Çelik, Sezer, 2020: 32).

Depreme dayanıklı yapı malzemesi olarak dünya literatürüne bakıldığında en başta çelik malzeme gelmektedir. Çelik malzeme sünek davranışı, hafifliği ve deprem kuvveti karşısında sağladığı mukavemet sayesinde deprem bölgelerinde yapılacak binalar için tercih edilmesi isabetli olacaktır. Depreme en iyi cevap verebilen malzeme olan çelik, esnekliğinin ahşaba oranla 21, betonarmeye (beton ve demir donatı) oranla 10 kat fazla oluşuyla, kötü zeminli bölgelere uygunluğuyla, özgül ağırlığının taşıdığı yüke oranının küçüklüğüyle, uzama yeteneğiyle, yükleme altındaki şekil değiştirmesi ve yükleme kalktığında eski mukavemetini sürdürüşüyle sağlamlığını kanıtlar. Aynı zamanda betona kıyasla çok daha homojen ve izotrop bir yapısı vardır (Mahmud, 2017: 19). Diğer yandan çelik konstrüksiyon binaların malzemeleri inşaat alanında değilde çelik fabrikalarında üretildiği için insan hatasına yer verilmeden üretilir. Bu prefabrikasyon durumu hızlı, kaliteli, güvenilir ve fabrika ortamında standart bir şekilde insan hatasına yer verilmeden yapılmasıyla istenilen bölgede kurulmasını sağlamaktadır. Belirtilen bu avantajların hepsi düşünüldüğünde depremde yıkılan binaların yerine çelik prefabrik binalar yapılması uygun olacaktır.

Ülke bazında meydana gelen depremlerde görülen fotoğraf depremden sonra binaların yıkılması, birçok vatandaşımızın hayatını yitirmesi, yaşamın sekteye uğraması, depremzedelerin uzun süre belki aylarca geçici barınaklarda (çadır, konteyner, vb.) yaşaması, yangınların ve salgın hastalıkların yaşanması, yıkılmış olan binaların aynı yerine deprem kuvvetini hesaplamadan sağlam olmayan binaların yapılmasıdır. Birkaç

yıl ya da birkaç on yılın ardından tekrar deprem yaşanır ve binalar tekrar yıkılır, hayatlar kaybolur ve deprem sonrası müdahalede ne yazık ki aynı fotoğraf kareleri oluşur. Önemli olan iyi planlanan bir müdahalenin ardından hasar gören alanlara kalıcı çözümler getirilerek iyileştirilmesi ve yeniden yapılandırılmasıdır. Bu durum aynı zamanda ülkemizin sürdürülebilir kalkınmasına destek sağlayacaktır.

Bu çalışmanın yapılma gerekçesi depremlerde hasar görmüş ya da yıkılmış binaların yerine yenileri yapılırken deprem kuvvetine en sağlıklı cevap verebilen yapı malzemesi olan çelik prefabrik malzeme kullanımının gerekliliğine dikkat çekmektir. Konu ile ilgili çalışmalar incelendiğinde genelde inşaatların hızlı ve ekonomik olması açısından prefabrik yapılara yönelim olduğu görülmüştür. Ülkemizde ise daha çok sanayi ve endüstriyel amaçlı kullanılan yapılarda çelik prefabrik yapı örnekleri görülmektedir. Küresel anlamda bakıldığında ise gelişmiş ülkelerin yapı stokunda %75-80 civarında bir çelik prefabrik kullanımı vardır. Türkiye’de bu oran %5’tir ve sadece sanayi bölgelerinden oluşmaktadır (Öz, 2018: 9). Dolayısıyla depremlerden sonra yeniden yapılandırma sürecine geçildiğinde yıkılan ya da ağır hasar gören binaların yerine çelik prefabrik yapıların inşa edilmesi gerekliliği önem kazanmaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. AFET YÖNETİMİ KAVRAMLARI VE SINIFLANDIRILMASI

1.1. Afetin Tanımı

Afet, son zamanlarda günlük yaşamda sıklıkla bahsi geçen bir sözcük olmuştur. İnsanlar bu sözcüğü her duyduklarında zihinlerinde oldukça acı ve dayanılmaz görüntüler canlandırırlar. Aslına bakıldığında ‘Afet’ kelimesi, Arapça kökenli olup dilimizde bela, yıkım, kıran ve felaket kelimelerini karşılamaktadır. İngilizcede ise afet kelimesini ‘Disaster’ kelimesi karşılar ve bu kelime Latince kökenli olup ‘Dis (uzak)’ ve ‘Astrum (yıldızlar)’ kelimelerinin birleşiminden oluşmuştur. Buradaki anlamı zamanın Antik Yunan Çağ inancına göre yıldızlardan uzakta olma durumunun bahtsızlığa işaret olduğunu ve bela getirdiğini ifade eder (AFAD, 2019: 1).

Afetler, meydana geldikleri toplumda fiziksel, ekonomik ve sosyal açıdan kayıplar doğuran, hali hazırda devam eden normal hayatı kesintiye uğratan yahut tamamen durduran ve o toplumun durum ile başa çıkabilmesini olanaksız hale getiren doğal, insan kaynaklı veya teknoloji kaynaklı olabilen olayların sonucudur (AFAD, 2019: 2).

Birleşmiş Milletler Afet Risk Azaltma Ofisi (UNDRR)’nin kabul ettiği afet tanımına göre, toplumların kendi kaynaklarını kullandığı halde baş edemediği, halkın yaşamının kesintiye uğradığı, can ve mal kayıpları ile ekonomik ve sosyal kayıpları da beraberinde getiren, doğal, insan ve teknoloji kaynaklı olaylardır (UNDRR, 2020).

Başka bir tanımla afet, insanlar ve toplumlar için kitlesel ölümler meydana getiren, bunların yanında fiziksel, sosyo-ekonomik, ekolojik, psikolojik ve kültürel yönlerden kayıplar doğuran, seyrinde devam etmekte olan hayatı durdurmak veya kesintiye uğratmak suretiyle toplumu etkileyen, o topluluğun yerel imkân ve kaynaklarını kullanarak baş edemediği, kriz yönetimi gerektiren doğa ve insan kökenli olayların sonuçlarına verilen isimdir (Kadioğlu, 2011: 38).

EM-DAT (2020) verilerine göre ise afet, can ve mal kaybı ile aynı zamanda fiziksel travmalara ve olumsuz çevresel şartlara sebep olarak toplumu ekonomik ve sosyal yönden kötü etkileyen, yerel kaynaklar ile baş edilemeyen, ulusal ya da

uluslararası yardıma muhtaç bırakan sıklıkla doğal kaynaklı olup ancak insan kaynaklı da meydana gelebilen beklenmedik olay olarak tanımlanır.

Bu tanımlamalara ek olarak afetin büyüklüğü meydana gelen can kayıpları ve yaralanmalar ile sosyo-ekonomik kayıplarla da ölçülmektedir. Afetin büyüklüğünü etkileyen ana faktörler şöyledir (Özel, 2015: 18):

1. Olayın fiziksel büyüklüğü,
2. Olayın yerleşim yerine olan uzaklığı,
3. Toplumun afet bilinci düzeyi ve aldığı önlemler,
4. Az gelişmişlik,
5. Hızlı ve kontrolsüz nüfus artışı,
6. Denetimsiz endüstrileşme,
7. Eğitim düzeyinin düşük olması.

1.2. Afet Türleri

Afet, odak noktasında insan olan sosyal, ekonomik, çevresel, kültürel ve siyasal bir olgudur. Birden fazla yönü olan ve karmaşık bir yapıya sahip olan bu olgu, bilimsel gerçeklikler üzerinden anlaşılmaya çalışılmalı ve bu durumlara gerekli çözümler getirilmelidir. Bunun üzerine literatür, afetleri çeşitli yönlerini ele alarak sınıflandırmıştır.

2016 yılında yalnızca doğa kaynaklı afetlerde 7628 kişi hayatını kaybetmiş ve 411 milyon kişi afetlerden olumsuz etkilenmiştir. Dünya risk raporlarına göre ülkemiz en riskli on ülke arasında yer almaktadır (Ersoy vd., 2017: 5).

Afetler kökenlerine göre üçe ayrılmış olup bunlar; doğal afetler, insan kaynaklı afetler ve teknoloji kaynaklı afetlerdir (Kadıoğlu, 2011: 37).

1.2.1. Doğal afetler

Dünya’da normal seyrinde belirli aralıklarla meydana gelen tabiat olaylarının insanların gündelik hayatını olumsuz etkileyerek can ve mal kaybı oluşturması ve ek olarak fiziki, sosyal, ekonomik kayıplara sebep olmasıdır. Doğal afetler jeofiziksel, hidrolojik, biyolojik, meteorolojik, klimatolojik olarak alt gruplara ayrılmaktadır (EM-DAT, 2017).

1.2.2. İnsan Kaynaklı ve Teknolojik Afetler

İnsan faktörlerinin etkili olduğu yani ‘yapay’ afetler diye adlandırılan durumlar bazen yanlış yönetim, eksik planlama kaynaklı olabileceği gibi bazen de savaşlar, göç olayları ya da terörizm gibi küresel hareketlerin doğurduğu olumsuz sonuçlarda olabilir. Çoğunlukla dikkatsizlik veya tedbirsizlik gibi insan hatalarından kaynaklanan olumsuz sonuçlara ise teknoloji kaynaklı afetler denilmektedir (Kadioğlu, 2011: 39).

Uluslararası EM-DAT veri tabanı incelendiğinde afetler, doğal ve teknolojik afetler olarak iki ana gruba ayrılmış olup bunların da kendi aralarında alt gruplara indirildiği gözlenmiştir. Bu gruplara Tablo 1’de yer verildi (Guha-Sapir vd., 2014).

Tablo 1. EM-DAT Veri Tabanına Göre Afetlerin Sınıflandırılması

Doğal Afetler		Teknolojik Afetler	
Afet alt grubu	Ana afet tipi	Afet alt grubu	Ana afet tipi
Jeofiziksel	Deprem	Endüstriyel kaza	Kimyasal sızıntı
	Kitle hareketi		Çökme
	Volkanik faaliyet		Patlama
Meteorolojik	Aşırı Sıcaklık		Ateş
	Sis		Gaz sızıntısı
	Fırtına		Zehirlenme
Hidrolojik	Sel		Radyasyon
	Heyelan	Ulaşım kazası	Hava
	Dalga hareketi		Yol
Klimatolojik	Kuraklık		Tren yolu
	Buzul gölünün patlaması		Deniz
	Orman yangını	Çeşitli kazalar	Çöküş
Biyolojik	Salgın		Patlama
	Böcek istilası		Yangın
	Hayvan kazası		Diğer

Kaynak: EMDAT, 2020

1.3. Afet Yönetimi

Afetler beklenmedik bir anda meydana gelirler ve maruz kalan toplumu çaresiz halde yardıma muhtaç bırakırlar. Afetlerin bu özelliği neticesinde yönetim sisteminin de beklenmedik hallerde ivedi bir şekilde uygulamaya koyulabilen ve hızlı karar verme yetisine sahip bir süreç mekanizması olması beklenmektedir (Gündüz, 2008: 25).

Afet yönetimi, afet sonucunu oluşturabilecek olayların önlenmesi ve zararlarının azaltılmasını, afet meydana geldiğinde müdahale edebilme daha sonrasında ise

iyileştirme çalışmalarının yapılmasını, bu aşamaların toplum tabanlı olup en üst düzey yönetimden alt yönetim birimlerine kadar eşgüdüm halinde çalışmasını ifade eder (Törenci, 2015: 3).

AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı)'a göre ise afet yönetimi, afetlerin önlenmesi ve zararlarının azaltılması, afetin olumsuz sonuçlarına zamanında ve etkin müdahale edilmesi ve afetten etkilenen halk için daha güvenli bir yaşam çevresi oluşturmak için tüm toplumca sürdürülmesi gereken topyekûn bir müdahale olarak adlandırılır (AFAD, 2019: 4).

Tercan (2018)'a göre Afet Yönetimi bir afeti tüm açılardan ele alarak, afet öncesinde hazırlık, risk azaltma ve önleme, afet sırasında kişisel davranış ve korunma ile afet sonrasında ise müdahale ve yeniden yapılanma aşamalarını içeren sistematik yapıdır.

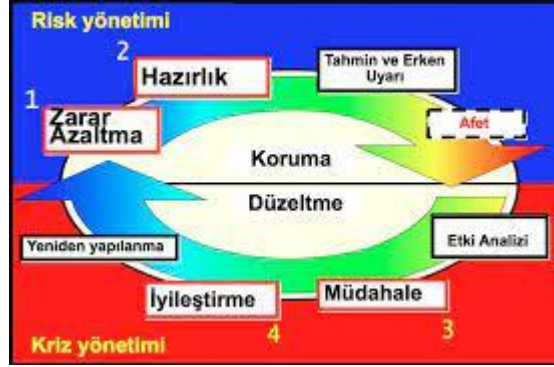
Çağdaş bir afet yönetimi anlayışında afetlerin önlenmesi ve zararların en aza indirilebilmesi için tehlike ve risklerin önceden sıralanması, gereken tedbirlerin alınması, toplumdaki en sade vatandaştan en yetkili kişiye kadar sorumlulukların üstlenilmesi ve bu sürecin sürekli güncellenerek tatbik edilmesi gerekmektedir (Aktel, 2015: 4).

1.3.1. Afet Yönetimi Döngüsü

Ülkemizde 2009 yılında Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı kurulmuştur. Bu yapının kurulmasıyla birlikte çok başlılık arz eden afet işleri, bir başkanlık yönetimi altında toplanarak güncel bir hale getirilmiştir. Bu bağlamda ülkedeki afet yönetimi anlayışı bir bakıma değişmiş olup Bütünleşik Afet Yönetimi adını almıştır. Bütünleşik Afet Yönetimi, afet olayını evrelere ayırarak tüm topluma ve kültüre entegre edebilmeyi hedeflemektedir.

Bütünleşik Afet Yönetimi Sistemi Şekil 1'de gösterildiği üzere öncelikle Afet Öncesi Dönem (Risk Yönetimi) ve Afet Sonrası Dönem (Kriz Yönetimi) olmak üzere temelde iki evreye ayrılmaktadır. Daha sonra ise bu dönemler Zarar Azaltma, Hazırlık, Müdahale ve İyileştirme olarak dört evrede incelenmektedir (Öztürk, 2019: 27).

Şekil 1. Modern Afet Yönetimi Döngüsü



Kaynak: Şahin, 2013

1.3.1.1. Risk/Zarar Azaltma

Zarar azaltma aşamasında afetlerin olumsuz etkilerini en az seviyede hissetmek adına bazı çalışmalar ve planlamalar yapılır. Bu çalışma ve planlar aşağıda sıralanmıştır (Gündüz, 2011: 18);

- Afetler hakkındaki mevcut kanunların incelenerek gerekli görülen hallerde güncellenmesi gereklidir.
- Risk/Tehlike haritaları oluşturulmalı ve akabinde gerekli önlemler alınmalıdır.
- Ülke bazında afetlere müdahale planları hazırlanarak yılın belli dönemlerinde tatbik edilmelidir.
- Afet açısından riskli bulunan bölgelerin Coğrafi Bilgi Sistemleri'nde kayıt edilmesi.
- Afet sonrası dönemde afetzede ve afetten etkilenmiş toplumun zararlarını karşılamak afet sigortası yaptırmak ve bunu teşvik etmek.
- Afetleri tahmin edebilmek için erken uyarı sistemlerinin kurulması.
- Afet bölgelerinde bulunan yapılar için deprem mukavemet testleri yapılması ve deprem yönetmeliklerinin gözden geçirilmesi.
- Afetlere daha dirençli olabilmek adına tüm ülke halkına afet bilinci ve tahliye farkındalığı eğitimleri vererek olası bir afet durumunda halkın reaksiyon hızını artırılması.
- Afet öncesi dönemde olası afet çeşitlerine göre tüm mühendislik önlemlerinin alınması.

- Karar verici mekanizmaların afet konusunda yapılan bilimsel araştırmalara (makale, tez, proje vb.) destek vermesi ve bu araştırmaların sonuçlarının dikkate alınması.

1.3.1.2. Hazırlık

Afet olayının meydana gelmesinden hemen önceki evredir. Afetlere zamanında ve etkin müdahale edebilmek için personele eğitim ve tatbikatların yapılması, erken uyarı sistemlerinin kurulması, müdahale planlarının yapılması, acil yardım malzeme stoklarının temini, halka afet ve güvenlik kültürü edindirilmesi gibi çalışmaların yapıldığı süreçtir. Bu evrede yapılması gerekenler (Karaaslan, 2015: 11);

- Afetlerde görev alacak personelin eğitimleri tatbikatlar ile sağlamlaştırılmalı ve acil yardım ile arama kurtarma planlarının oluşturulması,
- Tüm kurum ve kuruluşların afet vuku bulduğunda eşgüdüm halinde hareket edebilmesi için masa başı ve uygulamalı tatbikatlara önem verilmesi,
- Afet ve acil durumlar ile ilgili halka duyurular yapılması ve bilincin kazandırılması,
- Afet çeşitliliğine göre tehlike ve risk haritalarının oluşturulması,
- Tahmin ve erken uyarı sistemleri ile mühendislik çalışmalarına önem verilmesi,
- Stratejik ve lojistik planlamalar yapılması.

1.3.1.3. Müdahale

Afet olayı vuku bulduktan hemen sonra başlayan ve olayın olumsuz tesirlerinin büyüklüğüne göre zaman alabilen aşamadır. Bu aşamada ana gaye, mümkün olan en kısa sürede en çok insan hayatı kurtarmak, yaralıları tedavi etmek, afetzedelerin barınma, beslenme, ısınma, güvenlik ve haberleşme ihtiyaçlarını karşılamak ve psikolojik destek vermektir (Tosun, 2017: 19). Müdahale evresinde yapılan faaliyetler aşağıda sıralanmıştır;

- Arama ve Kurtarma
- Acil ve tıbbi müdahale
- Tahliye ve seyrekleştirme
- Haberleşme

- Temel ihtiyaçların giderilmesi (beslenme, barınma, güvenlik vb.)
- Hasar tespit
- İkincil afetlerin oluşmaması için önlemler alma

1.3.1.4. İyileştirme

Afetlerden doğrudan veya dolaylı olarak etkilenmiş toplumların hayati ihtiyaçlarından olan geçici ve uzun süreli iskân, gıda ihtiyacı, elektrik, su ve kanalizasyon gibi alt yapı gereksinimleri, haberleşme, psikolojik destek, sosyal ihtiyaçlar ve eğitim ihtiyacı gibi afet öncesindeki normal hayatlarına dönmelerini sağlayacak tüm bu çalışmalar iyileştirme safhasının temel amaçlarındandır (Yaylacı, 2015: 19).

Afet yönetiminin en önemli safhalarından olan iyileştirme safhası afete maruz toplumun yaşam koşullarını yeniden düzenlemek amacıyla, olası ve ikincil afet risklerini azaltmak için yapılan çalışmalar ve yeni düzenlemeler yapmak için alınan kararlar ve çalışmaların tümü şeklinde açıklanabilir (Gökçe ve Tetik, 2012: 2).

Bu çerçevede yapılması gereken çalışmalar (AFAD 2013: 11):

- Afetzedelerin hayatlarının normale dönmesi için yapılacak çalışmalar ve alınacak tedbirler,
- Barınma alanlarının oluşturulması,
- Güvenli alan seçimi,
- Afetten etkilenen bölgelerin imar, plan ve proje düzenlemeleri,
- Afet sonrası yeniden yapılanma şartları için gerekli önlemlerin alınması.

Afet meydana geldikten sonra yapılan müdahale çalışmalarının ardından yapılan iyileştirme çalışmaları ile hayat en kısa sürede normal seyrine dönmelidir. Bu iyileştirme aşamasının en temel görevidir. Afetin oluşundan başlayarak bu süreç, afetin büyüklüğüne bağlı olarak birkaç yıl süren tüm faaliyetleri kapsamaktadır (Gökçe ve Tetik, 2012: 3).

Modern afet yönetiminde iyileştirme; dengesi bozulan hayatı normal seyrine döndürmeye çalışan çalışmaları içerse de aslında bu döngünün ilk basamağı olan risk ve zarar azaltma faaliyetlerine de katkıda bulunmaktadır (Kaya, 2013: 5).

1.3.1.4.1. Yeniden Yapılandırma

Yeniden yapılandırma safhası afet yönetimi ile ilgili kaynaklarda bazen iyileştirme safhası ile birlikte bir bütün olarak bazen de iki ayrı aşama şeklinde incelenmiştir. İç içe geçmiş gibi görünen afet yönetiminin bu safhaları afetin hemen sonrasında yapılması gereken planlama ve faaliyetleri içermesi açısından oldukça önemlidir.

Afet yönetiminin mühim safhalarından olan bu aşamalarda afetten direkt ya da dolaylı yoldan etkilenen afetzedelerin yaşam koşullarının iyileştirilmesi ve yeniden yapılandırılması afetin türü ve verdiği zarara göre haftalar, aylar veya yıllar dahi sürebilmektedir (Varol ve Kırıkkaya, 2017: 6).

Yeniden yapılandırma safhası, kriz yönetiminin tamamlanmasına rağmen toplum üzerinde halen krizin olumsuz etkilerinin görüldüğü safhadır. Bu dönemde bu olumsuz etkilerin giderilmesi için çeşitli çalışmalar yapılır. Bu çalışmalarda kısa veya uzun vadeli önlemler alınmakta ve yeni planlama gereksinimleri ortaya koyulmaktadır.

Afete maruz kalan toplumun tüm yaşam koşullarının afet yaşanmadan önceki hallerine döndürülmesi hatta önceki halden daha iyi bir seviyeye getirilmesi için yapılan faaliyetler bu safhada yürütülür. Bu faaliyetlerde afetten etkilenen yapıların yeniden yapılıp ya da güçlendirilmesiyle birlikte bozulan ekonomik düzen, sosyal hayat ve yarım kalan eğitim şartları gibi sekteye uğrayan tüm alanların önceki seviyelerinden daha ileride bir seviyeye getirilmesi bir zorunluluk arz etmektedir (Taş ve Erdal, 2015: 1074).

Yeniden yapılandırma faaliyetleri aşağıda sıralanmıştır (Bahadır ve Uçku, 2018: 30);

- Toplumun gündelik ve sosyal hayatını normal işleyebilir düzeye kavuşturacak ana hizmetlerin sağlanması gereklidir. Bunlar: su, elektrik, düzenli beslenme, güvenlik ihtiyacı, ulaşım ağlarını iyileştirme, temel alt yapı çalışmalarının tamamlanarak kamunun hizmetine sunulmasıdır.
- Yarım kalan eğitim ve sağlık hizmetlerinin hızla yeniden işlerliğini kazanması gerekmektedir.
- Geçici iskân alanlarında muhafaza edilen toplumun artık kalıcı konutlara yerleştirilmeye başlanması eğer başlanmadıysa bunun için planlamanın ivedilikle yapılması gerekmektedir. Yeniden yapılan afet konutlarının ise afet

öncesi hallerinden daha güvenli yapılması gerekmekte ve bu konu zorunluluk arz etmektedir.

- Afete maruz kalmış bireylerin yaşadıklarını unutup normal hayata dönmeleri zor bir süreç olacağından psikolojik rehabilitasyon desteğinin, yönetimin bu aşamasında özellikle yaş dağılımına uygun biçimde düzenlenmesi gerekmektedir.
- Özellikle kentsel alanlarda görülen afet sonrasında oluşan ekonomik yıkım ve akabinde gelen uzun süreli durgunluğu ortadan kaldırarak ekonomik işlerliğin devamı sağlanmalıdır.
- Afetzedelerin maddi ve ekonomik kayıplarının tespiti ve bunların tazmin edilmesine yönelik çalışmalar yapmak ve sigorta sistemini devreye sokarak kayıpların telafi edilmesi gerekmektedir.
- Afetlerden özellikle de depremlerden sonra afet bölgesindeki yapıların onarılması veya güçlendirilmesi yöntemiyle afetten önceki duruma ulaşılmaya çalışılmaktadır ve yasal düzenlemelerde bu yöndedir. Ancak bu düzenlemeler yeterli olmamakta ve asıl risk belki de artarak devam etmektedir. Bu yüzden afet sonrası yapılacak onarım ve güçlendirme işlerinde yasaların bu konulara daha hassas yaklaşması ve güvenlik tedbirlerinin atlanmadan uygulanarak sismik risk azaltıcı projelerin yapılması beklenmektedir.
- Afet yönetimi uygulaması bir süreç olarak düşünüldüğünde aslında iyileştirme yeniden yapılandırma aşamaları kaliteli bir şekilde atlatıldığında ileride olabilecek muhtemel afetlere de hazırlanma anlamına gelecek ve zarar azaltma aşamasına bir adım önde başlanacaktır.

Yapılacak kapsamlı afet yönetimi planlamalarında kriz yönetiminin son basamağı olan yeniden yapılandırma sürecinde atılan sağlam temeller, risk yönetiminin ilk basamağı olan zarar azaltma çalışmalarını destekleyici nitelikte olacaktır. Bu bağlamda bu döngü kusursuz olduğu takdirde başarı sağlanacaktır.

İKİNCİ BÖLÜM

2. ÇELİK PREFABRİK YAPILAR

Günümüzde hızla artan nüfusun barınma ihtiyacının karşılanması sürekli geliştirilmesi gereken bir alan haline gelmiştir. Bu alanın ihtiyaçlarını karşılamak için hızlı ve ekonomik yapılar tercih edilmektedir. Aynı zamanda bu yapıların güvenilir ve modern olması da istekler arasındadır. İnsanoğlu yapı inşa etmeye başladığı tarihlerden beri birçok malzeme ve inşaat tekniği denemiş ve geliştirmiştir. Bu malzeme ve tekniklerden bir tanesi de çelik yapı sistemleridir (Kurtay ve Badem, 2004: 353). Sanayi devrimiyle üretim teknikleri ve kullanım kolaylıkları öğrenilen çelik malzeme yapı strüktürünü (mimari ve mühendislikte yapının ana iskeleti, formatı ya da genel tasarımı) oluşturan temel malzeme haline gelmeye başlamıştır (Özkan, 2001: 2). Çelik malzemenin kullanılmasında ve tercih edilmesinde birçok faktör rol oynamıştır. Bu faktörlerden en önemlisi depreme karşı mukavemet sağlaması olup esnek bir yapıya sahip olması nedeniyle betonarme yapılara nispeten daha az yıkılma gerçekleştirmesidir. Bunun yanında çelik yapı malzemesinin tekrardan kullanım ve geri dönüştürülebilir özelliğe sahip olması da sürdürülebilir inşaat ve yapı malzemesi anlamına gelmektedir (Eren ve Başarır, 2013: 128). İnşaat süresinin kısalığı, her türlü iklim şartında kolaylıkla yapılabilmesi, yüksek katlara izin vermesi de tercih sebepleri arasındadır.

Ülkemizde yapı çeliği kullanım alanı olarak daha çok endüstri ve sanayi yapılarında, köprü, yol, viyadük yapımlarında, spor salonları, sergi ve konferans salonları gibi büyük açıklıkların geçilmesi gereken yapılarda tercih edilmektedir. Dünya çapında çelik üretiminde ön sıralarda yer almamıza rağmen bu potansiyel inşaat sektörüne pek yansımamıştır (Kurtay ve Badem, 2004: 357). Ülkemizde daha çok geleneksel yöntemlerle yapılan inşaatlar ve demir donatılı betonarme yapı sistemleri tercih edilmektedir. 17 Ağustos Marmara ve 12 Kasım 1999 Düzce depremlerinden sonra çelik taşıyıcı sistemler gündeme gelmiş ve alternatif bir inşaat yöntemi olarak kullanılabileceği tartışılmıştır. Yine de ülkemizdeki inşaat hacmine bakıldığında çelik malzemeye taşıyıcı sistem olarak gereken değer verilmediği görülmektedir. Özellikle depreme dayanımı yüksek olması nedeniyle ülkemizde tercih edilmesi gerekmektedir.

Deprem bölgeleri içinde yer alması nedeniyle Türkiye'de yapısal çeliğin mimari kullanımının artırılmasına ihtiyaç vardır. Çelik binaların yapısal bütünlüğüne ve bu ülkede üretilen çelik miktarına rağmen inşaat sektöründe çelik kullanımında belirgin bir eksiklik var. Kullanımını teşvik etmek için mimarlık ve mimarlık eğitimi avantajlarına odaklanılmalıdır.

2.1. Malzeme Olarak Çelik

Yapı çeliği % 90 oranında geri dönüştürülebilen bir malzemedir. Bu dönüştürme işlemi kaç kere tekrar edilirse edilsin özelliğini kaybetmez ve çevreye zarar vermez. Çelik malzeme; temel olarak bakıldığında Demir (Fe) ve Karbon (C) alaşımından oluşur. En önemli katkı malzemesi olan Karbon, dayanımı ve sertliği artırır ancak belli bir değeri geçmemelidir (%0,16-%0,22). Yapısında sadece karbon bulunması bazı özelliklerini sınırlandırdığı için Alüminyum (Al), Krom (Cr), Nikel (Ni), Manganez (Mn), Fosfor (P), Kükürt (S), Silisyum (Si), Molibden (Mo), Vanadyum (V) ve Tungsten (W) gibi elementler de eklenerek daha fazla özellikli hale getirilir. Bu şekilde çeşitli elementlerle yapılan alaşım sayesinde yapı çeliğinin dayanımı artırılırken birçok nitelik de kazandırılmış olur. Bunlar; soğuk ve sıcak şekillendirilebilme yeteneğinin artması, korozyon riskinin azalması, yüksek sıcaklık dayanımının artması, küçük tanecikli yapı kazanması, dökülebilirlik ve dövülebilirliğin artması, kaynak edilebilme özelliği kazanması ve talaşlı imalata uygunluğun iyileştirilmesidir (Mahmud, 2017: 10).

Diğer tüm metaller gibi çelik de doğal maden cevherlerinden oluşturulur. Demir cevherinin yüksek dereceli fırınlarda kok kömürü ile yakılması sonucunda ham demir elde edilir. Elde edilen bu ham demirde %2 'ye kadar karbon bulunabilir. Demir cevheri doğada oksit, hidroksit veya karbonat halinde bulunur. Bu karışımlarda bulunan zararlı maddeler belirli bir yüzdeye kadar uzaklaştırılırken, kalitesi ve kabiliyetinin artması için belirtilen elementler eklenmektedir. İlave edilen bu maddeler çeliğin mukavemetini artırdığı için sıcakta şekillendirilmesini de kolaylaştırmaktadır (Deng vd., 2020: 8).

Karbonun, çeliğin mukavemetine etkisi fazladır. Karbon miktarı ağırlık olarak 17/1000'den fazla olursa, çeliğin işlenmesi mümkün olmaz. Diğer zararlı maddelerin ve karbonun, yüksek fırınlarda yüzde miktarlarının azaltılması için çalışılır. Zararı dokunan maddelerin en başında fosfor gelir. Fosfor, çeliğin çok gevrek olmasına ve çabuk kırılmasına sebebiyet verir. %2 Fosfor içeren bir çelik yere düştüğünde cam gibi kırılır

ve parçalanır. İkinci sırada zararlı madde olarak kükürt gelir. Kükürt oranının sınırı aşması çeliğin yüksek sıcaklıkta gevremesine ve kırılmasına neden olur (Lawson ve Ogden, 2008: 729).

Yapı çeliğini malzeme açısından normal ve yüksek dayanımlı olmak suretiyle ikiye ayırabiliriz. Yapı işlerinde normal dayanımlı Alman normuna göre ST37 olarak adlandırılan Thomas çeliği kullanılır. Normal yapı çeliği de diyebileceğimiz ST37, haddeden geçirilmiş genellikle yuvarlak çubuklar halinde üretilen yumuşak çeliktir. Bu çeliğin kırılma dayanımı $3700-4200 \text{ kg/cm}^2$ 'dir. Akma dayanım sınırı $2000/2600 \text{ kg/cm}^2$ dir. Elastisite modülü $2.100.000 \text{ kg/cm}^2$ 'dir. Yüksek dayanımlı çeliklerin akma sınırı 3000 kg/cm^2 dir. Bu çelikler daha üstündürler ve ST 50 (3000 kg/cm^2) ile ST 52 (3600 kg/cm^2) olarak tanınırlar (Çelik, 2003: 18).

Çelik yapı malzemesi ahşap ve betonarmeye oranla daha homojendir ve izotrop (bir malzemede tüm özelliklerin her yerinde aynı olması) bir yapısı vardır. Bu durum malzemenin esnekliğini ahşap malzemeden 21, betonarme malzemeden ise 10 kat daha fazla yapmaktadır. Çelik malzeme fabrika ortamında milimetrik ölçülerin bile en hassas düzeyde üretilmesine imkân tanımaktadır (Mahmud, 2017: 9).

2.1.1 Çelik Malzemenin Üretimi ve Isıl İşlemi

Demir cevherinden iki aşamada üretilen çelik malzeme birinci aşamada demir cevherinden ham demir elde edilerek ikinci aşamada ise bu ham demirden çelik elde edilerek tamamlanır. Özel endüstriyel fırınlarda hurda demir ve diğer elementler karıştırılarak font (pik) elde edilir. Pik demirde %4 oranında Karbon bulunduğu için işlenebilme özelliği yoktur. Sonrasında demir cevheri Thomas Konvertörü, Siemens-Martin Fırını ve Elektrikli Ark Fırınları gibi ileri özelleşmiş fırınlarda kok kömürü yakılarak ergitilir ve muhtevasına yukarıda bahsedilen çeşitli elementler de katılarak çelik malzemesi elde edilmiş olur. Bu fırınlardan akışkan halde çıkan çelik ingot (külçe) kalıplara dökülür ve kütük denilen dökme kalıplarda haddelenmek suretiyle çeşitli şekillerde çelik ürün elde edilmiş olur.

Sıvı halde bulunan çeliğin donması esnasında içerisinde bulunan monoksitten dolayı gaz kabarcıkları oluşur. Bu çeliğe gazı alınmamış çelik denir. Ardından çeliğin içerisinde Silisyum, Alüminyum ve Kalsiyum eklenerek ergimiş çelikte bulunan Oksijen kabarcıklarına bağlanır ve gaz kabarcıkları giderilmiş olur. Bu aşamanın

ardından elik gazı alınmış elik olarak adlandırılır. elik bu haliyle bir takım mekanik özellikler kazanır ve kaynak kabiliyeti yönünden üstün hale gelir (Hasırcı, 2020: 22).

elik, demir ve farklı miktarlarda karbondan oluşan bir alaşımdır. Bu malzemeye şekil vermek ve güçlendirmek için başka alaşım elementleri eklenebildiği gibi farklı yöntemler de kullanılarak şekil verilip dayanımı artırılabilir. Soğuk şekillendirme, sıcak haddeleme, ıslah edilme, tavlama gibi ısıl işlemeler yapılarak çeliğe istenilen şekiller verilebilmektedir (Akdoğan, 2008: 11).

Tarihte metallere uygulanan ısıl işlemin ne zaman başladığı tam olarak bilinmemektedir. Öte yandan demirin sertleşmesi için kızıl hale gelene kadar ısıtıldığı ve ardından suya veya hayvansal yağlara daldırmak suretiyle bir işlemden geçirildiği bilinmektedir. Günümüzde ise ısıl işlem ileri teknoloji içeren teknikler ve ekipmanlar eşliğinde yapılmaktadır. elik, demir ve belli oranda karbon elementinden oluşan bir alaşım türüdür. Bu yüzden karbon miktarında en hassas değişim (rneğin %0,8) ile çeliğin ısıtıldığı sıcaklıktan soğutulmasındaki basamaklar oldukça önemlidir ve kalitesinde büyük değişimlere yol açabilir. Hızlı soğutma veya sulama işlemleri çeliği daha kırılğan yapabilirken yavaş soğutma veya tavlama çeliği daha yumuşak ve sünek yapacaktır. Bu durumlar çeliğin içerisinde bulunan elementlerin sayısı, cinsi ve dağılımı ile ilgilidir. Özel uygulamalar ve tasarımlar için çeliğe mangan, nikel, molibden, silisyum gibi ısıl işlemlerde davranışını değiştiren ve özelliklerini iyileştirmesini sağlayan elementler katılmaktadır. Bütün eliklerin ısıl işleminde ana amaç çeliği belli bir sıcaklığa kadar ısıtıp o sıcaklıkta belli bir süre tutmak ve daha önceden belirlenmiş olan hızda soğutmaktır. Isıl işlemin yapılmasının iki amacı vardır. Bunlar elik ürünü şekillendirmek ve malzemenin kullanım özelliklerini iyileştirmektir (Hasırcı, 2020: 24).

2.1.2. elik Yapı Bileşenleri

2.1.2.1. Hadde rnleri

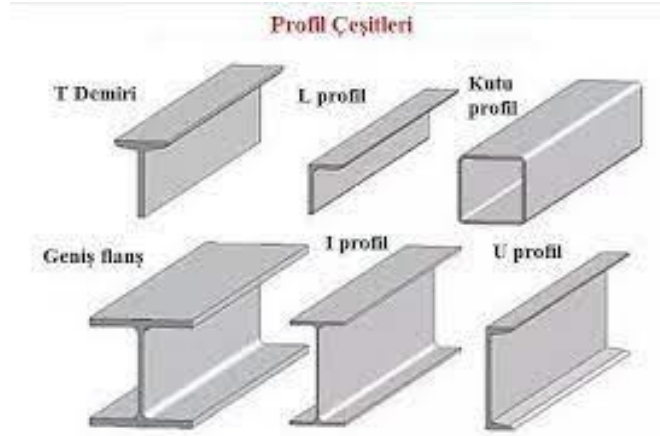
elik malzemesini tel, çubuk ve profil haline getirmek için kullanılan çeşitli şekilde ve boyutlarda delikleri olan alete hadde denir. Bu deliklerden çekilerek şekil verilen madenler sıcak çekme ve soğuk çekme olarak iki şekilde yapılır (Yıldırım, 2011: 65).

2.1.2.1.1. Profiller

Çelik yapı bileşeni olarak kullanılan profil çeşitleri Şekil 2’de gösterilmiştir.

- I profiller
- L profiller
- T profiller
- Kutu profiller
- Boru profiller

Şekil 2. Çelik Profillerin Çeşitleri



Kaynak: www.tucsa.org.tr, online erişim tarihi: 2020

2.1.2.1.2. Lamalar

Lamalar dikdörtgen çelik halinde bulunan yapı elemanıdır ve çeşitleri aşağıda verilmiştir. Lama çeşitleri Şekil 3’te gösterilmiştir (Demirel ve Özkan, 2003: 15).

- Yassı lamalar,
- İnce lamalar,
- Geniş lamalar.

Şekil 3. Çelik Lamaların Çeşitleri



Kaynak: www.tucsa.org.tr, online erişim tarihi: 2020

2.1.2.1.3. Levhalar

Levhalar boyuna ve enine göre kalınlığı az olan ve 10 mm'den ince çelik yapı elemanıdır. Şekil 4'te çelik levha örnekleri gösterilmiştir.

- Düz levhalar
- Kubbeli levhalar
- Silindirik levhalar
- Oluklu levhalar

Şekil 4. Çelik Levhalar



Kaynak: www.tucsa.org.tr, online erişim tarihi: 2020

2.1.2.2. Döküm Ürünleri

Köprü birleşim ürünleri gibi bazı karışık şekilli yapı kısımları çelik üretim atölyelerinde döküm yoluyla üretilir. Kullanılan malzeme çeşitleri aşağıdadır.

- Çelik font
- Su çeliği
- Gri font çeliği

2.1.2.3. Çelik Bağlantı Elemanları

Çelik yapılar hazırlanan projelere göre kesilmiş hadde ürünlerinin birleştirilip bağlantılarının kurulmasıyla meydana gelirler. Yapıyı tamamlayacak olan çelik parçalarının statik hesaplaması ve mukavemeti açısından beraber uyum içinde çalışmasını sağlayan araçlara “çelik bağlantı elemanları” denir. Bağlantı (birleşim) elemanlarının görevi birleştirmiş oldukları çelik parçalarının birlikte çalışmasını sağlamaktır. Bu durum oluşabilecek gerilmeleri, çekmeleri ve ani yükleri bağlantı elemanı aracılığı ile güvenli bir şekilde birbirine aktarması anlamına gelmektedir. (Özgen ve Bayramoğlu, 2002: 11).

- Perçinli birleşimler
- Bulonlu (civata) birleşimler
- Kaynaklı birleşimler

2.1.2.4. Çelik Taşıyıcı Elemanlar

Bir yapının taşıyıcı malzemesinin seçimi en önemli kriter olduğundan yapının tümünü ilgilendirmektedir. Yapılara en başta yer çekimi olmak üzere çeşitli yükler etki etmektedir. Bunlar düşey ve yatay yüklerdir. Düşey yükler yer çekimi kuvvetine tabi olan tüm ağırlıklar (binanın ağırlığı, insanlar, eşyalar vb.), yatay yüklere ise deprem ve rüzgâr örneğini verebiliriz. İşte tüm bu yüklere maruz kalan ve yükleri zemine aktaran o yapının taşıyıcı elemanları olmaktadır. Bunlar aşağıda belirtilmektedir (Çelik, 2003: 14).

- Çelik kolonlar
- Kirişler

- Döşemeler.

2.2. Çelik Yapım Sistemleri ve Gelişim Süreci

Geçmişe bakıldığında 18. yüzyılın ortalarına kadar inşaat malzemesi olarak taş, ahşap ve tuğla kullanılıyordu. Ancak modern dünyanın gelişmesi, sanayi ve endüstri devrimiyle insanların gereksinimleri değişirken bir yandan da ihtiyaç duyulan yapılar da değişmiştir. Günün şartlarına uyumlu, geniş açıklıklı ve daha yüksek binalara talep artışı gözlenmiştir. Yapı biçimi, değişen inşaat sektörü, bu talepleri karşılamak adına çelik taşıyıcı sistemleri çözüm olarak görmüştür çelik malzeme hızla tüketilmeye başlanmıştır (Mahmud, 2017: 15). Dünya’da metal üretiminin %95’i demir cevherinden oluşmaktadır. Bunun sebebi demir cevherinin karbon elementi ile birleştirilip çeşitli sıcaklıklarda alaşım haline getirilerek çok farklı formlar ve özellikler kazandırılmasıdır. Böylece en yaygın kullanılan ve üstün mühendislik çözümleri üreten yapı tekniği haline gelmiştir. Tanilli (2010), yaptığı çalışmada demir-çelik teknolojisinin bu özelliklerinin gelişmekte olan ülkemiz için stratejik bir sektör olduğunu ifade etmiştir.

20. yüzyılın başlarında dünyada çeliğin tüketimi 28 milyon ton iken sonlarına doğru 780 milyon tona ulaştığı görülmektedir (Kayır, 2007: 3). 2006 yılında dünyada ham demir çelik üretimi 1 milyar 240 milyon ton olup bu üretimin üçte birini Çin sağlamaktadır.

Paslanmaz çelik özelliği, içerisinde bulunan karbon elementinin havayla teması sonrasında üzerinde ince ve sağlam bir krom oksit tabakası oluşmasıyla gerçekleşir. Bu krom oksit tabakası zamanla aşınır ve kalksa bile alt katmandaki krom havayla temas ettiğinde yenilenecek ve paslanmaz özellikli katman yeniden oluşacaktır. Bu durumda çeliğe kendini yenileyebilme özelliğini katmış olmaktadır. Paslanmaz çeliğin ilk üretimi 1910’lu yıllarda Almanya ve İngiltere’de gerçekleştirilmiştir. Günümüzde ise Çin çelik üretiminin başını çekmektedir (Ordu, 2013: 6).

Türkiye’de çelik üretimi ilk olarak savunma sanayinin ihtiyaçlarını karşılamak üzere 1928 yılında Kırıkkale’de başlamıştır (Ersöz vd., 2016: 6). İlk bütünleşmiş demir-çelik tesisi ise Karabük Demir Çelik Fabrikaları (KARDEMİR) ismiyle 1939 yılında kurulmuştur. İkinci tesis Ereğli Demir Çelik Fabrikaları (ERDEMİR) olarak 1965’te kurulmuştur. Daha sonra 1977 yılında İskenderun Demir Çelik Fabrikası (İSDEMİR) açılmıştır. Türkiye’de sayısı ilerleyen yıllarda daha da artan demir çelik fabrikalarından

11 tanesinin 2 milyon ton kapasitesi, 8 tanesinin 1-2 milyon ton arasında, 6 tanesinin 500 bin ile 1 milyon ton arasında, 6 tanesinin de 50 bin ile 500 bin ton arasında ham çelik üretebilme kapasitesi bulunan çeşitli büyüklüklerde fabrikalar bulunmaktadır (Ersöz vd., 2016: 7).

20. yüzyılın sonlarında artık çeliğin geleceğin yapı malzemesi ve teknolojisi olduğu anlaşılmıştı (Tahmilci, 2007). Ülke ekonomisinin geliştirilmesi de demir-çelik sektöründeki gelişmeler ile bağlantılı olduğu anlaşılmıştı. Günümüzde ise üstün teknolojilerle üretimi yapılan ve birçok alanda kullanılan çelik malzeme hem gençlere yeni iş olanakları yaratan hem de geniş kitlelere daha refah, güvenli ve sürdürülebilir bir yaşam vaat eden mühim bir sektördür (Kayır, 2016: 890).

2.3. Çelik Malzemenin Avantajları ve Dezavantajları

Depreme karşı avantajlar aşağıda sıralanmıştır (Çırpan, 2017: 16).

- Çelik, malzeme açısından yüksek dayanımlı ve hafif olduğu için taşıyıcı sistemi çelik olan binalarda öz ağırlığının taşıdığı yüke oranla daha küçük olmasından dolayı yapının toplam ağırlığı azalacağından depreme dayanıklıdır. Yapının ağırlığının az olması depremde istenilecek bir durumdur.
- Betona oranla 10 kat daha fazla esnek olan çelik malzeme deprem titreşimlerine, dinamik yüklere, stabilite sorunlarına uygun bir davranış göstermektedir.
- Yapı çeliğinin sünek bir yapıda olması ve tekrarlayan yüklere karşı kırılmadan durabilme yeteneği onu depreme dayanıklı hale getirmektedir.
- Yapılara yatay yük uygulayan deprem kuvvetine karşı çelik malzeme büyük deformasyonlar ile dayanım sağlamaktadır.
- Taşıyıcı sistemi çelik olan yapılarda birleşim noktalarının dönebilen olması sebebiyle dinamik enerjiyi azaltmakta ve destek olmaktadır.
- Depremlerde ağır hasar alan betonarme yapıların aksine çelik taşıyıcı ve çelik çerçeveli yapıların hasar alması sonrasında geniş çaplı bir yıkım yahut sökme takma olmaksızın ekonomik düzeyde onarılabilir.

- Çelik malzeme küresel anlamda en çok geri dönüştürülebilen yapı malzemesidir. Örneğin, çelik hurda malzeme %100 çelik malzemesine dönüşebilir ve doğru üretim yapıldığında güvenilir ve ekonomiktir.

Diğer avantajlar aşağıda sıralanmıştır (Aghayere ve Vigil, 2015: 12, Beyhan, 2015: 10).

- Çelik yapı malzemesi prefabrik olarak üretilir ve şantiye alanında ustalar tarafından montajı yapılır. Bu durum malzeme kalitesinin belli bir standartta kalmasını sağlar ve inşaat süresi hava koşullarından etkilenmediği için uzamaz.
- Yüksek mukavemetli olduğundan malzeme gideri oldukça azdır ve kullanıldığı yapının öz ağırlığının düşük olmasını sağlayarak yapıyı hafifletir (Özkan, 2013: 19).
- Çekme ve basınç mukavemetleri eşit olduğundan çekme mukavemeti düşük diğer yapı malzemeleriyle yapılamayan yapı çeşitleri çelik malzeme sayesinde yapılabilir hale gelmektedir.
- Süneklik (esneklik) modülü çok yüksek olduğu için yapıya esneklik kazandırır ve eğilme rijitliğinin etkin olduğu yerlerde uygulanabilir hale gelir.
- Çelik yapılarda değişiklik ve onarım yapmak oldukça kolaydır.
- Çelik malzemenin tekrar kullanım özelliği olduğu için yapı sökülüp başka bir yerde malzeme kaybı olmaksızın tekrar oluşturulabilir. Bu da sürdürülebilir inşaat ve yapı anlamına gelmektedir (Eren ve Başarır, 2013: 131).
- Çelik elemanlardaki form zenginliği ve çelik türlerinin çeşitliliğiyle mimar ve mühendisler daha yaratıcı ve estetik yapılar yapabilme olanağı tanımaktadır.
- Yapı ürünleri bir standarda göre üretildiği için denetimi kolaydır.
- Tahmin edilenin aksine çelik yapılar ekonomiktir.
- Bir sarsıntının ardından yahut uzun bir zaman aralığı geçtikten sonra güçlendirme çalışmaları kolaylıkla yapılabilir.

- Çok katlı binalar ile gökdelenler yapabilmeye izin verirken geniş açıklıkları da kolonsuz geçebilme imkânı sağlar.
- Mimarlara tasarımda özgürlük sağlar (Aghayere ve Vigil, 2015: 12; Beyhan, 2015: 10).

Dezavantajlar aşağıda sıralanmıştır (Ay vd. 2010: 10):

- Çelik malzeme yanıcı olmamakla birlikte maruz kaldığı sıcaklık yükseldikçe mukavemeti ve elastiklik modülü hızla düşmektedir. Çelik iyi bir ısı iletkeni olduğundan ısınan bölgesi zayıflar ve yayılır.
- Çelik korozyona karşı hassas bir malzeme olduğundan özellikle dış hava koşullarına ve suya maruz kaldığı durumlarda olumsuz etkilenmektedir.
- Ses ve ısı açısından iyi bir iletken olan çelik malzemeden yapılan yapılarda yalıtım malzemelerine dikkat edilmelidir.
- Yapımı kalifiye işçilik gerektirmektedir.

Çelik yapıların tüm avantaj ve kolaylıklarına rağmen bir takım olumsuz özellikleri de bulunmaktadır. Ancak yapılarda kullanılacak çeliğin günümüz teknolojisinin geldiği nokta itibarıyla bu olumsuz özelliklerine cevap verebilmek zor olmamaktadır.

Yangın, tüm yapılarda olduğu gibi çelik yapılarda da risk faktörüdür. Önlem alınmadığı ve kontrol altına alınmadığı takdirde sonuçları çok ağır olabilmektedir. Öte yandan yangın yönetilebilir bir risktir. Biliniyor, tanımlanıyor ve yeterli önlemler alınarak yönetilebiliyorsa yangın bir afet, bir tehdit olmaktan çıkacaktır. Çelik yapısı gereği yanıcı bir malzeme değildir. Ancak belirli bir sıcaklıktan fazlasına maruz kaldığında taşıyıcı ve mekanik özelliklerini kaybetmektedir. 400 °C civarında çeliğin akma sınırı emniyet gerilmesi seviyesine düşer ve yangınlarda kolaylıkla ulaşılabilen bir seviye olan 600 °C’de ise emniyet gerilmesinin altına düşer. Yine bu sıcaklık seviyesine maruz kalmaya devam eden çeliğin akma sınırının yok olması nedeniyle çeliğin yapısındaki bağ kuvvetlerini azalır ve çelik Elastisite modülünü kaybetmeye başlar. 600 °C’de çeliğin elastisite modülü %40 oranında azalır. Bu durum çelik konstrüksiyon yapıların müsaade edilemeyecek kadar büyük şekil değiştirmelerine neden olur. Kolonların burkulmasına ve daha düşük taşıma gücüne inmesine neden olur (Beyhan,

2015: 23). Bu risklere karşı çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler aktif ve pasif yöntemler olarak ikiye ayrılmaktadır.

Aktif yöntemler (Eren ve Mayuk, 2013: 162);

- Dedektör ve alarmlar,
- Sprinkler sistemler,
- Gaz, toz ve köpük sistemi kullanımları,
- Kompartman oluşturulması (yangın bariyerleri),
- Kaçış yollarının belirlenmesi ve söndürme ekipmanlarının yerleştirilmesi,
- Yangına müdahale edecek personelin daha önceden belirlenmesi tatbikatının yapılması,
- Yapı döşemelerinin yangın yükünü artıran malzemelerden seçilmemesi.

Pasif Yöntemler (Demirel ve Özkan, 2003: 19);

- Özel alaşımlı yapısal çelik kullanmak,
- Çelik kutu profillerinin içini tam olarak ya da kısmi şekilde doldurmak,
- Çelik yapı elemanlarının üzerine alüminyum-silikat, perlit vb. karışımlar püskürtmek,
- Çelik yapı elemanlarının içinden su dolaştırmak,
- Isı karşısında 70 mm kalınlığına kadar genişlebilen özel boyalar ile boyamak,
- Çelik elemanları kutuya almak, plakalar ile yalıtım,
- Taşıyıcı yapı elemanlarını alçı, perlit ve tuğla ile kaplanmasıyla,
- Çelik elemanlarının beton ile kaplanması.

Çelik yapı elemanları bir takım çevresel etkiler nedeniyle zamanla zarar görebilmektedir. Çelik yapı bileşenlerini bünyelerinde önemli bozulmalara neden olabilen bu etkilerden biri korozyon etkisidir. Korozyon etkisi hem fiziksel hem de kimyasal bir hasar bırakabileceğinden dolayı çok önemlidir. Korozyon oluşumu yapı malzemesinde kütle kaybına sebep olduğu için eleman dayanımında ve kullanım ömründe azalmalar meydana getirir. Aynı zamanda kimyasal değişimlere neden olarak

malzemenin özelliklerinin değişimine yol açmaktadır. Bu yüzden korozyon hasarının oluşabilme ihtimali önceden hesaba katılarak yapılar inşa edilmelidir. Aksi takdirde tadilat, yenileme ve bakım işleri zahmetli ve pahalı olabilmektedir (Duysak, 2019: 21). Korozyon oluşumunun asıl nedeni metallerin kararsız yapıda oluşu ve doğada bulundukları forma geri dönme isteğidir. Genellikle köprüler, otoparklar, liman yapıları gibi atmosfere ve nemli ortamlara maruz kalan çelik yapılarda ortaya çıkmaktadır. (Xu vd., 2016: 55). Bu yüzden bu tür yapılarda durumun öngörülmesi zamanında önlem alınması gerekmektedir. Bu yüzden korozyona karşı gelebilmek için çeşitli çözümler üretilmiştir. Bunlar; pas önleyici boya yapılması, sıcak daldırma galvaniz yapılması ve termal püskürtme yapılmasıdır.

Çalı (2016) yaptığı çalışmada, üç farklı boyutlarda inşaat çeliği kullanmıştır. Bu çelikleri farklı sürelerde alüminyum alaşımı içine daldırmış (Galvanizleme) ve üzerlerinde farklı kalınlıklarda kaplama tabakası oluşmasını beklemiştir. Daha sonra korozyon oluşumunu inceleyebilmek için kaplama yapılan çelikleri ve kaplama yapılmayan çelikleri %3,5'lik NaCl çözeltisinin içine koymuştur. Bu deney sonrasında çelik malzemeler incelendiğinde kaplama yapılan çeliklerde korozyon (pas) meydana gelmezken kaplama olmayan çeliklerde ise ciddi miktarlarda korozyon oluşumu gözlenmiştir. Bu çalışma, korozyondan korunmanın mümkün olduğunu ve çelik malzeme için bu riskin ortadan kaldırılabilceğini göstermiştir.

2.4. Prefabrikasyon Çelik

Yaşanılan dünya değiştikçe içinde hayatımızı geçirdiğimiz yapılar da durdurulamayan bir değişime girmiştir. Sosyo-ekonomi ve teknolojinin gelişmesi çerçevesinde yeni yapım sistemleri ortaya çıkmıştır. Son zamanlarda bu sistemlerden en çok tercih edileni prefabrik yapılar olmuştur. Prefabrik yapılar her alanda kullanım kolaylığı sağlamasıyla ve inşaat sürecine farklı çözümler getirmesiyle mühendisler ve mimarlar tarafından daha çok tercih edilir olmuştur (Seitable ve Umaroğulları, 2020).

Prefabrik sözcüğü İngilizceden dilimize geçmiş olup, aslı 'prefabricate' kelimesi olan ve 'parçaları önceden hazırlanmış' anlamına gelen bir kelimedir. Fabrika ortamında bir projeye göre hazırlanmış olan yapı elemanları ve bileşenlerinin paketlenerek şantiye alanına nakledilmesi ve orada kurulması ya da monte edilmesi işine denir (<https://terim.rehberim.gen.tr>, 2021). Hız unsuru prefabrik yapıların tercih

edilmesindeki nedenlerin başında gelmektedir. Birinci Dünya savaşıdan sonra büyük hasar alan şehirlerin konut açığını kapatarak yaraların sarılması için prefabrikasyon önemli bir çözüm olmuştur (Maheri ve Nerimani, 2014: 80). Ayrıca doğal afetler, mülteci artışı ya da çeşitli faaliyetlerde ivedi ve güvenilir barınma ihtiyacını prefabrik yapılar karşılamaktadır. Bunun gibi artan talepler üzerine prefabrikasyon yapı sektörü hızla gelişim göstermektedir (Thuesen ve Hvam, 2011: 340).

Prefabrik olarak tasarlanan yapı projesinin kısa bir sürede tamamlanabilmesi, toplam maliyetinin az olması, yapı elemanlarında istenilen kalite ve dayanımın sağlanması, malzeme israfının azaltılması ve sürdürülebilir yapı olması, standardizasyon ve modülerizasyon imkânlarının artırılması ve şantiye alanındaki iş kazalarının en aza indirilmesi gibi olanaklarıyla sektörel büyüme hız kazanmaktadır (Baghchesaraei, 2015: 12). Hızla büyüyen bu teknolojiyi dünyada birçok ülke uzun süredir kullanıp inşaat alışkanlıklarına kazandırmasına rağmen ülkemiz henüz aynı gelişmeyi gösterememektedir. Ülkemizde 1960'lı yılların sonlarına doğru prefabrik yapı inşa edilmeye başlanmış ve yapı çeşidi olarak ise betonarme tercih edilmiştir (Amani ve Niyazi, 2018: 488). Çelik prefabrik yapılara geçebilmemiz daha uzun bir zaman almıştır. Şimdi de çelik prefabrik malzeme konut binalardan ziyade spor salonları, sergi ve konferans salonları gibi büyük açıklıkların geçilmesi gereken yerler ile diğer endüstri binalarında kullanıldığı için yetersiz kalmaktadır. Ülkemizde sanayi yapıları genellikle betonarme çelik karkas prefabrik yapı şeklinde üretilmişlerdir. Bu tip ön üretimli yapıların büyük bir kısmı sanayi amaçlı olup tek katlı, büyük açıklıklı ve temelden ankastre kolonludur. Bu yapıların deprem kuvveti altındaki davranışı çok basit gibi görünse de sistemlerindeki süreksizlikler dinamik yükler altında gerçek davranışlarını sadeleştirmediği için daha da karmaşıklaşmaktadır. Betonarme yapıların tasarım ve analizi betonun yapısındaki bilinmezliklerden dolayı yeterince zorken birde prefabrik betonarmedeki süreksizlikler eklenince depremin dinamik yükü altındaki davranışı daha karmaşık ve kontrol edilemez hale gelmektedir. Bu sanayi yapılarının durumu ülkemiz açısından oldukça önemlidir. Bundan 30 yıl öncesine kadar çelik prefabrik yapılar sanayi alanında bile kullanılmazken artık azda olsa konut yapılarında da kullanılmaya başlanmıştır. Fakat yeterince kullanılmamış olup asıl gerekli yerler olan deprem bölgelerinde yaygınlaşması beklenmektedir (Amani ve Niyazi, 2018: 489).

Prefabrik yapılar betonarme, çelik ve ahşap malzemeden üretilebilmektedirler. Ülkemizde en çok tercih edilen prefabrikasyon sistem ise hammadde betonarme kaynaklı prekast sistemlerdir. Betonarme malzemeler hem geleneksel yapı malzemesi olmasından hem de hammaddeye kolay ulaşım ve ekonomik olmasından dolayı ilk sırada yer almaktadır. Öte yandan çelik yapı malzemesiyle kurulan yapılar da bir o kadar ekonomik ve hatta betona göre daha sağlamdır. Mevzubahis düşünce alışkanlık ve çeliğe karşı oluşan önyargıların olmasından kaynaklanmaktadır (Aydın, 2007).

Çelik prefabrik yapılar soğuk haddelenmiş profillerden oluşan bir yapının taşıyıcı elemanları (kolon, kiriş, perde duvar) ile döşemelerden oluşan ve belirli ankraj kurallarına göre birleştirilmiş sistemlerdir. İlk uygulamalarını Almanya'da 1950 yıllarının sonunda görmekteyiz. Bugünkü halini alması ise 1980'li yılları bulmuştur. Amerika'da kullanılan ahşap evlerin yerini 1980'li yıllardan başlayarak hafif çelik yapılar almıştır (Ky vd., 2015: 73).

2.4.1. Hafif Çelik Konstrüksiyon Yapı Hakkında Bilgiler

Hafif çelik konstrüksiyon yapı alanında yerel bazda sektör analizi yapılmıştır. Bu doğrultuda Trabzon ilinde bulunan ve hafif çelik prefabrik konut inşa eden Aktaş Prefabrik Yapı'daki görevli olan inşaat mühendisleri ile görüşülmüştür. Yapılan görüşmede amaç malzeme, bölge ve fiyat karşılaştırması yapmaktır.

Çelik yapılar soğukta haddelenmiş hafif yapısal çelik malzemeden inşa edilmektedir. Yapılan bölgenin iklim şartları gözetilerek yalıtım yöntemleri kullanılır. Yapılan hafif çelik yapıların 100 ile 120 yıl arasında yapı ömrü vardır. Hafif çelik bir yapıyla aynı ebattaki betonarme bir yapının maliyeti ortalama aynı düzeydedir. Yapıyı söküp başka bir yerde yeniden yapmak istenildiğinde sadece %10 kayıp olduğunu belirtmektedirler (Aktaş Prefabrik Yapı, 2021). Çelik konutlar için 2 yıl montaj garantisi vermektedirler. Taşıyıcı sistemin galvanizli çelik profil olan duvar panellerinin yüzeyleri, şantiye sahasında alçı levha/A1 sınıfı yanmazlık özelliğine sahip doğal çimento levhası ile kaplanmaktadır. Trabzon Aktaş hafif çelik prefabrik yapıların teknik ve yapısal özellikleri aşağıda sıralanmıştır (Y. Keleş ve E. Aydın, kişisel iletişim, 16 Mart 2021).

- Yer betonunun üzerinde doğal çimentolu taban levha kaplaması bulunmaktadır.

- Duvarlar galvanize elik duvar konstrüksiyonundan oluşmaktadır. Nem bariyeri ile duvar arası yalıtım olarak osb (oriented strand board) ve alçıpan kullanılmaktadır.
- elik yapının dış duvarı 14 cm ve iç duvar 9 cm'dir.
- Dış kısımlarda 12 mm fibercement levha (ısı ve ses yalıtımı) ya da mantolama yalı baskı Amerikan siding kullanılmaktadır. İç kısımlarda osb+alçıpan kullanılmaktadır.
- Yalıtımlarda duvar panel karkaslarında taşıyünü ve duvar tipi camyünü kullanılmaktadır.
- İkinci kata çıkarken galvanize elik ara kat şasesi ve tavan alçıpanı kullanılır.
- Çatıda galvanize elik çatı konstrüksiyonu, çatı aşığı, osb çatı kaplaması, şilte camyünü yalıtım malzemesi ve alçıpan kullanılır.
- Çatı, elik çatı makas sistemi üzerine osb kaplanarak çatı sacı ile kapatılır (Aktaş Prefabrik Yapı, Trabzon, 2021).
- Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7'de yukarıdaki şartnameye göre inşa edilen bir konutun yapılış aşamaları gösterilmiştir. Tablo 2'de ise toplanan veriler doğrultusunda 120 m² bir konutun elik ve betonarme malzemeden yapıldığında ki farkları karşılaştırılmış olup elik yapıların avantajlarını belirterek var olan ön yargıyı kırmak amaçlanmıştır.

Şekil 5. Hafif Çelik Yapı Karkası



Kaynak: Trabzon Aktaş Prefabrik Yapı, erişim tarihi: 2021

Şekil 6. Hafif Çelik Yapının Yalıtım ve Levhalarla Tamamlanmış Hali



Kaynak: Trabzon Aktaş Prefabrik Yapı, erişim tarihi: 2021

Şekil 7. Hafif Çelik Yapının Dış Kaplaması ve Çatısının Tamamlanmış Hali



Kaynak: Trabzon Aktaş Prefabrik Yapı, erişim tarihi: 2021

Tablo 2. 120 m² Bir Konut için Hafif Çelik ve Betonarme Yapı Karşılaştırması

	Hafif çelik	Betonarme
Dayanım süresi	100-120 yıl	100 yıl
Yapım süresi	İki hafta	1 ay
Maliyet	200-230 bin TL	200-230 bin TL
Depreme dayanım	Çelik malzemenin sağladığı avantaj sayesinde depreme dayanıklıdır.	Beton yapı malzemesi çelik malzemeye göre 10 kat daha fazla kırılmalıdır.
Yangına dayanım	Çelik yanmaz bir malzemedir. Gerekli önlemler alındığında yangına dayanıklıdır.	Beton yanmaz bir malzemedir. Gerekli önlemler alındığında yangına dayanıklıdır.
Yalıtım	Gerekli yalıtım malzemesi kullanıldığı takdirde standart ısı ve ses yalıtımı sağlanmaktadır.	Gerekli yalıtım malzemesi kullanıldığı takdirde standart ısı ve ses yalıtım sağlanmaktadır.

Tablo 2. (Devamı)

	Hafif çelik	Betonarme
Sürdürülebilirlik	Yapı malzemeleri %100 geri dönüştürülebilir. Yapı elemanları demonte haline getirilip %10 kayıpla başka bir yerde tekrar kurulum sağlanabilir.	Betonarme bir yapının demir donatıları haricinde beton aksamı tekrar kullanılamamaktadır.

2.5. Ülkemizde Yapısal Çelik Kullanımı

Ülkemizde prefabrik çelik yapılar önceleri sadece şantiye binalarında kullanılırken artık konut olarak ve farklı sosyal amaçlı yapılan yapılarda da tercih edilmektedir. Yapı çeliğinin getirdiği avantajların fark edilmesinin yanı sıra prefabrik çelik malzemeye duyulan önyargının kırılması da bunun sebeplerindendir. Ülkemizde asıl olarak 1999 Marmara depreminden sonra yeni çözümler arayan inşaat sektörü çareyi prefabrik çelik malzemede bulmuştur. Akabinde yapısal çeliğin depreme dayanıklı olması, üretiminin standartlara uygun olup montajının kolay olması, malzemeden fire vermemesi, çevre dostu olması ve teknoloji geliştikçe uygulanabilirliğinin arttığının anlaşılması ile yaşadığımız yüzyılın yapı malzemesi olduğu kuşku götürmez bir gerçektir (Öztürk, 2010: 23).

ABD, Japonya, Çin, Fransa, Almanya, İsveç, İspanya gibi gelişmiş ve deprem kuşağında yer alan ülkelerde yapısal çelik kullanma oranı ciddi oranlara ulaşmış durumdadır (Susam, 2003: 11). Tablo 3'te gelişmiş dünya ülkelerinin 2010 ve 2020 yıllarındaki çelik yapı stoku yüzdelerinin değişim oranları verilmiştir. Tablo 3'te görüldüğü üzere ülkemizdeki çelik yapı oranı oldukça geride kalmıştır.

Tablo 3. 2010 ve 2020 Yıllarında Dünyada Çelik Prefabrik Konutların Diğer Yapı Çeşitlerine Göre Yüzdelерinin Karşılaştırılması

ÜLKELER	ÇELİK YAPI STOKU 2010	ÇELİK YAPI STOKU 2020
ABD	%25	%75
JAPONYA	%15	%75
ÇİN	%30	%80
İNGİLTERE	%10	%65
TÜRKİYE	%3	%10

Kaynak: Öztürk, 2010, www.tucsa.org.tr, online erişim tarihi: 2020

1999 yılında yaşanan elim depreme kadar pek gündeme gelmeyen çelik malzemeli konutlar 2000 yılından sonra daha fazla tercih edilmeye başlamıştır. Ancak 2010 yılına değin diğer yapı malzemelerinin arasında kendine %3'lük bir alan yaratabilmiştir. Özellikle depreme olan dayanımının bilinmesine karşın geleneksel yapı alışkanlıklarından vazgeçmek kolay olmamıştır. Tabloda görüldüğü gibi gelişmiş ülkelerin yapı stokunda 2010 yılından 2020 yılına kadar geline sürede büyük ilerleme olduğu gözlenmektedir. Türkiye'nin ise bu konuda ilerleyişi oldukça yavaş ve yetersiz kalmaktadır (Öztürk, 2010: 28, WSA, 2020).

Türkiye demir çelik üretiminde 2012 yılında %6'lık bir büyüme göstermiş ve dünya ekonomisindeki performansını oldukça artırmıştır. Bunun yanı sıra ihracatın %10 artmasıyla demir çelik üretimi 20 milyon ton olmuştur. Kaydedilen bu aşama ile Türkiye 2012 yılında iki kademe birden yükselerek dünya çelik üretiminde 8. sırada yer almıştır (Gür'eş, 2012: 4). Türkiye gösterdiği bu gelişmeler ile demir çelik alanında kayda değer başarı sağlamıştır. Ancak üretim artarken doğru orantılı olarak ülkemizde tüketim ve kullanım alanı artmamaktadır. Örneğin Van depreminin ardından bizzat yerinde yapılan araştırmalar ve alınan numuneler doğrultusunda yıkılan ya da büyük hasar alan binaların yerine çelik bina yapılacağı kararı alınmıştır ve siparişler dahi verilmeye başlanmıştır (Gür'eş, 2012: 5). Van depreminden sonra çelik yapıların

gündeme gelmesinin sebebi elbette depreme dayanımı ve hızlı yapım sürecidir. Van gibi kış mevsiminin zor geçtiği yerlerde inşaat süreleri olduğundan daha uzun hale gelmektedir (Şengül ve Turan 2015: 121). Hal böyle olunca afet sonrasında depremzedelerin çadırlardan ve konteynerlerden kalıcı konutlara geçebilmesi bir hayli zaman almaktadır. Tüm bu sebeplerin ortada olmasına rağmen birkaç örnek çelik yapı yapılmış olsa da bu girişimlerin sonu gelmemiştir. Bunun nedeni ise inşaat kültüründeki alışkanlıklar, afet bilinci ve güvenli yapı bilincinin halkta ve kamuda yerleşmemiş olması ve küçük karların can güvenliğinin önüne geçmesidir.

Dünya Çelik Birliği (World Steel Association)'nin verilerine göre Türkiye'nin doğrudan çelik ihracatı 2000 yılında 7.499 bin ton iken 2013 yılında 17.305 bin ton olmuştur. Totalde dünyada 405.283 bin ton çelik ihraç edilmiştir (WSA, 2015). Doğrudan çelik ithalatı ise Türkiye'de 2000 yılında 7.273 bin ton iken 2013 yılında 14.462 bin ton dur. Toplamda dünyada 358.078 bin ton ithalat gerçekleşmiştir. Çelik ürünlerde ihracat ve ithalattaki durumumuz ortadayken bu durumu yapı alanına yansıtamamaktayız. Çelik üretiminde dünyada önemli yeri ülkelerden bir tanesiyiz. Kişi başına düşen çelik miktarı 2000 yılında 212 kg iken 2013 yılında 413 kg olmuştur. Kişi başına düşen çelik miktarı, üretimi ve tüketimi bir ülkenin sanayileşmesinin ve gelişmişliği ile doğru orantılıdır. Bu yüzden çelik tüketiminin artırılması hedeflenmeli ve bu gibi yatırımlara önem verilmelidir (Mahmud, 2017: 18).

2019 yılında Dünya Çelik Birliğinin (64 ülke için) verilerine baktığımızda ise dünyada 1.875.155 bin ton çelik üretilmiştir. Bunun 966. 342 bin tonunu Çin üretirken ülkemiz 33.740 bin ton çelik üretimi yapmıştır. Çin'in ardından Hindistan (111.351 bin ton), Japonya (99.284 bin ton), ABD (87.761 bin ton), Rusya (71.897 bin ton), Güney Kore (71.412 bin ton), Almanya (39.627 bin ton), ardından da 34.123 bin ton ile Türkiye gelmektedir. Sıralamada görüldüğü üzere ülkemizde çelik üretimi hiçte azımsanmayacak ölçüdedir. Çelik birçok alanda (otomotiv, mekanik makineler, ev aletleri vs.) materyal olarak kullanılmaktadır ancak bunun yapısal alanda kullanımının artırılması gerekmektedir (WSA, 2015). Tablo 4'te çelik üreten ülkeler sıralamasında ilk onda yer alan ülkelerin 2021 yılında ürettikleri çelik miktarları ve bunların önceki yıllara göre değişimleri % olarak verilmiştir. 2021 yılında Türkiye üretimde yaptığı artışla Almanya'nın önüne geçmiş ve bu sıralamada yedinci olmuştur. Bu değerler çelik sektörü açısından oldukça önemlidir.

Tablo 4. En Büyük Ham Çelik Üreticisi 10 Ülke

Ülkeler	Ocak 2021(milyon ton)	% Değişim
Çin	90.2	6.8
Hindistan	10.0	7.6
Japonya	7.9	-3.9
Amerika Birleşik Devletleri	6.9	-9.9
Rusya	6.7	6.5
Güney Kore	6.0	4.9
Türkiye	3.4	12.7
Almanya	3.3	6.0
Brezilya	3.0	10.8
İran	2.7	10.2

Kaynak: www.worldsteel.org, 2021

2.6. Deprem Bölgelerine Çelik Prefabrik Konut Yapılması

Ülkemiz bulunduğu coğrafya dolayısıyla doğal afetlerle iç içe konumdadır. Bu doğal afetlerden en yıkıcı olanı ve en çok tesir bırakanı olan deprem afeti ile belli dönem aralıklarında karşılaşmaktayız. Deprem, şehirlerde hasar ve yıkımlara sebebiyet verirken insanların da evsiz kalmalarına yol açmaktadır. Bu bağlamda deprem sonrasında hasar almış yapıların yeniden yapılması ve insanların da barınak ihtiyacının karşılanması gerekmektedir. Deprem sonrasında yeniden yapılanma sürecinde ilk olarak depremedelerin barınma problemleri geçici yapılarla karşılanır. İkinci olarak yıkılan yapıların yerlerine kalıcı ve bir sonraki depremi sağlam karşılayacak yapılar inşa etmek gerekecektir (Kalkan vd., 2020: 155). İnşa edilecek bu yapıların geliştirilen stratejiler doğrultusunda deprem yönetmeliklerine, kentsel politikalara ve yasal imarlara uyularak yapılması gerekmektedir. Öte yandan deprem bölgelerine yapılacak olan binaların yapı malzemesi seçimi de oldukça önemlidir. Deprem bölgelerine çelik prefabrik yapı malzemesi tercih edilmesi çeliğin depreme karşı sağladığı mukavemet açısından önemlidir. Ayrıca yapısal çelik hafif olması nedeniyle depremin binaya uyguladığı kuvveti en aza indirebilmektedir (Yardımcı, 2006: 125).

Deprem genelde dünyanın yer kabuğunda (litosfer) meydana gelen bir takım kırılmalar (fay) nedeniyle titreşimlerin oluşması ve bu titreşimlerin dalgalar halinde

yeryüzünde yayılarak geçtiği alanları bu kuvvetle sarsmasıdır (İşçi, 2008). Sarsılan yeryüzünde çeşitli deformasyonlar oluşturan deprem kuvveti, mevcut yapılarda da ağır, orta dereceli ya da hafif hasarlar bırakmaktadır. Deprem kuvvetini $F=m.a$ olarak incelediğimizde 'F' deprem kuvvetini 'm' kütleyi 'a' hareketten kaynaklanan ivmeyi temsil eder (www.insaathesabi.com). Burada bahsedilen ivme yer hareketinden dolayı binada oluşan ivmedir. Bu formülden anlaşıldığı üzere deprem kuvvetinin boyutunu ivme ve kütle etkileyebilmektedir (Kılıç, 2017: 17). Bu demektir ki kütle yahut ivme katsayıları azalınca depremin etki ettiği kuvvet azalacaktır. Depremin ivmesini değiştiremeyeceğimiz için çareyi depreme maruz kalan kütleyi değiştirmekte aramalıyız. Deprem kuvvetine maruz kalan yapının kütlesi ne kadar büyükse yapıda oluşacak olan atalet kuvveti (sistemin ivmesiyle zıt yönde oluşu, eylemsizlik) de o kadar büyümüş olur (www.ktu.edu.tr, 2018). Buradan anlaşılabileceği üzere depreme dayanıklı bina yapmanın bir çaresi de hafif binalar yapabilmektir. Yapı malzemelerine bakıldığında aralarında en hafif olanı çelik malzemedir. Çelik malzeme, betonarme ve ahşap yapı malzemelerine oranla 10 kat daha hafif ve esnek bir yapıdadır (Mahmud, 2017: 20). Hafif olması yukarıda bahsedilen duruma örnek teşkil edip binaya etkiyen deprem kuvvetini azaltması sebebiyle depremin yıkıcı etkisini azaltmaktadır (Öz, 2018: 16). Öte yandan esnek bir yapıya sahip olan çelik malzeme beton gibi kırılgan olmadığından dolayı depremin binaya etkiyen kuvvetini sönümleyebilmektedir (Beşgül, 2006: 22). Böylece binanın deprem anında davranışı ilk aşamada yıkılmak yerine eğilip bükülmek olacağından dolayı depremzedelere kaçış süresi oluşturarak hayatta kalma imkânı tanıyacaktır. Aynı zamanda deprem karşısında yaşadığı binanın davranışından emin olan toplumda güvenlik kültürü gelişecek ve panik yapmaksızın evinde deprem sarsıntısının geçmesini bekleyecektir. Ülke olarak toplum tabanlı afet yönetimi denilen konunun uygulanmaya başlaması tamda burada gerçekleşecektir. Çünkü insan yaşadığı yapının bir deprem anında yıkılmayacağından emin olursa ancak panik yapmaz afet bilincini ortaya çıkarabilir. Aksi takdirde siz bir topluma ne kadar afet bilinci eğitimi verirseniz verin yaşadığı bina başına yıkıldıktan sonra bu eğitimlerin hiçbir topluma faydası olamaz. Bu hem can ve mal kaybı hem de zaman ve milli servet kaybı olacaktır.

Yapı kültürümüze dair geleneksel alışkanlıklarımız mevcuttur. Bu alışkanlıklar ne yazık ki zamanın dahi teknolojinin ilerlemesine bile direnç göstermektedir. İlk olarak değişmesi zor olduğunu düşündüğümüz alışkanlık sebebiyle ikinci olarak ise maliyet

açısından prefabrik elik malzemeden konut yapmanın dezavantajlı olduğu düşnlmektedir. Ancak durum tam aksi şekilde olup elik ev yapmak pahalı değildir ve dünya da elik üreten ülkeler sıralamasında ilk 10 ülkeden 7. sırada olduğumuzu hatırlarsak hammadde sorununuzun olmadığını da görmüş oluruz (WSA, 2020).

elik prefabrikasyon malzemenin depreme dayanıklılığı birçok bilimsel çalışmada belirtilmiş olup, birçok dünya ülkesi tarafından kanıksanmış durumdadır (avdar, 2017: 194). Bunun yanı sıra ülkemizde durum pek farklı değildir. elik malzemenin depreme betondan daha dayanıklı olduğu ülkemiz mimarları, mühendisleri ve hatta karar verici mekanizmaları tarafından kabul edilmiş durumdadır. Örneğin 24 Mart 2020 tarihinde 41 yurttaşımızı kaybettiğimiz, 75 binanın tamamen yıkılıp 645 binanın ise ağır hasar aldığı Elazığ depreminden bir gün sonra Cumhurbaşkanı Recep Tayyip Erdoğan “Yıkılan yerlerde vatandaşlarımızı bu geçici çadırlardan kurtarıp hemen elik konstrüksiyonla kalıcı konutlara alacağız” açıklamasını yapmıştır. Başka bir ifadeyle, deprem bölgelerine elik yapı malzemesi kullanılması gerektiğinin altını çizmiştir. Bu sözler güzel bir gelişmedir. Yapı alışkanlıklarımızı öncelikle szelde olsa değiştirmeye başlayacağımızın öncüsüdür. şu şekilde düşünmek gerektir ki zaten yıkılmış olan binaların yerine bir sonraki depremi sağlam karşılama olanağı yüksek olan elik malzemeyle yapmak en doğru afet sonrası iyileştirmesi ve en doğru devlet stratejisi olacaktır. Çünkü her depremde yıkılan konut sayısı hem can kaybını ifade ederken hem de milli servet kaybını ifade etmektedir. Biliniyor ki Bingl, Elazığ ve Malatya illerini en çok etkileyen bu deprem Doğu Anadolu fay hattı üzerinde gerçekleşmiştir. Yani burada belli bir zaman aralığından sonra tekrar deprem meydana gelme ihtimali yüksektir. Bir sonraki depremi sağlam karşılamak ise toplum tabanlı bir afet yönetimiyle olacağı gibi mevcut konutlarımızın yıkılmaması ile de sağlanacaktır.

Afet sonrası iyileştirme ve yeniden yapılandırma süreçlerinde iyi bir bütünleşik afet yönetim olgusu için yeniden yapılandırma basamağını sağlam geçmek gerekiyor. Aksi takdirde afet yönetimi döngüsel bir süreç olduğu için bir basamağının dahi eksik kalması bu zincirin zayıf olacağı ve afetler karşısında savunmasız kalacağımız anlamına gelmektedir.

Türk Yapısal elik Derneği Başkanı Prof. Dr. Nesrin Yardımcı Tiryakioğlu’na göre deprem bölgelerinde ya da çürük zeminli bölgelerde elik yapı kullanılması uygundur. Bu tip bölgelerde güvenli betonarme yapılar inşa edilebilir ancak çoğu kez bu

yapılar ekonomik olmaz ve deprem sonrasında kullanılması için güçlendirilmesi zaman alacak ve daha maliyetli olacaktır. Çelik yapıların esneklik özelliğinden dolayı depreme karşı güvenli bir yapı sistemi olduğunu belirten Tiryakioğlu, çelik strüktürün Türkiye’de yaygınlaşması gerektiğinin altını çizmiştir. Böylelikle insanlara deprem anında evlerinde kalmalarının daha güvenli olduğunu rahatlıkla söyleyebileceklerini belirtmiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. BAZI ÜLKELERİN DEPREM SONRASI YENİDEN YAPILANMA SÜREÇLERİNDEKİ MALZEME KULLANIMLARI

Doğal bir olayın sonucu olan deprem afeti meydana geldiğinde kentlerde ağır yıkımlara neden olarak toplumlarda büyük hasarlar oluşturur. İnsanların evsiz ve barınaksız kalmalarına sebep olarak ağır psikolojik travmalar geçirmelerine neden olur. Bu bağlamda deprem sonrasında insanların barınma sorunlarının çözülmesi, yıkılmış bölgelerdeki enkazların kaldırılması ve ivedi olarak yeniden yapılaşmaya geçilmesi gerekmektedir. Burada devreye iyi planlanmış bir afet yönetim sistemi girmelidir. Deprem olduktan sonra devreye girecek iyileştirme basamağının yeniden yapılanma sürecinde insanların barınma sorunu geçici konutlarla sağlanırken ardından yıkılan binaların yerlerine eskisinden de sağlam binaların yapılması gerekecektir. Bu binalar yapılırken tercih edilen yapı malzemesi oldukça önemlidir. Deprem bölgelerine uygun standartlarda olan yapı malzemesi tercih edilmelidir.

Yapılan araştırmalarda depreme en çok dayanabilen yapı malzemesinin çelik malzeme olduğu belirtilmiştir. Akabinde çelik binalar günümüzde hızla yayılarak önemli bir sektör haline gelmiştir (Çavdar, 2017: 196). Önemli olmasının başında gelen sebeplerde hafif ve mukavemeti yüksek olduğundan depreme en dayanıklı yapı çeşidi oluşu gelmektedir.

Çelik malzemenin önemli özelliklerinden bir tanesi de ekonomik oluşudur. İnşaat süresi oldukça kısa olduğundan işçilik masrafı da oldukça az olur. Ayrıca çeliğin geri dönüştürülerek kullanılıyor olması da hem ülke ekonomisine hem de çevreye fayda sağlamaktadır. Öte yandan çelik binalar kentsel dönüşümün de vazgeçilmezleri arasındadır. Çünkü çelik binalar kentsel düzeni sağlayarak çevreyi az kirletmektedirler. Bu yüzden dünyadaki birçok gelişmiş ülke kentsel dönüşümde ya da yeni bir kent inşa ederken çelik yapıların avantajlarını kullanmaktadır.

Dünya ülkelerine bakıldığında gelişmişlikle çelik kullanımının doğru orantılı olduğu görülmüştür. Aşağıda gelişmiş ve gelişmekte olan 4 ülkenin yeniden yapılandırma ve şehirleşme süreçlerinde çelik malzeme kullanımları hakkında bilgi verilmiştir.

3.1. Çin

Çin, dünyada çelik üreten ülkeler sıralamasında birinci sırada gelmektedir. 2019 yılında Dünya Çelik Birliği'nin (64 ülke için) verilerine baktığımızda ise dünyada 1.875.155 bin ton çelik üretimi yapılmıştır. Bunun 966.342 bin tonunu Çin üretmiştir. Bununla birlikte yapısal anlamda çelik malzeme kullanımı da oldukça fazladır (WSA, 2019: 2).

İnşaat, dünya çelik talebinin %50'sinden fazlasını oluşturan endüstrilerden biridir. 2019'da yayınlanan Birleşmiş Milletler raporuna göre önümüzdeki 30 yıl içerisinde dünya nüfusunun 2 milyar kişi artarak 7,7 milyardan, 2050 yılında 9,7 milyara ulaşması bekleniyor. 1,4 milyar nüfusuyla Çin dünyanın en kalabalık ülkesidir ve bu durum hızlı kentleşmeyi de beraberinde getirmektedir. Binalara ve alt yapıya olan ihtiyaç günden güne artmaktadır. Bu durum doğal kaynakları azaltmakta CO₂ emisyonunu artırmakta ve sürdürülebilirliğe zarar vermektedir. Çin artan nüfusunun kentleşme talebine çelik yapıların hızlı kurulum ve çözümleriyle cevap verebilmektedir (WSA, 2021: 4).

Çin, fay hatlarının yoğunluğu nedeniyle depremi sık yaşayan ülkelerden biridir. Öte yandan hızla artan nüfusuna yeni yerleşim çözümleri sunmak zorundadır. Bu yüzden çelik yapıların ekonomik ve hızlı kurulumundan yararlanmaktadırlar. Örneğin 30 katlı çelik binayı 15 günde kullanıma hazır hale getirmişlerdir (TUCSA, 2012: 1).

Shi vd. (2019) ifade ettiği üzere göre sismik tasarım, depremlerin yaygın olduğu bölgelerde yapısal tasarımın önemli bir alt kümesidir ve sismik izolasyon ile enerji yayma sistemleri bu kümenin önemli kavramlarıdır. Sismik tasarım için bu kavramlar deprem tehlikelerini anlamak ve yapısal performansı iyileştirmek için önemli bir yol göstermiştir. Orta ile büyük sismik koşullara maruz kalındığında sismik kuvvet, elemanların kesit alanının veya malzemenin mukavemetini artırmak yerine yapıların sertliğini veya sönümlemesini değiştirerek azaltılabilir. Bu nedenle bu elemanları imal etmek için kullanılan malzemelerin genellikle düşük akma mukavemeti, iyi süneklik ve mükemmel enerji yayma kapasitesi özelliklerine sahip olması gerekmektedir. Çin'de enerji dağıtımı için kullanılan ideal bir malzeme olarak düşük akma noktalı çelik (Low Yield Point Steel) geliştirilmiştir. İnşaat ve mühendislik uygulamalarında ülkeyi daha ileri bir noktaya taşıyacağı düşünülmektedir (Shi vd., 2019: 296).

Çin’de depremlerden etkilenmesi muhtemel önemli yapıların iyileştirilmesi öngörülmüştür. Bunlardan biri olan Çin’deki Chaoyang-Yuzhou 220kV trafo merkezinin ana kontrol binası araştırılmıştır. Trafo merkezinin ana kontrol binası, trafo merkezinin çalışmasında önemli bir rol oynayan elektrik kontrol ekipmanı ve hassas cihazlarla donatılmıştır. Depremlerde bu trafo merkezinin ana kontrol binasının hasar görmesi ya da içerisindeki hassas cihazların devrilmesi halinde sadece büyük bir ekonomik kayba neden olmakla kalmayacak aynı zamanda deprem sonrasındaki müdahale çalışmalarını da olumsuz etkileyecektir. Bu bağlamda mevcut trafo merkezinin sismik tasarımlarını güçlendirmek ve sismik tasarımını iyileştirmek için ana kontrol binasının prefabrik çelik yapı halinde üç boyutlu entegre modeli oluşturulmuştur. Bu modele göre iyileştirilmesi yapılmıştır. Ayrıca makale bundan sonraki yapılacak olan trafo merkezlerinin sismik tasarımlarının prefabrik çelik malzeme ile güçlendirilmiş şekilde yapılması gerektiğine dikkat çekmektedir (Chen vd. 2018: 4).

Zhang vd. (2021b)’ne göre Çin’de yapılan başka bir çalışmada orta ve yüksek yoğunlukta sismik bölgelere çelik yapı uygulamaları hakkındadır. Bu çalışmada çelik yapı sistemlerinin modüler olmasının avantajlarından bahsedilmektedir. Hem çevre dostu hem de deprem bölgelerine yapılacak çelik yapıların modüler sistemle yapılması gerektiği üzerinde durulmaktadır. Modüler çelik yapılar (Modular Steel Structures) bağlantı çekirdeği bölgesindeki gerilim seviyesini azaltabilir, yerel arızayı önleyebilir, plastik hasarın gelişimini kontrol edebilir ve bağlantının sünekliğini geliştirebilir. Aynı zamanda bu çalışma geleneksel şantiye inşaatının sürdürülebilir kalkınma gereksinimlerini karşılayamaması ve hızla artan nüfusa sahip bir ülke için yeni meskenlerin ivedi bir şekilde kurulması gerektiğine dikkat çekmiştir. Diğer yandan geleneksel inşaat tekniklerinde artan işçilik maliyetleri, kalifiye eleman eksikliği, iş güvenliği konularında eksiklikler bulunması nedeniyle yüksek inşaat verimliliği ve doğruluğu elde edilememekte olup hızlı üretim, üstün kalite, verimli malzeme ve enerji kullanımı kalemlerinde dezavantajlar oluşmaktadır (Zhang vd., 2021b: 11).

2015 yılında Belçika’nın Brüksel şehrinde 9. SteelChallenge Dünya Şampiyonası gerçekleşmiştir. Bu yarışmaya 34 ülkeden 1500 yarışmacı katılmıştır. Yarışmacılar endüstri ve öğrenci kategorisinde yarışmışlardır. Görev en düşük toplam maliyetle inşaat için yüksek mukavemetli çelik üretmektir. Dünya Çelik Birliği

tarafından düzenlenen yarışmada Endüstri kategorisinden Çin'deki Baosteel Group Corporation'dan bir katılımcı, öğrenci kategorisinden ise yine Çin'deki Chongqing Bilim ve Teknoloji Üniversitesi'nden bir grup öğrenci kazanmıştır (WSA, 2015: 2).

Çin dünyanın en kalabalık nüfusuna sahip ülkesi olma özelliği nedeniyle inşaat alanında yoğun bir biçimde konut üretmektedir. Bu bağlamda ülkeye hızlı, güvenilir ve dayanıklı yapı çözümleri gerekmektedir. Burada güvenilir, hızlı üretim ve kurulumu yapılabilen çelik prefabrik konutlar kurtarıcı olmaktadır. Ayrıca Çin içerdiği fay hatları itibarıyla depremi sık yaşayan ülkelerden biridir (Kalkan vd., 2020: 152). Bu sebeple çelik malzemenin avantajlarından en fazla yararlanan ülkelerden biri konumundadır.

3.2. Japonya

Sismik ve volkanik faaliyetlerin sık sık yaşandığı Japonya dört aktif tektonik plakanın (Pasifik Levhası, Kuzey Amerika Levhası, Avrasya Levhası ve Filipin Levhası) kesiştiği noktada Pasifik Ateş Halkası da denen bölgede bulunmaktadır. Levhaların kesişme noktasında bulunmasıyla hareketli bir sismik süreç kazanan Japonya deprem afetine yüksek derecede maruz kalmaktadır. Richter ölçeğine göre 6'dan büyük olan depremlerin %20'si 19. Yüzyıldan itibaren Japonya'da gerçekleşmiştir (Wariyatno vd., 2019:1).

Japonlar deprem tehlikesine karşı yaklaşık yüz yıl önce yapı yönetmeliklerine sismik tasarım kurallarını eklemişlerdir. 1923 yılında gerçekleşen büyük Kanto depreminin ardından 1924'te sismik tasarım kurallarını içeren ilk yapı standartları yayınlanmıştır (GFDRR, 2016: 6). Daha sonra geniş çaplı yeniliklerin olduğu bir yapı yönetmeliği 1981 yılında getirilmiştir. Getirilen bu yeni yönetmelik sayesinde 1981 yılından sonra yapılan binaların depreme dayanıklı oldukları kabul edilmektedir. Bunların ardından çelik yapılara ilişkin yapı kılavuzu 1979 yılında yayınlanmış ve çelik-betonarme yapılara ilişkin yapı kılavuzu 1986 yılında yayınlanmıştır (GFDRR, 2016: 7). Japonya sürekli deprem yaşayan bir ülke olarak şimdiki birikimlerini deneyimleyerek öğrenmiş ve revize etmiştir. En son güncel sismik tasarım yöntemleri ise binalarda plastik deformasyona izin verir ve küçük ve orta dereceli depremlerde elastik kalmasına olanak tanır. (Wariyatno vd., 2019:2). Plastik deformasyonun deprem enerjisini yutması beklenir. Mevcut depreme dayanıklı tasarım yönetiminde binaların sünekliği büyük depremlere dayanacak şekilde tasarlanmıştır. Japonya depremin

enerjisini sönümleyen çeşitli inşaat teknikleri kullanmasının yanı sıra çelik malzemenin süneklik ve hafiflik özelliklerinden de yararlanarak inşaat alanında kullanımını artırmıştır. Yapısal çelik elemanlarının deprem kuvveti altında kırılmadan deforme olarak deprem enerjisini sönümleyebilme özelliği modern inşaat teknik ve tasarımlarında vazgeçilmezleri olmuştur.

1995 yılında yaşanan Kobe (Great Hanshin) Depremi ardından Japonya’da çok katlı inşaat yönetmelikleri oluşturulmuştur. 1923 Kanto depreminden sonra en çok can kaybına ve milyarlarca maddi hasara sebep olan depremde, 6000 kişi hayatını kaybetmiş, 300.000 den fazla kişi evsiz kalmış ve 103.000 ev ağır hasar alarak yaşanılmaz hale gelmiştir (Demirtaş, 1995: 41). Japon halkı bu büyük depremten önemli dersler çıkarmış ve çok yüksek bütçeler ayırarak asla ödün verilmeyen inşaat yönetmelikleri hazırlamışlardır. Bu yönetmeliklere göre kurallar binaların yüksekliklerine göre belirlenmektedir. Alçak binalar, orta yükseklikte binalar ve yüksek binalar için farklı koruma yöntemleri bulunmaktadır. Üç ve daha az katlı binalarda metal donatı ile güçlendirilmiş duvarlar ve temelde belirli kalınlıkta levhaların yerleştirilmesi şartı koşulmaktadır. Orta ve yüksek binalarda binanın yeryüzü ile bağlantısını kesen taban izolasyonu sistemi kullanılmaktadır.

Japonya’da binalarda kullanılan taban izolatörleri yapının yeryüzü bağlantısını keserek hasar almamasını sağlamaktadır (www.structpedia.com, 2021). Yüksek yapıların depreme dayanıklı olmasının şartı esnek olmasına bağlıdır. İzolatör denilen bu sistemde binaların raylar üzerine yerleştirilmesi planlanır ve temeliyle birlikte yerkabuğundan ayrı hareket etmesi sağlanarak yapıya istenilen esneklik kazandırılmış olur. Temel yapılırken yerleştirilen bu sismik izolasyon sistemi kauçuk, çelik sönümleyiciler ve kurşun çekirdekten oluşur. Bu sismik izolasyon elemanları kolonların alt noktası ile kolon - temel arasına yerleştirilerek zeminden yapıya gelen deprem enerjisini absorbe ederler. Bu sayede binaya daha az kuvvet etki eder ve bina rijit (düşük deformasyon gösteren) bir cisim hareketi yaparak titreşimler engellenir. Yapıyı iki parçaya ayırarak deprem gibi dinamik kuvvetlerin üst yapıya daha az oranda iletilmesi sağlanır. Bu sayede yapının titreşimi engellenmiş olup sallanmasına fırsat verilir. Japonya’da gökdelenlerde dahi kullanılan bu sistem deprem sırasında temeli ile birlikte hareket etmekte ve iki yana 3 metreye kadar gidip gelmektedir (Şengel vd., 2009: 170). Amortisör mantığıyla hareket eden bina temeliyle birlikte katlar arasında

da esneme payı oluşacak şekilde inşa edilmiştir ve deprem bittiğinde tekrar yerine gelmektedir. Depreme dayanıklı yapılar inşa etmesiyle tanınan Japonya’da binalar titremiyor sallanıyor, esniyor ancak kırılmıyor.

2011 yılında Japonya yine çok büyük sınav vereceği bir depremle sarsılmıştır. Ülkenin kuzey doğusundaki Tohoku bölgesinde yerel saatle 14.46’da 9 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Büyük Doğu Japonya Depremi olarak da bilinen deprem, merkezinden 350 km uzaklıkta bulunan başkent Tokyo’da şiddetli bir biçimde hissedilmiştir. Resmi kayıtlara göre 20.000 kişinin hayatını kaybettiği depremde asıl yıkıcı rolü oynayan devasa tsunami dalgaları olmuştur (Güler vd., 2018). Deprem sonrasında Japon Meteoroloji Ajansı tarafından yapılan açıklamaya göre tsunami dalgalarının 3 metreyi bulacağı tahmin ediliyordu. Ancak yapılan incelemelerde tsunami dalgalarının ortalama 10-15 metre değerinde ölçülmüş olup bazı bölgelerde ise dev dalga boyutları 40 metreye kadar ulaşmıştır. Bir saatte oluşan dev tsunami dalgaları kıyıya 20 dakikada ulaşmış ve 2000 km’lik bir kıyı şeridini etkilemiştir. Japonya açıklarında meydana gelen bu deprem yeryüzünde kayda geçmiş en büyük beş depremden birisi olmuştur. Depremde 128.530 adet az katlı bina, 230.332 adet çok katlı bina ve 78 köprünün yıkılmasına yahut ağır hasar almasına neden olmuştur. Bu büyük deprem ardından ikincil afetler yaşanmasına sebebiyet vermiştir. Büyük ölçekte yangınlar, elektrik kesintileri ve nükleer kaynaklı afet yaşanmıştır. Fukushima Nükleer Santralinde sızıntıya neden olan dev tsunami dalgaları santralin soğutma sistemini bozmuş ve normalden 50 kat daha fazla radyoaktif atığın çevreye yayılmasına engel olunamamıştır. (Suppasri vd., 2013’ten aktaran, Güler vd., 2018). Fukushima ’da yaşanan bu nükleer felaket Çernobil’den sonra yaşanan en büyük nükleer afet olarak tarihe geçmiştir. Bu büyük deprem sonrasında Japonya’yı asıl yıkan tsunami olmuştur. Tsunami için dahi önlemler alınmış olsa da dalgalar beklenenden çok daha büyük olduğu yıkıcı etkisi kaçınılmaz hale gelmiştir. Öte yandan binalar pek hasar almamıştır.

Japonya günümüzde hem çelik üretimi hem de uygulamasında en gelişmiş ülkelerden biri konumundadır. Bu durum gerek yapısal çelikte gerekse diğer çelik malzemelerde teknolojiler geliştirmek için kapsamlı ar-ge çalışmaları sonucunda mümkün olmuştur. Japonya’da her yıl 600.000 konut inşa edilmekte ve bu konutların %40’ı çelik konstrüksiyondan oluşmaktadır. Japonya dünyanın en sismik bölgelerinden

biri üzerinde bulunmasından dolayı çelik yapılar, geçmişte çok büyük hasarlar bırakan ve insan kayıplarına neden olan depremlerden korunmak için ilk çare olmuştur.

Japonya her yıl yurt içinde 50 milyon ton çelik tüketiyor ve bu çeliğin %45'i yapısal alanda kullanılıyor (Kanno, 2015: 394). Çelik malzemenin genelde yüksek katlı binalarda kullanıldığı düşünülse de beş ve beşten az katlı yani orta yükseklikteki binalarda da kullanıldığı görülmektedir. Çelik yapı bileşenleri sıcak haddelenmiş ve soğuk şekillendirilmiş çelikler olarak üretilmektedir. İki yönlü sert çerçeve, kutu şeklindeki çelik kolonlar ve kaynaklı kolon kiriş bağlantıları kullanılmaktadır. Mevcut bağlantılarda süreklilik plakaları kullanılarak tamamen kaynaklanır ve sertleştirilir. Bu tasarımın uygulanması özellikle de kutu kolon uygulaması sağlamlığının her yönden aşırı depremlere karşı güvence altına alınması gereken bir sismik tasarım düşüncesinden geliştirilmiştir (Minami vd., 2018: 148).

Japonya'da yapısal çelik kullanımı 1960'lı yıllardan itibaren gittikçe artmıştır. 1968 yılında 156 metre yükseklikteki Kasumigaseki Binası, 1993 yılında Yokohama Landmark Tower (296 m) ve 2014 yılında da Abeno Harukas (300 m) gibi yüksek sembolik binalar inşa etmişlerdir. O zamanlar dünyanın en yüksek kulesi olan Tokyo kulesi (333 m) 1958 yılında inşa edilmişti. Devamında 2012'de Tokyo Skytree (634 m) inşa edildi ve o yıl dünyadaki en yüksek bina rekorunu tekrar kırdı. İnşaat alanındaki bu gelişmeler yüksek binaların inşasını mümkün kılan yüksek mukavemetli çelikler üretmeyi gerekli kılıyordu (Tsuyama, 2014: 72). Aynı zamanda çeşitli yüksek performanslı çelikler sayesinde dünyadaki en bağımsız yapıların inşa edilmesine katkıda bulunmuşlardır. Japonya'daki çelik yapılar, Japonların güçlü inşa yöntemleriyle birleştiğinde çok yönlü, işlevsel, yenilikçi çelik malzemeler ve teknikler ortaya çıkmıştır (Kanno, 2016: 242).

1981 yılında binalar için sismik tasarımın değişmesiyle yapısal çeliğin gereksinimlerinden kaynaklanan yüksek mukavemetli çeliklerin uygulamasında bir takım gelişmeler olmuştur. Buna bir örnek 2001 de geliştirilen süper yüksek gerilim cıvatası (süper high-tension bolt)'dır. Korozyon mekanizmasına etki etmek için kullanılan bu cıvata korozyon nedeniyle oluşan kırılmalığa karşı direnç gösterir. Bu özelliği sayesinde çarpıcı bir mukavemet artışı elde edilmiştir (Kanno, 2015: 398). Japonya'nın bulunduğu konum ve akabinde hızlı büyümenin getirdiği ihtiyaçlar dolayısıyla çelik konstrüksiyon sektöründe daha da gelişeceği ve inovasyonlar

geliştireceği beklenmektedir (Kanno, 201: 404). Japonya’da konutlarla ilgili inovatif gelişmeler halkın afet bilinci ile birleştiğinde ortaya afete dirençli toplum denilen mekanizma çıkmaktadır. İnsanlara ne kadar fazla sayıda ya da sıklıkta afet bilinci eğitimi verirse verelim yaşadıkları yuvalarının afet durumunda yıkılmayacağından yahut az hasar alacağından emin kılmadıkça bütünüyle bir afet yönetim döngüsü beklenemez. Japon halkında olduğu üzere hem afetlere mukavemet gösteren yapılarda yaşayan hem de afet kültürü olan toplumlarda ancak tam bir afet yönetimi modelini görebiliriz.

3.3. Şili

Şili Güney Amerika’nın güneybatı kısmında Atlantik ve Pasifik okyanusları arasında yer alan uzun şerit şeklinde bir kıyı ülkesidir. Pasifik deprem kuşağında bulunan Şili, oldukça yüksek depremselliğe sahiptir (<https://ticaret.gov.tr/>, 2021). Şiddetli depremlerin, volkanik patlamaların ve tsunamilerin sıklıkla görüldüğü Şili, tarih boyunca meydana gelen depremlerin en büyüğü olan Richter ölçeğine göre Magnitudü 9.5 ölçülen Büyük Şili Depremi (Valdiva)’ni yaşamıştır. 22 Mayıs 1960 yılında gerçekleşen bu büyük depremde 1655 kişi hayatını kaybetmiş, 2 milyon kişi evsiz kalmıştır. Akabinde deprem, Avustralya, Hawaii, Japonya, California ve Filipinler’e kadar geniş bir bölgeyi etkilemiş ve tsunami dalgaları ile büyük yıkımlara sebebiyet vermiştir.

Şili sismoloji tarihinde birçok deprem yaşamıştır ve bu depremlerden önemli derslerle birlikte uzun vadeli stratejiler çıkarmıştır. Şili’de afetler karşısında yaşam biçimini değiştiren ve doğayla uyumlu bir yaşam biçimi seçen bir deprem kültürü oluşumu görmekteyiz. Deprem kültürü, toplumsal olarak depremler karşısında hazırlık, araştırma, deprem etkilerini en aza indirmek için yapılan çalışmalar gibi birçok konuyu içinde barındıran afet risk ve kriz yönetiminin oluşmasını sağlayan bilinçli toplum hareketlerinin tümüdür.

1960 Valdiva depremi Şili için bir milat olarak tanımlanabilir. Bu büyük deprem sonrasında Şili’de depreme hazırlık ve müdahale modeli oluşturulmuş ve her depremde eksiklerini görerek deprem yönetmeliklerine her seferinde yeni eklemeler yaparak ilerleme kaydetmişlerdir. Benimsedikleri bu model küresel anlamda birçok ülkeye örnek olmuştur. Burada etken olan yapı stoklarındaki donatılar ve sıkı güvenlik koşullarıdır.

Aynı zamanda Şili’de her deprem toplumsal bir öğreti şeklinde algılanmış ve davranış biçimlerini belirlemiştir. 1960 yılında yaşanan Büyük Şili Depremi ardından uzun vadeli stratejiler, afet riski yönetimi özellikle de yapılar için dayanıklılık kültürü benimsenerek bu sürecin sürdürülebilir olması sağlanmıştır (Yolcu ve Bekler, 2021: 72).

Şili’de çok sayıda can yaşanan son deprem 2010 yılında Concepcion şehri yakınlarındaki Maule depremi olmuştur. Bu deprem $M_w=8.8$ ’lik bir depremdi ve 500 kişi hayatını kaybetmişti (AFAD, 2010). Bu depremde bazı binalar ciddi hasar görürken bazıları da yıkıldı. Şili depremin ardından yönetmeliğinde yine birtakım güncellemeler yaparak toprak tepkisi üzerine çalışmalar yaptı ve toprakların nasıl sınıflandırılması gerektiği konusu üzerinde durdu. Maule Depremi’nin asıl yıkıcı etkisi olan tsunami dalgalarıydı ve yetkililerin tsunami uyarısını geç yapmasından dolayı tahliye zamanında gerçekleştirilemedi. Bu durum üzerine ülkede sismik sensör ağı ve telekomünikasyon üzerine ciddi çalışmalar ve harcamalar yapıldı. Öte yandan bu deprem Haiti’deki 7 büyüklüğündeki depremle karşılaştırıldığı zaman yıkıcı etkisinin oldukça az olduğunu görmekteyiz. Aynı yıl meydana gelen Haiti depreminde 250 bin insan hayatını kaybetmişti. Bu, Şili’de meydana gelen depremden 500 kat daha zayıftı (Barrientos, 2020).

Şili sıklıkla büyük depremler yaşamak olan kaderine yenik düşmeyi tercih etmedi ve her deprem sonrası payına düşeni aldı. Depremlere müdahale etmek ve yenilerine hazırlanmak adına oldukça sıkı çalışmalar yürüttü. Bilindiği üzere Şili dünyanın en gelişmiş ülkelerinden de değildir. Ancak ülkedeki bina kodları dünyanın en iyileri arasında kabul ediliyor ve bu zamana dek birçok depreme dayanıklı bina tekniği uygulanmıştır. Şu anda kullandıkları teknik ise güçlü kolon zayıf kiriş ismini verdikleri yeni sistemdir. Sistem şöyle ki binalar çelik çerçevelerle güçlendiriliyor ve sertleştirilmiş sağlam beton kolonlar üzerine oturtuluyor. Sertleştirilmiş beton kişiler, katları ve çatıyı oluşturmak amacıyla kolonların üzerine bağlanıyor. Bu mantığa göre bir deprem olduğunda kirişler en dipten kırılacak ve depremin enerjisini dağıtacak. Ardından çelik destekler ve kolonlar yıkılmayarak binayı ayakta tutabilecektir (www.mimdap.org, 2010).

27 Şubat 2010 Şili depreminin sonuçlarını incelemek üzere Kanada’dan bir yapı mühendisleri ve sismolog ekibi Şili’ye keşif hareketi gerçekleştirmiştir. Mevcut çelik

binaların iyi performans gösterdiklerini rapor etmişlerdir. Daha çok yapısal olmayan elemanların zarara sebep olduğu sonucunu çıkarmışlardır. Şili'nin sismik tasarım kodu (NCh4331996) ile Kanada sismik tasarım kodu (NBCC)'nu karşılaştırmışlardır. Bu iki sismik kodda benzerlikler bulunmakla birlikte Kanada'nın toprak yapısının Şili'ye göre daha yumuşak olması, Şili'nin daha sünek sistemler için sismik yüklerinin %30 oranında daha düşük olduğu gibi sonuçlara varılmıştır (Saatçioğlu vd., 2013: 725).

Şili hem toplum hem de devlet bazında deprem ve dayanıklılık kültürüne sahip bir ülke olmasından dolayı yapı stokunda çelik malzemenin avantajlarından yararlanmaktadır. Ülke, gelişmekte olan ülkeler arasında yer aldığından yerel malzeme olarak ahşap malzemenin de kullanımı olmakla birlikte hem çelik üretimi hem de ithalatı yapılmaktadır. Şili'yi en çok sarsan depremlerden biri olan 27 Şubat 2010 (Mw=8,8) depremi birçok faaliyeti durdurmuş ve ekonomik tahribat yaratmıştır. Ancak Gerdau şirketinin Şili yan kuruluşu olan Gerdau Aza şirketi 55 gün gibi kısa bir duraklama sonrasında çelik hadde tesislerindeki hasarı gidererek üretimi yeniden başlatmıştır. Başkent Santiago'da bulunan haddehaneler Mayıs ayından itibaren aylık 40 bin ton üzerinde üretim yaparak kaybedilen zamanı tekrar kazanmaya çalışacaklarını belirtmişlerdir. Ayrıca ülke kayıplarını telafi etmek adına 50 bin ton da çelik ithalatı yapmıştır. Alınan ürünler arasında inşaat çeliği ve levhaları ile çeşitli çelik ürünler bulunmaktadır (Weik, 2010: 74).

Şili'nin henüz gelişmekte olan ülkeler kategorisinde yer almasına rağmen 2010 yılında 520 bin ton olan çelik üretim kapasitesini 2019 yılında 1.133 tona çıkardığı görülmektedir (WSA, 2019). Bu durum ülkenin yeni ve teknolojik gelişme arayışlarına ve modern yapı kültürüne bakış açısını değerlendiren bir gelişmedir.

Kalkan vd. (2020) Şili Maule depremi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmaya göre Maule depreminde ülkenin %75'i yani 12 milyon kişi etkilenmiştir. Binaların %66'sının hasar gördüğü depremde 190.358 konut kullanılamaz hale gelmiştir. Geçmişinde yaşadığı depremlerden dolayı afet bilincinin yüksek olduğu ülkede dayanıklı binalar yapılmış olsa da deprem beklenilenin üzerinde olduğundan yeniden yapılaşmaya yönelik politikaların yeniden düzenlenmesi gerekmiştir. Bunun üzerine Şili'de deprem sonrası yeniden yapılandırma sürecinde olası afetler karşısında depreme dayanımı yüksek yapılar inşa etmek ve diğer tüm iyileştirme çalışmalarının toplum için kesintisiz devam etmesine yönelik stratejiler hedeflenmiştir. Ardından

depremzedeler için geçici prefabrik konutlar inşa edilmiştir. Şili'deki deprem sonrası yeniden yapılandırmada diğer ülkelere örnek teşkil edecek bir kamp modeli oluşturulmuştur. Bu modelde depremzedelere geçici konutlarını istek ve ihtiyaçlarına yönelik genişletebilmeleri için yeterli aralıklar bırakılmıştır (Camerio, 2013).

Şili hükümeti yaşanan bu acı depremi daha yaşanabilir kentler haline getirebilmek için adeta bir fırsat olarak görmüş ve planlama ve iyileştirme çalışmaları için alanında uzman bir ekip görevlendirmiştir. Görevlendirilen bu ekip yerel halk, yerel yöneticiler ve akademisyenlerle birlikte çalışmış daha iyi neler yapılabileceği konusunda fikir alışverişinde bulunmuşlardır. Bu bağlamda güvenlik ve deprem kültürü, kaliteli yaşam ve sürdürülebilirlik ilkeleri üzerinde durulmuştur. Ardından yeniden yapılandırma süreci için bir tasarım proje ekibi kurulmuştur. Bu ekipte gönüllü mimarlar ve mühendisler, yöneticiler ve yerel halkı temsil eden kişiler bulunmuştur. Bu süreçte halkın istek ve önerileri önemsenmiş ve projeler halk oylamasına sunulmuştur. Halk oylamaları sonucunda kenti olası tsunamilerden korumak adına sahil bölgelerindeki kıyı şeridinin yeşil alan olması, kalıcı konutlar yapılırken yarısını hükümet yaparken yarısını da vatandaşın kendi istek ve ihtiyacına göre tamamlaması, vatandaş evini tamamlarken hükümetin gerekli malzeme desteğini yapacağı gibi kararlar alınmıştır. Bu alınan kararlar neticesinde Şili'de deprem sonrası yeniden yapılandırma aşamasında ve sonrasında halk ve hükümet bu süreci beraber, uyumlu, planlı ve sürdürülebilir bir şekilde yürütmüştür.

Bunlara ek olarak Şili'nin afetlere dahi depremlere müdahale anlayışı, yıkılan yerleşim yerlerinin geleceğe yönelik daha modern ve sürdürülebilir kentlere dönüşmesi şeklindedir (Kalkan vd., 2020: 158).

3.4. Almanya

Almanya'da hafif çelik profillerin yapılarda kullanılması II. Dünya Savaşı sonrasında başlamıştır. Klasik çelik profillerin yanı sıra hafif çelik profillerin kullanımı ancak günümüzde yaygınlaşmışken Almanya'da 1950'li yıllarda ilk halleri görülmüştür. Hafif çelik yapıların günümüzdeki şeklini alması ise 1980'li yılları bulmuştur. (Atasaral, 2009: 9).

Tarihte çelik malzemenin yapılarda kullanılmadan önce köprülerde kullanıldığı bilinmektedir. Avrupa'nın ikinci en eski demir çelik köprüsü Almanya'nın Schlesien

bölgesinde Striegauer Nehri üzerinde 1796 yılında inşa edilmiştir. Bu köprünün malzemesi font denilen külçe halindeki dökme demirden yapılmıştır (Deren ve Uzgider, 2002'den aktaran, Atasaral, 2009: 10).

Almanya'nın 2962 metreyle en yüksek dağı olan Zugspitze Dağına bir teleferik yerleştirildi. Bu teleferik birçok yönden dünya rekorları sahibi oldu. Aralık 2015'te başlanan ve Ocak 2018'de yapımı tamamlanan Zugspitze Teleferiği, 127 metre çelik sütunu ile dünya rekoru kırdı. Ardından en uzun açıklık alanı olan 3213 metre alana sahip olmasıyla da adından söz ettirdi. Akabinde vadi tabanı ile tepe arasında 1945 metre fark bulunmasıyla da dünya rekoru kırmış durumdadır. Almanlar bu büyüklükteki bir yapıyı çelik malzemenin özelliklerinden faydalanarak yapmışlardır. Teleferiğin üst istasyonu için 1100 ton, alt istasyonu içinse 1300 ton çelik kullanmışlardır. Yapı yüksek bir bölgeye inşa edildiğinden dolayı şantiye alanı ile arasında 3000 metre mesafesi vardı ve kar, yağmur veya dolu ile geçen 180 gün, fırtınalı 48 gün ve Ocak aylarında -27 °C'yi bulan sıcaklıklar mevcuttu. Tüm bu olumsuz hava ve inşaat koşullarına rağmen iki yılda bu teleferik tamamlamışlardır. Teleferiğin alt istasyondan zirveye 10 dakika gibi kısa bir sürede ulaşması ve saatte 580 yolcu taşınması da önemli özelliklerinden bir tanesidir (Walder, 2019).

Almanya'da 100 yıl önceki yer altı demir (çelik viyadük) yolu bile hala ayakta kalabilmiştir. 100 yıllık bu demir yolunun çelik profillerle yükselterek ve radyografik incelemelerle hasarları tespit edilip sağlamlaştırılmaya çalışılmaktadır (Herter vd., 2013).

Dünya çelik birliğinin raporlarına göre Almanya çelik üreten on büyük ülkeden yedincisidir. Avrupa kıtasında bulunması itibarıyla deprem tehlikesi fazla bulunmayan ülkede binalar depreme dayanıklı yapılmak istenmekte ve yapı stokunun %40'lık bir kısmı çelik konstrüksiyondan oluşmaktadır (WSA, 2019). Mevcut deprem yönetmeliklerine bağlı kalan ve sağlam konut yapan Almanya, vatandaşlarına deprem anında evlerinde kalmaları gerektiği tavsiyesini verebilmekte ve afet bilincini oluşturabilmektedirler.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. GEREÇ ve YÖNTEM

4.1. Araştırmanın Türü ve Amacı

Derleme çalışması olarak hazırlanan bu tezde, depremlerde hasar almış veya yıkılmış binaların yerine yenileri yapılırken deprem kuvvetine en sağlıklı cevap verebilen yapı malzemesi olan çelik prefabrik malzeme kullanımının gerekliliğine dikkat çekmek amaçlanmıştır.

4.2. Araştırmanın Hedefleri

Türkiye’de meydana gelen depremlerden, uygulanan iyileştirme ve yeniden yapılanma süreçlerinden yola çıkılarak sistemin eksiklikleri ortaya koyulmuştur. Yaşanılan her depremde ağır hasar alan ve kullanılamayan binalar yerine sürdürülebilir ve dönüştürülebilir yapı çeşidi olan çelik yapıların kullanılması hedeflenmiştir. Aynı zamanda yeni ve küresel olan bu yapı çeşidinin kullanıcılar ve uygulayıcılar ile ülke yöneticilerinin dikkatlerini çekmesi hedeflenmiştir.

4.3. Araştırmanın Önemi

Bu çalışma deprem bölgelerinde dayanımı yüksek yapı malzemesi olarak çelik kullanıldığı takdirde hasarların azalacağını ve sürdürülebilir bir inşaat sağlanacağını ortaya koyma açısından önemlidir. Yeniden yapılanma sürecine entegre ettiğimiz çelik prefabrik yapılaşma hızlı iyileşme sürecini ve bir sonraki depremi daha güçlü karşılamamızı sağlayacaktır.

4.4. Araştırmanın Kapsamı

Bu araştırma kapsamında Türkiye’de yapılan tez, makale vb. çalışmalar ile dünya literatüründeki çalışmalar incelenmiştir. Mevcut çalışmalar taranarak bir derleme yapılmış ve eksik görülen kısımlara önerilerde bulunulmuştur. Ayrıca çelik yapı

sektörünü daha yakından tanıyabilmek ve fiyat karşılaştırması yapabilmek adına bir çelik yapı şirketi ile yüz yüze görüşme sağlanmıştır. Bulgulara tezde yer verilmiştir.

4.5. Araştırmanın Sınırlılıkları

Süre ve kaynak kısıtlılığından ötürü araştırma dünyadaki tüm ülkeleri kapsayacak şekilde yapılamamıştır. Türkiye, Çin, Japonya, Şili ve Almanya ülkelerinin yapısal çelik kullanımları ve deprem bölgelerine çelik konstrüksiyon yapı yapma oranları ortaya koyularak karşılaştırılmıştır.

4.6. Veri Toplama Araçları ve Yöntemi

Bu tez çalışması depremden sonra yeniden yapılanma sürecinde kalıcı konutlar yapılırken çelik prefabrik malzeme kullanımının gerekliliği konusu üzerine hem Türkiye hem de dünya literatürü taraması içermektedir. Çalışmalardan çıkarılan sonuçlar derlenmiş ve Türkiye’deki eksiklikler ortaya konulmuştur. Aynı şekilde eksik kalan kısımlara önerilerde bulunulmuştur. Öte yandan çelik ev yapan bir firma ile birebir görüşme sağlanmış ve teknik konularda bilgiler alınarak avantajlar belirtilmiştir.

4.7. Hipotez

Türkiye’nin tektonik yapısı ve strüktür birikimi göz önüne alındığında ağır hasarlı depremler kaçınılmaz olmaktadır. Bu durumda depremleri güçlü karşılayıp sürdürülebilir bir strüktür ve şehirleşme sağlamak mümkündür. Çelik prefabrik yapılar kullanıcılar ile uygulayıcılara bu imkânı sağlamaktadır. Özellikle de yeniden yapılanma aşamasında bir sonraki muhtemel depremi sağlam ve güçlü karşılayacak yapılar yapılabilir ve sürdürülebilir inşaat anlayışı oluşturulabilir. Bu bağlamda çelik yapı malzemesinin getirdiği avantajlardan yararlanılması uygun olacaktır.

4.8. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, yapısal çelik malzemenin ülkemizde ve diğer ülkelerde inşaat alanındaki kullanım oranları ile birlikte neden kullanılmaları gerektiği incelenmiştir. Özellikle deprem sonrası yeniden yapılandırma süreci baz alınarak yapısal çeliğin depreme karşı gösterdiği mukavemete dikkat çekilmiştir.

Günümüzde hızla büyüyen toplumların konut ihtiyaçlarını karşılamak için hızlı, ekonomik aynı zamanda da estetik yapılar gerekmektedir. İnsanlar bu gereksinimlerini yapısal çelik malzeme ile karşılamışlar ve bu sektör dünyada hızla büyümüştür.

Eren ve Başarır (2013)'a göre üstün esneklik özellikleriyle depreme dayanımı artıran çelik konstrüksiyon %90 oranında geri dönüştürülebilir bir malzeme olmasıyla da sürdürülebilir bir inşaat sürecine sahip olmayı sağlamaktadır.

Kurtay ve Badem (2004)'e göre çelik malzeme ülkemizde en fazla endüstri yapıları ile köprü, yol ve viyadük yapılarında kullanılmaktadır. Dünyaya baktığımızda ise gelişmiş ülkeler yapı stoklarının %75-80 oranında çelik malzemeden oluşturduklarını görmekteyiz. Çalışma kapsamında görülmüştür ki Türkiye'de çelik malzemenin depreme dayanımı 1999 Marmara depremi ile gündeme gelmiş ve tartışma konusu olmuştur. Aynı şekilde 2020 yılında yaşadığımız Elazığ ve İzmir depremlerinden sonra da çelik konstrüksiyon yapıların deprem bölgelerine yapılması gerektiği konuşulmuş ancak depremler unutulduğu gibi hemen ardından bu konu da unutulmuştur.

Dünya Çelik Birliği'nin 2019 yılındaki verilerine göre Türkiye çelik üretiminde dünyada yedinci konumdadır (34.123 bin ton). Buna karşılık ülkemizde yapı sektöründeki kullanımında belirgin eksiklikler vardır.

Zhang vd. (2021a)' ne göre çelik yapıların depreme dayanıklılığı uluslararası sismik mühendislik alanında bir araştırma noktası haline gelmiştir. Bu çalışmada Çin'de yapılan beş kiriş kolon çapraz elemanlı çelik binanın düşük dengeli yükleme testleri incelenmiştir. Yapılan bu testler sonucunda makul parametreler ortaya çıkmış ve bu kiriş kolon çapraz elemanlı binaların olağanüstü taşıma kabiliyetine ve sismik davranışa sahip olduğu gösterilmiştir. Her kiriş hafif hasar görmüş fakat temel hasarsızdır. Bu sayede bu yapıların depreme dayanıklılık gereksinimi hızlı bir şekilde sağlanabilir. Çalışmanın sonuçları bu tez çalışmasındaki bulgulardan olan çelik yapıların sağladığı avantajlar ile uyum sağlamakta olup destekleyici niteliktedir.

Fındık vd. (2020) yılında yaptığı çalışmada Türkiye'nin jeofizik açıdan aktif bir bölgede olduğuna dikkat çekilmiştir. Özellikle de kıyı ve liman yapılarında depreme dayanıklılık konusu üzerine çalışılmıştır. Demir yolları, limanlar ve hava meydanları yapımında kullanılan çelik temelli kazıklı iskele sistemleri Sap2000 bilgisayar programında modellenerek analiz edilmiştir. Bunun gibi önemli yapılar yapılırken

kullanılan malzemenin kalitesi ve deprem dayanımının oldukça önemli olduğu vurgulanmıştır. Buradan da anlaşıldığı üzere çelik malzemenin çeşitli yapılarda kullanılabileğine dikkat çekilmiştir.

Zhaona (2021)' a göre toplumun ve ekonominin hızlı gelişimi ile inşaat projelerinin ölçeği giderek genişlemiştir. İnşaat kalitesi ve verimlilik artarken genel projenin estetik olması da kaygılar arasındadır. Bu istekleri sağlayan çelik yapı inşaat teknolojisi aynı zamanda mukavemet, hafiflik ve iyi tokluk gibi özellikleri nedeni ile de inşaat birimleri tarafından sıkça tercih edilmektedir. İnşaat projelerinin güvenliğini ve istikrarını artırmada önemli bir rol oynamaktadır. Yapılan bu çalışmada belirtilen fırsatlar ve iyi yönler bu tez çalışmasını destekler niteliktedir.

Bozer (2020)'in yaptığı çalışmasında 2007 ve 2018 yıllarındaki deprem yönetmeliklerini karşılaştırmıştır. Yapılara etkiyen deprem yükleri ile malzeme çeşitliliği arasındaki ilişkiyi göstermiştir.

Ay vd. (2010)' nin yaptığı çalışmada ülkeler için dönüm noktası sayılan 1994 Northridge ve 1995 Kobe Depremleri araştırılmıştır. Bu depremlerde orta ve büyük ölçekte yer sarsıntısına maruz kalan çelik yapılarda uygun çerçeve geometrisi ve yeterli birleşim detayları ortaya konulmadığı zaman çelik yapıların deprem karşısında yüksek performans gösteremediğini belirtmiştir. Yazarın belirttiği üzere bir dönüm noktası kabul edilen bu depremler, depreme dayanıklı çelik yapı tasarımında yeni arayışlara ve yeni tasarım kriterlerinin belirlenmesine sebep olmuştur. Bu alan ile ilgili daha fazla deneysel çalışma yapılması gerektiğini savunmuştur. Belirtilen depremlerin tarihi göz önünde bulundurulduğunda yapılar oldukça eski sistemlere göre yapılmıştır. Ardından daha yenilikçi ve teknolojik sistemler çelik yapı sektörüne entegre edilmiştir. Bu bağlamda çalışmamızda bu teknolojik inşaat yeniliklerine sıkça yer verilmiştir.

Yapı kültürümüze dair geleneksel alışkanlıklarımız mevcuttur. Bu alışkanlıklar ne yazık ki zamanın dahi teknolojinin ilerlemesine bile direnç göstermektedir. İlk olarak değişmesi zor olduğunu düşündüğümüz alışkanlık sebebiyle ikinci olarak ise maliyet açısından prefabrik çelik malzemedan konut yapmanın dezavantajlı olduğu düşünülmektedir. Ancak durum tam aksi şekilde olup çelik ev yapmak pahalı değildir ve dünya da çelik üreten ülkeler sıralamasında ilk 10 ülkeden 7. sırada olduğumuzu hatırlarsak hammadde sorununuzun olmadığını da görmüş oluruz (WSA, 2020).

Çelik prefabrikasyon malzemenin depreme dayanıklılığı birçok bilimsel çalışmada belirtilmiş olup, birçok dünya ülkesi tarafından kanıksanmış durumdadır. Bunun yanı sıra ülkemizde durum pek farklı değildir. Çelik malzemenin depreme betondan daha dayanıklı olduğu ülkemiz mimarları, mühendisleri ve hatta karar verici mekanizmaları tarafından kabul edilmiş durumdadır. Örneğin 24 Mart 2020 tarihinde 41 yurttaşımızı kaybettiğimiz, 75 binanın tamamen yıkılıp 645 binanın ise ağır hasar aldığı Elazığ depreminden bir gün sonra Cumhurbaşkanı Recep Tayyip Erdoğan “Yıkılan yerlerde vatandaşlarımızı bu geçici çadırlardan kurtarıp hemen çelik konstrüksiyonla kalıcı konutlara alacağız” demiştir. Başka bir ifadeyle deprem bölgelerine çelik yapı malzemesi kullanılması gerektiğinin altını çizmiştir. Bu sözler güzel bir gelişmedir.

Türk Yapısal Çelik Derneği Başkanı Prof. Dr. Nesrin Yardımcı Tiryakioğlu’na göre deprem bölgelerinde ya da çürük zeminli bölgelerde çelik yapı kullanılması uygundur. Bu tip bölgelerde güvenli betonarme yapılar inşa edilebilir ancak çoğu kez bu yapılar ekonomik olmaz ve deprem sonrasında kullanılması için güçlendirilmesi zaman alacak ve daha maliyetli olacaktır.

Gelişmiş ülkelerin çelik kullanımı ve üretiminde de ileri seviyede olduğundan bahsetmiştik. Bu tezde çelik kullanımının iyi seviyede olduğu ve afet yönetiminde iyi konumlarda olan ülkeler incelenmiştir. 2019 yılında 1.875.155 bin ton çelik üretimi yapılmıştır. Bunun 966.342 tonunu Çin üretmiştir. Bununla birlikte yapısal anlamda çelik malzeme kullanımı da oldukça fazladır (WSA, 2019:2). 1,4 milyar nüfusuyla Çin dünyanın en kalabalık ülkesidir ve bu durum da hızlı kentleşmeyi de beraberinde getirmektedir. Binalara ve alt yapıya olan ihtiyaç günden güne artmaktadır. Bu durum doğal kaynakları azaltmakta, CO₂ emisyonunu artırmakta ve sürdürülebilirliğe zarar vermektedir. Çin artan nüfusun kentleşme talebine çelik yapıların hızlı kurulum ve çözümleriyle cevap verebilmektedir. (WSA, 2020: 4). . Çin’de enerji dağıtımı için kullanılan ideal bir malzeme olarak düşük akma noktalı çelik (Low Yield Point Steel) geliştirilmiştir. İnşaat ve mühendislik uygulamalarında ülkeyi daha ileri bir noktaya taşıyacağı düşünülmektedir (Shi vd., 2019: 296).

Dünyanın en sismik bölgelerinden birinde yer alan Japonya da ise durum şu şekildedir. Japonya hem çelik üretimi hem de uygulamasında en gelişmiş ülkeler arasındadır (Ortalama yılda 100 milyon ton). Bu ülkede her yıl 600 bin konut inşa ediliyor ve bunların %45’i çelik konstrüksiyondur. Japonya’da orta ve yüksek katlı

binaların tabanlarına yerleştirilen ve yeryüzü ile bağlantısını kesen çelik sönümleyicilerden oluşan sismik izolatörler kullanılmaktadır. Bu sismik izolatörler sayesinde binaların belli bir düzeyde sallanması sağlanarak kırılabilirliği önlenmektedir. Aynı zamanda Japonya toplum afet bilincinin de yüksek olduğu ülkelerden birisidir. Bu sebeple afetle özellikle de depremlerle yaşamayı öğrenmişlerdir. Japonya'daki çelik yapılar, Japonların güçlü inşa yöntemleriyle birleştiğinde çok yönlü işlevsel yenilikçi çelik malzemeler ve teknikler ortaya çıkmıştır (Kanno, 2016: 242).

İncelenen bir diğer ülke Şili'dir. Şili'de Japonya gibi çok sayıda deprem yaşayan bu yüzden deprem yönetmeliklerine çok katı kurallar koyan bir ülkedir. Aynı şekilde toplumu deprem anında ne yapacaklarının bilincindedir. Depremlerden sonra yeniden yapılandırma sürecinde prefabrik konutlarla geçici ve kalıcı konutlar yapabilmeyi başarmışlardır. Şili yıllık 1 milyon tonun üzerinde çelik üretimi yapmasıyla birlikte çelik yapılara da önem vermektedir (Kalkan vd., 2020: 158).

Almanya çelik üretimi alanında Avrupa'da birinci sıradadır. Kurallara bağlılığıyla bilinen Almanlar yapılarını çelik konstrüksiyondan faydalanarak yapmaktadırlar. İncelenen diğer ülkelere nazaran deprem tehlikesinin daha az olduğu Avrupa kıtasında bulunan Almanya'da evler depreme dayanıklıdır (Atasaral, 2009: 10).

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada çelik prefabrik yapıların tarihsel gelişimi, teknik özellikleri, ülkemizde ve küresel anlamda kullanımı ile neden deprem bölgelerinde kullanılması gerektiği araştırılmıştır. Literatürde bulunan bir çok bilimsel kaynakta çelik malzemenin depreme karşı diğer yapı türlerinden daha dayanıklı olduğu kanıtlanmıştır.

Ülkemizde Marmara depreminden sonra ancak gündeme gelen çelik yapılar tekrar eden her depremde yeniden gündem konusu olup yapılabilişliğine dair inanç ve ümit artmaktadır. Öte yandan gelişmiş ülkelere bakıldığında çelik yapılar hem sismik hem mimari açıdan avantajlı olup hem de hızla artan kitlelere bir çözüm olarak görülmektedir. Çelik yapı elemanlarının en önemli özelliği hafif olmasıyla binanın öz ağırlığını azalttığı için depremin yıkıcı etkisini azaltıyor olmasıdır. Aynı zamanda yapısı gereği esnek oluşu sayesinde deprem enerjisini sönümleyebilmekte ve taşıyıcı sistem boyunca dağıtabilmektedir.

Çelik malzeme %100 geri dönüştürülerek kullanılabilişliğinden dolayı sürdürülebilir bir strüktür sağlamakta ve çevre dostu olmaktadır. Çelik elemanlardaki form zenginliği ve çelik türlerinin çeşitliliğiyle mimar ve mühendisler için daha yaratıcı ve estetik yapılar yapılabilme olanağı tanımaktadır.

Yapı ürünleri bir standarda göre üretildiği için denetimi kolaydır ve tahmin edilenin aksine çelik yapılar ekonomiktir. Çelik konstrüksiyon gökdelenler gibi çok katlı bina yapabilmeye ve geniş açıklıkları kolonsuz geçebilmeye imkan tanır.

Çelik yapı kullanımı konusunda Çin, Japonya, Şili ve Almanya incelenmiştir. Bu ülkeler tarihleri boyunca çok sayıda yıkıcı deprem yaşamışlardır ve bunun getirdiği deneyimlerle afet bilinci oluşan bir toplum tabanlı afet yönetimi sistemi geliştirmişlerdir. Yalnızca afet bilincinin depremlerden korumadığının ancak ve ancak yaşanan konutların da deprem anında yıkılmaması gerektiğinin farkındadırlar. Bu farkındalık sayesinde yapılarını depreme dayanıklı hale getirmenin yollarını bulmakta ve halklarına deprem anında evlerinde kalmayı önermektedirler. Diğer yandan yüzölçümlerinin büyük bir kısmı deprem bölgesinde bulunan bu ülkeler, çelik üretimi ve çelik konstrüksiyon alanlarında oldukça ileri seviyededirler.

Hafif çelik prefabrik yapıların anlatılan tüm özellikleri sebebiyle deprem yaşandıktan sonra yeniden yapılandırma sürecine geçildiğinde yıkılan yahut ağır hasar gören binaların yerlerine yapılması gerektiği konusu önemlidir.

Türkiye çelik üretimi alanında dünyada 7. durumdadır. Bu sonucun yapısal çeliğin uygulanmasına yansımaları beklenmektedir. Aynı şekilde ülkemizde hafif çelik konstrüksiyon konut yapan bir çok şirket mevcuttur. Bunlardan bir tanesi olan Aktaş Prefabrik Yapı'daki inşaat mühendisleri ile yapılan görüşme sonucunda bu binaların depreme dayanıklı olup her türlü hava koşulunda kısa bir süre içinde yapılabildiği bilgisine ulaşılmıştır. Bu bilgidan yola çıkılarak deprem gibi olumsuz bir durum sonrasında afetzedeleri ivedilikle geçici konutlardan kalıcı olanlarına geçirmek çelik yapılarla daha hızlı ve güvenilir olacaktır.

Yapılacak kapsamlı afet yönetimi planlamalarında kriz yönetiminin son basamağı olan yeniden yapılandırma sürecinde atılan sağlam temeller, risk yönetiminin ilk basamağı olan zarar azaltma çalışmalarını destekleyici nitelikte olacaktır. Bu döngünün kusursuz bir şekilde işlemesi için tüm basamaklar kendinden emin adımlar atılarak geçilmelidir. Gelişmekte olan ülkelerin afetlere hazır olması ancak bu şekilde sağlanacaktır.

Bulunduğu coğrafya nedeniyle, Türkiye'nin birçok bölgesinde, deprem ve benzeri afetler yaşanmaktadır. Sürekli bir tehdit ve tehlike oluşturan bu afetlere karşı, can ve mal kayıplarının azaltılmasına yönelik stratejiler geliştirilmeli ve uygulanmalıdır. Geliştirilen stratejiler doğrultusunda, kentsel politikalar ve imar yasaları düzenlenmeli, olası afetlerde karşılaşılabilecek can ve mal kayıplarının da artmasına neden olan, göçe dayalı, plansız, denetimsiz ve rant amaçlı yapılan yapıların tespit edilerek, yıkılmaları veya mevzuata uygun olarak dönüştürülmeleri gerekmektedir.

Her deprem aynı zamanda bir acı tecrübedir. Bu tecrübelerden ders çıkarılmalı ve bunlar deprem yönetmeliklerimize de yansılmalıdır. Koyulan kurallara kati suretle uyulmalı, gereken denetimler yapılmalıdır. Depremler ne kadar acı olsada bir diğer açıdan bir fırsat olarak değerlendirilmeli ve yıkılmış yahut ağır hasar almış yapıların yerine önceki hallerinden daha sağlam, yenilikçi ve estetik yapılar yapmak bir strateji haline getirilmelidir. Bu bağlamda ülke olarak çelik konstrüksiyonun avantajlarından yararlanarak iyileştirme çalışmalarını sürdürmeliyiz.

Ülkemizdeki tüm konutları çelik prefabrik malzemeden yapamasak bile en azından okul, hastane vb. mühim binaları çelik malzemeden yapmak gereklidir. Çünkü bu binalar hem afet zamanında sığınak olarak kullanılacaktır hem de milli servet değeri taşımaktadır.

Karar verici mekanizmaların afet konusunda yapılan bilimsel araştırmalara (makale, tez, proje vb.) destek vermesi ve bu araştırmaların sonuçlarının dikkate alınması gerekmektedir.

Ülkemizdeki var olan geleneksel yapı kültürü çelik yapılar alanında ilerlememizi engellemektedir. Kendi şahsına ev yapacak olan halktan bazı mühendis ve müteahhitlere kadar bu durum böyledir. Betonarme yapıdan vazgeçememe hali ile çelik ve prefabrik terimlerinde bir ön yargı da mevcuttur. Bu önyargılardan biride çelik evlerin pahalı olduğu konusudur. Durumun o şekilde olmadığını çalışmamızda belirtmiştik. Her alanda olunması gerektiği üzere bir hayli hayati olan konut yapımı alanında da yenilikçi ve açık görüşlü olmalıyız.

Ülkemizin gelinen durumu itibariyle yapım süreci tamamlanmış binalar için yapılacak pek fazla bir şey yoktur. Fakat en azından bundan sonraki yaşanılacak depremlerde, kullanılamayacak hale gelen binaların yerlerine kesinlikle çelik konstrüksiyon düşünülmelidir. Başka bir yönden halkımıza ne kadar fazla afet bilinci eğitimi vermiş olursak olalım onları yaşadıkları konutların sağlamlığına ikna edemezsek hiçbir şey başarmış olmayacağız. Ancak deprem anında herkes panik haline girmeden evlerinde kalabilir güvencesi verildiği zaman asıl başarıyı yakalamış ve toplum tabanlı bir bütünleşik afet yönetimi uygulayabiliyor olacağız.

KAYNAKÇA

- AFAD, (2010). 27 Şubat 2010 Şili Depremi, 17 Mayıs 2021 tarihinde <https://deprem.afad.gov.tr/tarihteBuAy?id=71> adresinden erişildi.
- Aghayere, A. ve Vigil, J. (2015). Structural Steel Design, A Practice-Oriented Approach 2'nd Edition, Pearson Education Prentice Hall, USA, 10 Mart 2021 tarihinde <https://www.pearson.com> adresinden erişildi.
- Akdoğan, A. (2008). Demir-Karbon Denge Diyagramında Değişik Sıcaklıklarda Çeşitli Oranlar, [PowerPoint slaytı]. Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 04 Mart 2021 tarihinde <https://www.mkm.yildiz.edu.tr/> adresinden erişildi.
- Aktel, M. (2015). 5902 Sayılı Yasa ile Türkiye’de Afet Yönetiminde Oluşan Değişim, Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi, <https://dergipark.org.tr> adresinden erişildi.
- Akyel, R. (2007). Afet Yönetimi Sistemi: Türk Afet Yönetiminde Karşılaşılan Sorunların Tespit ve Çözümüne İlişkin Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Amani, A. ve Niyazi A. Q. (2018). Türkiye’de Prefabrik Yapı Sektörünün Hızlı Gelişimi, Journal of Engineering Sciences and Design, 6(3), 487-494.
- Atasaral, H. (2009). Soğuk Şekillendirilmiş Çok Parçalı Hafif Çelik Kolonların Merkezi Yükleme Altında Davranışı, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, <https://www.tez.yok.gov.tr> adresinden erişildi.
- Ay, Z., Çelik, İ. D., Kımıllı, N. A. (2010). Çaprazlı Çelik Çerçevelerin Sismik Performansı Üzerine Bazı Değerlendirmeler, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 26(1), 7-17.
- Aydın, R. (2007). 2006 Deprem bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik’in Çelik Binalar ile İlgili Bölümünün Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

- Baghchesaraei, A. (2015). Using Prefabrication Systems in Building Construction, Master Thesis, Bahcesehir University, The Graduation School Of Natural And Applied Science.
- Bahadır, H. ve Uçku, R. (2018). Uluslararası Acil Durum Veri Tabanına göre Türkiye Cumhuriyeti Tarihindeki Afetler, Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 4(1), 28-33.
- Barrientos, S. (2020). Şili Ulusal Sismoloji Merkezi, Şili Üniversitesi, 17 Mayıs 2021 tarihinde <https://www.dw.com/tr/> adresinden erişildi.
- Beşgöl, Ö. (2006). Design and Production of Steel Buildings: A Case Study in Ankara, Master Tesis, The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, Master of Science in Building Science in Architecture.
- Beyhan, F. (2015). Protection of Steel in Building Against Fire as an Architectural Concept, Türk Yapısal Çelik Derneği Yayınları, Etüt ve Makaleleri, 1-15.
- Bozer, A. (2020). Tasarım Spektral İvme Katsayılarının DBYBHY 2007 ve TBDY 2018 Yönetmeliklerine Göre Karşılaştırması, Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi 11(1), 393-404.
- Camerio, M.C. (2013). Housing Recovery Lessons from Chile, Journal of the American Planning Association, 80(4), 340-350.
- Chen, Y. H., Meng, X. K., Yang, J.Y., Liu, R., Ma, Q., Li, D.X., . . . Jiang, L., Pan, Q. (2018). Study on Sismic Stability of Steel Structure Main Control Building, 2nd IEEE Conference on Energy Internet and Energy System Integration, Beijing, doi: 10.1109 / EI2.2018.8582084, 1-4.
- Çalı, Ş. (2016). İnşaat Çeliklerinin Sıcak Daldırma Yöntemiyle Alüminyum Kaplanması ve Korozyon Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 15 Mart 2021 tarihinde <https://www.tez.yok.gov.tr> adresinden erişildi.
- Çavdar, Ö. (2017). Farklı Şekilde Çapraz Elemanlı Çelik Yapıların Dinamik Davranışının İncelenmesi, Uluslararası Katılımlı 7. Çelik Yapılar Sempozyumu, 193-2013.
- Çelik, M. D. (2003). Yüksek Yapılarda Çelik Taşıyıcı Sistemler, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Çelik, Sezer. İ. (2020). Depreme Dayanıklı Yapılara Yönelik Yeni Teknolojiler, Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, 31-41, 16 Mart 2021 tarihinde <https://bilimteknik.tubitak.gov.tr> adresinden erişildi.
- Çırpan, B. (2017), Çok Katlı Çelik Yapılarda Yapı Geometrisinin Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkisi ve İdeal Geometrik Formun Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Demirel, F. ve Özkan, E. (2003). Çelik Yapı bileşenleri ve Yangın Güvenlik Önlemleri, Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi Dergisi, 18(4), 89-107.
- Demirtaş, R. (1995). 17 Ocak 1995 Kobe (Hyogoken-Nanbu/Great Hanshin) Depremi, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, Deprem Araştırma Bülteni, 21(72), 39-70.
- Deng, E., Zong, L., Ding, Y., Zhang, Z., Zhang, J. F., Shi, F., ... Gao, S. (2020). Sismic Performance of mid-to-high Rise Modular Steel Contruction – A Critical Review, Thin Walled Structures, 155, 106924, <https://doi.org/10.1016/j.tws.2020.106924>.
- Deren, H. ve Uzgider, E. (2002). Çelik Yapılar, Çağlayan Basımevi, İstanbul.
- Duysak, Y. (2019). Çelik Yapılarda Bulonlu ve Kaynaklı Birleşimlerde Korozyon Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Eren, Ö. ve Başarır, B. (2013). Çelik Strüktürlerin Yaşam Döngüsü İçinde Sürdürülebilirliğinin Değerlendirilmesi, NWSA-Engineering Sciences 1A0346, Mimar Sinan Arts University, 8(2), 120-135.
- Eren, Ö. ve Güzelçoban, Mayuk, S. (2013). Çelik Yapıların Yangına Karşı Korunma Yöntemlerinin Değerlendirilmesi, NWSA- Engineering Sciences, 8(3), 157-170.
- Ergünay, O. (2007). Türkiye'nin Afet Profili, TMMOB Afet Sempozyumu Bildiriler Kitabı.
- Ersoy, Ş., Nurlu, M., Gökçe, O., Özmen, B. (2017). 2016 Yılında Dünya'da ve Türkiye'de Meydana Gelen Doğa Kaynaklı Afet Kayıplarının İstatistiksel Değerlendirilmesi, Mavi Gezegen Dergisi, 22, 13-27.

- Ersöz, F., Ersöz, T., Erkmen, İ. N. (2016). Dünyada ve Türkiye’de Ham Çelik Üretimine Bakış, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 32(2), 1-12.
- Fındık, M., Çelik, D., Keskin, S., Öztürk, Y. (2020). Dalga Yüğü Altında İskele Tipi Yapılarda Kullanılan Çakma Çelik Kazık Sistemlerin Davranışı, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 35(2), 295-310. DOI: 10.21605/cukurovaummfd.792415
- Global Facility for Disaster Reduction and Recovery and The World Bank. (2016). Okulları Uygun Ölçekte Afetlere Karşı Dayanıklı Hale Getirmek: Japonya Örneği.
- Gökçe, O. ve Tetik, Ç. (2012). Teoride ve Pratikte Afet Sonrası İyileştirme Çalışmaları, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Yayınları, Ankara.
- Guha-Sapir, D., Hoyois, P., Below, R. (2014). Annual Disaster Statistical Review, EM-DAT: International Disaster Database, 18 Ocak 2020 tarihinde <http://www.emdat.be> adresinden erişildi.
- Gündüz, İ. (2008). Türkiye' de Afet Yönetimi Uygulaması Ve Yeni Bir Model Önerisi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.
- Gündüz, İ. (2011). Dünyada ve Türkiye’de Afet Yönetimi, İstanbul Ticaret Odası Yayınları, İstanbul.
- Güler, H. G., Sözdinler, C. Ö., Arikava, T., Yalçiner, A. C. (2018). Tsunami Afeti Sonrası Yapısal ve Yapısal Olmayan Önlemler ve Farkındalık Çalışmaları: Japonya Örneği, Teknik Dergi, 29(5), 8605-8629.
- Gür’eş, H.Y. (2012). 2012’den 2013’e Demir Çelik Sektörü ve 2012’yi Etkileyen Gelişmeler ve Bu Gelişmeler Paralelinde Sektörün Değerlendirmesi İle Sektörün 2013 Beklentileri ve Hedefleri, 13 Ocak 2021 tarihinde www.tucsa.org.tr adresinden erişildi.
- Güzel, H. (2013). Afet Sonrası İyileştirme ve Yeniden Yapılandırma Çalışmalarına Yönelik Afet Yönetimi Bilgi Sistemi Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Hasırcı, H. (2020). Çelik Dökümde Alternatif Gaz Giderme Malzemesi Olarak Alüminyum Cürufu Kullanımının İncelenmesi, Politeknik Dergisi, 23(3), 641-647, <http://dergipark.org.tr/politeknik> adresinden erişildi.

Herter, J., Fischer, M., Brandes, K. (2013). 100 Years of the Underground İn Germany - for the Fatigue Safety of a Steel Viaduct on Line 1 in Berlin, <https://doi.org/10.1002/stab.200200310>.

<https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/statistics/crude-steel-production-new/CSP-ERC/>, Press Release – January 2021 Crude Steel Production, Brussels, Belgium, 2021, Erişim Tarihi: 15.03.2021.

<https://www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2019/July-2019-crude-steel-production.html>: Erişim Tarihi: 19.04.2021.

<https://www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2015/worldsteel-announces-the-world-champions-of-steelchallenge-9-.html>, Erişim Tarihi: 16.04.2021.

<https://www.afad.gov.tr>, Açıklamalı Afet Terimleri Sözlüğü, AFAD 2019, Erişim Tarih: 12.03.2020.

<https://www.afad.gov.tr>, AFAD 2013-2017 Stratejik Planı, Erişim Tarihi: 10.03.2020.

<https://www.insaathesabi.com>, Binaya Etkiyen Deprem Kuvveti, Erişim Tarihi: 20.03.2021.

<https://www.ktu.edu.tr>, İstatiksel Sismoloji Ders Notları, Erişim Tarihi: 20.03.2021.

<https://www.undrr.org/> Erişim Tarihi: 03.03.2020.

<http://www.emdat.be/glossary>, The International Disaster Database(EMDAT), The EM-DAT Glossary, Erişim Tarihi:05.03.2020.

<https://terim.rehberim.gen.tr>, İnşaat Terimleri Sözlüğü, Erişim Tarihi: 10.03.2021.

<http://www.structpedia.com>, Japonya ve Deprem Önlemleri, Erişim Tarihi: 30.04.2021.

https://www.tucsa.org.tr/haber_detay.aspx?haber=235&tip=1, Erişim Tarihi: 22.04.2021.

<https://www.worldsteel.org/>, İndirect Trade in Steel, March 2015, Erişim Tarihi: 28.03.2021.

<https://ticaret.gov.tr/>, Şili Ülke Profili T.C. Ticaret Bakanlığı Raporu, Erişim Tarihi: 16.05.2021.

<http://mimdap.org/2010/03/thili-depreminde-tasarym-ve-bina-kodlary/>, Erişim Tarihi: 16.05.2021.

- İşçi, C. (2008). Deprem Nedir ve Nasıl Korunuruz? Journal of Yasar University, <https://www.dergipark.otg.tr> adresinden erişildi, 1-8.
- Kadioğlu, M. (2011). Afet Yönetimi Beklenilmeyeni Beklemek, En Kötüsünü Yönetmek, Marmara Belediyeler Birliği Yayını, İstanbul.
- Kadioğlu, M. (2018). Afet Affetmez, Tekin Yayınevi, İstanbul.
- Kalkan, M., Kaçar, A. D., Alptekin, O. (2020). Ülkelerin Deprem Sonrası Yeniden Yapılaşma Süreçlerinin Karşılaştırılması: Çin, Şili ve Türkiye Örnekleri, Tasarım Kuram Dergisi, 16(31), 152-169.
- Kanno, R. (2015). Advance in Steel Structures and Steel Materials in Japan, Nippon Steel and Sumitomo Metal Corporation (Japan), International Association for Bridge and Structural Engineering Symposium Report, 104(39), 394-404.
- Kanno, R. (2016). Advances in Steel Materials for Innovative and Elegant Steel Structures in Japan—A Review, Structural Engineering International, 26(3), 242-253.
- Karaaslan, A. (2015). Amerika Birleşik Devletleri’ndeki Afet Yönetimi ile Türkiye’deki Afet Yönetiminin Karşılaştırılması, Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Sakarya.
- Kaya, M. (2013). Türk Kamu Yönetiminde Gönüllülük ve Afet Yönetimi, Atılım Üniversitesi SBE, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Kayır, Y. Z. (2007). Dünyada ve Türkiye’de Paslanmaz Çelik Üretimi, KOSGEB, Ankara.
- Kayır, Y. Z. (2016). Dünyada ve Türkiye’de Çelik Üretimi, TMMOB Metalürji ve Malzeme Mühendisleri Odası, Bildiriler Kitabı, 18. Uluslararası Metalürji Malzeme Kongresi, (ss. 890).
- Kılıç, H. (2017). Geoteknik Deprem Mühendisliği Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Geoteknik Anabilim Dalı, 28 Mart 2021 tarihinde <https://www.inm.yildiz.edu.tr> adresinden erişildi.
- Köseoğlu, S. (2019). Acil Yardım ve Afet Yönetimi Bölümü Öğrencilerinin Akademik Risk Alma Eğilimleri ve Liderlik Özelliklerinin Belirlenmesi Kriz ve Kaos Yönetimi Çerçevesinde Değerlendirilmesi; Çanakkale OnSekiz Mart Üniversitesi Örneği, Çanakkale OnSekiz Mart Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

- Kurtay, C. ve Badem, M. (2004). Avrupa Ülkeleri ve Türkiye'deki Çelik Yapı Uygulama Olanak ve Kısıtlılıklarının İncelenmesi, Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 19(4), 351-363.
- Ky, V. S., Lenwarib, A., Thepchatri, T. (2015). Optimum Design of Steel Structures in Accordance with AISC 2010 Specification Using Heuristic Algorithm, Engineering Journal, 19(4), 71-81.
- Lawson, R. M. ve Ogden, R. G. (2008). Hybrid Light Steel Panel and Modular Systems, Thin Walled Structures, 46(7), 720-730.
- Maheri, M. R. ve Narimani, M. M. (2014). An Enhanced Harmony Search Algorithm for Optimum Design of Side Sway Steel Frames, Computers And Structures, 136, 78-89.
- Mahmud, E. (2017). Çelik Yapılarda Çağdaş Prefabrike Yapı Sistemleri, Yüksek Lisans Tezi, Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Mızrak, S. (2018). Eğitim, Afet Eğitimi ve Afete Dirençli Toplum, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 5(1), 56-67.
- Minami, F., Takashima, Y., Ohata, M., Shimada, Y., Suzuki, T., Shimanuki, H., ... Hagihara, Y. (2018). Fracture Assessment Procedure Developed in Japan for Steel Structures under Seismic Conditions, Engineering Fracture Mechanics, 187, 142-164.
- Ordu, B. (2013). Veri Madenciliğinde Sınıflayıcı Teknikleri ile Demir Çelik Sektöründe Uzun Ürünlerin Üretimine İlişkin Bir Tahmin Modellemesi, Karabük Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı.
- Öz, D. (2018). Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği Kuralları Doğrultusunda Çelik Yapıların Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, (ss. 16), Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Özdamar, Seitablaiev, M. ve Umaroğulları, F. (2020). Dünya'da ve Türkiye'de Betonarme Prefabrikasyon, Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi, 5(2), 309-320.

- Özel, M. (2015). Afet Yönetiminin İyileştirme Aşaması ve 2011 Van Depremi Sonrası konteyner Kent Uygulaması, 5th International Earthquake Symposium, Kocaeli, 441-458.
- Özgen, A. ve Bayramoğlu, G. (2002). Çok Katlı Çelik Yapılar, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Çelik Yapılar Seminerleri, İTÜ.
- Özkan, H. (2013). Burkulması Önlenmiş Çelik Çaprazlı Yapıların Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Özkan, N. (2001), Çelik Yapıların 150 Yıllık Tarihi, 02 Ocak 2021 tarihinde <http://www.tucsa.org.tr> adresinden erişildi.
- Öztürk, V. (2010), Çelik Prefabrik Yapı Sistemlerinin İmalatı, Montajı, Yalıtım Usulleri ve Maliyet Analizi ile Uygun Kaplamanın Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı.
- Öztürk, G. (2019). Afet Yönetimi Politikalarında Sivil Toplum Kuruluşlarının Roller ve İşlevleri: Marmara Bölgesi Örneğinde, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.
- Saatçioğlu, M., Tremblay, R., Mitchell, D., Ghobarah, A., Palermo, D., Simpson, R., ... Hong, H. (2013). Performance of Steel Buildings and Nonstructural Elements during the 27 February 2010 Maule (Chile) Earthquake, Canadian Journal of Civil Engineering, 40(8), 722-734.
- Shi, G., Gao, Y., Wang, X. (2019). Material Properties and Partial Factors for Resistance of Low Yield Point Steels in China, Construction and Building Materials Journal, 209, 295-305.
- Suppasri, A., Imamura, F., Koshimura, S., Shuto, S. (2013). Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Tsunami: Performance of Tsunami Countermeasures, Coastal Buildings, and Tsunami Evacuation in Japan, Pure and Applied Geophysics, 170, 6-8.
- Susam, M. (2003). Hafif Çelik Konutların Konstrüksiyon Özelliklerinin İrdelenmesi ve Bir Uygulama Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Şahin, N. (2013). Afet Yönetimi ve Acil Yardım Planları, TMMOB İzmir Kent Sempozyumu, İzmir, 131-143.

- Şengel, H. S., Erol, H., Yavuz, E. (2009). Sismik İzolasyon Tekniği ve Kullanışına İlişkin Örnek Uygulama, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mimarlık Ve Mühendislik Fakültesi Dergisi, 22(2), 165-178.
- Şengül, M. ve Turan, M. (2015). Erciş Depremi Örneğinde Afet Sonrası Geçici Yerleşim Alanlarında Yönetim Uygulamaları ve Sorunları, Türkiye Mülkiye Dergisi, 36(274), 113-148.
- Tahmilci, F. (2007). Analysis of Blast Loading Effect on Regular Steel Building Structures, Middle East Technical University, In Partial Fulfillment of The Requirements for The Degree of Master of Science in Civil Engineering.
- Tanilli, S. (2010). İnsanlığı Nasıl Bir Gelecek Bekliyor?, Cumhuriyet Kitapları Yayınevi, İstanbul.
- Taş, Ş. ve Erdal, M. (2015). Afet Yönetiminde Sürdürülebilirlik, 2nd International Sustainable Buildings Symposium, Bildiriler Kitabı, Gazi Üniversitesi, Ankara, 1074.
- Tercan, B. (2018). Türkiye’de Afet Politikaları ve Kentsel Dönüşüm Abant Kültürel Araştırmalar Dergisi, 3(5), 102-120.
- Thuesen, C. ve Hvam, L. (2011). Efficient On-Site Construction: Learning Points From a German Platform for Housing, Construction Innovation, 11(3), 338-355.
- Tosun, S. (2017). Afet Yönetiminde Mülteci ve Sığınmacılara Yapılan Sosyal Yardımlar ve Hizmetler, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale OnSekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Törenci, H. E. (2015). Afet Yönetimi ve Bursa’da Sağlık Sektöründe Afet Yönetimi, Beykent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Tsuyama S. (2014). Thick Plate Technology for The Last 100 Years: A World Leader in Thermomechanical Processing, Tetsu-to-Hagane, 100(1), 71-81.
- Varol, N. ve Buluş, Kırıkkaya, E. (2017). Afetler Karşısında Toplum Dirençliliği, Journal of Resilience, 1(1), 1-9).
- Walder, M. (2019). Steel Structures for the New “Seilbahn Zugspitze”- on Top of Germany, NORDIC STEEL 2019, The 14th Nordic Steel Construction Conference, Copenhagen, Denmark.

- Wariyatno, N.,G., Han, A.,L., Gan, B.,S. (2019), Proposed Design Philosophy for Seismic-Resistant Buildings, Civil Engineering Dimension, 21(1), 1-5.
- Weik, J. (2010). Gerdau Aza Restarts Steelmaking after 55-Day Stoppage due to Earthquake, Metal Bulletin Daily, 208, 74-75.
- Xu, S., Wang, H., Li, A., Wang, Y., Su, L. (2016), Effects of Corrosion on Surface Characterization and Mechanical Properties of Butt-Welded Joints, Journal of Consructional Steel Research, 126, 50-62.
- Yardımcı, N. (2006). Çelik Yapıların Tasarımı ve Başlıca Tasarım Yöntemleri, Dünya İnşaat, 123-127.
- Yaylacı, T. C. (2015). Türkiye'deki Afet ve Acil Durum Yönetimi Uygulamaları: Bir Alan Araştırması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Gelişim Üniversitesi, Sosyal Bilimler Üniversitesi.
- Yaylalı, M. ve Mimaroglu, A. (2002), Deprem Karşısında Çelik Konstrüksiyon Yapıların Betonarme Yapılara Göre Avantaj ve Dezavantajlarının Sebepleri ve Analizi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 6(3), 89-91.
- Yıldırım, G. S. ve Şener, H. (2011). Türkiye 'de Az Katlı Konutlar İçin Yarı Açık Hafif Çelik Yapım Sistemi Bileşenleri, ITU Journal Series A: Architecture, Planning, Design, 10(2), 64-70.
- Yolcu, M. ve Bekler, T. (2021). Deprem Kültürü ve Farkındalık Çalışmaları: Şili ve Elazığ Depremlerinin Karşılaştırılması, ÇOMÜ LJAR, Lâpseki Meslek Yüksekokulu Uygulamalı Araştırmalar Dergisi, 1(2), 71-82, 15 Mayıs 2021 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ljar/issue/59169/819563> adresinden erişildi.
- Zhang, A., Su, L., Jiang, Z., Kang, Y., Qiu. (2021a). Cyclic Loading Tests of Earthquake-Resilient Prefabricated Steel Cross Joints with Different FCP Connections, Structures, China, 32, 1-14
- Zhang, G., Xu, L., H., Li, X., Z. (2021b). Development and Seismic Retrofit of an Innovative Modular Steel Structure Connection Using Symmetrical Self-Centering Haunch Braces, Journal of Engineering Structures, China, 229, 111671.

Zhaona, C. (2021). Analysis on Construction Technology and Quality Control Measures of Building Steel Structure, 2021 2nd International Conference on Urban Engineering and Management Science (ICUEMS), 306-309.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Nesibe Of

Doğum Yeri ve Tarihi :

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Gümüşhane Üniversitesi Acil Yardım ve Afet Yönetimi

Yüksek Lisans Öğrenimi :Gümüşhane Üniversitesi Afet Yönetimi Anabilim Dalı
Tez Dönemi

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

Bilimsel Faaliyetler : 1.Uluslararası afet Yönetimi Konferansı Gümüşhane,
11.Uluslararası Sağlık ve Hastane Yönetimi Konferansı
Trabzon, Afet Psikolojisi Konferansı Gümüşhane

İş Deneyimi

Stajlar : Gümüşhane Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Gümüşhane
Devlet Hastanesi, Gümüşhane Belediyesi İtfaiye
Müdürlüğü, Trabzon İl Afet ve Acil Durum müdürlüğü,
Karadeniz Teknik Üniversitesi Farabi Hastanesi Acil
Servis, Trabzon Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire
Başkanlığı, Trabzon Meteoroloji Müdürlüğü, Trabzon
Kızılay, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire
Başkanlığı, Kahramanmaraş Büyükşehir Belediyesi
İtfaiye Daire Başkanlığı

Çalıştığı Kurumlar : Giresun İl Ambulans Servisi Başhekimliği Görele 2 Nolu
Acil Sağlık Hizmetleri İstasyonu, Gümüşhane İl
Ambulans Servisi Başhekimliği Şiran 2 Nolu Acil Sağlık
Hizmetleri İstasyonu, Trabzon Fatih Devlet Hastanesi,
Trabzon İl Ambulans Servisi Başhekimliği Akçaabat 3
Nolu Acil Sağlık Hizmetleri İstasyonu

İletişim :