

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ACİL İHTİYAÇ DURUMUNDA GEÇİCİ KULLANILABİLECEK
HAFİF ÇELİK YAPI SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

TURAN DURMUŞOĞLU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

GEBZE
2017

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ACİL İHTİYAÇ DURUMUNDA GEÇİCİ
KULLANILABİLECEK HAFİF ÇELİK YAPI
SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

TURAN DURMUŞOĞLU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
YRD. DOÇ. DR. FERHAT PAKDAMAR

GEBZE

2017

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**EVALUATION OF TEMPORARY LIGHT
STEEL BUILDINGS IN CASE OF
EMERGENCY**

TURAN DURMUŞOĞLU
A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF ARCHITECTURE

THESIS SUPERVISOR
ASSIST. PROF. DR. FERHAT PAKDAMAR

GEBZE
2017

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 18/01/2017 tarih ve 2017/04 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 21/03/2017 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Turan DURMUŞOĞLU'nun tez çalışması Mimarlık Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI)

: Yrd. Doç. Dr. Ferhat PAKDAMAR



ÜYE

: Prof. Dr. Nihal COŞGUN



ÜYE

: Yrd. Doç. Dr. Erkan AKPINAR



ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye'nin Marmara Bölgesi örnekleme düşünülerek subtropikal (ılıman) iklim bölgeleri için acil ihtiyaç durumlarında en uygun kullanımlı geçici yapı sistemlerinin araştırılması yapılarak acil ihtiyaç durumu kullanımına yönelik ideal bir geçici yapı sistemi önerisi sunulmuştur. Öncelikle acil durum tanımı çeşitli yönetmeliklere göre yapılmış ve acil durumlarda kullanılacak konutlarda bulunması gereken sökölüp-takılabilirlik, basit montaj, üretim zaman kısıtı, nakliye, depolama kolaylığı ve dayanıklılık gibi özellikler verilmiştir. Ardından dünyada ve Türkiye'de kullanılan geçici yapı çeşitlerine değinilmiş, bunların avantajları ve dezavantajlarından bahsedilmiş ve bir tabloda toplanmıştır. Sonrasında hafif çelik yapı sistemlerinin kullanım alanları, yapı bileşenleri, özellikleri ve avantajlarından bahsedilerek diğer yapı sistemleri ile arasındaki farklara değinilmiştir. Son olarak da kapsam çerçevesinde, acil ihtiyaç durumlarında en uygun geçici hafif çelik yapı sistemi örnekleri sunulmuştur. Sunulan bu modeller ile diğer acil durum yapıları bir tabloda kıyaslanmış olumlu ve olumsuz taraflar net bir şekilde gösterilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Afet, Acil Durum, Acil Durum Yönetimi, Geçici Yapı Sistemleri, Hafif Çelik Sistemler.

SUMMARY

An ideal temporary structure system to be used in emergency situations in subtropical (temperate) climate zones has been researched by taking the sampling for Marmara Region in Turkey into consideration and proposed in this study. Initially the definition of emergency status has been made according to various regulations and includes features such as mountability-demountability, simple installation, manufacturing time constraints, transport, easy storage and durability which are required in emergency housing. Subsequently various types of temporary structures used around the world and Turkey have been studied, their advantages and disadvantage have been listed and compiled in a table. The usage areas of the light steel structure systems, their properties and advantages have been taken into consideration and their differences with the properties of other structure systems have been compared. Finally samples have been presented within the framework of the scope for the most appropriate temporary light steel structure system in emergency situations. The sample models have been compared with other emergency structures and the positive and negative characteristics have been indicated clearly.

Key Words: Disaster, Emergency, Emergency Case Management, Temporary Building Systems, Lightweight Steel Systems.

TEŞEKKÜR

Başta, yüksek lisans eğitimimde desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyip bilgisi ve yönlendirmesiyle bu çalışmanın oluşmasının yolunu açan danışmanım Yrd. Doç. Dr. Ferhat PAKDAMAR'a,

Çalışmaya katkıları sebebiyle VEFA Holding A.Ş.'ye,

ve göstermiş olduğu desteklerinden dolayı sevgili aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. ACİL DURUMLARDA KULLANILAN GEÇİCİ BARINMA	3
2.1. Mekân Bakımından Özellikler	5
2.2. Alan Bakımından Özellikler	6
2.3 Kullanıcı Rahatlığı ile İlgili Özellikler	6
2.4 Geçici Konutlarda Bulunması Gereken Yapısal Özellikler	7
2.4.1. Sökülüp Takılabilirlik	7
2.4.2. Kısa Sürede ve Basit Montaj	8
2.4.3. Üretimde Zaman Kısıtlamasının Olmaması	9
2.4.4. Nakliye Kolaylığı	9
2.4.5. Depolama Kolaylığı	9
2.4.6. Dayanıklılık	10
2.4.7. Esnek Kullanım ve Ekonomik Olma Özelliği	10
3. DÜNYADA ve TÜRKİYE’DE KULLANILAN GEÇİCİ YAPI	12
ÇEŞİTLERİ	
3.1. Geçici Yapı Çeşitleri	12
3.2. Geçici Yapıların Çeşitlerine Göre Avantaj ve Dezavantajları	20
3.3. Avantaj ve Dezavantajların Karşılaştırılması	23
4. MİMARİDE HAFİF ÇELİK	25
4.1. Hafif Çelik Yapı Sistemlerinin Gelişimi	25
4.2. Hafif Çelik Yapı Sistemlerinin Kullanım Alanları	27
4.3. Hafif Çelik Yapı Sistemlerinde Kullanılan Yapı Ürünleri	29
4.4. Hafif Çelik Yapı Sistemlerinde Kullanılan Yapı Bileşenleri	31

4.4.1. Temeller	31
4.4.2. Döşemeler	31
4.4.3. Duvarlar	33
4.4.4. Çatılar	34
4.4.5. Alt Sistemler ve Tesisat Bileşenleri	36
4.5. Mimari Tasarım Olanakları Açısından Hafif Çelik Yapı Sistemleri	38
4.5.1. Planlama Olanakları	38
4.5.2. Cephe Kuruluşu Olanakları	39
4.5.3. Kütle Kuruluşu Olanakları	40
4.6. Hafif Çelik Yapı Sistemlerinin Özellikleri	41
4.7. Yapı Fiziki Etkileri Açısından Hafif Çelik Yapı Sistemleri	43
4.7.1. Yangın Etkisi	43
4.7.2. Isı Bakımından Etkileri	45
4.7.3. Nem, Su ve Yoğuşma Açısından Etkileri	46
4.7.4. Akustik ve Ses Açısından Etkileri	47
4.7.5. Korozyon Etkisi i	48
4.8. Hafif Çelik ile Mimari Tasarımı Mümkün Statik Sistemler	49
4.8.1. İskelet Sistemi	49
4.8.2. Panel Sistemi	50
4.8.3. Hücre Sistemi	51
4.9. Taşıyıcı Sistem Açısından Hafif Çelik Yapı Sistemleri	51
4.9.1. Mekanik Davranışı	53
4.9.2. Soğuk Şekillendirme Süreci ve Dayanıklılık	55
4.10. Hafif Çelik Yapı Üretiminde Kontrol İşlemleri	56
4.11. Hafif Çelik Yapı Tasarımlarının Hukuki Dayanakları	57
5. ACİL DURUMDA KULLANILABİLECEK HAFİF ÇELİK YAPI ÖRNEKLERİ	59
5.1. Örnek Model 1	59
5.2. Örnek Model 2	63
5.3. Örnek Modellerle Diğer Modellerin Kıyaslanması	67
6. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ	69
KAYNAKLAR	72
ÖZGEÇMİŞ	75

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
3.1: Standart çadır.	13
3.2: Çelik çerçeveli çadır.	13
3.3: Tünel çadır.	14
3.4: Ahşap makaslı çadır.	15
3.5: Tepki barınağı.	16
3.6: Üstün barınağı.	16
3.7: Konteynır barınma alanı örnekleri.	17
3.8: Geleceğin barakası bölümleri.	18
3.9: TED Acil durum konutu.	19
4.1: Üç katlı hafif çelik bir sosyal yapı taşıyıcı sistemi.	27
4.2: Genel döşeme giriş bağlantı detayı.	32
4.3: Yangın sonucu göçen çelik taşıyıcı sistem.	44
4.4: Hafif çelik prefabrik yapıların taşıyıcı sistem görünüşü.	53
4.5: a) Ani akan çeliğin gerilme şekil değiştirme diyagramı. b) Kademeli akan çeliğin gerilme şekil değiştirme diyagramı.	54
4.6: Soğuk şekillendirme, imalat hattı.	55
5.1: Birinci tasarım modelinin kurulumu (Vekonant).	60
5.2: İkinci tasarım modelinin kurulumu (Vekonas).	64

TABLO DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
3.1: Dünyada kullanılan acil ihtiyaç yapıları için değerlendirme tablosu.	24
5.1: Birinci tasarım modeli (Vekonant) ürün bilgileri.	62
5.2: İkinci tasarım modeli (Vekonas) ürün bilgileri.	66
5.3: Önerilen modellerin diğer acil ihtiyaç yapıları ile kıyaslanması.	68

1. GİRİŞ

Yerleşik düzene geçerek şehirler kuran insanlar hayatlarını sürdürmek için de birbirlerine ihtiyaç duymaktadırlar. Şehir yaşamındaki ihtiyaçların giderilmesinde görünmeyen ancak herkesin birbirine bağlı olduğu bir zincir vardır. Deprem, sel, yangın vb. gibi acil durumlarda ise bu zincir kırılarak sistemde probleme ve aksaklığa neden olur. Bu aksaklık sebebiyle de insanlar hayatlarını sürdürmek için gerekli asgari ihtiyaçlarını dahi karşılayamaz hale gelir. Bu tür kesintilerin olduğu acil durumlarda insanlara asgari de olsa yaşamını sürdürebileceği geçici yaşam alanlarının oluşturulması çözülmesi gereken önemli problemlerden biridir. Bu çalışmada ele alınan problem “Acil ihtiyaç durumu barınma gereksinimin karşılanması problemidir”.

Acil ihtiyaç durumu barınma gereksinimi probleminin çözümü için dünyada kullanılan geçici barınma yapılarını incelemek ve bunların değerlendirildiği ve karşılaştırıldığı bir ortam oluşturmak bu çalışmanın ana amacıdır. Amacın doğal sonucu olarak geçici barınma yapılarının birbirine karşı uygunluklarının ve zayıflıklarının irdelenme ve incelenme ortamı çalışma hedefinin en önemli çıkarımlarından birini oluşturmaktadır. Bu amaca yönelik çalışmanın doğal sonucu olarak uygun geçici barınma yapısı önerisi de çalışmanın uygulamaya yönelik göstergesi olması bakımından ayrı bir zenginlik oluşturmaktadır.

Bu çalışmanın acil durum erişim kabiliyeti, zamana bağlı barınak türlerinden olan kalıcı konutlar hariç hepsini kapsamaktadır. Zira yapılan çalışma ile acil barınak türleri incelemesi yapılmış ve kıyaslama tabloları ile birbirlerine karşı olumlu ve olumsuz yanları bir platformda gösterilebilmiştir.

Geçici barınma yapılarının pek çoğu revize edilerek dünyanın her iklim (çöl, kutup) ve coğrafi bölgesi için kullanılabilir hale getirilebilmektedir. Bununla beraber bu çalışmanın iklim bazında kapsamı Türkiye’nin Marmara Bölgesi örnekleme ve dolayısıyla subtropikal (ılıman) iklim için sınırlanmaktadır. Bu kapsam sınırlaması geçici barınma yapılarının nicel ve nitel kıyaslamalarında çok önem arz ettiği için asla gözden kaçırılmaması gereken önemli bir noktadır. Ahşap, çelik veya toprak malzeme alternatifleri ve bunların bölgesel avantaj durumları gibi konular bölge bazında tüm dünya için incelenirse çalışmanın kapsamı tüm dünya için geçerli hale gelebilir.

Bu kapsamdaki problemin irdelenmesi için izlenen adımlar ve kullanılan yöntemler bölüm bazında ifade edilebilir. Giriş bölümünde tez konusunun problem tanımı, tezin amacı, kapsamı-sınırlılığı ve kullanılan yöntem verilmiştir. Acil durumlarda kullanılan geçici barınma ile ilgili mekân özellikleri, alan özellikleri, kullanıcı rahatlığı ile ilgili özellikler ve geçici konutlarda bulunması gereken sökülüp takılabilirlik, kısa sürede basit montaj, üretimde zaman kısıtlaması, nakliye kolaylığı, depolama kolaylığı, dayanıklılık, esneklik ve ekonomik olma gibi özellikler kapsamlı literatür taraması ile birlikte verilmiştir. Sonrasında tezin en önemli kısımlarından birini oluşturan Dünyada ve Türkiye’de kullanılan geçici yapı çeşitleri detaylıca incelenmiştir. Bu inceleme içinde avantaj ve dezavantajlar verilmiş olmasına rağmen uygulamaya yönelik bir araç olması bakımından Avantaj ve dezavantaj puanlama tablosu oluşturulmuştur. Daha sonra Mimaride hafif çelik konusu ele alınıp hafif çelik yapı sistemlerinin gelişimi, kullanım alanları, kullanılan yapı türleri, yapı bileşenleri ve mimari tasarım olanakları incelemeleri yapıldıktan sonra Hafif çeliğin fiziksel özellikleri, yapı fiziği etkileri gibi konular ele alınmaya çalışılmıştır. Hafif çeliğin uygulanmasındaki standartlar, kanunlar, yönetmelik, yönergeler konusu ise hukuki dayanaklar başlığında verilmiştir. Ayrıca Hafif çelik yapı sistemlerinin imalat ve üretim kontrollerinden de kısaca bahsedilmiştir. Bir diğer başlık olan beşinci bölümde ise Acil durumda kullanılabilecek ideal hafif çelik yapı sistemlerine iki örnek verilmiştir.

2. ACİL DURUMLARDA KULLANILAN GEÇİCİ BARINMA

Kelime anlamı olarak Acil; Arapça kökenli bu kelime olup “derhal” anlamına gelmektedir. Durum kelimesi ise hal, mevki, pozisyon, konum anlamındadır [Beyatlı, 2010]. Bir başka ifade ile acil durum ani olarak ortaya çıkan güç durum, yardım veya kurtarmayı gerektiren, beklenmeyen, ön görülemeyen olaylar bütünü ifade etmektedir [Şengün, 2007]. Acil durum ile eş anlamlı kullanılan doğal afet kelimesi ise yangın, su baskını, deprem, fırtına, dalga hareketleri, hava kirlenmesi, volkanik hareketler, salgınlar, don, patlama, iç ve dış savaşlar gibi doğal ve insan eliyle oluşan yaygın ve şiddetli hasarlar, sakatlık, can ve mal kaybı, türlerin yok olması gibi sonuçları doğuran olayları ifade etmektedir [Doğan, 2003].

Doğal afetin, oluşum ve gelişim sonucu incelendiğinde, ansızın veya belli bir süreç içinde oluşup, yerleşim ve üretim alanlarında alışlagelmiş yaşamı bozarak, genel yaşamı etkileyecek ölçüde gelişen doğal yer ve hava hareketleri olduğu görülmektedir. Olayın afet olarak nitelendirilebilmesi için sadece oluşması yeterli değildir. Aynı zamanda bu olayın insanlar üzerinde büyük ölçüde fiziksel, sosyal ve ekonomik kayıplar doğurması da gerekmektedir [Şengün, 2007].

Afetin büyük derecesi bir olayın meydana getirdiği can kayıpları, yaralanmalar, yapısal hasarlar ve yol açtığı sosyal ve ekonomik kayıplarla ölçülebilir. Ülkemizde sıklıkla karşılaştığımız doğal afet depremdir. Depremler, yer kabuğundaki fay adı verilen kırıklar sebebiyle olmaktadır. Faylar, kayanın yüksek basınç sonucunda kırılmasıyla oluşmaktadır [Doğan, 2003].

Birleşmiş Milletlerin “Uluslararası Felaket Azaltma Stratejisi”ne göre risk, tehlikelerin hasargörebilirlik ile birlikte değerlendirilmesiyle hesaplanabilir. Risk, hasargörebilirlik ile afet büyüklüğünün orantısı şeklinde ifade edilebilir. Riskin etkisini azaltmak için; insan kaynaklı afetlerin azaltılması ve hasargörebilirlik (sosyal faktörler) düzenlenmesi gereklidir [ISDR, 2004]. Afet oluştuktan sonra yapılan müdahaleler ve toplumsal yaşamın sürdürülebilirliği, alınan tedbirlere bağlı olarak gelişmektedir. Deprem, sel, yangın, savaş vb. gibi durumlarda ortaya çıkan acil barınma sorunu aşağıdaki aşamalarda verildiği sırayla ortaya çıkmaktadır;

- Kendiliğinden oluşan barınaklar (ilk 72 saat): Geçici, güvenli sığınakların temini, durum dengelenene kadar

- Acil Barınak (ilk 60 gün): Evini kaybeden afetzedelerin acil barınma ihtiyacının teminini içeren barınaklardır.
- Geçici konut (ilk yıl ve sonrası): Afetzedelerin kalıcı konutlara aktarılma aşamasına kadar, günlük yaşantılarını sürdürebilecekleri optimum standartların oluşturulmaya çalışıldığı konutlardır.
- Kalıcı konut: Afetzedeler için uzun vadeli, kalıcı konut çözümlerinin temin edildiği dönemdir [FEMA, 1998].

Bu çalışmanın acil durum erişim kabiliyeti, yukarıda bahsedilen zamana bağlı barınak türlerinden olan kalıcı konutlar hariç hepsini kapsamaktadır. Zira yapılan çalışma ile acil barınak türleri incelemesi yapılmış ve kıyaslama tabloları ile birbirlerine karşı olumlu ve olumsuz yanları bir platformda gösterilebilmiştir.

Geçici konutlar acil durum karşısında insanların barınma ihtiyaçlarını karşılayan, uzun süre kullanmaya elverişli olmayan konut olarak ifade edilmektedir. Afet sonrası en önemli sorun barınma ihtiyacıdır. Afet sonrası zorda kalan insanlar için kurulan geçici konutlar olumsuz çevre etkilerinden korunmayı sağlamak ve günlük yaşam koşullarını iyileştirmek için yapılmaktadır [Beyatlı, 2010].

Geçici yerleşim, acil barınmadan sonra kalıcı konutların yapımı tamamlanıncaya kadar barınmayla ilgili geçici çözümlerin bulunduğu bir dönemdir. Bu dönem, doğal afetin gerçekleştiği zamandan bir veya iki hafta sonra başlar. Geçici konut normal yaşam şartlarının mümkün olduğunca sağlanmaya çalışıldığı geçici çözümdür. [Şengün, 2007]

Afet sonrası geçici konutların amacı yıkılmış ya da hasarlı binaları yüksek standarda ve estetiğe sahip binalar haline getirilinceye kadar insanların barınma ihtiyaçlarını gidermektir. Geçici konutların insanların en temel ihtiyaçları olan yemek pişirme, uyuma, tuvalet ve temizlik gibi ihtiyaçlarına cevap verebilecek kapasitede olması gerekmektedir. Doğal afetten etkilenen insanların ihtiyaçlarını seri bir şekilde gidermek için çok sayıda, hızlı bir biçimde üretilmesi gerekmektedir. Meydana gelen afet sonrası, bölge halkının yaşamlarının yüksek standartlara getirilmesi sağlanmalıdır [Beyatlı, 2010].

Afet sonrası acil barınma sorununun çözümü için sökülüp-takılabilir barınaklar önerilmektedir. Söz konusu sökülüp-takılabilir barınaklar, yeniden montajı yapılmak üzere parçalara ayrılabilen ve parçaları kolayca paketlenilme, taşınabilme ve depolanabilme özelliklerine sahip barınaklardır. Bakımı kolay yıpranma payı ve

bakım masrafları azdır. Atölyelerde tamamlanmış birim parçalar halinde üretilip inşa alanında sadece montaj işlemleri yapılmaktadır. Montaj işlemleri hiçbir özel bilgi, araç, gereç uzmanlık ve donanım gerektirmez ve birkaç idarecinin gözetiminde afetzedeler tarafından gerçekleştirilebilir. Ayrıca parçaları rahatça kurulup sökülebilen, bu işlemler sırasında yapısı bozulmayan, montaj sonrasında kullanım fazlası malzeme kalmayan yapı şeklindedir [Doğan, 2003].

Konteynir olarak imalatı yapılan barınaklar ise bütün parçaları fabrika da yapıldığı için hata payı yok denecek kadar azdır. Ayrıca temel istemez, istenildiği zaman başka mekânlara kolayca nakledilebilir [Öztürk, 2010].

2.1. Mekân Bakımından Özellikler

Geçici afet konutlarında farklı işlevler için ayrılmış alanlar bulunmalıdır. Bu sayede kısıtlı da olsa özel yaşama olanak sağlanabilir. Yaşanabilir bir yeterliliğe sahip olan geçici konutlarda salon, oturma odası, mutfak, yemek alanı, banyo ve yatak odaları gibi mekânlar bulunmalıdır [Baradan, 2002].

Geçici konutlarda salon ya da oturma odası olarak ayrılan bölüm tüm ailenin bir araya gelip kararlarını aldığı bir alan olup tüm bireyleri kapsayacak bir oturma düzeni sağlanmış olmalıdır. Bu alan aynı zamanda, TV seyredilen, çocukların oyun oynadığı, ayrı bir yatak odaları yoksa ailenin uyuduğu bir alandır. Oturma odasında fonksiyonel, rahatça taşınabilir ve gerektiğinde yatağa dönüştürülebilecek tipte mobilyalar kullanılmalıdır. Boydan boya rafların hem bölücü, hem de depo amaçlı yaşama alanında kullanılması farklılaşmış, özel mekânlar elde etme olanağını vermektedir. Geçici konutlarda mutfak oturma odasının bir bölümü olarak yapılır. Afetzedeler yemeklerini, çoğunlukla evde pişirmek durumunda kaldıkları için mutfak pişirme alanı olan ayrıca mutfak eşyalarının ve erzakın da depolandığı, çoğu zaman da yemek yeme işleminin de gerçekleştiği bir alan şeklinde olmalıdır [Baradan, 2002].

Geçici konutlarda banyo kalıcı konut standartlarına uygun bir boyutta, yatak odalarına çok yakın fakat salondan kullanıma da uygun bir şekilde yapılmalıdır. Banyoda lavabo, duş teknesi, klozet, tuvalet kâğıdı asacağı ve lavabo altı bir dolap olması gerekir. Geçici afet konutlarında mahremiyet açısından ebeveyn yatak odası mutlaka ayrılmış olmalıdır. Mahremiyet açısından önemli bir diğer nokta da, sokağa

bakan konutlarda yatak odasına ait pencerelerde kepenk, güneşlik gibi hem mahremiyeti hem de güvenliği sağlayacak sistemlerin bulunması gerekmektedir [Baradan, 2002].

2.2. Alan Bakımından Özellikler

Geçici afet konutlarının işlevsel olabilmesi için, alan olarak kalıcı konutlara oranla daha küçük alana sahip olmalıdır. Buna rağmen geçici konutlar, yaşanabilecek, ihtiyaçları minimum karşılayacak şekilde tasarlanmalıdır. Ailede yaşayan toplam kişi sayısının farklı oluşundan dolayı farklı boyutlara, geliştirmek veya büyüme olanağına sahip birkaç tip konut seçeneği bulunmalıdır. Birim konut tasarlanırken kullanan kişi sayısı istatistikleri göz önüne alınarak boyutlandırılmalıdır. Geçici konutların, kalıcı konut standartlarının minimize edilmiş hali olarak düşünüldüğünde; beş kişilik bir geçici afet konutunun toplam alanının 40 m² olarak belirlendiği görülmektedir [Baradan, 2002].

2.3. Kullanıcı Rahatlığı İle İlgili Özellikler

Geçici konutlarda sağlıklı bir ortamın oluşabilmesi için binanın her mevsime uygun, estetik ve ses yalıtımı sağlanmış olması, sağlıklı yapı malzemelerinin kullanılmaması, gerekli sıhhi tesisatın ve donanımın sağlanmış olması gerekmektedir. Ayrıca afetzedelerin herhangi bir fiziksel veya psikolojik rahatsızlık duymadan yaşayabilecekleri büyüklüğe sahip olmalıdır. Konut sıcaklığı ortalama 18-27 derece arasında olmalıdır. Zira bu sıcaklığın 12 dereceden düşük olması halinde insanlarda kalp rahatsızlıklarına varan şikâyetler görülmüştür. Bu konutlarda yaşayanların baş ağrısı, alerjik solunum rahatsızlıkları ve astım gibi rahatsızlıklara yakalanmaması için konut içinde yeterli hava akımı sağlanmalıdır [Baradan, 2002].

Ayrıca konutlar rutubet oluşumundan arındırılmalıdır. Yapıdaki rutubetin artması soğuk algınlığına, solunum yolu hastalıklarına ve alerjik rahatsızlıklara neden olabilmektedir. Rutubet kullanım alanlarında sağlığı olumsuz etkilerken cephe kaplamalarında kabarma ve dağılmalara, derzlerin belirginleşmesine, su basman bölgesinde lekelenmelere ve hatta donatının çürümesiyle yıkıcı hasarlara neden olmaktadır. Geçici konutlar en zor kış koşullarında bile en az iki saat süreyle güneş

ışığı almalıdır. Konutlarda ses yalıtımı olmalı gürültü 50 desibeli, yatak odasında ise 30 desibeli aşmamalıdır [Baradan, 2002].

2.4. Geçici Konutlarda Bulunması Gereken Yapısal Özellikler

Geçici barınaklar gerektiğinde bölgeye kolay ve özel araç gerektirmeden taşınabilmesi için hafif olmalıdır. Barınakların afet bölgesinde uzman gerekmeden kolay bir şekilde kurulması veya sökülmesi gerekir. Barınak sadece yerel bölgeler için değil, evrensel anlamda değişik arazi ve mevsim şartlarına uyacak bir şekilde olmalıdır. Ayrıca sağlam, dayanıklı, güvenli olmalıdır. Ekonomik ve teknolojik yönden yetersiz ülkelerde afetler ciddi oranda yıkıma sebep olmaktadır. Buna bağlı olarak, afet sonrası geçici konut sorununun çözümü uzun bir zaman alabilmektedir. Vietnam savaşı sonrası yapılan konutlar geçici barınakların uzun süreli kullanımına en iyi örnektir. Bu konutlar ülkedeki şartlara bağlı olarak otuz yıl boyunca kullanılmıştır [Beyatlı, 2010].

Ayrıca barınağın dış kabuğu ya da örtüsü olumsuz dış etkilerden kendi kendini koruyabilmelidir. Afet bölgesinde barınakların dağıtımı ve kurulumu işlemlerinden sorumlu bir sistemin bulunması gerekmektedir. Afet bölgesindeki barınak kurulumu sırasında işgücü, araç, gereç kullanım planının daha önceden hazırlanmış olması işlemlerin seri bir şekilde yapılmasını sağlayacaktır [Beyatlı, 2010].

Geçici konutlarda bulunması gereken yapısal özelliklerin başında sökülüp takılabilir olması, kısa sürede ve basit montaj, üretimde zaman kısıtının olmaması, nakliyat kolaylığı, depolama kolaylığı, dayanıklılık, esneklik ve ekonomik olma özellikleri sayılabilir. Bu özellikler kısa başlıklar altında aşağıda açıklanmaya çalışılmıştır.

2.4.1. Sökülüp Takılabilirlik

Kırılma, dönme, çatlama yapmadığından ve buna ilaveten topraklama özelliği sayesinde yıldırım riski taşımadığından çelik prefabrik yapılar deprem bölgelerinin vazgeçilmez yapı örnekleridir. Ayrıca inşaatlardaki belirsizlikler, sürekli uzayan yapım süreleri, maliyet artışları, kalifiye eleman sıkıntısı ve benzeri sorunların olmaması çelik prefabrik yapıların tercih edilme sebebini oluşturmaktadır.

Prefabrik yapılarda sökölüp takılabilirlik özelliğinin temelini sistemin birleşim detayları oluşturmaktadır. Başka bir deyişle sistemin birleşim detayları kırma, kesme ya da biçimlendirme işlemleri olmadan direkt mekanik olarak birleştirmeye ve sökölmeğe uygun olmalıdır. Mekanik birleşimler perçinleme, kıvrarak birbirine geçirilen parçaların preslenmesi, vidalama ve bulonlama gibi yöntemler kullanılarak yapılmaktadır. Sökölüp takılabilir olma özelliği betonarme malzemeler için söz konusu değildir. Ahşap yapı malzemeleri için kısmen söz konusu olurken çelik yapı malzemelerinde detayların kolaylıkla sökölüp takılabilmesi mümkündür [Baradan, 2002].

2.4.2. Kısa Sürede ve Basit Montaj

Acil durumlarda insanların zaruri ihtiyaçlarının bir an önce giderilmesi, en temel ihtiyaç olan barınma ihtiyacının daha sağlıklı bir biçimde sağlanabilmesi için geçici konutlar en kısa zamanda kurulmalıdır. Bu sebeple geçici konutların birleşim detayları uzmanlık istemeyen basit aletlerle yapılabilecek nitelikte olmalıdır. Dolayısıyla zamandan ve maliyetten tasarruf edilmiş olunacaktır. Birleşim sırasında kolaylık sağlamak için yapı elemanlarının iki yüzü de içe veya dışa gelebilmelidir. Ayrıca bütün kenarlarında aynı tip birleşim detayları olmalıdır. Musluk, evye ve tezgâh gibi yardımcı elemanlar duvar elemanlarının üzerine kolayca uygulanabilmelidir. Ayrıca duvar elemanları üzerinde montaj için yerler olmalıdır. Geçici afet konutlarının hızlı bir şekilde sökölüp takılabilmesi için yapı eleman ağırlıklarının ve boyutlarının insanlar tarafından kolayca taşınabilecek ölçüde hazırlanması gerekmektedir [Baradan, 2002].

Prefabrik çelik yapıların normal boyuttaki yani 150 m²'lik bir yapı için inşa süresi sadece 1 aydır. Aynı büyüklükte betonarme bina ise 3 ayda tamamlanmaktadır. Acil durumlarda kurulan geçici konutların alanlarının normal binaya göre yaklaşık dört katı küçük olduğu düşünölürse çelik yapılarda bu süre daha da kısılacaktır. Çelik yapılar her iklim koşulunda, büyük inşaat makinaları gerektirmeden, uzman olmasa dahi herkes tarafından kolayca kurulabilmekte ve aynı kolaylıkla tekrar sökölülebilmektedir. Ayrıca üretim esnasında tesisat geçişlerine ait delikler açılabilirdiği için elektrik tesisatı, sıhhi ve kalorifer tesisatı geçişlerinde işgücü ve zamandan tasarruf yapılmaktadır [Öztürk, 2010].

2.4.3. Üretimde Zaman Kısıtlamasının Olmaması

Acil durumlar karşısında afet yaşandıktan sonra konutların üretilmesi afetzedelerin sıkıntılarını artırabilmektedir. Bu bağlamda doğal afetleri sıklıkla yaşayan ülkeler olası acil bir durum karşısında kullanılmak üzere belli bir sayıda geçici afet konutunu depolamak durumundadır. Bu sebeple kısa sürede seri üretim için belirleyici faktör malzemenin şekillendirilebilme özelliğidir. Malzemenin kolay şekil alması üretimin kısa sürede yapılması ile doğru orantılıdır. Metallerin ve ahşap malzemenin şekillendirilmesi kısmen zordur. Betonarme, özü plastik olan malzemeler ve dokuma malzemelerin şekillendirilmesi ise kolaydır [Baradan, 2002].

2.4.4. Nakliye Kolaylığı

Geçici afet konutlarının üretiminde nakliye iki aşama halinde yapılmaktadır. Öncelikle üretim merkezinden depolama yerine daha sonra depolama yerinden kurulum alanına nakliye söz konusudur. Üretim merkezindeki depolamada normal koşullarda bir nakliye, kurulum alanında ise acil durum ortamındaki bir nakliye söz konusudur. Geçici konutların afet yerine ulaşabilmesi için, taşıma mesafeleri mümkün olduğu kadar kısa tutulmalıdır. Kısa sürede çok yapı elemanı taşınması açısından nakliye aracı mevcut olan araçlar içindeki en büyük araç olmalıdır [Baradan, 2002].

2.4.5. Depolama Kolaylığı

Acil durum ortadan kalktığı zaman geçici afet konutunu oluşturan yapı elemanları daha sonra kullanım için depolanmalıdır. Bu sebeple yapı elemanlarının paketleme ve istif edilebilme kolaylığı olmalıdır. Yapı elemanları söküldükten sonra depolanması esnasında herhangi bir deformasyona uğramaması için ebatlarının çok büyük olmaması gerekmektedir. Yapının düzlemsel elemanlardan oluşması paketleme kolaylığı sağlayacaktır. Tam tersi olarak eğrisel yapı elemanlarının paketlemesinde ara boşluklar oluşabilir. Ambalajlama yumuşak ya da sert bir malzeme ile yapılabilir. Burada önemli olan bu ambalaj malzemelerinin yapı elemanlarını kurulum aşamasında da kullanılabilir olmasıdır. Ayrıca geçici konutlar

yapılırken özel depolama koşulları istemeyen yapı elemanları seçilmelidir. Zira betonarme malzemeler açıkta da depolanabilirken ahşap malzemelerin açıkta depolanması hava şartlarından veya diğer faktörlerden etkilenmesine neden olacaktır [Baradan, 2002].

2.4.6. Dayanıklılık

Bir yapı malzemesinin dayanma gücü belli bir gerilme değerini aştıktan sonra malzemenin yük taşıma kapasitesinde kalıcı ve önemli değişimlerin olması şeklinde ifade edilebilir. Bu gerilme akma gerilmesi ya da kopma gerilmesi şeklindedir [Çobanoğlu ve Fenercioğlu, 2008] .

Geçici konutlar farklı arazi şartlarında ve farklı iklim koşullarında kullanmak üzere dayanıklı yapılar olarak inşa edilmelidir. Bu konutlar yağmur, kar, sıcak, soğuk gibi iklim farklılıklarına ve neme dayanıklı olmalı, iki yıl onarım gerektirmeyen ve en az üç afette kullanılabilecek bir nitelikte olmalıdır. Geçici konutların kullanım ömrü 6 yıl raf ömrü ise 5 yıl olmalıdır [Baradan, 2002].

Geçici konutlarda kullanılan çelik prefabrik yapılar en büyük doğal afet olan deprem riskine karşı, aynı büyüklükte betonarme yapıya oranla çok daha sağlamdır. Çelik yapı elemanları homojen, izotrop olmalarının yanı sıra, yüksek esneklik ve yüksek duktilite özellikleri vardır. Toplam yapı ağırlığı betonarme binaya oranla yaklaşık % 80 daha hafiftir. Bu nedenle yanal deprem yükleri büyük oranda azalır. İnce cidarlı çelik elemanlar kullanıldığı için ve yük taşıma kapasitesinin zati ağırlığa oranı yüksek olduğu için depremden daha az etkilenmektedir. Prefabrik yapılarda kullanılan yüksek çinko kaplamalı galvaniz malzemeden üretilen çelik yapı elemanlarına montaj sırasında uygulanan üstün yalıtım tekniği sayesinde bu yapılar daha uzun ömürlüdür [Öztürk, 2010].

2.4.7. Esnek Kullanım ve Ekonomik Olma Özelliği

Esnek kullanım durumları olarak bakılacak olursa örneğin ahşap iskelet sistem bileşenleri sökülmesi sırasında zarar görmektedir. Dolu kesitli ahşap bileşen söküm sırasında zarar gördüğü takdirde yönlendirilmiş yonga levha (OSB) gibi endüstriyel üretim ile yeniden kullanıma dönüştürülmektedir. Hafif çelik yapılarda kullanılan

galvanize elik yapı elemanlarının % 100 oranında geri dönüşümü vardır [Yıldırım, 2012].

Prefabrik elik yapıların tasarım aşamasında fiyat, malzeme kalitesi ve marka bellidir. Dolayısıyla herhangi bir sürprizle karşılaşılmaz. elik yapıların inşa süresinin kısa olması finansman kolaylığını beraberinde getirmektedir. elik prefabrik yapılar yüksek ısı ve ses yalıtımı sağlarken aynı zamanda yapıyı su ve korozyondan korumaktadır [Öztürk, 2010].

Geçici konutlar durumun aciliyeti söz konusu olduğu için kısa sürede ve fazla sayıda üretilmelidir. Bu sebeple üretim maliyetini minimum düzeye çekmek için geçici konutlar montajı, nakliyesi kolay olan prefabrik konutlar olarak üretilmelidir. Zira geçici konutların kurulum aşamasında montaj ve nakliye haricinde diğer maliyet kalemleri de söz konusu olacaktır. Bu maliyet kalemleri, kazı, temel ve üniteyi kurma, su, elektrik, kanalizasyon, ısıtma, taşıma sırasında oluşabilecek hasar, montaj için kalifiye işçinin afet yerine getirilme, onarım ve bakım, sökülme ve birimlerin yerinden kaldırılma, stoklama, depolama ve geçici konutların tekrar kullanımı için gereken bakım ve onarım maliyeti olarak ifade edilebilir [Baradan, 2002].

3. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE KULLANILAN GEÇİCİ YAPI ÇEŞİTLERİ

Bu bölümde, dünyada ve Türkiye’de kullanılan geçici yapı çeşitlerinden bir kısmı incelenmiş ve bu barınak türleri ile ilgili bir önceki bölümde ifade edilen sökülüp takılabilirlik, kısa sürede ve basit montaj, üretimde zaman kısıtlaması, nakliye kolaylığı, dayanıklılık vb. gibi özelliklere değinilmiştir. Ayrıca söz konusu yapılarla ilgili görsel öğeler de bu bölümde verilmiştir.

Geçici afet konutları terimiyle kurulumu kolay, tekrar kullanıma yatkın, taşınması kolay ve boyutları küçük olan konutlar ifade edilmektedir [Baradan, 2002]. Geçici yapılar kullanılan malzeme türlerine göre, ahşap, beton veya çelik sistemlerden inşa edilebilirler. Birçok etkenin yanı sıra hammadde fiyatları, yapıların kullanım amacı, mimari özellikleri ve yöresel şartlar yapı türünün seçiminde etkili olan faktörlerdir [Öztürk, 2010].

Afet sonrası hasar gören yapıları eski haline getirilmek ya da yenisi yapılabilmek kadar burada yaşayan insanların barınma ihtiyaçlarını gidermek için geçici konutlar yapılmaktadır. Acil durum yâda iyileştirme aşamasında kullanılacak olan acil durum barınağı, afetten hemen sonra belirlendiği için bütün afet türleri için aynı barınak tipi seçilmemektedir. Uluslararası birçok özel kuruluş ya da bağımsız sivil kuruluşlar barınak tasarlamış ve yoksul ülkelere yardım etmişlerdir. 1997’de “Nongovernmental Organization” grubunca Sphere projesi hazırlanmıştır. Sphere projesinin amacı, afetten etkilenen insanlara sağlanan yardımın kalitesini ve afetle mücadelede insani yardım sisteminin sorumluluğunu arttırmaktır. Sphere projesi ve Barınak Merkezi kurumları tarafından üretilen geleneksel ve alternatif barınak türleri, standart çadır, çerçeveli prototip çadır, tünel tipi çadır ve ahşap makaslı çadır [Beyatlı, 2010].

3.1. Geçici Yapı Çeşitleri

Kullanılan standart çadırlar (Şekil 3.1) prefabrik metal direklerle asılan kumaş ya da plastikten yapılmış olan çadırın halat ya da ipe gerilmesi ile oluşturulmaktadır. İpler yere kazıklarla sabitlenmektedir. Çadırlar güneşe ve yağmura maruz kalmamalıdır. Çadırların depolandığı alan havalandırılmalı ve doğal zeminle temas içinde olmamalıdır. Zira standart çadırlarda zemin ilişkisi yağmurlu veya karlı

bölgelerde daha da zordur. Genel olarak yardım kuruluşları, soğuk bölgelerde, afet alanlarında kullanılan standart çadırlara ahşap zemin oluşturmaktadır. Ancak ahşap sistemli zemin nemden ve sudan etkilenerek zamanla çürümektedir [Beyatlı, 2010].



Şekil 3.1: Standart çadır.

Çerçevesiz prototip çadır (Şekil 3.2) çeşitli çelik profillerin birbirine kenetlenerek çelik çerçeve oluşturması ile inşa edilmiş olur. Kumaştan yapılan çadır örtüsü ip veya halatlarla çelik profillere bağlanır. Çelik profiller nem ve suya maruz kaldığında korozyona uğrayabilir. Aynı zamanda standart çadırdaki olduğu gibi kumaş çadır örtüsü güneş ve yağmurdan olumsuz etkilenmektedir. Çadırların depolandığı alan havadar olmalı ve depo doğal zeminle temas içinde olmamalıdır [Beyatlı, 2010].



Şekil 3.2: Çelik çerçevesiz çadır

Tünel şeklindeki portatif çadırda (Şekil 3.3) iki ana elaman vardır. Bunlardan ilki çelik profiller ve ikincisi ona bağlı örtü sistemidir. Çelik silindir ya da çelik tüp profillerin dik açıda durması için zemine sabitlenmesi gerekmektedir. Tünel tipi çadırlar kare veya yarım silindir şeklinde oluşturulabilirler. Tünel tipi çadırların dikey kullanımı modüler biçimde uzamasına ve dolayısıyla daha büyük alanlara sahip olunmasına imkân tanımaktadır. Çelik profillerin birleşim noktaları kenetlenme sistemi ile oluşturulmaktadır. Montajı ve taşınması basit ve kolaydır [Beyatlı, 2010].



Şekil 3.3: Tünel çadır.

Ahşap makaslı çadır (Şekil 3.4), ahşap dikme ya da keresteleri birbirine çivi yardımı ile birleştirilerek oluşturulan bir çadır modelidir. Bu model iki ana elemandan oluşur. Bu elemanlar ahşap keresteler ve ona bağlı örtü sistemidir. Ahşap dikmelerin dik açıda durması için zemine sabitlenmesi gerekmektedir. Montaj işlemi kolaydır ve montaj için çekiç ve çivi yeterlidir. Ahşap makaslı çadır dikey ya da yatay olarak kullanılırsa modüler biçimde uzayarak daha büyük bir alana sahip olunabilir. Ahşap makaslı çadırlar afet bölgesinde bulunan ağaç ya da mevcut ahşaplardan oluşturulmaktadır. Çadır elemanlarının sadece ahşap dikme-kiriş ve örtü malzemesinden oluşması kısa sürede nakliye ve yapım imkânı vermektedir [Beyatlı, 2010].



Şekil 3.4: Ahşap makaslı çadır.

Birleşmiş Milletler ve diğer bağımsız kuruluşların kullandıkları barınma çadırlarının maliyeti düşüktür ve nakliyesi kolaydır. Bu çadırlar afetzedelerin sadece barınma ihtiyacını karşılamaktadır. Ancak insanın barınma dışında daha birçok zorunlu ihtiyaçları olduğu için mimarlar, mimarlık ofisleri, üniversiteler ya da özel yardım kuruluşları alternatif tezler üretmektedirler.

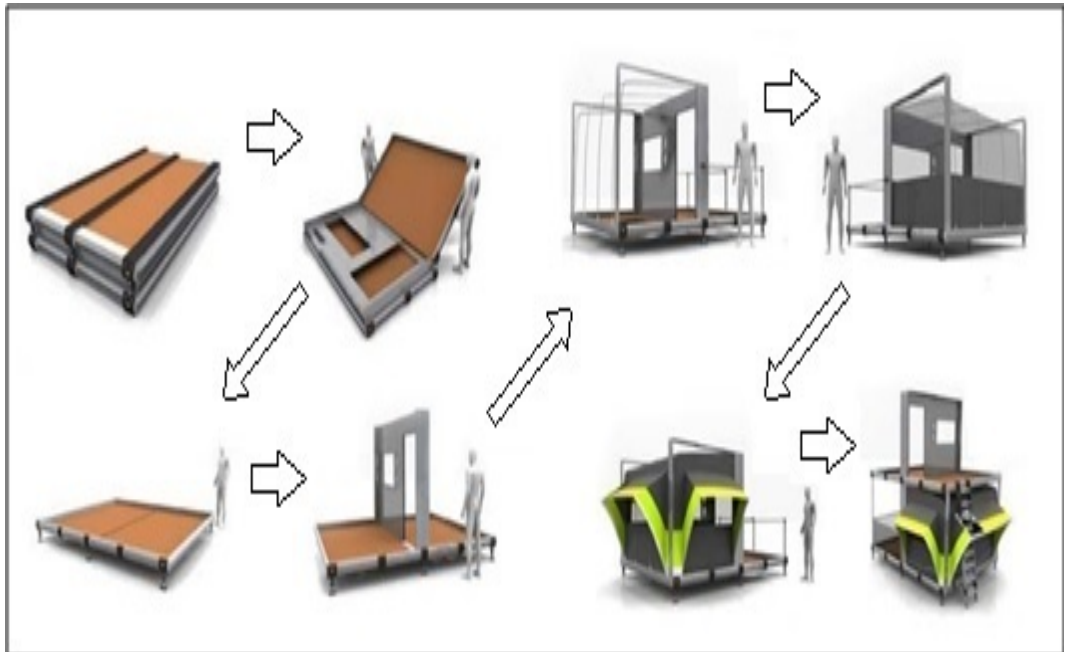
Bu tezlerden reaction (tepki) barınağı, yangın, deprem, kasırga ve bu benzerlikte birçok afet sonrası kullanıma uygun niteliktedir. Özellikle alüminyum panel yapıya sahip olduğu için ısı ve yangına karşı dayanıklıdır. Bir ailenin ihtiyaçlarını karşılamak için kendi içinde birimlerden oluşan bir sistemdir. Bu sistem de her birim üst ve alt birim olmak üzere iki ana elemandan oluşmaktadır. Yaşama, yatak ve banyo birimleri birbirlerine üçgen kompozit alüminyum panellerle bağlanmaktadır [Beyatlı, 2010].

Yan yana dizilmiş tepki barınakları ile ilgili bir fotoğraf Şekil 3.5'te verilmiştir. Normal şartlar altında tepki barınaklarının üst bölümleri bu fotoğrafta görüldüğü değil birbirinin içine geçmiş kaseler şeklinde sökülmiş olarak tutulmakta ve acil ihtiyaç bölgesine öyle nakledilmektedir. Acil ihtiyaç bölgesine ulaştırılan alt ve üst parçalar yerinde birleştirilmektedir.



Şekil 3.5: Tepki barınağı.

Uber (Üstün) barınağının (Şekil 3.6) tasarım amacı mülteci kamplarını iyileştirmek ya da afet sonrasında evleri zarar gören insanların barınma ihtiyacını karşılamaktır. Montajı kolaydır. Üstün barınağının parçaları sökülüp başka bir afet bölgesine taşınarak tekrar kullanılabilir. Farklı iklim, arazi ve durumlar için uyumludur [Beyatlı, 2010].



Şekil 3.6: Üstün barınağı.

Türkiye’de genellikle acil durumlarda çadırlar veya sökülebilir tip tekstil esaslı barınaklar kullanılmaktadır [Öztürk, 2010]. Taşınabilir ve kolayca kurulup sökülebilir yapılardır. Sökülebilir barınaklar kolay uygulanabilirliği ve defalarca kullanılabilme özelliği ile ağır tip barınaklara oranla daha çok kullanışlıdır. Ancak sökülebilir barınakların kullanım süresi sınırlıdır. Onarım masrafları ve yapı elemanlarının yıpranma etkisi nedeniyle uzun süreli kullanımlara uygun değildir.

Konteynırlar dayanıklılık, hücresel yapısı gibi başlıca özelliklerinden dolayı acil durum barınağı olarak kullanılmaktadır (Şekil 3.7). Konteynırlar yağmur, kar, yangın gibi çeşitli dış etkenlere karşı dayanım gücü yüksektir [Beyatlı, 2010].



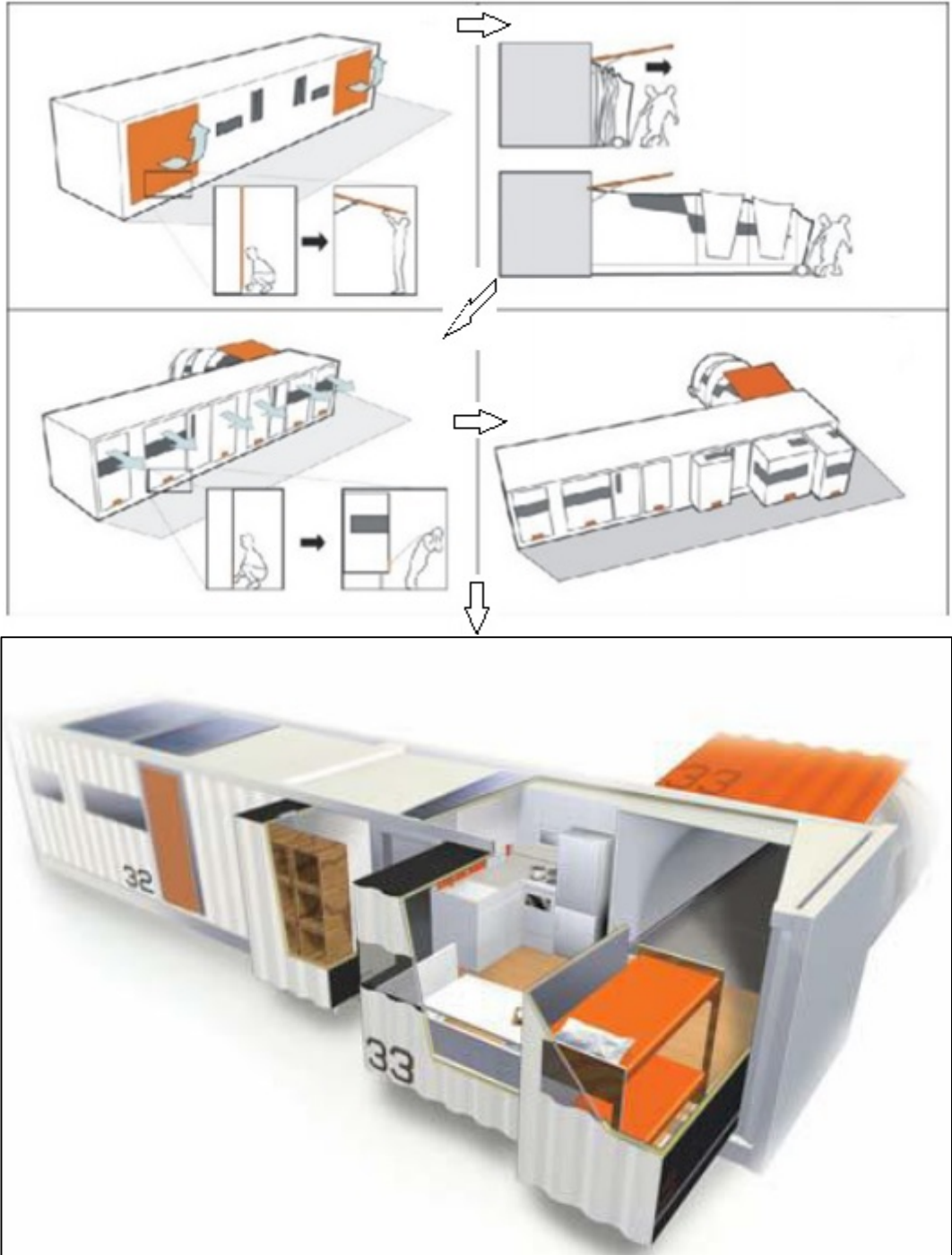
Şekil 3.7: Konteynır barınma alanı örnekleri.

“Future Shack” ya da “Geleceğin Barakası” olarak adlandırılan afet konutları (Şekil 3.8) acil durumlarda barınma amacıyla Sean Godsell tarafından tasarlanmıştır. Geleceğin Barakası, doğal afetlerde evini kaybeden insanlar için geçici barınma imkânı sunmaktadır. Toplu barınma amacıyla tasarlanan Geleceğin Barakası ucuz, sağlam ve dayanıklıdır. Kendi kendine yetebilen ünite olarak tasarlanmış ve üstüne kırma çatı konstrüksiyon eklenmiştir. Bu barınakta temel ünite olarak konteynır kullanılmaktadır. Yüzde yüz geri dönüşüme sahiptir ve bir ünite de afetzedelerin tüm ihtiyaçlarını karşılayabilecek bir sistem oluşturulmuştur. Ünite de banyo, mini mutfak, portatif yataklar, su tankı, uydu alıcısı ve 12 volt üreten güneş enerji panelleri bulunmaktadır. Ayrıca mekânın havalandırılması ve doğal ışık alması için çatıda iki delik vardır [Beyatlı, 2010].



Şekil 3.8: Geleceğin barakası bölümleri. a) Ön görünüş. b) Arka görünüş. c) İç yan duvar görünüş. d) İç arka duvar görünüş. e) İç tavan görünüş.

TED (Transportable Emergency Dwelling) barınakları (Şekil 3.9) olarak bilinen barınaklar taşınabilir acil durum konutu ifadesinin kısaltılmış halidir. Kullanımda 40' fitlik konteynır ve taban alanının genişletilmesi söz konusudur. Taban alanını genişletmek için iki yöntem kullanılır. İlkinde iç içe giren mekânlar oluşturulur ve birimler yatay olarak dışarı çıkartılacak şekilde kurulur. İkinci olarak konteynırın içinde hazır bir çadır sistemi bulunmaktadır. Çadır tekerlekli bir mekanizmaya bağlanarak konteynırdan sürüklenerek çıkartılmaktadır. Aynı şekilde iç içe geçen birimler için de geçerlidir. Montajı kolaydır iki kişi ile yapılabilir [Beyatlı, 2010].



Şekil 3.9: TED Acil Durum Konutu.

Çelik ve metal konstrüksiyonlu geçici afet konutlarının üretimi hızlı, kaliteli ve ekonomiktir. Çelik prefabriğin büyük bir bölümü fabrikada yapılmakta ve afet bölgesinde sadece montajı yapılmaktadır. Montajı kolaydır ve çevreye zarar vermez. Geçici çelik konutlarda istenilen ve ihtiyaç duyulan değişiklikleri yapmak oldukça kolaydır [Eren ve Başarır, 2013].

3.2. Geçici Yapıların Çeşitlerine Göre Avantaj ve Dezavantajları

Geçici barınakların kullanımı esnasında bazı avantajları ve dezavantajları söz konusu olmaktadır. Geçici barınakların kurulum sürelerinin kısa olması, acil barınma ihtiyacı için hız ve avantaj açısından önemlidir. Afet öncesi yapılan hazırlık, maddi güç ve sivil örgütlerin planlama çalışmaları geçici barınakların yapım başarısını etkilemektedir. Ülkeler, belirli standart ve ölçülere göre teknolojik olanakları dâhilinde geçici barınaklar üretirler. Afetzedelerin geçici olarak bölgeden uzaklaştırılmaları ekonomik ve sosyal olarak sorun olabilmektedir. Toplu barınma kampları afetzedeler için kısa süreli kullanım için olmalıdır. Zira afetzedelerin kamp binalarını uygunsuz kullanımı ve ilgisizliği, bu binaların yıpranmasına sebep olmuştur [Beyatlı, 2010].

Afet bölgelerinde genellikle kullanılan çadırlar hızlı biçimde kurulur ve taşınabilir yapıdadır. Ancak çadır örtüsü dış etkenlere karşı dayanıksızdır. Ayrıca büyük çadırlarda havalandırma sorunu vardır. Afet bölgelerinde kurulması ön görülen çadır kentler için seçilen araziler içme suyuna yakın, eğimli ve zemini çamur olmayan, bir alan olmalıdır. Çadırların kış mevsimine uygun olmaması, mevsim koşullarının zorluğu daha dayanıklı, asgari insanca yaşam koşullarını sağlayan başka barınakların yapılmasını zorunlu kılmıştır. Bunlar prefabrike konutlar ve konteynirlardır [Şengün, 2007].

Standart çadırın, şiddetli rüzgârlara ve çok soğuk iklimlerde dayanıklı olmaması çadırların bir dezavantajı olarak karşımıza çıkmaktadır. Standart çadır ana elemanları hafif ve kolay taşınabilir ve montajı özel gereçler gerektirmez. Bu tip çadır fiziksel çevre koşullarına kolaylıkla uyum sağlayabilir [Beyatlı, 2010].

Çerçevesi portatif çadırlarda çelik profiller ve ona bağlı örtü sistemleri kullanıldığından kuruluşu kolaydır. Çerçevesi çadırlar kare ve prizma hacme sahip olduğu için yan yana getirilerek kullanılan alan büyütülebilir. Afetten zarar gören kişilere soğuk bölgelerde, diğer standart çadırlara göre daha sıcak bir mekân sunmaktadır. Bu tip çadırların örtüleri ateşe dayanıklı olduğu için çadırın içinde soba gibi ısıtıcıların kullanımına olanak sağlar. Ancak bu ısınma çelik profillerin birleşim noktalarında sorun çıkmasına neden olmaktadır. Bunlara ilaveten şiddetli rüzgâr ya da dış kaynaklı darbelerden dolayı profillerin birleşim noktaları direnç göstermeyerek bir takım zedelenmeler oluşmaktadır. Ayrıca çadır zemin ilişkisi

kullanıcı açısından olumsuzdur. Yağmur ya da kar gibi doğal dış etkiler zeminden sızmaktadır [Beyatlı, 2010].

Tünel tipi çadırda da diğer çadırların sahip olduğu avantaj ve dezavantajlar görülmektedir. Çelik profillerin korozyona uğramaması için nem ve sudan korunması gerekir. Kumaş çadır örtüleri güneş ve yağmurdan olumsuz etkilenmektedir. Çadırların depolandığı alan havalandırılmalı ve doğal zeminle temas içinde olmamalıdır. Diğer çadır modellerinde olduğu gibi kurulumu ve taşınması kolaydır. Kullanılan örtü ateşe dayanıklı olduğu için çadırın içinde soba gibi ısıtıcıların kullanımına olanak sağlar [Beyatlı, 2010].

Ahşap makaslı çadırların kurulumunda sadece çekiç ve çivi gerekmektedir. Afet bölgesinde yapıldığı için depolamaya gerek yoktur. Sistemin çok fazla bileşeni olmamasından dolayı kurulumu kolaydır. Diğer çadır modellerinden farklı olarak kullanılan örtü rüzgâra karşı dayanıklıdır. Ancak dış darbelere karşı dayanıklı değildir. Diğer kumaş ya da plastik örtülü çadırlar gibi ahşap makaslı çadır tipi de güvenli değildir. Ahşap makaslı çadırın da diğer standart çadırlar gibi, zeminle olan ilişkisi özellikle soğuk bölgelerde olumsuzdur. Kısa süreli barınma için kullanılırsa çok verimli uzun süreli barınmalarda kullanışsızdır [Beyatlı, 2010].

Tepki barınağında yataklar sarsıntılara karşı korunmak için duvara sabitlenmiştir. Yaşam konforunu elde etmek için zeminler su geçirmez özelliğe sahip malzemelerden yapılmıştır. Bununla birlikte her birimin temiz hava ve enerji giriş çıkışı için havalandırma boşluğu bulunmaktadır. Sistem, güvenliği sağlamak için kilitlenebilir kapı ve pencerelere sahiptir. Bu sistemin nakliyesi ve montajı kısa bir sürede tamamlanabilmektedir [Beyatlı, 2010].

Üstün barınağı, kolay taşınan, tekrar kullanılabilen, katlanabilir, montaj işlemi için hiçbir alet gerektirmeyen, modern yaşam biçimi sunan ve kolay kümelenen bir sistemdir. Hem deniz hem de karayolu ile taşıma yapılabilir. Paketleme işlemleri taşımada kolaylık ve barınağın fazla yer kaplamaması için yatay bir şekildedir. Bu parçalar inşa alanına ulaştıktan sonra paketlerden çıkarılarak hiçbir alet kullanmadan monte yapılabilir [Beyatlı, 2010].

Konteynırlar, ucuz olmalarının yanı sıra, yüzde yüz geri dönüşümlü, depolanabilen, dayanıklı ve değişik ölçülerde üretilmektedir. Ayrıca fırtınalarda ya da yangın gibi sonradan oluşan afetlere karşı dayanıklılık göstermektedir. Hızlı biçimde kurulur ve taşınabilir. Dayanıklı ve güvenlidir. Ancak pahalı, taşınması zor ve

bir yük tırı üstünde sadece bir adet taşınabilmektedir. Ayrıca ısıya duyarlıdır [Beyatlı, 2010].

Geleceğin barakası her türlü araziye kolaylıkla uyum sağlayabilmekte ve temel kazma gerektirmeden 24 saat içinde kurulabilmektedir. Barınağa belirli aralıklarda küçük çaplıda olsa bakım yapılmalıdır. Ayrıca sıcak ve soğuk gibi dış etkenlerden korumak için iç yüzeyleri yalıtılmalıdır. Konteynır zeminden belirli bir yükseklikte kurulduğu için toprakla temas etmemektedir. Montajı afet bölgesinde yapılan barakanın maliyeti yüksektir [Beyatlı, 2010].

TED barınağı, mutfak, banyo ve depolama gibi birimlerden oluşmaktadır. Normal iki ailenin günlük elektrik ve su ihtiyacını karşılayabilmektedir. TED konutunda bulunan güneş panelleri sayesinde elektrik üretmek ve 350 galona kadar yağmur suyundan çatıda bulunan mekanizma sayesinde içme ve kullanım suyu olarak depolamak mümkün olmaktadır. 40'lık konteynır kullanımı, kullanıcı açısından alan büyütme gibi avantajları olmasının yanı sıra büyük ve taşınma açısından zorluğu gibi dezavantajlara sahiptir [Beyatlı, 2010].

Yapım türü ne olursa olsun, kurallara uygun şekilde yapılan binalar depreme dayanıklı yapılar olmaktadır. Bunun yanında, çelik yapılarda yapı ölü yükünün az olması ve çeliğin yüksek dayanımı nedeniyle ölü yükün faydalı yüke oranının küçük olması önemli bir avantaj niteliğindedir. Üretim, nakliye, montaj kolaylıkları, yapım süresinin kısa oluşu deprem bölgelerinde konut ihtiyacının hızla karşılanabilmesine olanak sağlamaktadır. Hafif çelik yapım sistemi ahşap karkas sistemine benzemektedir. Bu sebeple çelik ve ahşap birlikte kullanılabilir [Ekinci ve Eşsiz, 2005]. Hafif Çelik yapı sistemleriyle yapılan yapıların avantajlarının başında Homojen olması gelir. Her noktasında aynı özelliği taşır ve deprem kuvvetlerinden daha az etkilemektedir. Galvanizle kaplı olduğu için korozyona karşı garantilidir. Tez ile uygulama arasında fark bulunmamaktadır. Çünkü bütün delik ve kesim işlemleri bilgisayar kontrollü makineler tarafından yapılmaktadır. Ayrıca iklim şartları yapı inşaatı için sorun oluşturmaz. Kalıp kullanılmadığı için ölü malzeme maliyeti oluşmaz. Bütün tesisat delikleri tezine uygun olarak makineler tarafından açıldığı için tesisat iş gücü ve zaman bakımından tasarruf edilir. Bunlara ilave olarak uygulama yanlışlıklarından dolayı maliyet çıkmaz [Web 2, 2014].

Ayrıca elemanların taşınabilir olması, kolay sökülebilmesi, taşıyıcı sistemlerden bağımsız tesisat döşenebilmesi, en kötü hava şartlarında büyük iş makineleri gerektirmeden vasıfsız işçiler çalıştırılarak yapılabilmesi önemli bir

avantajdır. Çelik prefabrikler kurulumun her aşamasında kolay denetlenebilirler. Kurulumu, taşınması oldukça kolay ve kısa sürededir [Eren ve Başarır, 2013].

Genel olarak geçici yerleşim konutlarında ve konut alanlarında birtakım sorunlar yaşanmaktadır. Yazın sıcak olmasından dolayı geçici afet konutlarının bu sıcaklığı içinde barındırması, artezyen kuyulardan edinilen suyun yarattığı sağlık sorunları, yolların olmaması, bu konutların insani gereksinimleri karşılayacak özelliklere sahip olmaması bu sorunlardan bazılarıdır [Şengün, 2007].

3.3. Avantaj ve Dezavantajların Karşılaştırılması

Bu başlık altında yukarıda detaylı bir şekilde tanımlanmış ve açıklanmış geçici yapıların avantaj ve dezavantajlarının birbirine göre kıyaslanması gerçekleştirilmiş ve bu kıyaslama Tablo 3.1’de verilmiştir. Tablonun her bir satırı bir acil durum barınak türünü ifade etmektedir. Tablonun sütunlarında ise o barınak türü için avantaj veya dezavantaj olan başlıklar bulunmaktadır. Bu başlıklar montaj, demontaj, nakliye, yalıtıma uygunluk, üretim maliyeti, temin edilebilirlik, iklim koşulundan etkilenebilirlik, tekrar kullanım performansı, altyapı maliyeti ve mimari disiplinlere uyum şeklindedir.

Her bir barınak tipinin fayda durumu için 1’den 4’e kadar sayılarla puanlama yapılmış ve 1: Çok olumsuz, 2: Olumsuz, 3:Olumlu ve 4: Çok Olumlu şeklinde tanımlanmıştır. Verilen puanlama yapılan inceleme sonucunda, elde edilebilen veriler ışığında, uzman öngörüsü de kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Montaj süresi, kilometre nakliye maliyeti, üretim maliyeti gibi bazı verilere nicel olarak ulaşılabilse de; iklim koşullarından etkilenebilirliği ve mimari disiplinlere uyumu gibi bazı kriterler ise nitel olarak ifade edilebilmektedir. Bu değerlendirme tablosu genel olarak dünyada ve Türkiye’de kullanılan acil durum barınakları arasında bir kıyaslama imkânı sunmaktadır. Son sütun olan Toplam Puan sütununun niceliksel olarak bir değeri yoktur. Fakat uygun bir yöntem geliştirilebilirse acil durum yönetim uygulamalarına yönelik çok değerli bir çalışma olacağı düşünülmektedir.

Acil durumun şekli, yeri, iklim durumu, aciliyet düzeyi, ulaşım, nakliye şartları gibi kriterler çok hızlı bir şekilde tablodan bakılıp süzülerek bölgeye en uygun barınma birimi en ideal şekilde ulaştırılabilir. Hızlı karar verebilme imkânı acil durum yönetimi açısından hayati bir önem arz etmektedir.

Tablo 3.1: Dünyada kullanılan acil ihtiyaç yapıları için değerlendirme tablosu.

BARINAK TÜRÜ	MONTAJ	DEMONTAJ	NAKLIYE	YALITIMA UYGUNLUĞU	ÜRETİM MALİYETİ	TEMİN EDİLEBİRLİĞİ	İKLİM KOŞULUNDAN ETKİLENEBİLİRLİĞİ	SAHA KOŞULUNDAN ETKİLENEBİLİRLİĞİ	TEKRAR KULLANIM PERFORMANSI	ALTYAPI MALİYETİ	MİMARİ DİSİPLİNLERE UYUMU	TOPLAM PUAN
STANDART VE GELENEKSEL ÇADIRLAR	4	4	4	1	4	4	1	1	2	4	1	30
ÇERÇEVELİ PORTATİF ÇADIRLAR	3	3	3	1	3	3	1	1	2	3	2	25
TÜNEL TİPİ ÇADIRLAR	3	3	3	1	3	3	1	1	2	3	2	25
AHŞAP MAKASLI ÇADIRLAR	3	2	3	3	2	2	1	3	2	3	2	26
TEPKİ BARINAĞI	2	2	1	4	1	1	4	4	4	2	3	28
ÜSTÜN BARINAĞI	1	1	2	4	1	1	4	4	4	2	4	28
KONTEYNIRLAR	2	2	1	3	3	3	4	3	3	3	3	30
GELECEĞİN BARAKASI	2	2	1	3	1	1	4	3	3	1	3	24
TED BARINAĞI	1	1	1	4	2	1	4	4	3	1	3	25
	1	ÇOK OLUMSUZ			2	OLUMSUZ		3	OLUMLU		4	ÇOK OLUMLU

4. MİMARİDE HAFİF ÇELİK

Hangi yapı cinsi kullanılırsa kullanılsın ön tez aşamasında taşıyıcı sistem malzemeleri tespit edilmelidir. Yapının işlevi, kullanılma süresi, yapım sermayesi, işletmeye açılması için düşünülen son tarih, işletme giderleri, geçici veya kalıcı bir yapı olması, yapı yerindeki temel zemini, yapının coğrafi yeri, yapı malzemelerinin fiyat hareketleri ve yerel alışkanlıklar ile zevkler malzeme seçiminde göz önünde bulundurulması gereken faktörlerden bazılarıdır [Yardımcı, 2005].

Çelik yapı sistemleri, dayanıklılığı, sünekliği, geniş ve temiz bir açıklık, esneklik, geri dönüşebilme, tesisatın yerleşmesinde kolaylık, depremde daha iyi performans, hortum gibi doğal afetlerde yukarıdan emilmeye karşı daha iyi dayanım, haşere oluşumuna sebep olmaması, çevresel atıkların azlığı gibi özelliklerinden dolayı son günlerde tercih edilir yapı sistemlerinin başında gelmektedir [Yıldırım, 2012].

Çalışmanın bu bölümünde hafif çelik yapı sistemlerinin ne olduğu açıklanarak gelişimi, kullanım alanları, özellikleri, hafif çelik yapı sistemlerinde kullanılan yapı ürünleri ve yapı bileşenleri üzerinde durulmaktadır. Ayrıca mimari tasarımı mümkün sistemler, mimari tasarım olanakları, sistem özellikleri, yapı fiziği açısından hafif çelik de bu bölümün konusudur. Hafif çeliğin mekanik özellikleri, soğuk şekillendirme süreci, dayanıklılığı, geçerli yönetmelikler ve diğer yapı sistemleri ile arasındaki farka da değinilmeye çalışılmıştır.

4.1. Hafif Çelik Yapı Sistemlerinin Gelişimi

Hafif çelik yapı sistemleri, taşıyıcı bir sistemdir ve soğukta şekil verilmiş çelik profillerden oluşmaktadır. Sac çelik malzemenin döndürerek şekillendirme makinelerinde çekilmesi ile oluşturulan profiller otomotiv, tren ve uçak endüstrilerinde kullanılmakta iken şimdilerde yapı endüstrisinde sıklıkla kullanılır bir hale gelmiştir. Bu profiller ilk olarak iç mekânda kullanılan bölücü eleman sistemlerinde ve hafif olması nedeni ile çatı sistemlerinde kullanılmış daha sonraları ise endüstri yapıları ve rekreasyon alanlarındaki basit yapı ve üst örtü sistemlerinde özellikle Amerika’da kullanımı yaygınlaşmıştır [Terim, 2006].

Soğukta şekillendirilmiş çelik profiller ilk teknik çalışmaları 1930’lu yıllarda

yine Amerika’da başlanmıştır. Ancak malzeme ile ilgili ilk standartların geliştirilmesi 1946 yılına kadar sürmüştür. Bunun sebebi malzemenin farklı yapısal özelliklerde olmasıdır. Dolayısıyla çelik yapı sistemleri diğer sektörlerden daha geç 1850’li yıllarda yapı sektörüne girmiştir. Dolu gövde çelik profiller kullanılarak inşa edilen Chrystal palace, Eiffel kulesi gibi yapılar bu yıllarda yapılmıştır. Özellikle dünya savaşları sonrası Almanya, Japonya, İngiltere ve A.B.D. gibi ülkelerde yapılarda çelik yapı sistemleri kullanımında yükselen bir grafik sergilenmiştir [Terim, 2006]. Soğukta şekil verilmiş çelik malzemelerin yapılarda kullanılmaya başlanması, 2. Dünya savaşı sonrasında özellikle ABD’de hızlı gelişim göstermiş, ilk çelik taşıyıcılı evin 1928 yılında yapımından sonra 1991 yılına gelindiğinde 500 konut olmuş, 1993 te ise 12000 konut sayısına ulaşılmıştır. 1995 yılında Avustralya’daki konutların %7 si hafif çelik yapılardan oluşuyorken, bu oran 1996 yılında %12’ye ulaşmıştır [Davies, 2000].

Çelik yapılarda iki çeşit taşıyıcı sistemden bahsedilebilir. Birincisi, sıcak çekilen ağır çelik hadde profilleri ile yapının kolon kiriş çelik iskeletinin oluşturulmasıdır. İkincisi ise soğuk bükme ince cidarlı profiller yan yana getirilerek duvar veya döşeme taşıyıcısının oluşturulmasıdır. İkinci grubu oluşturan sistem hafif çelik taşıyıcılı sistem olarak adlandırılmaktadır. Her iki yüzeyi çinko ile kaplanmış olan levhalara galvanizli levha adı verilmektedir. Hafif çelik yapı sistemi, ince cidarlı galvanizli çelik sacın, soğuk şekillendirme yöntemi ile bükülerek direnç kazanması ile taşıyıcı profil olarak kullanılmasını ifade etmektedir. Taşıyıcı sistem bileşenleri çeşitli tipte profiller olarak üretilir [Akay, 2013].

Türkçe “Hafif Çelik” tanımı, kullanılan çelik malzeme kesitinin ince cidarlı ve hafif olmasından dolayı oluşturulmuştur. Hafif çelik yapı sistemlerinin ahşap iskelet yapıya benzerliği vardır. 5/10 kesitli ahşapların kullanıldığı yerlerde soğukta şekillendirilmiş çelik profiller kullanılmaktadır. Çelik tasarımı, işlenmiş C,U,Z profillerinden oluşan kolon tasarımlarıdır. Bu profillerin et kalınlığı 0,6 mm’den 2,5 mm’ye kadar artmaktadır ve ağırlığı maksimum 0,075 kN/m’dir [Akay, 2013].

Hafif çelik yapı sistemi et kalınlığı ile başlık yüksekliği oranı çok fazla olan ve soğukta çekme yöntemi ile şekil verilen galvanizli çelik profillerden oluşmaktadır. Hafif çelik yapı sistemi bu profillerin kullanılmasıyla taşıyıcı duvar sistemleri kurgulanarak tam bir yapı sistemi oluşturulması fikri ile geliştirilen bir sistemdir. Bu sistem yapım hızı ve mimari avantajları ile ön plana çıkmaktadır. Hafif çelik yapı sistemi, özellikle üstyapı ağırlıklarını önemli ölçüde azaltarak deprem riskinin

yüksek olduğu ülkemizde depreme dayanıklı yapı üretiminde önemli bir rol üstlenmektedir. Bununla birlikte başta yapısal çelik olmak üzere diğer tamamlayıcı yapı elemanları kontrollü bir şekilde ön üretimli temin edilmektedir. Bu durum çok hızlı konut üretimine (Şekil 4.1) aynı zamanda çok da sağlıklı bir şekilde başarılabilmesine imkân tanımaktadır [Öncü, 2010].



Şekil 4.1: Üç katlı hafif çelik bir sosyal yapı taşıyıcı sistemi.

Özellikle yüksek deprem riski taşıyan bölgelerin kentsel dönüşüm tezleri başta olmak üzere yapı geliştirme tezlerinde hafif çelik yapı sistemlerinin kullanılması başarılı sonuçları beraberinde getirmektedir. Hafif çelik yapı sisteminin birçok avantajlarının yanında geri dönüşümü yüksek oluşundan dolayı önümüzdeki yıllarda uygulanması kaçınılmaz olacak çevreci yapı üretim zorunluluklarını da oldukça yüksek seviyede karşılayabileceğini belirtmek gerekmektedir [Öncü, 2010].

4.2. Hafif Çelik Yapı Sistemlerinin Kullanım Alanları

Hafif çelik yapı sistemleri otomotiv, tren ve uçak sektörlerinden sonra yapı sektöründe de geniş yer bulmuştur. Soğukta bükülen profiller ilk olarak iç mekânlarda yani bölücü eleman sistemlerinde daha sonraları ise hafif olması nedeni ile çatı sistemlerinde kullanılmaya başlamıştır. Özellikle Amerika’da bu malzeme

endüstri yapıları ve rekreasyon alanlarındaki basit yapı ve üst örtü sistemlerinde yaygın olarak tercih edilmiştir. Sektörde kullanımı hızla ilerleyen hafif çelik elemanlar modern yaşamın tüm alanlarında yani ev, dükkân, fabrika, ofis, araba, benzin istasyonu, restoran ve aslında akla gelebilecek birçok yerde kullanılmaktadır. Ayrıca bu ürünlerin kullanım alanları çok fazla ve çeşitli şekillerde olup; konserve kutularından yapısal kazıklara, ana bilgisayar parçalarına kadar çeşitli birçok alanlarda kullanım olanağı sunmaktadır. Günümüzde çeliğin ürün çeşitliliği, boyutları ve uygulamaları değişiklik göstermektedir ve soğukta bükme yöntemi en sık kullanılan yöntemdir [Akay, 2013].

Son yıllarda, hafif çelik profiller öncelikli olarak çerçeve sistemlerde etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Hafif çelik profiller; başlangıç olarak çatı gibi uygulamalarda uygulanmış olmakla birlikte, ikinci aşamada inşaatta bina strüktürü içinde yer almaktadır. Son yıllarda hafif çelik döşeme profilleri beton ile birlikte kompozit yapım şeklinde de kullanılmaktadır. Dünyada ve Türkiye’de yapı elemanı olarak çeliğin kullanım alanları aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir:

- Çok katlı çelik bina inşasında: Özellikle konut yapılarında Hafif çelik çerçeve sistem kullanmak suretiyle ve çelik bağlayıcılar yardımı ile çok katlı yapı oluşturmada kullanılmaktadır.
- Modüler konut inşasında: Hafif çelik konutlarını fabrikalarda hazır bir halde ve paket halinde dünyanın çeşitli yerlerine pazarlama ve inşa alanında kurulmalarını sağlamada,
- Mimari tasarımların mühendislik ve yapı projelendirme işlemlerinde: Standart profil ebatlarına göre 3 kata kadar çeşitli mimari yapı tasarımlarının mühendislik ve yapı projelendirme işlerini yapma ve uygulamada,
- Mevcut yapı sistemlerini desteklemek amacıyla: Betonarme, çelik, ahşap gibi var olan farklı yapı sistemlerine hafif çelik çerçeve sistem ile ekler yapmada [Terim, 2006].
- Restorasyon projelerinde destekleyici olarak: Restorasyon projelerine destek olma ve iç mekân tasarımlarında hafif çelik çerçeve sistemini kullanmada, restorasyon projelerinde güçlendirme elemanları, iç mekânlarında bölücü ve ek yapılarındaki sistem olarak kullanılmaktadır.

- Üst örtme sistemleri ve aksesuar tasarımlarında: Soğukta şekil verilmiş çelik profillerden üst örtü, küpeşte, parmaklık ve bina aksesuar tasarımlarının yapılışında kullanılmaktadır
- Taşıyıcı sistem olarak: Duvar ve döşeme dâhil taşıyıcı sistem olarak kullanılmaktadır [Akay, 2013].

Ülkemizde çelik sektöründe hafif çelik yapı elemanları hafif çelik üreticilerinin hazırladığı standart profil boyutlarına göre tek kat, iki veya en fazla üç katlı tasarlanan yapıların projelendirilip inşasında kullanılmaktadır. Ayrıca çatı katı ekleme uygulamasında da hafif çelik kullanılmaktadır [Terim, 2006].

4.3. Hafif Çelik Yapı Sistemlerinde Kullanılan Yapı Ürünleri

Hafif çelik yapı sistemlerinde kullanılan yapı ürünlerini profiller, levhalar ve bağlantı elemanları, montaj elemanları olarak sıralamak mümkündür. Hafif çelik yapı sistemlerinde kullanılan yapı ürünleri sıcak daldırma galvanize teknolojiyle üretilen sıcak hadde rulo galvaniz saclardan, soğuk şekillendirilerek üretilmektedir. Et kalınlıkları 0.50 mm ile 2.50 mm arasındadır ve statik hesaplar göz önünde bulundurularak değiştirilebilir. Sac malzemenin sac kalınlığı ile arasında soğukta şekillendirilmiş çelik profillerin yük taşıma kapasitesinin ise profil kesitleri ile arasında doğru orantı vardır. 50-65 cm aralıklar ile duvar, döşeme ve çatı sistemi boyunca yerleştirilen çelik profiller yatay olarak ara elemanlar ile bağlanırlar [Terim, 2006].

Duvarlar rüzgârlık adı verilen çapraz elemanların birbirine bağlandığı noktalardaki yük aktarımına yardımcı çelik elemanları karşılık vermektedir. Bazı noktalarda yük yoğunluğunun artması durumunda birden çok profil birleştirilerek kullanılmaktadır. Bu birleştirerek kullanımının yetersiz olması halinde ise belli noktalarda dolu çelik elemanlar ilave olarak kullanılabilir. Bağlantılar için bulon, perçin, kimyasal bulonlar ve kaynak türleri kullanılmaktadır. Ayrıca delme kabiliyeti olan vidalar kullanılarak profiller birbirleri ile birleştirilebilir [Terim, 2006].

Yapılarda çelik yapı malzemesi olarak çeşitli şekillerde ve boyutlarda olan, kendi özelliklerine göre isim verilen profiller kullanılmaktadır. Yapı elemanı olarak en önemli profillerden olan, kesiti I harfine benzeyen ve adını bu özelliğinden alın I

profillerinin birçok çeşidi bulunmaktadır. I profillerin iki başlığı ve bir gövdesi vardır. IPN ve IPE olarak adlandırılan profiller ülkemizde uygulamalarda en çok kullanılan profillerdir. Profiller numaralandırılırken yüksekliklerine ve milimetrik durumlarına bakılır. Örneğin 300 mm yüksekliğindeki bir I profil I 300 olarak ifade edilmektedir. İki başlık ve bir gövdeden oluşan HE profiller I profillere benzer. Ancak gövde ve başlık uzunluklarının birbirlerine yakın olması sebebiyle H harfine benzetilmektedir. Ölçülerine göre AA, A, B ve M olarak adlandırılırlar. Bu profiller ölçülerinin mm cinsinden değerleri üzerinden numaralandırılırlar. Örneğin ölçüsü 160 olan HE profil çeşitleri HE 160 AA, HE 160 A, HE 160 B ve HE 160 M olarak anılır. Bu profillerin ölçüm değerleri farklı olabilmektedir Ayrıca uzun ürünler olarak da adlandırılan taşıyıcı profilleri açık tek profiller, çok parçalı açık profiller, çok parçalı kapalı profiller şeklinde sınıflandırmak mümkündür [Şahin, 2011].

Yurt içinden Erdemir, Borçelik, Assan Galvaniz, Tezcan Galvaniz ve Marmara Galvaniz gibi işletmeler tarafından ve yurt dışından ithal edilen ve sac olarak üretilen ürün üzerine galvanize işlemi yapılarak, taşıyıcı sistemin ana bileşeni olan galvanizli sac levha üretilmektedir. Galvanizli sac isteğe bağlı olarak ya tam rulo veya dilimlenmiş rulo olarak bu işletmelerden alınmaktadır. Çelik levha üreticilerinden veya tedarikçilerden rulo olarak alınan galvanizli levhalar, “roll forming” adı verilen bükülerek şekil veren özel makineler ile istenilen boyutta ve kesitte profile dönüştürülmektedir. Sac levha üzerinde çeşitli oranlarda alüminyum alaşım karışımli çinko koruyucu kaplama uygulanarak, korozyona karşı direnç oluşturulmaktadır. Hukuki olarak çelik standartlarını belirten TS EN 10327’de galvanize levhaların çelik sınıfı “DX51D+Z”’dir. Ayrıca iki yüzeyde çinko kaplama ağırlığı 100 ile 600 gr/m² aralığında olması gerektiği belirtilmiştir. Yüzey kalitesi olarak da “A” sınıfı malzeme yapı uygulamalarında kullanılmaktadır [Akay, 2013].

Levhalar, iki boyutu bir boyutuna göre büyük olan elemanlardır. Et kalınlıklarına göre üç gruba ayrılır. Bunlar et kalınlığı 3 mm’den az olan ince levhalar, et kalınlığı 3 mm ve 4,75 mm arasında olan orta levhalar, et kalınlığı 4,75 mm ve 60 mm arasında olan kalın levhalardır. Bir levha 8.150.200 şeklinde gösteriliyorsa, bu et kalınlığı 8 mm, genişliği 150 mm, uzunluğu ise 200 mm şeklinde açıklanabilir [Şahin, 2011].

Hafif çelik yapı elemanları arasında taşıyıcı profiller, levhalar dışında bağlantı elemanları bulunmaktadır. Vida, bulon, punto ve perçin, çivi, kaynak gibi bağlantı elemanları ve ankraj elemanları montaj elemanları ve yöntemleri arasında sayılabilir.

Bulon ve vida gibi elemanlar sökülebilir birleşim elemanları olarak adlandırılır. Punto, perçin ve kaynak işlemleri ise sökülemeyen birleşim elemanlarıdır. Ankraj ise betonarme temele hafif çelik profillerinin ankre edilmesidir [Akay, 2013].

4.4.Hafif Çelik Yapı Sistemlerinde Kullanılan Yapı Bileşenleri

Hafif çelik yapı sistemlerinde kullanılan yapı bileşenleri temeller, döşemeler, duvarlar, çatılar, alt sistemler ve tesisat bileşenleri oluşturmaktadır. Bu bağlamda sistem içindeki bu bileşenler temeller, döşemeler, duvarlar, çatılar, alt sistemler ve tesisat bileşenleri adı altında aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

4.4.1. Temeller

Taş, ahşap, beton, betonarme ve çelik gibi farklı yapı malzemeleri ile yapılan temeller yüzeysel temeller ve derin temeller olmak üzere iki guruba ayrılmaktadır. Bunlardan yüzeysel temeller adından da anlaşılacağı gibi mümkün olduğu kadar toprak yüzeyine yakın yapılan temellerdir. Ancak yine de don seviyesi altında inşa edilmesi gereken temel türleridir. Uygulama alanları özellikle sağlam zeminlerdir. Derin temeller ise toprak yüzeyine mümkün olduğunca uzak olarak yapılan temellerdir. Toprak zemininin çok sağlam olmadığı durumlarda özellikle derin temeller yapılmalıdır [Özdemir, 2003].

Hafif çelik taşıyıcı sistemleri bodrum kat olmadığı durumlarda, genellikle betonarme temel üzerine inşa edilmektedir. Bodrum kat olduğu durumlarda ise betonarme bodrum kat üzerine inşa edilirler [Akay, 2013].

Yapı duvarları ya da kolonlardan gelen yapı yüklerini daha geniş bir alana yaymak için yapılan temel elemanlarına "Sömel" adı verilmektedir. Bina yükleri temel tabanına taş sömellerde 60°'lik, betonarme sömellerde ise 45°'lik bir açıyla dağılmaktadır [Özdemir, 2003].

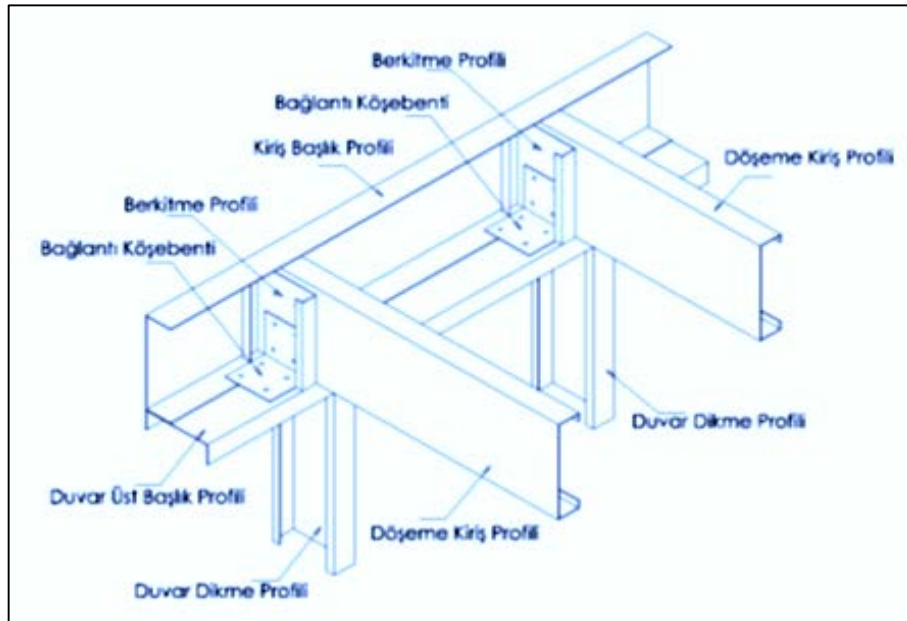
4.4.2. Döşemeler

Yaygın olarak kullanılan çelik döşeme sistemi, trapez sac levha ve üzerine şantiyede dökülen donatılı betondur. Birçok avantajı nedeniyle sıklıkla yapılarda

kullanılmaktadır. Söz konusu olan sac levha; yükseklik, kalınlık ve aderans için yüzeyin uygun olması durumunda, çekme donatısı olarak da görev yaptığı için betonda kullanılan toplam donatı miktarını düşürmektedir [Demirel ve Özkan, 2003]

Döşeme sisteminde kirişlerin üstüne kaplanan OSB, trapez sac gibi malzemelerin vidalama aralıkları, düşey yüklerin aktarılması ve öngörülen dayanım değerlerini sağlanması konularında dikkat edilmelidir. Ayrıca düşey yüklerin duvar panellerine aktarılması ve kontroller sırasında kirişlerde öngörülen etkilerin dışında etkiler oluşmaması bağlantı elemanları ve levhalarına gösterilen dikkat ile ilgilidir [Öncü, 2010]

Döşeme kirişleri (Şekil 4.2); berkitme profili, kuşaklama, çapraz bağlama ve kasnak kirişi, boyunduruk gibi sabit elemanlar ile desteklenmelidir. Ayrıca döşeme kaplaması ve tavan kaplaması da stabilite görevi yapar. Döşeme kirişlerinin köşe birleşimlerinde, kiriş başlık profilleri köşeleri kapatacak şekilde olmalıdır. Hafif çelik döşemenin betonarme bir perdeye montajı başlık profili yardımı ile yapılabilir. Dikme ve kirişin aynı hizada düzenlenmesi düşey yüklerin aktarılmasında son derece önem taşımaktadır. Öncelikle duvar dikme profilinin üzerine başlık profili yerleştirilir. Sonra duvar başlık profili üzerine kiriş başlık profili konarak döşeme kiriş profili berkitme profili ve bağlantı köşebenti sayesinde monte edilmiş olur. Döşeme kirişleri sırt sırta gelecek şekilde bağlanırsa daha güçlü bir taşımaya imkân tanınmış olacaktır [Akay, 2013].



Şekil 4.2: Genel döşeme kiriş bağlantı detayı.

Döşeme profil boyutu ve düzenlenme sıklığına bağlı olarak berkitme profili ile destekli, sürekli açıklıklı ve kiriş aralığı 30 cm olması durumunda yaklaşık 12 metre açıklık geçilebilmektedir. Ancak en uygun değer olarak 7.2 m açıklık kabul görmektedir. Taşıyıcı sistem tasarımı esnasında döşeme kiriş yönü mekân kullanımını etkilemeyecek bir şekilde en kısa yönde tasarlanmalıdır. Bir katta döşeme kirişlerinin kısa mesafede düzenlenmesi ile farklı doğrultuda döşeme kirişleri oluşturulabilir. Bu durum ayrıca tüm döşemeye olumlu olarak katkıda bulunacaktır. Döşeme kirişlerinde ek yapılması uygun değildir. Eğer başlık profillerinde ek yapılması gerekli olduğu durumlarda ek parçası levha kalınlığı en az ek yapılan ana profil kalınlığında olmalıdır. Ek yerlerinde bindirme toplam boyunun en az 15 cm olmasına dikkat edilmelidir [Akay, 2013]

4.4.3. Duvarlar

Çelik yapılarda duvar inşasında, prefabrike beton paneller, briket veya tuğla kullanılmaktadır. Ancak hafif çelik yapılarda büyük ağır elemanların kullanımı uygun değildir. Uygulamalar genelde; galvanizli çelik saclardan kesilip bükülerek elde edilen U ve C profillere, alçı plakaların monte edilmesi şeklinde olmaktadır [Demirel ve Özkan, 2003].

Hafif çelik yapılarda duvar sistemleri taşıyıcı ve bölücü duvar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Yatay ve düşey yük altında hafif çelik taşıyıcı duvarların strüktürel etkinliğinde birçok faktör etkili olmaktadır. Yapıların inşası sırasında duvarda açılan boşluk oranı ve boyutları, dikmelerin düzenlenme sıklığı, dikmelerin profil tipi, boyutları ve cidar kalınlıkları, boyunduruk, kuşaklama, çaprazlama, kaplama gibi stabilite elemanları düzenleme şekli, kaplama malzemesi cinsi, kalınlığı, düzenleme biçimi, oranı ve montaj sıklığı, montaj yöntemi, montaj elemanı özellikleri ve düzenleme sıklığı ana belirleyici unsurlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Düşey yüklerin aktarılmasında dikme ve kirişin aynı hizada olması ve eksenel yükün dış merkezliği önem taşımaktadır. Hafif çelik yapıım sisteminde taşıyıcı duvarda kullanılacak profil derinliği minimum 90 mm'dir. Ancak taşıyıcı özelliğinin yüksek oluşu, profil kesitinden tesisat elemanlarının geçiş kolaylığı için uygulamalarda profil derinliği en az 140-160 mm olarak kullanılmaktadır. Statik analiz sonucunda ihtiyaca göre profil derinliği artırılabilir [Akay, 2013].

Duvarlarda zayıf eksenlerde burkulmaları engellemek ve güçlendirmek için taşıyıcı duvarlara çaprazlar yerleştirilerek yatay ve düşey kayıtlar konulmaktadır. Köşe birleşimlerde alternatif detaylar kullanılabilir. Düşey taşıyıcıların sürekli devam etmediği durumlarda, kurulan döşeme sisteminin üzerine düşey taşıyıcılar tekrar yerleştirilmektedir. Uzun mesafeli duvarların yapımı söz konusu olduğu durumlarda duvar başlık profilleri birleşim profilleri ile birbirlerine bağlanarak uzatılabilir. Bölücü duvarlar yalnızca kendi yüklerini taşır ve taşıyıcı sisteme katılmazlar. Bölücü duvarın döşeme kirişine paralel olması durumunda iki şekilde düzenlenebilmektedir. Birincisi bölücü duvar doğrudan tek bir döşeme kirişi üzerine oturmaktadır. İkincisinde ise iki döşeme kirişi arasına oturmaktadır. Bölücü duvarın döşeme kirişine dik yönde düzenlenmesi durumunda ise bölücü duvar birden fazla döşeme kirişi üzerine oturmaktadır. Bu durumda bölücü duvara ait yükler farklı döşeme kirişleri üzerine yayılmaktadır. Genel olarak bitmiş haliyle duvar kalınlığının 10 cm olması kabul görmektedir. Dikme profil boyutları da buna göre seçilmektedir. Ancak bazı durumlarda duvar kalınlıkları artırılabilir. Bu istisnai durumlar dikme içerisinden geçecek tesisatın boyutlarının geniş olması veya tesisat geçişinin yoğun olmasıdır. Bölücü duvarlarda yatay ve diyagonal kuşaklamalara ihtiyaç duyulmamaktadır [Akay, 2013].

4.4.4.Çatılar

Yapıları iklim şartlarından yani yağmur, rüzgâr, kar ve dolu gibi dış etkenlerden koruyan elemanlara "çatı" adı verilmektedir. Genellikle ahşap, çelik ve betonarmeden yapılmaktadır. Çatılar konut, işyeri, atölye, fabrika, hastane, okul ve buna benzer pek çok yapıda kullanılmaktadır. Çatıların ana görevleri iklim şartlarının yarattığı kar ve rüzgâr yüklerini güvenle taşıyabilmektir. Ayrıca yapıya gelen yağmur ve kar sularını kısa yoldan oluk, dere ve borulardan zemine vererek uzaklaştırmaktır. Eğimlerine göre çatıları 3 gruba ayırmak mümkündür. Bunlar:

- 0-5° arasında eğimi olan çatılar yani düz çatılar
- 5-40° arasında eğimli olanlar yani orta eğimli çatılar
- $\geq 40^\circ$ eğimli olanlar yani dik çatılar [Özdemir, 2003].

Çatıların eğimli çatı, teras çatı ve tonoz çatı gibi çeşitleri bulunmaktadır. Hafif çelik yapı sistemlerinde genellikle eğimli çatı ve teras çatı uygulanmaktadır. Yarı açık sistemde kullanılacak bileşenlerden farklı olarak kavisli bileşen ihtiyacı doğduğu ve bileşen pazarında tedarik sorunu olduğu için tonoz çatı uygulamaları örnekleri bulunmakla beraber az sayıda tercih edilmektedir. Teras çatı uygulama koşulları, normal kat döşeme koşulları gibidir. Hafif çelik yapı sistemleri ile genellikle tek yöne eğimli çatı, kırma çatı, oturtma çatı, mansard çatı gibi eğimli çatılar yapılmaktadır. Çatı inşası çubuk profil mertekler ile veya makas kirişler olarak yapılabilir. Ancak sistem ekonomisini zorladığı için makas kiriş çözümü tercih edilen bir yöntem değildir [Yıldırım, 2010].

Levha kalınlığı 0,84 mm ile 2,5 mm arasında olan ince cidarlı galvanize profiller yapısal ağırlık olarak daha verimli olduğu için çelik çatı uygulamalarında sıklıkla tercih edilmektedir. Ayrıca yapı bileşenlerinin hafif olması nedeniyle deprem yükleri daha azdır. Dolayısıyla binaya gelen yükü azaltmaktadır. Bu nedenler betonarme veya hadde profil çelik yapıların çatılarında da hafif çelik konstrüksiyon çatı sistemlerinin tercih edilme sebeplerini oluşturmaktadır [Yıldırım, 2012].

Hafif çelik yapılarda 60° den az eğimli yüzeyler duvar olarak değil eğimli çatı olarak değerlendirilir. Eğimli çatıda döşeme oluşumunda önemli olan berkitme profili, boyunduruk, kuşaklama, strüktürel kaplama gibi yapı elemanlarıyla sağlanan uygunluk şartları çatı mertekleri için geçerli olmaktadır. Eğimli çatılar köşebent ve berkitme profili gibi bağlantı elemanları ile duvar üst başlık profiline montaj yapılır. Kırma çatılarda aşıklar, yapı köşesinden yükselen omurgaya ve duvar üst profiline oturmaktadır. Eğimli çatı iki şekilde yapılabilir. Birincisinde çatı döşemesi olmadan çatı kurulmaktadır. İkincisinde çatı döşemesi üzerine çatı kurulmaktadır [Akay, 2013].

Türkiye’de imar yönetmeliklerinde geçerli olan teras çatılarda parapet yüksekliği en fazla 1 metre ile sınırlıdır. Plan düzleminde modüler koordinasyon için hafif çelik yapı sisteminde 30 cm, 40 cm, 50 cm ve 60 cm’lik boyutlar uluslararası standartlarda kabul edilmekte olup uygulamalarda kullanılmaktadır. Çatı yapı sistemlerinde oluşturulan merteklerde de aynı modüler koordinasyon kuralları ve boyutlar geçerlidir. Bu kuralları ve boyutları taşıyıcı sistem kaplama malzemesi olarak kullanılan OSB levha boyutları için de uygulanmaktadır [Yıldırım, 2012].

Çatı makaslarının tasarımında profillerin, duvar panellerindeki gibi kesme ya da eğilme etkilerine maruz kalmaması gerekir. Sadece eksenel yük etkimesi

olmalıdır. Bununla birlikte çatıdan gelen düşey yüklerin sağlıklı bir şekilde duvar panelleri üzerinden temele aktarılabilmesi için mesnet elemanları üretimi ve tasarımı sağlıklı olmalıdır [Öncü, 2010].

Endüstriyel bir yapının çöken çatısı üzerinde yapılan incelemede, çelik yapı malzeme ile yapılmış binalarda, kar yükü hesabının iyi yapılması, tasarımın da en az hesaplar önemli olduğu, kullanılan kirişler, kaynak, aşıklar, cıvatalar ve birleştirme elemanlarının rolü gösterilmiştir [Krentowski, 2014].

4.4.5. Alt Sistemler ve Tesisat Bileşenleri

Hafif çelik yapı sistemlerinde soğukta şekil verilmiş çelik profillerin dışında taşıyıcı sisteme katkısı olan ve ayrıca çeliği koruyarak ömrünü uzatan malzemeler de kullanılmaktadır. Döşeme ve duvar yüzeylerini oluşturan bu malzemelerin en çok kullanılanları OSB, plywood ve alçıpan yapı panelleridir. Hafif çelik yapı sisteminde OSB ve alçı levha kaplama malzemeleri olarak en çok kullanılan malzemelerdir. Plywood'a alternatif olarak ve dünya genelinde yaygın olarak kullanılan, yönlendirilmiş yonga levha şeklinde ifade edilen OSB, çatı ve duvarların dış yüzeylerinde ayrıca döşemenin kapatılmasında kaplama olarak kullanılmaktadır. Hafif çelik yapı sisteminde dayanma gücü yüksek ve neme dayanıklı bir panel levha olarak dış cephe, çatı ve döşeme kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Alçı levha en fazla dış duvarın iç yüzeyinde, iç duvarların tüm yüzeylerinde ve tavan altının kaplanmasında kullanılmaktadır. Cam yünü, taş yünü gibi yalıtım malzemeleri de duvar, çatı ve döşemelerin içini dolduracak şekilde uygulanmaktadır [Taşkiran, 2005].

OSB levha çatı mertekleri üzerine kiremit altı tahtası, hafif çelik taşıyıcı sistemde dış cephe duvar dikmeleri üzerine dışarıdan uygulanan kaplama malzemesi, döşemenin oluşturulması için altlık en yaygın kullanım alanlarıdır. Kuzey Amerika şartnamesinde hafif çelik yapılarda kullanılacak OSB levha kalınlığı şu şekilde belirtilmiştir: Taşıyıcı duvarda en az 9 mm, döşemede en az 18 mm, çatı mertekleri üzerine kiremit altı tahtası olarak en az 9 mm, teras çatıda ve çatı arasının kullanılması durumunda ise 18 mm'dir. Ülkemizde alçı esaslı levhaların kullanım alanları, yapı sektöründe bölücü duvar, asma tavan, iç mekân dekorasyon imalatları gibi çeşitli alanlardır. İç mekânda kullanılan beyaz renkli alçı levhalar ALB kodunu

alırken ıslak hacimlerde ve dış mekânlarda kullanılan suya dayanıklı yeşil renkli alçı levhalar ALY kodunu almaktadır. Sistemde her iki koda sahip levhalar 9 mm, 12,5 mm ve 15 mm kalınlığında, 60 cm ve 120 cm eninde ve 120 ve 240 cm boylarında üretimleri yapılmaktadır [Akay, 2013].

Tez özelinde kabul edilen modülasyona göre duvar dikmeleri ve döşeme kirişleri yerleştirilir ve daha sonra bunların arasından tesisat geçirilir. Ayrıca duvar ve döşeme taşıyıcı bileşenlerinde açılacak deliklerin belli kuralları vardır. Tesisat ekipmanları duvarla direkt birleştirilebileceği gibi tesisat duvarı oluşturularak da monte edilebilir.

Temiz su tesisatı borularının çapları küçük olduğu için yatayda ve düşeyde dağıtım taşıyıcı sistem bileşenleri içerisindeki boşluklardan özel plana gerek kalmadan geçirilebilmektedir. Ancak pis su tesisatı boru çapları temiz su tesisatı boru çaplarından büyüktür. Bu sebeple yatayda ve düşeyde taşıyıcı sistem bileşenleri içerisinde dağıtım temiz su tesisatına göre daha zor yapılmaktadır. Bu sorunun çözümü için ıslak hacimlere denk gelen taşıyıcı veya bölücü duvar kalınlığı tesisat geçişi bakımından 10 cm yerine 15 cm olmalıdır [Yıldırım, 2013].

Vitrifiye elemanlarının duvara montajı için askı aparatlarına ihtiyaç vardır. Bu aparatların monte edilebilmesi için öncelikle duvarda altlık oluşturulur. Oluşturulan bu altlığa montaj aparatları belirlenir. Sıhhi tesisatın duvara montajı esnasında ihtiyaç duyulursa tesisat duvarı oluşturulabilir. Suya dayanıklı olduğu için alçıpan gibi yapı elemanları tesisat bacalarında temiz veya pis su geçişlerinde tercih edilmelidir [Yıldırım, 2013].

Havalandırma kanalları düşey olarak tesisat şaftlarından, yatay olarak da asma tavan içinden geçer. Eğer yatay olarak veya düşey olarak iki taşıyıcı profil arası menfez gibi mekanik tesisat ile tamamen dolmuşsa ve diğer tesisat bileşenlerinin geçişine engel oluyorsa, duvar ve döşeme profili dış hattında ikinci bir cidar yapılmalıdır. Isıtma tesisatı boruları yatayda OSB gibi döşeme kaplaması üzerinden geçerek taşıyıcı sistemden etkilenmemektedir.

Sistem bileşeninin metal ve dolayısıyla iletken olmasından dolayı elektrik borularının geçtiği tüm taşıyıcı profil deliklerine plastik conta monte edilmelidir. Böylelikle metal taşıyıcı profil ile elektrik boruları arasındaki temas kesilmiş olur [Yıldırım, 2013].

4.5. Mimari Tasarım Olanakları Açısından Hafif Çelik Yapı Sistemleri

Endüstriyel yapılarda çelik strüktür kullanılması, mimari gereklilikleri en uygun şekilde karşılar. Geniş açıklıklar, bölgesel-değişken yük tanımları ve değişken ölçüler; çeliğin, endüstriyel yapıların ana strüktürü olarak tercih edilmesinin başlıca nedenleridir [Web 4, 2014].

Mimari tasarım olanakları açısından taşıyıcı duvarların birbirine dik açı oluşturacak şekilde düzenlenmesiyle elde edilen dikdörtgen ya da kare şeklindeki geometrik plan hafif çelik yapımlarına daha uygundur. Duvarların birbirine dik açıda düzenlendiği plan formu, eleman ve bileşen bağlantılarının kolay ve basit çözülmesini sağlamaktadır. Ayrıca, planda bir taşıyıcı duvara saplanan diğer yöndeki duvarlar, o duvar için mesnet noktaları oluşturmaktadır. Duvarın ve yapının stabilitesi ve yüklerin aktarılması açısından değerlendirildiğinde duvarı destekleyen bu mesnet noktalarının duvar yüzeyine dik olması, açılı veya eğrisel birleşimlere göre daha uygundur [Ekinci, 2006].

Çelik taşıyıcı sistemin küçük kesitlerle dizayn edilebilme kabiliyeti yapının doğal dokudan kopmadan tasarlanmasına imkân tanımaktadır. Bilinen ana taşıyıcı sistemlerle kıyaslandığında toplam ağırlıkları yaklaşık olarak 1/3 oranındadır. Bu özelliğin imkân sağladığı tasarımda esneklik avantajı, özellikle mimari ihtiyaçların karşılanmasında, çeliğin rakipsiz bir malzeme olarak öne geçmesini sağlamaktadır [Web 4, 2014].

Çerçeve sistemlerden oluşan konvansiyonel çelik yapılarda cepheler istenilen boşluk oranında olabilmektedir. Hafif çelik sistemlerde ise, strüktürel kuruluşun taşıyıcı duvarlardan oluşması, cephede boşluk açılabilme olanağı vermemektedir. Cephe kuruluşu olanaklarının incelenmesinde, taşıyıcı sistemin cepheye yansımaları ve cephe kuruluşunu belirlemesi, cephede boşluk açılması, boşluk boyutu, boşluk geometrisi, cephe kaplama malzemesi ve dokusu gibi tasarım kriterleri göz önünde bulundurulmalıdır [Ekinci, 2006].

Her ne kadar mimari tasarım olanakları açısından hafif çelik yapı sistemleri için pek çok ölçütten bahsedilebilirse de planlama olanakları, cephe kuruluşu olanakları ve kütle kuruluşu olanakları konuları birer alt başlık olarak söz konusu başlık altında yer alacaktır.

4.5.1. Planlama Olanakları

Hafif çelik sistemlerle geçilebilen açıklıkların küçük oluşu ve sistemin taşıyıcı duvarlardan oluşması nedeniyle sınırlı planlama olanakları vardır. Genellikle taşıyıcı duvarların birbirlerini takip etmeleri ve her iki yönde birbirlerine yakın oranlarda düzenlenmiş olmaları gerekmektedir. Bu sebeple, yapı formları zorunlu olmamakla beraber kare ve dikdörtgen olmalıdır. Sıcak hadde çelik iskelet sistemlerde geçilen açıklıklar çok daha geniş olmaktadır. Ayrıca kolonlardan geriye kalan alan bölücü duvarlar ile istenildiği gibi düzenlenebilir. Bu da planlama olanakları açısından konvansiyonel sistemleri hafif çelik sistemlere göre daha avantajlı kılmaktadır [Ekinci, 2006].

Taşıyıcılık görevi yüklenen duvar, döşeme kaplamalarında seçilecek malzeme yangına hassas hafif taşıyıcı sistem için yangın riski oluşturmamalı, taşıyıcıyı korumalıdır. Hafif duvarlar masif yapılara göre yapı fiziği açısından daha tedbirli olmayı gerektirir. Yapı kabuğundaki fiziksel olaylar iç mekânın sağlıklı ortam olabilirliğini etkilemektedir [Web 5, 2015].

Planda taşıyıcı duvarların açılı veya eğrisel düzenlenmesi, taşıyıcılık, yapı stabilitesi ve bağlantı noktalarında dezavantaj olmasına karşın, mimari açıdan gerekli görüldüğü durumlarda yapılabilir. Ancak bu durum, taşıyıcı sistem statik hesaplarda ve elemanların boyutlandırılmasında göz önünde bulundurulması gereken bir husustur. Hafif çelik sistemlerde, taşıyıcı duvarların birbirleriyle dik açıdan daha geniş veya daha dar açılar yapacak şekilde düzenlenmesi de mümkün olmaktadır. Bu tür düzenlemelerde, hafif çelik yapım ilkelerine ve standartlarına uymak gereklidir. Dik açılı olmayan hafif çelik plan geometrilerinde, duvarların köşe birleşimleri özellikle üzerinde durulması gereken bir diğer konudur. Hafif çelik yapılarda, duvarların taşıyıcı olması dolayısıyla, yapının stabilitesi, köşe bağlantılarının stabilitesi ile doğru orantılıdır [Ekinci, 2006].

4.5.2. Cephe Kuruluşu Olanakları

Hafif çelik sistemlerde cephe, taşıyıcı duvarlardan oluşmaktadır. Bu nedenle cephenin kuruluşu, taşıyıcı duvarı oluşturan elemanlara bağlıdır. Hafif çelik yapı cephesinde, boşlukların ve boşluklar arasındaki dolu kısımların boyutları, dikmelerin

düzenlenme modülasyonu ile ilintilidir. Bu boyutlar, dikme aralıklarının katları şeklinde yapılmaktadır. Hafif çelik taşıyıcı sistem elemanları ile OSB, kontrplak, alçı levhalar veya kompozit cephe kaplamaları gibi elemanların boyutları arasında bir denge olmalıdır. Bu koordinasyon, kaplama elemanlarına bağlı olarak hafif çelik sistemlerin cephe kuruluşunu etkilemektedir. Kaplama elemanlarının standart boyutları ile hafif çelik sistemlerin taşıyıcı sistemi modüler koordinasyon çerçevesinde birbirine uyum göstermektedir [Ekinci, 2006].

Yatayda döşeme ve çatı, düşeyde iç ve dış duvarlar yapıya ait bütün yükleri taşırlar. Yatay ve düşey yükleri taşıyabilmek amacıyla narin çelik profiller sistem içinde güçlendirilmektedir. Bağlantı noktalarındaki ilave elemanlar yatay yük çaprazları iki yöndeki kaplama malzemesi taşıyıcı sistemi güçlendirecek şekilde kullanılmaktadır [Web 5, 2015].

Hafif çelik sistemlerde, cepheyi oluşturan duvarlar aynı zamanda taşıyıcılık görevindedir. Taşıyıcı duvarı dolayısıyla da cepheyi oluşturan profiller, kaplama elemanları ile birlikte yapı yüklerini karşılamakta ve yapı rijitliğini sağlamaktadır. Yapı cephesini oluşturan profiller, hafif çelik yapım ilkeleri doğrultusunda, genellikle açıkta yer almazlar. Hafif çelik cephelerde, profillerin kaplama elemanlarının gerisinde yer alması, taşıyıcı sistemin cephede doğrudan algılanmasını engellemektedir. Bu sebeple, hafif çelik profillerin oluşturduğu iskelet görülmediği için cephe, taşıyıcı yüzeyler olarak algılanmaktadır. Taşıyıcı sistemin modüler yapısı, cephede dolu boş oranını ve bu oranların düzenlenmesini etkilemektedir. Taşıyıcı sistemin getirdiği modülerlik, cephede doluluk ve boşluk oranları arasında aritmetik bir ilişki kurulmasına imkân tanımaktadır [Ekinci, 2006].

4.5.3. Kütle Kuruluşu Olanakları

Kütlesel ağırlığı, alternatif yapı metotlarına göre çok daha azdır. Çelik strüktürün bu özelliği, temel ve hafriyat maliyetinde avantaj sağlamakla birlikte; kütlesel ağırlığına paralel olarak depremden daha az etkilenmesini sağlamaktadır. Bu nedenle, depreme dayanıklıdır [Web 4, 2014].

Kütle kuruluşunu belirleyici unsurlardan birisi de topografya verileridir. Eğimli veya sertleşmiş topografya şartlarında, kütle kuruluşu çeşitli seçeneklerde olabilir. Hafif çelik yapının yarı bodrum kat oluşturacak şekilde, eğimli veya kademeli

araziye oturduğu durumlarda yapının toprak altında kalan kısımları genellikle betonarme olarak yapılmaktadır. Bu şekilde yapının zemin katı, hafif çelik iskelet ve betonarme perde duvardan oluşabilmektedir. Hafif çelik kat döşemesinin bir kısmı, hafif çelik duvarlara otururken, diğer bir kısmı da betonarme temel duvarlar üzerine oturmaktadır. Eğimli arazide, tüm yapılarda olduğu gibi toprak altında kalan yapı bileşenleri suya karşı yalıtımlı ve drenaj düzenlenmesi yapılmış olmalıdır [Ambrose, 1993].

Kütle kuruluşu olarak bir diğer seçenek ise hafif çelik yapıların zeminden ayaklar ile kaldırılmasıdır. Tekil betonarme temellere ankraj bulonları ile monte edilmiş, çelik kolonlar ile yapı zeminden yukarıya kaldırılmaktadır. Bu çelik kolonlarda hafif çelik bileşik profiller kullanılabileceği gibi sıcak hadde profiller de kullanılabilir. Hafif çelik döşeme sistemi ile temel arasında yer alan çelik ayaklar, yapı yükleri karşısında çerçeve çalışması göstermektedir. Bu nedenle yapının uygun bölümlerinde çaprazlamalar ile rijitliklerinin artırılması zorunludur [Ekinci, 2006].

4.6. Hafif Çelik Yapı Sistemlerinin Özellikleri

Hafif çelik yapı sisteminin sahip olduğu belli başlı özellikler aşağıdaki gibi sıralanmıştır. Bu özellikler:

- Hafif çelik yapı sistemlerinde kullanılan soğukta şekillendirilmiş profiller homojen, izotrop, yüksek rijitlik, yüksek düktilite özelliklerine sahiptir. Sürekli denetlenerek üretildiği için tüm profil kesitleri aynı özellikleri taşımaktadır.
- Ön üretim esnasında tesisat delikleri açılabilirdiği için sonradan yapılabilecek elektrik, sıhhi ve kalorifer tesisat işçiliğinde kırma dökme görülmemektedir. Dolayısıyla daha az iş gücü ve daha az zaman söz konusudur. Ancak önceden tasarlanarak yapıldığı için servis elemanlarının yerleri tasarım sonrasında değiştirilemeyebilir.
- Bu yapı sisteminin hafif olması daha az iş gücü harcanarak taşınmasına ve kurulmasına imkân tanımaktadır. Ayrıca uygun bir şekilde tasarlanmış ise gerektiğinde sökülüp tekrar farklı bir yerde kurulum olanağı vardır.

- Seri üretime ve prefabrikasyona uygundur. Paket halinde hazırlanabilir ve bu hazırlanan yapı birimleri kolaylıkla saklanır. Ek olarak endüstri ürünü gibi paket halinde ihracatı yapılabilir.
- Yapı sistemi doğru şekilde yalıtıldığında tüm iklim şartlarına koşullarına uyan dayanıklı bir sistem oluşturulmuş olur.
- Hafif çelik yapı sistem elemanları doğru şekilde yalıtıldığında nemli ortamlarda betonarme, ahşap sistemler gibi çalışan ve şekil değiştiren malzemelerden oluşmadığı için yapısal değişiklik göstermez, böcek ve benzeri haşere oluşumuna neden olmaz.
- İnşa edileceği ortama göre galvanizleme veya antipas boyama teknikleri ile kaplanan sistem elemanlarında paslanma sorunu ortadan kalkmaktadır.
- Çelik tutuşmayan bir malzemedir. Ancak ısı iletkenliği oldukça yüksek olduğu için ısı ve yangın için yalıtım önlemlerinin alınması malzemenin güvenli olmasını sağlayacak ve ömrünü uzatacaktır.
- Hafif çelik yapı sistemleri farklı çelik elemanlar ile desteklenmediği takdirde en fazla üç kata kadar taşıyıcılığı vardır.
- Çelik % 100 geri dönüşebilen ve doğaya zarar vermeyen bir malzemedir.
- Seri üretimi yapılabilen çelik yapı sistemleri betonarme ve benzeri sistemlerle maliyet açısından yarışabilecek ölçüdedir. Ancak sistemin belli kurallara göre şekillenmesi ve üretilen profiller ile oluşturulabilecek yapı boyutlarının belirli olması, mimari olarak kısıtları beraberinde getirmektedir [Terim, 2006].

Ön üretimli çelik sistemde fabrikalarda bilgisayar ortamında hazırlandığı için insan hatası yok denecek kadar azdır. Yapının doğru ve güvenli olması profillerin şartnamelere uygun sacdan, bilgisayarla tasarlanıp üretilmesine, tekniğine uygun olarak montajının yapılmasına bağlıdır. Prefabrik yapılar ince kesitli çeliklerden oluştuğu için diğer yapı türlerine göre 10 kat daha hafiftir ve depremden daha az etkilenmektedir. Her türlü hava şartlarında uygulanabilen hafif ve sağlam bir sistemdir. Dayanım gücü yüksektir ve bu sebeple hafif çeliğin öz ağırlığının taşıdığı yükün, yararlı yüke oranı çok azdır. Sistem farklı çelik elemanlar ile desteklenirse üç kattan fazla yapılarda kullanılabilir [Öztürk, 2010].

Hafif çelik yapı sistemi, yapı davranışı olarak normal sünek bir yapı sistemidir. Kullanılan malzeme yani çeliğin korozyondan ve benzeri etkilerden etkilenmesi

sebebiyle korunması gerekir. Bunun için çelik, farklı kaplama yöntemleri ile kaplanarak ekonomik kullanım ömrü uzatılabilir. Dünyada hafif çelik yapılarda sıklıkla sıcak daldırma ile galvanize edilmiş çelikler kullanılmaktadır. Kaplamalarda ise farklı kalınlıklar seçilmektedir. Malzeme olarak ise en çok çinko kullanılmaktadır. Daha farklı kaplamalar için çinko ile alüminyum farklı oranlarda karıştırılmaktadır [Öncü, 2010].

4.7. Yapı Fiziği Etkileri Açısından Hafif Çelik Yapı Sistemleri

Metallerin serbest veya sabit elektronlardan kurulu, homojen ve yoğun dokulu kristal yapısı genel özelliğidir. Bu özellikler basınç ve çekme özelliklerinin eşdeğerde ve yüksek olmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte, çelik malzemenin bu içyapı özellikleri, ısısal genleşmelerinin yüksek olmasının; ısıyı, elektriği ve sesi iyi iletmelerinin de sebebidir. Yapı konforu açısından ses ve ısı iletimi önemli bir husustur. Özellikle çelik malzemenin yüksek ısı iletkenliği, enerji kaybının yanı sıra yoğunlaşma, nem ve su sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Bununla birlikte ısısal genleşmeler yapı elemanlarında termal gerilmelere neden olur. Yangın ve korozyon sorunları ise, çelik yapıların zayıf yönlerini oluşturduğu için özellikle üzerinde durulması ve önlem alınması gereken konulardır [Ekinci, 2006].

Endüstriyel gelişimle birlikte daha çok enerji kullanımı ve buna bağlı olarak da yangın riski söz konusu olmaktadır. Dolayısıyla, ne şekilde ve hangi sistemle yapılmış olursa olsun binalar için her an yangın çıkma olasılığı söz konusudur. Yangın sırasında en az belli bir süre bina taşıyıcı sistemi bir bütün olarak, her bir elemanı ile ayakta kalacak şekilde yüksek güvenlik önlemi alınarak tasarlanmalıdır. Taşıyıcı sistemin boyutları, istenilen yangın dayanım süresini sağlayacak şekilde hesaplanarak yapılmalıdır [Demirel ve Özkan, 2003].

4.7.1. Yangın Etkisi

Çelik; yanmaz bir malzeme olarak kabul edilmiş olsa da, yangın başlangıcından 10 dakika sonra ilk önce dayanım gücünün % 20'sine, 20 dakika sonrada % 10'una inmektedir. Neticede çeliğin akması sonucu ani çökmeler görülmektedir. Ancak, yüksek sıcaklığa dayanıklı kompozit malzemeler ile bu süre

uzatılabilmekte, taşıyıcı strüktürün sıcaklıktan korunması mümkün olmaktadır [Ekinci, 2006].

Çelik iskeletli yapılar yangın bakımından özel öneme sahiptir. Çünkü bu yapılarda yanıp tükenmekten çok ısıl şekil değiştirmelerin oluşumu söz konusudur. Yangınlarda karşılaşılan yüksek sıcaklıklar, metal yapı malzemelerinin mekanik özelliklerinde çok önemli değişmelere ve bu malzemelerde önemli genleşmelere yol açmaktadır [Web 3, 2014].

Çelik, ısı iletim katsayısı yüksek bir malzeme olduğu için ısı karşısında gerilme sınır özelliğini hızla yitirir ve esneklik özelliği kaybolur. Basınç altında görev yapma durumunda plastik deformasyona uğradığından taşıma niteliği kaybolmaktadır. Genleşmeler dolayısı ile taşıyıcı nitelikteki bağlantı noktaları taşıyıcı özelliklerini yitirmektedir. Bu durumda yapı bütünlüğündeki sistemi tümüyle yıkacak güç oluşur. Çelik taşıyıcı sistemli bir yapıda korunmamış çelik bir kolonun yangına direnci yaklaşık 5 dakika kadardır. Çeliğin ısı etkisi altında direncini kaybetmemesi, yangın sırasında erişilen en yüksek ısı değeriyle doğru orantılıdır. Bu ısı belirli bir limiti aşarsa, çeliğin dayanım ve elastisite katsayısında meydana gelen düşmeler, taşıma gücünü azaltacaktır [Akıncıtürk ve Aydın, 2004].

Sıcaklık artıkça çeliğin elastisite modülü ve akma mukavemetinde görülen azalmalar çelik yapıların en büyük dezavantajlarından birisidir. Sıcaklık 1000° C'ye ulaştığında çeliğin akma dayanımı sıfıra yaklaşır (Şekil 4.3). Başka bir deyişle çeliğin taşıma kapasitesi tamamen sona ermiş olmaktadır [Web 1, 2012].



Şekil 4.3: Yangın sonucu göçen çelik taşıyıcı sistem.

Doğasında yanabilme özelliğine sahip malzemelerin dışındaki tüm malzemelerin öngörülen dayanma gücünü kaybettiği ve sonrasında aktığı belli sıcaklık dereceleri vardır. Yangına dayanıklılık açısından bakıldığında yangından korumak için tedbir alınmadıysa ahşap zaten yanıcı olma özelliğine sahip olduğundan dayanıklılıktan söz edilemez. Her ne kadar çeliğin ergime sıcaklığı 2000°C olsa da aslında ortam sıcaklığı 600°C 'yi geçtiğinde beton yapı elemanı içindeki çelik çubuklarda ve izole edilmeyen çelik yapı elemanlarında yük altında plastik deformasyon başlamaktadır. Kapalı hacimlerdeki şiddetli yangınlarda ortam sıcaklığı 500°C ye kadar ulaşmaktadır. Şiddetli kimyasal yangınlar ve alevli sıvı yakıt yangınlarında ise bu sıcaklıklar 1000°C 'nin üzerine çıkmaktadır. Betonarme yapılarda da taşıyıcı elemanların çoğunda asıl yükleri çelik çubuklar taşıdığı için yüksek sıcaklıklarda beton veya çelikten herhangi birinin dayanıklılığı söz konusu değildir. Sonuç olarak yangın için tedbir alınmayan yapı elemanları 600°C 'nin üstündeki sıcaklıklara dayanım gösterememektedir [Web 1, 2012]. Bununla birlikte; çelik yapı bileşenlerin yıkılma sınırı; elemanın boyutları, geometrik biçimi, alaşımı, taşıdığı yük de dâhil olmak üzere birçok değişkene bağlıdır [Demirel ve Özkan, 2003].

Korumasız bir çeliğin yangına karşı dayanım sınırı bir saattir. Bu süre en yüksek değer olup, normalde bu sınır daha da düşüktür. Çeliğe krom gibi çeşitli madenlerin eklenmesi ile bu süre artırılabilir. Aynı zamanda çelik yapı bileşenlerinin kesitleri artırılarak da uygulanacak koruma önlemleri azaltılabilmektedir. Çeliğin yangından korunması için yapılan yalıtım şekilleri genelde; kütleli, çevreyi sarma, kutuya alma ve çelik bileşenlerin su dolaşımıyla soğutulması şeklindedir [Gencer, 2003].

4.7.2. Isı Bakımından Etkileri

Yapılarda ısısal etkiler sonucu görülen genleşme veya büzülme, yapı malzeme ve elemanlarında deformasyonlara neden olmaktadır. Bu genleşme veya büzülme, yapı elemanın bünyelerindeki yapı yüklerine ilave olarak, basınç ve çekme gerilmelerine sebep olur. Ancak asıl problem aynı ısı değişimi etkisinde, farklı yapı malzemelerinin, uzama veya büzülme miktarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Hafif çelik sistemler gibi, genleşme katsayıları farklı

malzemelerin bir araya geldiği sistemlerde bu sorun daha ön plandadır. Bu sorun, hafif çelik yapı sisteminin esneklik sınırları içinde tutularak, diğer yapı elemanları ile yine doğru birleşim detayları uygulanarak aşılabılır [Ekinci, 2006].

Dış ortam ısısının değişikliği ve sistem elemanlarının serbest olmadığı durumlarda iç gerilme ve kuvvetler oluşur. Isıda yükselme ve azalma miktarları, yapım sırasında kabul edilen bir ısı derecesine bağlı olarak ve yapının bulunduğu bölgeye göre belirlenmektedir [Çobanoğlu ve Fenercioğlu, 2008].

Hafif çelik sistemin eleman düzeni açısından prensip olarak rasyonel ahşap iskelet yapıya benzer. Hafif çelik sistemlerde, çelik malzemenin yüksek ısı iletkenliği, iç mekânın ve yapı elemanlarının konfor sıcaklığında tutulmasını zorlaştıran bir unsurdur. Hafif çelik sistemlerde, 40–60 cm arayla düzenlenen çelik profiller, yapı kabuğunda ısı köprüleri oluşturur. Isı ve enerji kaybını engellemek amacıyla hafif çelik sistemin dış duvar kesiti, iç mekândaki nemin soğuk dış ortama kesit içerisinde yoğunlaşmaya neden olmadan ulaşması sağlanacak biçimde tasarlanmalıdır. Hafif çelik sistem duvarlarında, profillerin arası yalıtım malzemeleriyle doldurularak iyi derecede ısı ve ses yalıtımı sağlanmaktadır. Oluşturulan çerçeve sistemin iç ve dış yüzeyleri çeşitli levha panellerle kaplanarak kompozit bir duvar oluşturulur. Profillerin arasına ısı yalıtım malzemesinin yanında yangına dayanıklı koruyucu malzemeler de yerleştirilebilir [Dudás, 2006]. Duvar elemanlarında farklı malzemelerin bir araya getirilmesi, iklim koşulları, malzeme seçimi ve ısı ve buhar geçişi açısından doğru tasarımı beraberinde getirecektir [Sever ve Mıhlayanlar, 2011].

4.7.3. Nem, Su ve Yoğuşma Açısından Etkileri

Hafif çelik sistemlerde, su ve nem etkileri, alçı, kontrplak, OSB gibi kaplama elemanlarında şişme, gevrekleşme ve çözülme gibi sorunlar yaratırken, çelik yapı elemanlarında ise korozyona maruz bırakılmaktadır. Tüm yapılarda olduğu gibi, hafif çelik yapılarda da, su ve nem etkisi;

- Suyun, çatı, cephe gibi yapı elemanlarındaki detaylandırma problemleri veya hatalarından ötürü, yapı içine ya da yapı kabuğuna direkt olarak suyun girmesiyle

- Yüzeysel olarak su ile temas sonucunda yapı malzemelerinin harici suyu emmesi yoluyla,
- Yapı malzemelerinin, ısı iletkenlik ve buhar geçirirne değerklerine bağı olarak malzeme katmanlarında veya yüzeyinde oluşın terlemesi sonucunda ortaya çıkmaktadır [Ekinci, 2006].

İnsanlar belirli ısı, nem, belirli ışık, hava, radyoaktivite ve benzeri şartlarda yasayabilirler. Bu şartlarının olumsuzluğu halinde ruhsal ve fiziksel hastalıklar başlamaktadır. Örneğın sürekli çalışan bir motor sesi ile bir süre yaşarsanız ruhsal hastalık baş gösterir. Nem oranının yüksek olması halinde astım, romatizma gibi hastalıklar ortaya çıkmaktadır. Hafif çelik yapılarda yaşamının biyolojik yapıya etkisi incelenmelidir [Web 5, 2015].

Hafif çelik sistemlerde, asıl su ve nem sorunu, bileşen katmanlarında ve yüzeylerinde oluşın terlemedir. Yapı elemanlarının bünyesindeki nem miktarı, aynı zamanda ısı iletkenliğini direkt etkiler. Başka bir deyişle elemanların bünyesindeki yüksek nem oranı, düşük ısı yalıtımı veya yüksek ısı iletimi anlamına gelmektedir. Diğer yapı elemanlarında olduğu gibi, hafif çelik sistem elemanlarında da, meydana gelen yoğunşma yani buharın su haline dönüşmesi yüzeyde gözle görülür halde terleme veya malzeme içinde gizli olarak terleme şeklinde ortaya çıkmaktadır. Yoğunşma ve terleme olayı, malzemelerin buhar geçirirnilik yani difüzyon katsayılarına bağıdır [Ekinci, 2006].

Yalıtım yapılırken ısı ve buhar geçişi açısından doğru detaylandırma yapmak gerekmektedir. Isı iletimi sırasında kesit içinde yoğunşma olması durumunda elemanın ısıl performansı kötüleşecek, bu hem kullanıcıların ısıl konforunu hem de ısı kayıplarını artırarak enerji tüketiminin artmasına neden olacaktır [Sever ve Mıhlayanlar, 2011].

4.7.4. Akustik ve Ses Açısından Etkileri

Malzeme içinde veya havada molekülleri titreştiren bir dalga hareketini izleyen enerji ses olarak adlandırılmaktadır. Yapıda ses, mekânın içindeki havada veya sistem yapısında, herhangi bir darbeden, sürtünmeden veya tesisattan kaynaklanmaktadır. Mekân içinde oluşın ses, hacmin büyüklüğü, formu ile hacmi

oluşturan yüzeylerin özelliklerine bağlı olarak havada yayılır. Hafif çelik sistemlerin elemanlarının diğer sistemlere göre daha hafif olması, ses yalıtımı için bir dezavantajdır. Buna rağmen, hafif çelik sistemlerde, ses enerjisini ve dalgalarını hapsedecek biçimde profillerin ve kaplamaların detaylandırılması ile istenen ses izolasyonu sağlanmaktadır. Ses ortam değiştirirken yani havadan katıya veya katıdan havaya geçerken şiddetinde bir azalma olması sesin bir diğer özelliğidir. Hafif çelik sistemlerinin kaplamaları arasında boşluğun olması sesin diğer mekâna iletiminde kayba uğramasına sebep olmaktadır [Ekinci, 2006].

4.7.5. Korozyon Etkisi

Korozyon, çelik yapıların tümünde kaçınılmaz bir olaydır. Ancak etkileri ve korozyon sonucu oluşan maddi kayıplar önceden alınacak tedbirlerle en aza indirilebilmektedir [Tama ve Kaftan, 2007].

Çelik yapı malzemelerinde herhangi bir önlem alınmadığı durumlarda, açık hava koşulları veya direkt su etkisi altında oluşan bir tepkime neticesinde eleman yüzeylerinde oluşan oksit ve hidroksit özellikte bir tabaka korozyon ya da paslanma olarak adlandırılmaktadır. Bunun sonucunda yapı elemanlarında kabuklanmalar, çatlamlar ve yarıklar oluşmaktadır. Dolayısıyla yapı elemanlarını taşıma kapasitesi ve rijitliği önemli ölçüde azalmaktadır [Türker, 2013].

Çelik malzemenin korozyonunu önleyebilecek birçok yöntem kullanılmaktadır. İçinde % 18 oranında krom, % 8 oranında nikel bulunan paslanmaz çelik aşınmaya ve paslanmaya karşı çok dirayetlidir. Ancak yapı maliyeti yönünden yüksektir. Diğer yönden korozyonu önlemek için boya veya nikel, kalay, çinko gibi metallerle kaplama yapılabilir. Hafif çelik yapı sistemlerinde korozyondan koruma, çelik malzemenin çinko ile kaplanması şeklinde yapılmaktadır. Çelik profiller, 450 °C'de ergitilmiş çinko banyosuna daldırılarak, yüzeyinde metalürjik olarak bağlı bir tabaka oluşturulur [Ekinci, 2006].

Çelik, normal ortamında bırakıldığında paslanır. Duman, kurum, deniz suyu, asit veya alkali buharı gibi etkenlerle bu işlem hızlanır. Çeliğin boya ile kaplanması en çok uygulanan yöntemlerden birisidir. Daha sonra uygulanacak son kat boyalar için temiz ve düzgün bir yüzey hazırlanması açısından genellikle ilk olarak çinko veya demir bazlı bir astar boya uygulanmaktadır. Ancak özünde demir olan boyalar

kullanılırken, boyanın zehirli özellikleri sebebiyle spreyleme yöntemi kullanılmamalıdır. Çeliği korozyona karşı korumada kullanılan bir diğer yöntemse metalle kaplamaktır. Metal kaplamalar; galvanizleme, elektroliz kaplama ve çinko ya da alüminyum kullanılarak metal spreyleme yöntemleri ile uygulanmasıdır [Gencer, 2003].

4.8. Hafif Çelik ile Mimari Tasarımı Mümkün Statik Sistemler

Hafif çelik yapı sistemlerinin mühendislik tasarımlarında izlenen yol geleneksel yöntemlerle hemen hemen aynıdır. En önemli fark, duvar kaplama malzemelerinin yapısal özelliğe katkısı çok olduğu için mimari tasarımda kabul edilen kaplama malzemesinin seçimidir. Ayrıca elektrik ve mekanik tesisat duvarların içinden geçtiği ve kesitin belli noktalarını zayıflatacağı için bu işlerin tasarımlarının çok iyi ve daha sonra değişmeyecek bir şekilde yapılmalıdır [Öncü, 2010].

4.8.1. İskelet Sistemi

Genelde ön üretimli iskelet sistem elemanlarının depreme dayanıklı olması büyük ölçüde birleşim noktalarının depreme dayanıklı olmasıyla paralellik gösterir. Birleşim noktaları yeterli dayanıma sahip, yeterli süneklik ve rijitliğe sahip olmalıdır. Yükler altında gözlenen rijitlik azalması, dökme betonarme sisteme göre daha fazladır. Bu nedenle ön üretimli yapılarda daha fazla yanal ötelenme beklenir. Ön üretimli kolon-kiriş birleşimleri için deprem davranışını belirlemede ve performansını geliştirmede birleşimlerin benzeşik dinamik yükler altında denenmesi kullanılmaktadır [Seydioğlu, 2008].

Hafif çelik çerçeve sistem ahşap iskelet yapım sistemi ile benzerlik gösterir. Amerika'da endüstrileşen ahşap yapım sisteminde taşıyıcılar ana ve ara elemanlar olarak ayrılmazlar. Duvar ve döşeme olarak çalışan yapım sisteminde tüm taşıyıcı eleman kesitlerinin ölçüleri aynıdır. Bu elemanlar belirli aralıklarla tekrar edilerek ve belli noktalarda birbirlerine yatay elemanlar ve özel yapım çiviler yardımıyla bağlanarak taşıyıcı duvar ve döşemeleri oluştururlar. İskelete dıştan ahşap lambriler tutturularak, sistemin dış kaplaması oluşturulur. Hafif çelik iskelet sistem kurulma

sistemi olarak ahşap sistemle aynıdır. Açıklık bırakılması, çatı kurulması ve duvar kaplamaları da benzer şekilde yapılmaktadır [Terim, 2006].

Çubuklar olarak üretilen sistemde hafif çelik profiller inşa alanına getirilir. Duvarlarda kullanılacak profiller 2 katlı veya 3 katlı bir bina uygulamasında tüm kat yüksekliği kadar uzunlukta hazırlanmaktadır. Döşemeler katlar boyu yükselen duvar sistemine içten bağlanır. Süre olarak modüler ve panel sisteme göre birkaç ay daha fazla sürede yapılır. Profillerin galvaniz katmanlarının zarar görme olasılığı diğer sistemlere göre fazladır. İnşa sonrası antipas boya ile tekrar boyanarak zarar gören noktalar kapatılmaktadır [Terim, 2006].

Hafif çelik iskeletin taşıyıcı eleman düzeninin ahşap iskelet yapıdan farkı taşıyıcı malzemenin izolasyon değeri yüksek dolu kesitli ahşap yerine iletken içi boş kesitli çelik ile yer değiştirmiş olmasıdır. Bileşen tipi bakımından içi boş küçük kesitli hafif çelik sistemin ağırlığına göre taşıma kapasitesi benzer taşıyıcı sistem özelliğine sahip ahşap iskelet sisteme göre daha yüksektir. Kaba yapı olarak değerlendirildiğinde ise ahşap iskelet yapım sistemi hafif çelik yapım sisteminden yaklaşık % 50 daha ağırdır. Ayrıca çeliğin süneklik düzeyinin yüksek olması, deprem kuvvetleri karşısında hafif çelik yapıların, ahşap sisteme göre avantajlı olmalarını sağlamaktadır [Yıldırım, 2012].

4.8.2. Panel Sistemi

Panel sistem, elemanları döşeme ve duvar olarak kullanılan yatay ve düşey panolarla oluşturulmuş düzlem taşıyıcılardır. Bu sistemler genellikle konut üretiminde kullanılır. Ayrıca sanayi yapılarının geniş açıklıklı üretim mekânlarının giydirme dış cephe, iç bölücü düşey duvarları ve döşemelerinde çoğunlukla panel sistemler kullanılmaktadır. Yapıda panel sistemleri oluşturan elemanlar yani panellerin farklı büyüklük ve ağırlıkta, farklı malzemelerden ve farklı yapısal özelliklerde üretimi yapılabilir [Seydioğlu, 2008].

Panel sistem Dünyada ve Türkiye’de kullanılan en yaygın yapım sistemidir. Bu sistemde profiller fabrikada boyutlandırılıp üretildikten sonra duvar, çatı ve döşeme olarak kullanılacak paneller haline getirilir. İnşa alanına bu şekilde taşınır ve hazırlanmış olan temel sisteminin üzerine oturtulur. Paneller hafif olması nedeni ile 1-2 işçi tarafından rahatlıkla taşınıp montajı yapılabilir. 5-6 kişilik yetişmiş bir ekip

ile 2 katlı standart ölçülerde bir yapının taşıyıcı sistem montajı sadece birkaç günü almaktadır. Sistem kolay ve hata oluşturmayacak bir şekilde temiz bir şantiye ortamında tamamlanmaktadır[Terim, 2006]. Montaj süresinin kısalığı, hava koşullarından etkilenilmeden yapılabilmesi, kullanılan malzemelerde eğilme, büzülme, kabarma görülmemesi sistemin yapım avantajlarıdır [Scharff, 1996].

4.8.3. Hücre Sistemi

Hücre yapı sistemleri, bütün birleşimleri üretim yerinde tamamlanmış olarak afet yerine gelen ve sadece tesisat gibi çalışmaları afet yerinde yapılan sistemlerdir [Baradan, 2002]. Yapı elemanları, modüler hücreler şeklinde tamamıyla bitirilmiş üniteler halinde şantiyeye getirilir. Her ünite kendi içinde rijit bir kafes oluşturur. Ünitelerin bir araya gelmesi ile yapı sisteminin strüktürel rijitliği oluşmaktadır. Prefabrikasyon derecesinin % 90'a kadar yüksek olması, inşaat süresinin oldukça kısa olmasına neden olmaktadır. Genellikle ünitelerin tesisat elemanları da prefabrikasyondur. Sistemin her zamankinden daha çok uzmanlaşmış işçilik gerektirmesi, nakliye zorluğu, montajda kaldırımlar sırasında oluşan ek gerilmeler ve planlama esnekliğinin olmayışı sistemin zayıf yönleridir. Hücresel sistemde üniteler yüksek fabrikasyon içerdiği seri üretimle çok sayıda üretildiği için ekonomiktir. Üniteler bütünüyle tamamlanmış olabilir ya da şantiyede montajdan sonra tamamlanacak şekilde getirilebilir [Ekinci ve Eşsiz, 2005].

Hücre sistemler genellikle konut ve okul yapılarında kullanılmaktadır. Ancak diğer yapılarda da uygulanabilmektedir. Hücreler, kütleli rijitlikleri deprem ve rüzgâr yüklerine karşı dayanım gösterebildikleri için güvenle çok katlı olarak yapılmaktadır. Hafif panel sistemlerin ardından ortaya çıkan bu sistemlere fabrikada tamamlanmış olarak geldiği için binaya bitti gözüyle bakılarak tercih edilmektedir. Hücre sistemler kapalı, açık ve karma olmak üzere üç grupta üretimi yapılmaktadır [Seydioğlu, 2008].

4.9. Taşıyıcı Sistem Açısından Hafif Çelik Yapı Sistemleri

Öncelikle taşıyıcı sistem olarak hafif çelik yapı sistemlerinin avantajlı yönlerini belirtmekte fayda vardır. Taşıyıcı elemanlar fabrikalarda işlenip hazır olarak geldiği

için inşaatın montaj aşamasında dış etkilere fazla etkilenmezler. Dolayısıyla yapım süresi kısalmaktadır. Değiştirme ve takviye olanağı olduğu için yapılarda istenilen biçimde kullanmak mümkün olmaktadır. Ayrıca restorasyona uygundur ve diğer yapı sistemlerinin restorasyon işlemleri için de kullanılmaktadır. Zamandan ve malzemeden tasarruf yapılmasına imkân vermektedir [Yardımcı, 2005].

Mimari açıdan estetik ve yaratıcı yapıların tasarımına olanak sağlamaktadır. Kolon sayısı en aza kadar düşürülebilir. Geniş açıklıklarda bile döşemeler incedir. Çelik taşıyıcılı yapı endüstriyel kalite güvencesi sunar. Şantiye üretimleri ve tüm uygulamaları kontrollüdür. Dönüşümlü bir malzeme oluşu, inşaat sırasında atık bırakmaması şantiye alanlarının küçük olmasına ve çevreye zarar vermeden hızlı ve temiz bir inşa sürecine olanak tanımaktadır. Eğer maliyetlerin mukayesesinde temel maliyetlerin haricinde kredi maliyeti, kira gelirleri, kullanım alanı, geri kazanım, yeniden kullanım, çevre kirliliği ve deprem etkisi gibi maliyetler de kapsam içine alınarak değerlendirme yapılırsa, çeliğin ekonomik bir malzeme olduğu görülmektedir [Yardımcı, 2005].

Tipik bir çelik yapıda maliyet dağılımı; Malzeme maliyeti % 25, Fabrikada üretim - emek maliyetleri % 35, Montaj- işçilik maliyetleri % 25, diğer maliyetler, % 15 şeklindedir [Carter vd., 2000]. Çelik bina yapımında en önemli unsur tasarımıdır bu nedenle yapının detaylı bir analizi sonrasında inşa aşamasına geçilmesi uygun olacaktır [Ruby, 2008].

Hafif çelik yapı sistemleri, taşıyıcı sistem açısından yapılan değerlendirmede yapı yükleri ve statik hesap tasarım yöntemleri, strüktür etkinliğini ve davranışını belirleyen unsurlar göz önünde bulundurularak yapılmalıdır [Ekinci, 2006].

Taşıyıcı sistem olarak hafif çelik yapı sistemlerinde döşeme düzlemlerinde bulunan OSB veya diğer kaplama panelleri kat rijitleştirici olarak görev almaktadır. Deprem ve rüzgâr yüklerinin etkileri, çapraz bağlantı elemanları kullanılarak yapılmış duvar panelleri ile karşılanmaktadır [Öztürk, 2010]. Kirişler, döşemenin taşıyıcı bileşenleri olduğundan, değişken yüklere yetecek düzeyde dayanaklıkta ve rijitlikte olması istenir. Kirişlerin iç veya dış yüzeyine yük taşıma kapasitesini artıran ya da eksenel yüklerin büyük olduğu yerlere destek için köşebent gibi çelik malzemeler eklenir [Scharff, 1996].

Hafif çelik prefabrik yapıların taşıyıcı sistem görünüşü ile ilgili bir fotoğraf Şekil 4.4'te verilmiştir. Bu fotoğrafta da görüleceği üzere sistem geleneksel ahşap

karkasa benzer yerleşim göstermektedir. Dikmeler, payandalar (veya çaprazlar) çok net bir şekilde geleneksel yapı tekniği benzerliğini de açığa çıkarmaktadır.

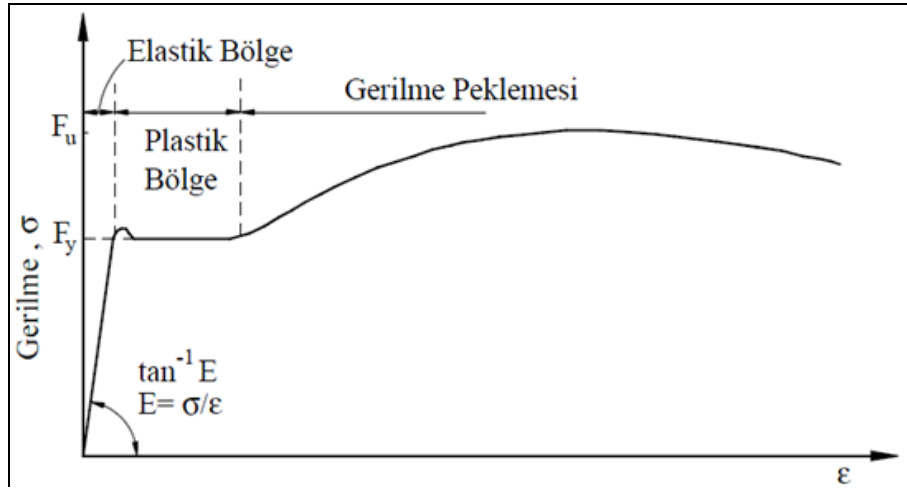


Şekil 4.4: Hafif çelik prefabrik yapıların taşıyıcı sistem görünüşü.

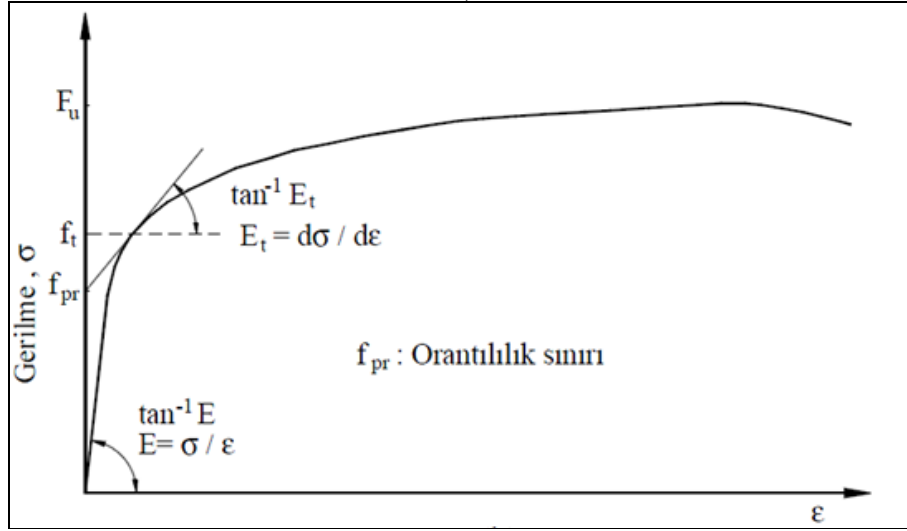
4.9.1. Mekanik Davranışı

Çelik homojen ve izotrop yani fiziksel ve mekanik özellikleri yükleme doğrultusuna bağlı olarak değişmeyen bir yapı malzemesidir. Elastisite modülü: $E=210000$ MPa, Kayma modülü : $G=E/2(1+n) = 81000$ MPa, Poisson oranı : $n = 0.3$ ve ısı genleşme katsayısı da $\alpha_t = 12 \times 10^{-6}$ 'dır. Yapı çeliğinden bir numuneye çekme deneyi uygulanarak, elde edilen diyagram incelendiğinde belli bir noktaya kadar gerilme ve şekil değiştirme orantılıdır. Çeliğin bu özelliğine *Hooke Kanunu* adı verilmektedir. Numuneye uygulanan çekme işlemi devam ettiğinde Şekil 4.5'te görülen gerilme-şekil değiştirme diyagramı elde edilmektedir [Genç, 2008].

Hafif çelik yapı sistemlerinde, soğuk şekillendirilmiş çelik malzeme için, akma gerilimi, kopma mukavemeti ve düktilite önemli mekanik özellikler arasındadır. Soğuk şekillendirilmiş çeliğin düktilitesi ASTM15 standartlarınca 51 mm uzunluğundaki deney malzemesinin uzama miktarı ile ölçülmektedir. Kopma mukavemeti ile akma gerilmesi arasındaki oran ise bir diğer önemli malzeme özelliğini vermektedir. Bu oran, pekleşme uzaması göstergesi ve malzemenin gerilimleri yeniden pay edebilme kabiliyetidir [Ekinci, 2006].



a)



b)

Şekil 4.5: a) Ani akan çeliğin gerilme-şekildeğiştirme diyagramı b)Kademeli akan çeliğin gerilme-şekildeğiştirme diyagramı.

Çeliğin gerilme-şekildeğiştirme eğrileri [Yu ve LaBoube, 2010] incelendiğinde (Şekil 4.5), gerilme değeri akma noktasına çıkıncaya kadar numune lineer elastik özellik gösterir. Numuneye çekme uygulanmaya devam edildiğinde, malzemenin elastik olma özelliği kaybolmakta ve numunede akma ve plastik yer değiştirmeler başlamaktadır. Numune üzerinde çekme işlemine devam edildiğinde, değer kopma noktasına ulaşmasıyla kopma sınırı geçilmiş olur ve malzeme kopar.

Hafif çelik taşıyıcı sistemlerde sistem etkinliğini ve davranışını belirlemede; çeşitli mekanik özellikler, soğuk şekillendirme sürecinin dayanıma katkısı, flanş ve gövde genişliğinin levha kalınlığına oranı gibi unsurlar etkili olmaktadır [Ekinci, 2006].

4.9.2. Soğuk Şekillendirme Süreci ve Dayanıklılık

Çelik yapı sektöründe kullanılan, ince cidarlı taşıyıcı veya taşıyıcı olmayan elemanların imalatında kullanılan soğuk şekillendirilme yöntemleri iki şekilde yapılmaktadır. Bunlar, soğuk haddeleme ve bükmedir [Tama ve Kaplan, 2007].

Soğuk şekillendirme süreci, çeliğin mekanik özelliklerine katkısının yanında malzemenin basınç gerilmelerine karşı dayanımında da etkili olmaktadır. Soğuk şekillendirme sürecinde, mekanik özelliklerdeki artışın nedeni, sadece çeliğin pekleşmesinden ileri gelen akma noktasının yükselmesi değildir. Bunun yanında oluşan profilin geometrik formunun tıpkı katlanmış plaklar gibi eğilme ve basınç gerilmelerine karşı dayanım gücünün artmış olmasıdır. Bu durum, çelik levhaların katlanmasıyla oluşan profilin atalet momentinin, levha halindeki çeliğe göre daha büyük bir değerde olması anlamına gelmektedir [Ekinci, 2006].

Taşıyıcı duvar ve döşeme panellerinden oluşan sistem profilleri sıcak daldırma galvanize teknolojiyle üretilen sıcak hadde rulo galvaniz saclardan, soğuk şekillendirilerek üretimi yapılmaktadır. Çelik yapı sisteminde profiller fabrikalarda roll- forming adı verilen soğuk şekillendirme makinelerinde üretilmektedir (Şekil 4.6). Sonraki aşamada ise tezgâhlarda döşeme, çatı ve duvar panelleri haline getirilir ve şantiye alanına gönderilir [Öztürk, 2010].



Şekil 4.6: Soğuk şekillendirme, imalat hattı.

Düz çelik levhaların veya şeritlerin, akma noktası, kopma mukavemeti veya düktilite gibi mekanik özellikleri, soğuk şekillendirilmiş profillere göre değişmektedir. Konvansiyonel çelik yapılarda, çelik profillerin üretilmesi sıcak hadde çekme yöntemi ile yapıldığı için profillerde üretim sırasında pekleşme ve düktilite kaybı oluşmamaktadır. Hafif çelik yapılarda, profillerde oluşan düktilite kaybı, yapının daha az sünek olmasına sebebiyet vermektedir. Ancak hafif çelik yapılardaki düktilite kaybına karşı, elemanların ve yapının daha hafif olması, deformasyonların belli bir sınırdan olmasını sağlamaktadır [Ekinci, 2006].

4.10. Hafif Çelik Yapı Üretiminde Kontrol İşlemleri

Hafif çelik yapı sisteminde kontrol işlemleri yapıda üç farklı bölgede yapılmaktadır. Bunlardan ilki dikme elemanlarının kontrolüdür. Düşey yüklerin aktarılmasında duvar panelleri kullanılmaktadır. Bu paneller çeşitli boy ve kesitte profilin birleşmesi ile oluşur. Bu profillerin yalnızca eksenel yük taşıdığı kabul edilir. Yatay yükler duvarların kaplandığı malzemeler ya da panellere yerleştirilen çapraz profiller aracılığı ile karşılanmaktadır. Çapraz kullanılması halinde tasarım sırasında bu elemanların basınç etkisine dikkat edilmelidir. Kaplamalar sayesinde yanal olarak da tutulu olan profiller için yalnızca eksenel yük altında burkulma kontrolü yapılmaktadır. İkinci olarak döşeme kirişlerinin kontrolü yapılır. Döşeme elemanları pek çok etki altında kaldıkları için kontrolü çok fazla yapılmalıdır. Öncelikle kesitin kesme dayanımı kontrol edilmelidir. Üçüncü ve son olarak yapılması gereken kontroller çatı makası elemanlarının kontrolüdür. Çatı makası elemanlarının kontrolünde de yalnızca eksenel yüke karşı burkulmanın olup olmadığı kontrol edilir. Dikme elemanlarındaki kontrol uygulamaları çatı makası kontrolleri için de geçerlidir [Öncü, 2010].

Sistem kurulduktan sonra ise, biyolojik ve fiziksel olarak şu kontroller yapılmalıdır. Biyolojik olarak sistem elemanlarının suni ürünler olması ve sistemin nefes almayan bir hücre gibi kurulması bazı sorunlar oluşturabilir. Bu konu ile ilgili gerekli araştırma ve denetim yapılması gerekir. Ayrıca fiziksel olarak taşıyıcı sistem yangına karşı ve korozyona karşı, bulunduğu ortamın bağıl nemine göre farklılaşan kalınlıkta galvaniz katmanı ile korunup korunmadığı kontrol edilmelidir [Terim, 2006].

Fabrika aşamasında üretimi yapılan hafif çelik yapı sistemlerini kalite kontrol servisi imalatın teze tam olarak uygun olup olmadığının kontrolünü yapmaktadır. Kontrolü yapılan ürünler artık sevkiyata hazırdır ve kurulumu yapılmak üzere inşaat sahasına gönderilebilir. Kalifiye elemanlar tarafından titizlikle hazırlanmış olan duvarlar aplikasyon planına ve teknik detaylara uygun bir şekilde birleştirilmektedir [Web 1, 2012].

4.11. Hafif Çelik Yapı Tasarımlarının Hukuki Dayanakları

Türkiye’de, bugün çelik binaların tasarım ve yapımı aşamasında TS 648, TS 4561 ve kaynaklı bileşimlerin hesabında TS 3357 temel standartlar kullanılmaktadır. Çelik yapılarla ilgili diğer standartlar ise profiller ve bulon tipleri gibi yapısal eleman ve birleşimlerle ilgili olan standartlardır. Ayrıca, bina yükleri ile ilgili standart TS 498 ve depreme dayanıklı tasarım hesaplarının açıklandığı Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik-1998 bütün yapı tipleri için geçerlidir. TS 648, yapısal çelik tasarımında güvenlik gerilmeleri yöntemine göre hesap yapmaktadır. TS 4561 ise 1 veya 2 katlı binaların tasarımı için taşıma gücü yöntemine göre hesap yapmaktadır. Diğer taraftan, Eurocode 3 ve Eurocode 8 gibi Avrupa standartları, ASD, LRFD ve depreme dayanıklı tasarım için FEMA, ATC gibi Amerikan standartlarının ülkemizde de geçerliliği söz konusudur [Altay ve Güneyisi, 2005].

Statik hesaplamalar ve çizimler yapılırken bir takım kanun, yönetmelik ve standartlara uyulmaktadır. Bu kanun, yönetmelik ve standartlar [Öztürk, 2010]:

- 3194 Sayılı İmar Kanunu,
- İlgili Belediyelerce düzenlenmiş olan imar yönetmelikleri,
- Afet Bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik,
- Çelik yapıların hesap ve yapım kuralları, TS 648
- Konutlarda ve kamu binalarında kullanılan yükleri, TS 6793
- Yapı elemanlarının boyutlandırılmasında alınacak yüklerin hesap değerleri, TS 498
- Çelik yapılar-hafif-soğukta şekil verilmiş profillerle oluşturulan hesap kuralları, TS 11372

- Yapılar üzerindeki etkiler - Böl.1-3: Genel etkiler Kar yükleri, TS EN 1991-1-3
- Çelik yapıların tasarımı - Bölüm 1-2: Genel kurallar - Yangına karşı yapısal tasarım, TS EN 1993-1-2/AC
- Çelik yapı uygulamaları - Bölüm 1: Yapısal bileşenlerin uygunluk değerlendirme gerekleri, TS EN 1090-1
- Depreme Dayanıklı Yapıların Projelendirilmesi, Bölüm 3: binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi, TS EN 1998-3
- Devamlı sıcak daldırmayla kaplanmış yassı mamuller -Teknik teslim şartları, TS EN 10346
- Çelik profiller- Soğuk haddelenmiş- Teknik teslim şartları-Boyut ve kesit toleransları, TS EN 10162
- Bağlama Elemanlarının- Mekanik Özellikleri Kısım 7:Anma Çapları 1 mm - 10 mm Olan Cıvatalar İçin Burulma Deneyi, TS EN 20898-7
- Bağlama Elemanlarının Mekanik Özellikleri-Bölüm 2: Deney Yüğü Değerleri Belirlenmiş Somunlar-Normal Adımlı, TS 3611 EN 20898-2

28 Nisan 1994 tarihinde TS 11372 “Çelik Yapılar- Hafif-Soğukta Sekil Verilmiş Profillerle Oluşturulan-Hesap Kuralları” yönetmeliğı yürürlüğe girmiştir. Yönetmeliğın kapsamı levha formundaki yapı çeliğinin soğukta şekillendirilmesiyle üretilen ince cidarlı elemanların, önemli oranda darbeli yüklere maruz kalmayan taşıyıcı sistemlerin, taşıyıcı elemanı olarak kullanılmaları için boyutlandırılmasına ilişkin elastik teoriye dayalı hesap kurallarından oluşmaktadır [Öncü, 2010].

Yakın dönemde Kanada’da hafif çelik yapı tasarımı için kullanılan CSA S136 standardı ile birleştirilen AISI North American Standard (NAS) adıyla kullanılmaktadır. Amerika kıtasına göre nispeten hafif çelik yapılara daha az rağbetin olduğu Avrupa’da çelik yapı tasarımı için hazırlanan Eurocode 3’ün üçüncü bölümü soğukta şekil verilmiş çelikle yapı tasarımını kapsamaktadır. Amerikan normlarına göre daha teorik ve karmaşık kriterlerinden dolayı önemli farklılıkları vardır. Ayrıca bu yönetmelikte hafif çelik elemanların plastik tasarımı ile ilgili kavramlar da yer almaktadır [Öncü, 2010].

5. ACİL DURUMDA KULLANILABİLECEK HAFİF ÇELİK YAPI ÖRNEKLERİ

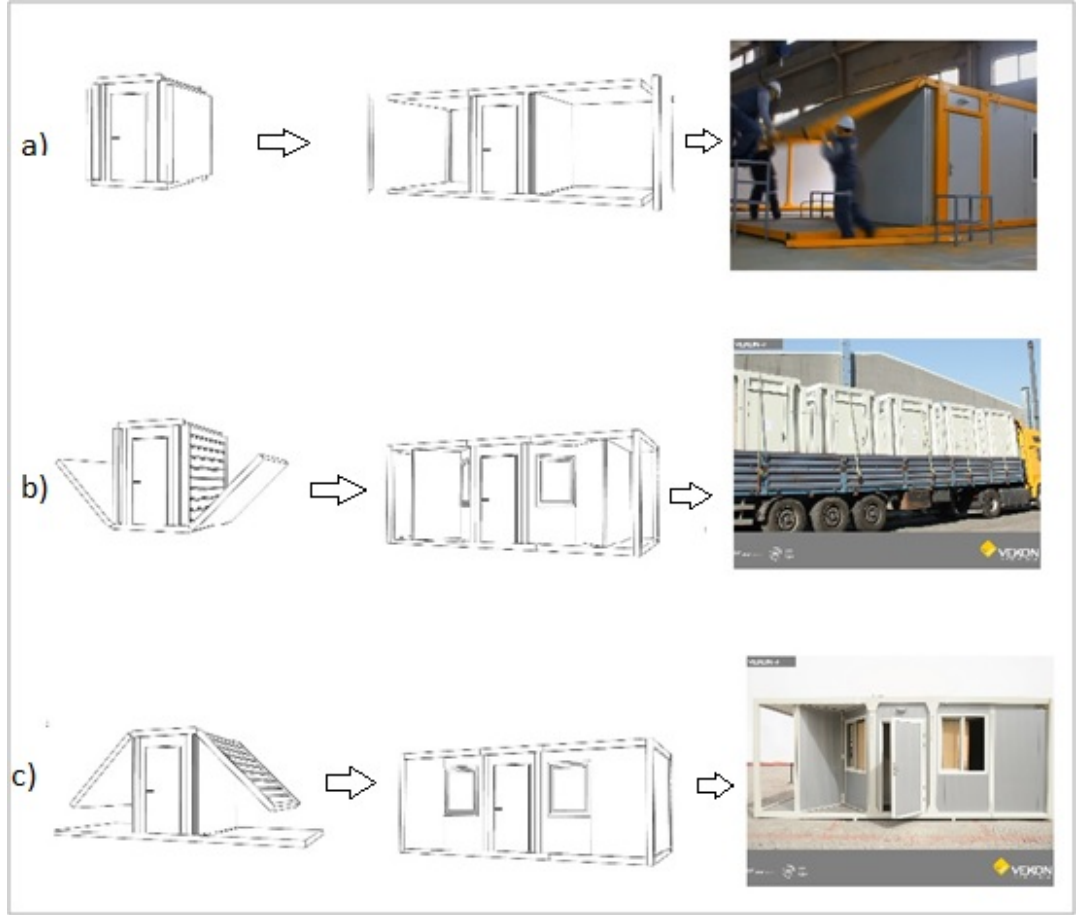
Bu bölümde acil durumlarda kullanabilecek mevcut hafif çelik yapı örnekleri arasından kapsam için uygun olduğu düşünülen ve VEFA HOLDİNG A.Ş. tarafından geliştirilmiş olan iki tasarım örneği ve detay özellikleri aşağıda verilmiştir. Birinci tasarım; uzman kişiler olmadan da kısa sürede kurulabilen VEKONANT modeli, ikinci tasarım ise tek odalı katlanabilir yaşam konteynırı olan VEKONAS modelidir. Söz konusu tasarımlar çalışmada örnek model olarak başlıklandırılmıştır.

5.1. Örnek Model 1

Tasarım; deprem, yangın, sel, toprak kayması vb. felaketler sonrası doğan acil barınma ihtiyaçları veya inşaat, şantiye gibi alanlarda geçici barınma sorunlarının kolay ve hızlı bir şekilde çözülmesi amacı ile geliştirilmiş acil yerleşim ve yaşam ünitesi ile ilgilidir (Şekil 5.1).

Ürünün özelliği, ehil kişiler olmadan kısa sürede kurulumu imkân vermesi ve nakliye esnasında maliyetleri düşürmesidir. Hafif çelik taşıyıcılar ve sandviç panellerden mamul ıslak hacim ve hareketli katlanabilir hacim içeren acil yerleşim ve yaşam ünitesi, katlanabilir taban, tavan ve yan duvar modülleri ile tasarlanmış olup, nakliye ve depolama esnasında çok az yer kaplamaktadır. Islak hacimli bir çekirdeğe sahip olan ürünün katlanabilir yapısı sayesinde taşıma hacminin ortalama 3 katı alana hizmet verir; uluslararası tır nakliyesine uygundur; her bir taşımada 3 kat fazla sayıda ünitenin taşınabilmesini sağlar. Islak hacminin ve mutfak tezgâhının fabrikada kullanıma hazır bir şekilde yapılması sayesinde sahada ekstra kurulumu olan ihtiyacın tamamen ortadan kaldırılmıştır. Ürünün duvarlarında kullanılan sandviç panel her türlü hava koşulunda afetzedelerin dış şartlardan korunmasını sağlar.

Afet sonrası stoklama durumu için depolama alanlarını yaklaşık ¼ oranında düşürülmektedir. Vinç yardımıyla kurulacağı alana indirildikten sonra taban, tavan panelleri ve yan duvarlar sadece 4 kişilik bir ekiple vidalama için gerekli ekipmanlar kullanılarak hızlıca kurulur. Birleşimli ve çok katlı olarak da yapılabilir.



Şekil 5.1: Birinci tasarım modelinin kurulumu (Vekonant). a) Vekonant Kurulum b)Vekonant Nakliye c)Vekonant Dış Cephe

Farklılık ve Yenilikçilik

- Çekirdeğin iki yanında bulunan odalar katlanarak hacmi 1/3'üne düşürülür. Böylece sıradan konteynırlardan bir tırda 2 adet taşınabilirken, bu üründen bir tırda 6 adet taşınarak nakliyyede 3 kat avantaj sağlanır.
- Kurulumu 4 kişilik bir ekip tarafından 10 dk'da rahatlıkla gerçekleştirilebilir. Kurulum sırasında vinç, forklift vb. gerektirmez.
- Çok katlı ve birleşimli projeler de oluşturulabilir.
- Ürünün duvarları tam otomatik kompozit panel hattında üretilen duvar panelleri oluşmaktadır. Bu ekonomik ve dayanımlı olmasını sağlamaktadır.
- Elektrik tesisatı ve aydınlatma elemanları tamamen fabrikada hazırlanmıştır. Yerde her hangi bir kablolama işlemine gerek yoktur.
- Doğramalar ve kapı, montajı yapılmış olarak paketlenir, kapı/pencere kulpları dışında ek kurulum gerektirmez.

Kullanıcıya Sağladığı Fayda

- Kullanıcıya 2 oda ve 1 banyoluk yaşam alanı sunar.
- Şantiyelerde mühendis yatakhane olarak kullanılabileceği gibi özellikle afet sonrasında geçici konut olarak da kullanılabilir.
- Islak mekân, sıhhi tesisat, elektrik tesisatı, aydınlatma elemanları ve mutfak ünitesi içerisinde hazır olarak nakledilir. Kurulum esnasında her hangi bir işçilik gerektirmez. Yalnızca tesisatın şebekeye bağlanması yeterlidir.

Estetik

- Konstrüksiyonda ve panellerde farklı renk kombinasyonları mümkündür.
- Kurulduktan sonra sıradan bir konteynırla aynı görüntüyü verir.

Sağlık ve Güvenlik

- Kullanılan kompozit sandviç paneller yüksek oranda yanmazlık ve izolasyon değerleri taşımaktadır.
- Kullanılan hafif çelik konstrüksiyon kaynaksız ve cıvata bağlantılı sistem ile oluşturulmaktadır.
- Dış yüzeylerinde kullanılan elektrostatik boya tekniği sayesinde uzun süre dış etkenlere karşı dayanımı mevcuttur.

Üretim için Tasarım Kalitesi

- Ürünün tümü kaynaksız cıvatalı hafif çelik yapı sisteminden oluşmaktadır.
- Duvar ve çatı panelleri üretici firmanın tam otomatik duvar üretimli panel hattından çıkan içi eps veya taş yünü yalıtım malzemesi ile tamamen dolu coat coil boyalı mikro baskılı galvaniz sac malzemedan oluşan sandviç panellerden oluşturulmaktadır.

- Ürünün taban sistemi kaynaklısız cıvatalı hafif çelik konstrüksiyondan oluşmaktadır. Bu sistemin kurulması esnasında oluşabilecek insan gücüne bağlı hataları yok etmektedir.
- Hareketli duvarların aralarında menteşeler ve yalıtımı sağlayan fitiller, altlarında tekerlekler kullanılmaktadır.

Sürdürülebilirlik

- Ürün tekrar tekrar katlanmaya, kurulmaya, taşınmaya ve kullanıma uygundur. Kullanım süresi dolduktan sonra katlanıp depolanabilir, yeniden ihtiyaç duyulduğunda yerine taşınıp kurularak tekrar kullanılabilir.
- Ufak zarar görmeler yaşandığında da modüler yapısı sayesinde onarımı kolaydır, böylece ömrü uzatılarak daha uzun süre kullanılabilir.
- Ömrünü doldurduğunda ise büyük oranda metal hammaddeden oluştuğundan çoğu geri dönüştürülebilir.

Diğer

Mevcut durumda afet sonrası barınma ihtiyacı; şantiyeler için uygun konteynırlar ile sağlanmaktadır. Bu ürünler insanların afet sonrası kalıcı konutlar yapılarına kadar kalacakları (6 ay-2 yıl) süre için uygun olmamaktadır. Ürünlerin konulacağı iklim şartları göz önüne alınmamaktadır. Üründe iklim şartları, kullanıcı konforu, yaşam koşulları dikkate alınarak standartlar belirlenmiştir. Ayrıca ürünün nakliyesine, depolamasına getirilen avantaj tasarımın önemini artırmaktadır. Birinci Tasarım Modeli (Vekonant) **ürün** bilgileri Tablo 5.1’de verilmiştir. Bu bilgiler VEFA HOLDİNG A.Ş.’nin izni ile kullanılmıştır.

Tablo 5.1: Birinci tasarım modeli (Vekonant) ürün bilgileri.

Ürün Türü	Katlanabilir Acil Yerleşim ve Yaşam Ünitesi
Marka	Vefa Prefabrik Yapılar San. Tic.A. Ş.
Model	Vekonant
Üretim Yeri	Türkiye
Piyasaya Çıkış Tarihi	2012-04-17

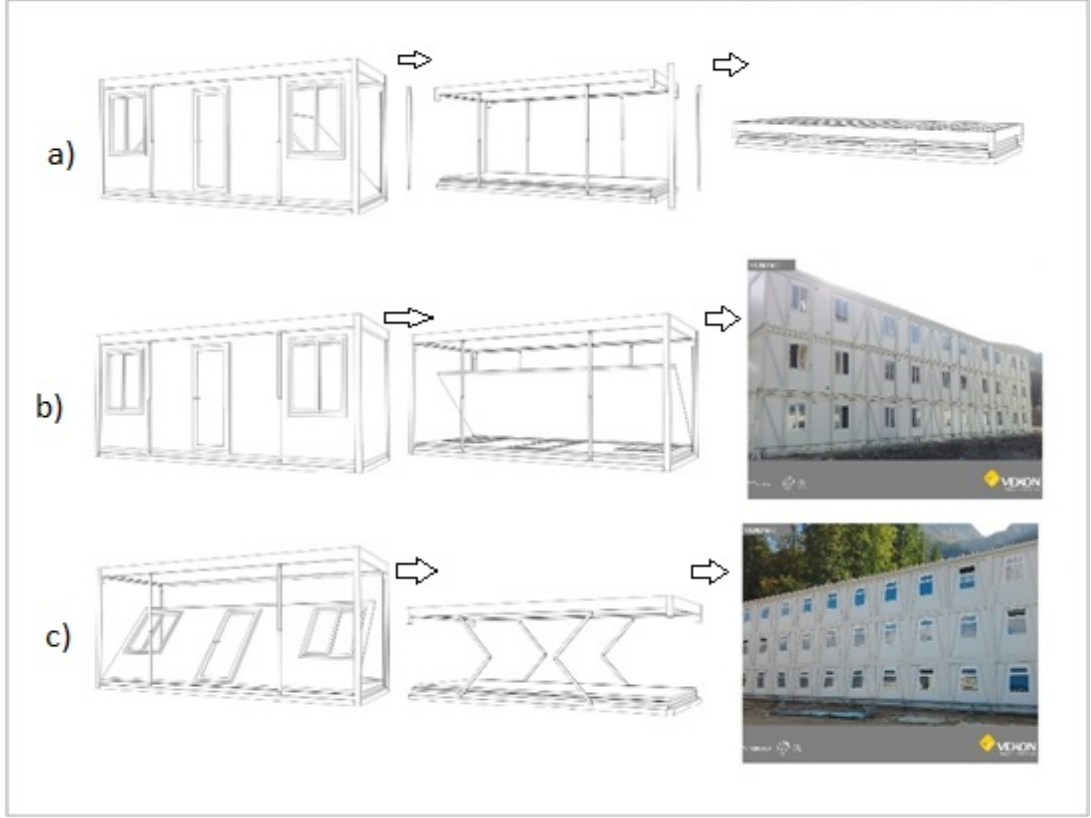
Tablo 5.1: Devam.

Piyasaya Sürüldüğü Yerler	Tüm dünya
Malzeme ve Üretim Yöntemi	Konstrüksiyon: Özel şekillendirilmiş konstrüktif ve taşıyıcı tek parça profiller (kaynaksız cıvatalı bağlantılı) Duvarlar: Kompozit panel+EPS/taşyünü+sac paneller Zemin: Çimentolu yonga levha+ pvc marley/2 mm pvc vinil Doğramalar: PVC/Alüminyum Vitrifiye: Seramik
Yıllık Üretim Adedi	Sipariş üzere üretilir, bu sebeple önceden bir üretim miktarı planlanmaz. Ancak yıllık ortalama kapasite 10.000, Acil durumda günlük üretim 200 adedi bulmaktadır.
Açık (kullanım)durumu	En:7,00 m Boy:3,00m Yükseklik:2,60 m
Ağırlık	2150 kg
Tescilli Fikri Hakları	2012/00341
Tescil Edildiği Ülkeler	38 Wipo Ülkeleri, Libya, Cezayir, Irak, KKTC

5.2. Örnek Model 2

Tek odalı katlanabilir yaşam konteynırıdır. Benzer ebatlara sahip mevcut demonte konteynırlara göre 10 kat daha hızlı kurulması ile zamandan önemli tasarruf sağlar. Uluslararası nakliye standartlarına uygun olarak geliştirilmiştir ve 1 tırda aynı anda 12 adet taşınabilmektedir. Katlanabilir olması sayesinde kurulmuş haline göre 6 kat daha küçük bir paket halinde depolanabilmekte ve taşınabilmektedir. Vinç yardımıyla kurulacağı alana indirildikten sonra taban ve çatı arasındaki makas sistemi sayesinde yan, ön ve arka duvarların kaldırılıp yerine oturtulmasıyla sadece 2 kişilik bir ekiple vidalama için gerekli ekipmanlar kullanılarak hızlıca kurulur.

Gerektiğinde birleşimli ve çok katlı olarak da yapılabilir. Taban ve çatı konstrüksiyonunda kullanılan özel profiller aracılığıyla ısı köprüsü oluşumları engellenmekte ve duvarlarda kullanılan sandviç paneller sayesinde yüksek yangın dayanımı ve yüksek izolasyon sağlanmaktadır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2: İkinci tasarım modelinin kurulumu (Vekonas). a) Vekonas katlama b) Vekonas montaj ön görünüş c) Vekonas yan görünüş

Farklılık, kullanıcıya sağladığı fayda, estetik, üretim için tasarım kalitesi ve sürdürülebilirlik açısından faydaları aşağıdaki gibidir:

- Aynı fonksiyonu karşılayan demonte konteynırlara göre 10 kat daha hızlı kurulur, zamandan tasarruf sağlar.
- Katlanmış halde bir tırda 12 adet taşınabilir. Monoblok konteynırlara göre de nakliye ve depolamada 6 kat daha avantajlıdır.
- Elektrik tesisatı ve aydınlatma elemanları üst şase içerisinde hazır bulunur.
- Doğramalar ve kapı, montajı yapılmış olarak paketlenir, kapı/pencere kulpları dışında ek kurulum gerektirmez.

- Şantiyelerde yatakhane, yemekhane, lokal binaları, ofis binaları vb. her türlü kullanıma hizmet edebilir.
- Mevcut demonte konteynirlara kurulum zamanı bakımından avantaj sunar. Büyük m2 li binaların kurulumları dikkate alındığında bu ciddi bir fiyat avantajı getirmektedir.
- Mevcut konteynirlardan farklı bir görüntüde değildir.
- Üst ve alt şaseleri birbirine bağlayan makas sistemi konteynirin 2 ve daha fazla katlı olma durumunda gelebilecek taşıyıcı diyagonal profillerin montajına uygunluk vermektedir.
- Kullanılan kompozit sandviç paneller yüksek oranda yanmazlık ve izolasyon değerleri taşımaktadır.
- Kullanılan hafif çelik konstrüksiyon kaynaksız ve cıvata bağlantılı sistem ile oluşturulmaktadır.
- Dış yüzeylerinde kullanılan elektrostatik boya tekniği sayesinde uzun süre dış etkenlere karşı dayanımı mevcuttur.
- Ürünün tümü kaynaksız cıvatalı hafif çelik yapı sisteminden oluşmaktadır.
- Duvar ve çatı panelleri üretici firmanın tam otomatik duvar üretimli panel hattından çıkan içi eps veya taş yünü yalıtım malzemesi ile tamamen dolu coat coil boyalı mikro baskılı galvaniz sac malzemeden oluşan sandviç panellerden oluşturulmaktadır.
- Ürünün taban sistemi kaynaksız cıvatalı hafif çelik konstrüksiyondan oluşmaktadır. Bu sistemin kurulması esnasında oluşabilecek insan gücüne bağlı hataları yok etmektedir.
- Ürün tekrar tekrar katlanmaya, kurulmaya, taşınmaya ve kullanıma uygundur. Kullanım süresi dolduktan sonra katlanıp depolanabilir, yeniden ihtiyaç duyulduğunda yerine taşınıp kurularak tekrar kullanılabilir.
- Ufak zarar görmeler yaşandığında da modüler yapısı sayesinde onarımı kolaydır, böylece ömrü uzatılarak daha uzun süre kullanılabilir.
- Ömrünü doldurduğunda ise büyük oranda metal hammaddeden oluştuğundan çoğu geri dönüştürülebilir.

Diğer

Mevcut ürünlere göre nakliye, kurulum süreleri dolayısıyla işçilik maliyeti konularında avantajlıdır. Üst ve alt şase arasındaki makas sistemi ve duvar panellerinin alt şase ile bağlantı detayları özel olarak tasarlanmış olup kurulumu kolaylık getirmektedir. İkinci Tasarım Modeli (Vekonas) **ürün** bilgileri Tablo 5.2’de verilmiştir. Bu bilgiler VEFA HOLDİNG A.Ş.’nin izni ile kullanılmıştır.

Tablo 5.2: İkinci tasarım modeli (Vekonas) ürün bilgileri.

Ürün Türü	Katlanabilir Yaşam Ünitesi
Marka	Vefa Prefabrik Yapılar San. Tic.A. Ş.
Model	Vekonas
Malzeme ve Üretim Yöntemi	Konstrüksiyon: Özel şekillendirilmiş konstrüktif ve taşıyıcı tek parça profiller (kaynaklı cıvatalı bağlantılı) Duvarlar: Kompozit panel+EPS/taşyünü+sac paneller Zemin: Çimentolu yonga levha+ pvc marley/2 mm pvc vinil Doğramalar: PVC/Alüminyum
Üretim Yeri	Türkiye
Piyasaya Çıkış Tarihi	2012-04-17
Piyasaya Sürüldüğü Yerler	Tüm dünya
Yıllık Üretim Adedi	Sipariş üzere üretilir, bu sebeple önceden bir üretim miktarı planlanmaz. Ancak yıllık ortalama kapasite 14.400 adettir. Acil durumda günlük üretim 200 adedi bulmaktadır.
Ürün Boyutları	En:2,28 m-2,40 m-3,00 m (nakliye tipine göre değişebilir) Boy:5,95 m-6,00 m-7,00m (nakliye tipine göre değişebilir) Kullanım yükseklik:2,60 m Paket yükseklik: 47 cm
Ağırlık	1500 kg
Tescilli Fikri Hakları	2012/03703
Tescil Edildiği Ülkeler	38 Wipo Ülkeleri, Libya, Cezayir, Irak, KKTC

5.3. Örnek Modellerle Diğer Modellerin Kıyaslanması

Acil ihtiyaç durumlarında en uygun kullanımlı geçici yapı sistemleri olarak seçilen ve yukarıda detaylıca bilgileri verilen örnek barınma modülleri ile daha önceki bölümlerde anlatılan; ülkemizde ve dünyada kullanılan barınma birimlerinin avantaj ve dezavantajlarının aynı tabloda gösterilmesi Tablo 5.3 ile aşağıda verilmiştir. Bu tablodaki diğer barınaklar için olan değerlendirmeler daha önce anlatılmıştı. Benzer şekilde örnek barınak modelleri için de iki satır ilave edilmiştir. Tablonun sütunlarında ise o barınak türü için avantaj veya dezavantaj olan başlıklar bulunmaktadır. Bu başlıklar montaj, demontaj, nakliye, yalıtıma uygunluk, üretim maliyeti, temin edilebilirlik, iklim koşulundan etkilenebilirlik, tekrar kullanım performansı, altyapı maliyeti ve mimari disiplinlere uyum şeklindedir.

Her bir barınak tipinin fayda durumu için 1'den 4'e kadar sayılarla puanlama yapılmış ve 1: Çok olumsuz, 2: Olumsuz, 3:Olumlu ve 4: Çok Olumlu şeklinde tanımlanmıştır. Verilen puanlama yapılan inceleme sonucunda, elde edilebilen veriler ışığında, uzman öngörüsü de kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Montaj süresi, kilometre nakliye maliyeti, üretim maliyeti gibi bazı verilere nicel olarak ulaşılabilse de; iklim koşullarından etkilenebilirliği ve mimari disiplinlere uyumu gibi bazı kriterler ise nitel olarak ifade edilebilmektedir.

Bu değerlendirme tablosu genel olarak dünyada ve Türkiye'de kullanılan acil durum barınakları arasında bir kıyaslama imkânı sunmaktadır. Son sütun olan Toplam Puan sütununun niceliksel olarak bir değeri yoktur fakat kıyaslama açısından çok önemli bir ölçek oluşturmaktadır. Bu ölçeğe göre önerilen modellerin çalışma kapsamına göre uygun modeller olduğu da görülmektedir. Acil durumun şekli, yeri, iklim durumu, aciliyet düzeyi, ulaşım, nakliye şartları gibi kriterler biliniyorsa çok hızlı bir şekilde tablodan bakılıp süzülerek bölgeye en uygun barınma birimi en ideal şekilde ulaştırılabilir.

Her ne kadar kapsam içinde olmasa da bu örnek barınma birimlerinden marka sahibi fabrika günde 200 adet üretebilmektedir. Her birimde iki aile barınabildiğine göre günde bir fabrikadan 400 ailelik sevkiyat mümkün olmaktadır. Türkiye çapında 10 fabrika ile çalışılsa günde 4000 ailelik barınma biriminin anlık olarak stoksuz bir şekilde hazır olduğu düşünülebilir.

Tablo 5.3: Önerilen modellerin diğer acil ihtiyaç yapıları ile kıyaslanması.

BARINAK TÜRÜ	MONTAJ	DEMONTAJ	NAKLİYE	YALITIMA UYGUNLUĞU	ÜRETİM MALİYETİ	TEMİN EDİLEBİRLİĞİ	İKLİM KOŞULUNDAN ETKİLENEBİLİRLİĞİ	SAHA KOŞULUNDAN ETKİLENEBİLİRLİĞİ	TEKRAR KULLANIM PERFORMANSI	ALTYAPI MALİYETİ	MİMARİ DİSİPLİNLERE UYUMU	TOPLAM PUAN
STANDART VE GELENEKSEL ÇADIRLAR	4	4	4	1	4	4	1	1	2	4	1	30
ÇERÇEVELİ PORTATİF ÇADIRLAR	3	3	3	1	3	3	1	1	2	3	2	25
TÜNEL TİPİ ÇADIRLAR	3	3	3	1	3	3	1	1	2	3	2	25
AHŞAP MAKASLI ÇADIRLAR	3	2	3	3	2	2	1	3	2	3	2	26
TEPKİ BARINAĞI	2	2	1	4	1	1	4	4	4	2	3	28
ÜSTÜN BARINAĞI	1	1	2	4	1	1	4	4	4	2	4	28
KONTEYNERLER	2	2	1	3	3	3	4	3	3	3	3	30
GELECEĞİN BARAKASI	2	2	1	3	1	1	4	3	3	1	3	24
TED BARINAĞI	1	1	1	4	2	1	4	4	3	1	3	25
MODEL 1 (VEKONANT)	4	4	3	4	3	3	4	4	4	3	3	39
MODEL 2 (VEKONAS)	4	4	3	4	3	3	4	4	4	3	2	38
	1	ÇOK OLUMSUZ			2	OLUMSUZ		3	OLUMLU		4	ÇOK OLUMLU

6. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Afet sonrası hasar gören yapıların eski haline getirilmesi ya da yenisi yapılan kadar burada yaşayan insanların barınma ihtiyaçlarını gidermek için geçici konutlar yapılmaktadır. Geçici barınakların amacına göre tespiti ve kullanımı esnasında bazı avantajları ve dezavantajları söz konusu olmaktadır. Bu çalışmada söz konusu avantaj ve dezavantajlar barınak bazında incelenmiştir.

Geçici barınakların kurulum sürelerinin kısa olması, acil barınma ihtiyacı için hız ve avantaj açısından önemlidir. Afet bölgelerinde genellikle kullanılan çadırlar hızlı biçimde kurulur ve taşınabilir yapıdadır. Ancak çadır örtüsü dış etkenlere karşı dayanıksızdır. Ayrıca büyük çadırlarda havalandırma sorunu vardır.

Çerçevesi portatif çadırlarda çelik profiller ve ona bağlı örtü sistemleri kullanıldığından kurulumu kolaydır. Çerçevesi çadırlar kare ve prizma hacme sahip olduğu için yan yana getirilerek kullanılan alan büyütülebilir. Afetten zarar gören kişilere soğuk bölgelerde, diğer standart çadırlara göre daha sıcak bir mekân sunmaktadır. Bu tip çadırların örtüleri ateşe dayanıklı olduğu için çadırın içinde soba gibi ısıtıcıların kullanımına olanak sağlar. Ancak bu ısınma çelik profillerin birleşim noktalarında sorun çıkmasına neden olmaktadır. Bunlara ilaveten şiddetli rüzgâr ya da dış kaynaklı darbelerden dolayı profillerin birleşim noktaları direnç göstermeyerek bir takım zedelenmeler oluşmaktadır. Ayrıca çadır zemin ilişkisi kullanıcı açısından olumsuzdur. Yağmur ya da kar gibi doğal dış etkiler zeminden sızmaktadır.

Tünel tipi çadırda da diğer çadırların sahip olduğu avantaj ve dezavantajlar görülmektedir. Çelik profillerin korozyona uğramaması için nem ve sudan korunmalıdır. Kumaş çadır örtüleri güneş ve yağmurdan olumsuz etkilenmektedirler. Çadırların depolandığı alan havalandırılmalı ve doğal zeminle temas içinde olmamalıdır.

Tepki barınağında yataklar sarsıntılara karşı korunmak için duvara sabitlenmiştir. Yaşam konforunu elde etmek için zeminler su geçirmez özelliğe sahip malzemelerden yapılmıştır. Bununla birlikte her birimin temiz hava ve enerji giriş çıkışı için havalandırma boşluğu bulunmaktadır. Sistem, güvenliği sağlamak için kilitlenebilir kapı ve pencerelere sahiptir. Bu sistemin nakliyesi ve montajı kısa bir sürede tamamlanabilmektedir. Üstün barınağı, kolay taşınan, tekrar kullanılabilen, katlanabilir, montaj işlemi için hiçbir alet gerektirmeyen, modern yaşam biçimi

sunan ve kolay kümelenen bir sistemdir. Hem deniz hem de karayolu ile taşınma yapılabilir. Paketleme işlemleri taşımada kolaylık ve barınağın fazla yer kaplamaması için yatay bir şekildedir. Bu parçalar inşa alanına ulaştıktan sonra paketlerden çıkarılarak hiçbir alet kullanmadan montaj yapılabilir.

Konteynirler, ucuz olmalarının yanı sıra, yüzde yüz geri dönüşümlü, depolanabilen, dayanıklı ve değişik ölçülerde üretilmektedir. Ayrıca fırtınalarda ya da yangın gibi sonradan oluşan afetlere karşı dayanıklılık göstermektedir. Hızlı biçimde kurulur ve taşınabilir. Dayanıklı ve güvenlidir. Ancak pahalı, taşınması zor ve bir yük tır üstünde sadece bir adet taşınabilmektedir. Ayrıca ısıya duyarlıdır. Geleceğin barakası her türlü araziye kolaylıkla uyum sağlayabilmekte ve temel kazma gerektirmeden 24 saat içinde kurulabilmelidir. Barınağa belirli aralıklarda küçük çaplı da olsa bakım yapılmalıdır. Ayrıca sıcak ve soğuk gibi dış etkenlerden korumak için iç yüzeyleri yalıtılmalıdır. Konteynir zeminden belirli bir yükseklikte kurulduğu için toprakla temas etmemektedir. Montajı afet bölgesinde yapılan barakanın maliyeti yüksektir.

TED barınağı, mutfak, banyo ve depolama gibi birimlerden oluşmaktadır. Normal iki ailenin günlük elektrik ve su ihtiyacını karşılayabilmektedir. TED konutunda bulunan güneş panelleri sayesinde elektrik üretmek ve 350 galona kadar yağmur suyundan çatıda bulunan mekanizma sayesinde içme ve kullanım suyu olarak depolamak mümkün olmaktadır. 40 fitlik konteynir kullanımı, kullanıcı açısından alan büyütme gibi avantajları olmasının yanı sıra büyük ve taşınma açısından zorluğu gibi dezavantajlara sahiptir.

Hafif Çelik yapı sistemleriyle yapılan yapıların avantajlarının başında malzemenin Homojen olması ve her yapı elemanına adapte edilebilmesi gelir. Her noktasında aynı özelliği taşıyan hafif çelik iyi tasarlanırsa deprem kuvvetlerinden de daha az etkilenmektedir. Galvanizle kaplı olduğu için korozyona karşıkoyma gücü fazladır. Hafif çelik malzeme ile modellemede teori ile uygulama arasında fark çok daha azdır. Çünkü bütün delik ve kesim işlemleri bilgisayar kontrollü makineler tarafından yapılmaktadır. Ayrıca iklim şartları yapı inşaatı için sorun oluşturmaz. Kalıp kullanılmadığı için ölü malzeme maliyeti oluşmaz. Bütün tesisat delikleri tezine uygun olarak makineler tarafından açıldığı için tesisat iş gücü ve zaman bakımından tasarruf edilir. Bunlara ilave olarak uygulama yanlışlıklarından dolayı maliyet çıkmaz.

Bu tezde gerek malzeme ve gerekse ürün olarak detayları tanımlanmış ve açıklanmış geçici barınma yapılarının avantaj ve dezavantajlarının birbirine göre kıyaslanması gerçekleştirilmiş ve bir kıyaslama tablosu içinde (Tablo 5.3) verilmiştir. Tablonun her bir satırı bir acil durum barınak türünü ifade eder. Tablonun sütunlarında ise o barınak türü için avantaj veya dezavantaj olan başlıklar bulunmaktadır. Bu başlıklar montaj, demontaj, nakliye, yalıtıma uygunluk, üretim maliyeti, temin edilebilirlik, iklim koşulundan etkilenebilirlik, tekrar kullanım performansı, altyapı maliyeti ve mimari disiplinlere uyum şeklindedir.

Her bir barınak tipinin fayda durumu için 1’den 4’e kadar sayılarla puanlama yapılmış ve 1: Çok olumsuz, 2: Olumsuz, 3:Olumlu ve 4: Çok Olumlu şeklinde tanımlanmıştır. Verilen puanlama yapılan inceleme sonucunda, elde edilebilen veriler ışığında, uzman öngörüsü de kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Montaj süresi, kilometre nakliye maliyeti, üretim maliyeti gibi bazı verilere nicel olarak ulaşılabilse de; iklim koşullarından etkilenebilirliği ve mimari disiplinlere uyumu gibi bazı kriterler ise nitel olarak ifade edilebilmektedir. Bu değerlendirme tablosu genel olarak dünyada ve Türkiye’de kullanılan acil durum barınakları arasında bir kıyaslama imkânı sunmaktadır. Son sütun olan Toplam Puan sütununun niceliksel olarak bir değeri yoktur. Fakat sonraki çalışmalar için bir altlık oluşturması düşünülürse, bu kıyaslama yönteminin regüle edilip daha nicel hale getirilmesiyle acil durum yönetim uygulamalarına yönelik çok değerli bir çalışma olacağı düşünülmektedir. Acil durumun şekli, yeri, iklim durumu, aciliyet düzeyi, ulaşım, nakliye şartları gibi kriterler çok hızlı bir şekilde tablodan bakılıp süzülerek acil durum bölgesine en uygun barınma birimi en ideal şekilde tespit edilip ulaştırılabilir. Bu hızlı karar verebilme imkânının acil durum yönetimi açısından hayati bir fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

Ayrıca yapılan incelemeler sonucunda görülmüştür ki; acil durum barınak çözümünden daha büyük sorunun, bu barınakların konulacağı bölgenin hazırlanıp altyapısının oluşturulmasıdır. Acil yerleşim bölgelerinin tespiti ve altyapı oluşturulması gerekliliği konusu da bu tez açısından yerel yönetimlerin çalışmasına dönük önemli bir çıkarım olmuştur.

Her ne kadar kapsam içinde olmasa da bu örnek barınma birimlerinden marka sahibi fabrika günde 200 adet üretebilmektedir. Her birimde iki aile barınabildiğine göre günde bir fabrikadan 400 ailelik sevkiyat mümkün olmaktadır.

KAYNAKLAR

- Akay M. M., (2013), "Sürdürülebilirlik Stratejilerinin Hafif Çelik Yapım Sistemlerinde Uygulanmasına Yönelik Analiz", Yüksek lisans tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi.
- Akıncıtürk N., Aydın C. İ., (2004), "Çelik Taşıyıcı Sistemlerde Yangın Yalıtımı ve Alçının Kullanımı", II. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, İstanbul 6-8 Ekim .
- Altay G., Güneyisi E. M., (2005), "Türkiye’de Yapısal Çelik Sektörü ve Yeni Gelişimler", Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, Antalya, 22-24 Eylül .
- Ambrose J., (1993), "Building structures", ISBN:0471540609, New York: John Wiley & Sons.
- Baradan B., (2002), "Geçici Afet Konutunun Yapım Sistemleri Açısından İncelenmesi", Yüksek Lisans Dokuz Eylül Üniversitesi .
- Beyatlı C., (2010), "Acil Durum Barınakları ve Bir Barınak Olarak Acil Durum Konteynır Öneri Modeli", Yüksek Lisans Trakya Üniversitesi.
- Carter C. J., Murray T. M., Thornton W. A., (2000), "Cost-effective steel building design", Progress in Structural Engineering and Materials, 2(1), 16-25.
- Çobanoğlu M., Fenercioğlu T., (2008), "Çelik Yapıların Tasarımı", 2008 İlkbahar Dönemi Meslek içi Eğitim Seminerleri, 08 Nisan 2008.
- Davies J. M., (2000), "Light gauge construction: Developments in applications", Progressive Structural Engineering Materials, 2, 26-33.
- Demirel F., Özkan E., (2003), "Çelik Yapı Bileşenleri Ve Yangın Güvenlik Önlemleri", Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 18(4), 89-107.
- Doğan İ., (2003), "Afet Yönetimi Mülki İdare Amirlerinin Görev Yetki ve Sorumlulukları", Yüksek Lisans Tezi Ankara Üniversitesi
- Dudás A., (2006), "The Thermal Analysis Of Light Steel-Frame Dwelling Houses", Periodica Polytechnica Civil Engineering, 50(1), 11-17.
- Ekinci S., (2006), "Hafif Çelik Yapım Sistemleri Taşıyıcı Sistem, Yapı Fiziki Etkileri ve Mimari Tasarım İlkeleri Açısından Analizi", Yüksek Lisans Tezi Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi.
- Ekinci S., Eşsiz Ö., (2005), "Deprem Bölgelerinde Hafif Çelik Yapım Sistemleriyle Üretilen Konutların Uygulanabilirliği", Deprem Sempozyumu, Kocaeli, Türkiye, 23-25 Mart.

Eren Ö., Başarır B., (2013), "Çelik Strüktürlerin Yaşam Döngüsü İçinde Sürdürülebilirliğinin Değerlendirilmesi", NWSA: Engineering Sciences, 8(2), 120-135.

FEMA, (1998), A Housing Recovery Strategy for a New Madrid Earthquake, Draft Report, Retrieved from A FEMA / Federal - CUSEC Initiative. Federal Emergency Management Agency.

Gencer A., (2003), "Türkiye’de Çelik Strüktürler ve Kullanımını Artırma Yöntemleri", Yüksek Lisans Dokuz Eylül Üniversitesi .

Genç F., (2008), "Soğukta Şekil Verilmiş İnce Cidarlı C Kesit Eğilme Elemanlarının Davranış ve Dayanımı", Yüksek Lisans Tezi/ İstanbul Kültür Üniversitesi.

ISDR, (2004), Living With Risk: A Global Review of Disaster Reduction Initiatives, ISBN:9211010640, Retrieved from International Strategy for Disaster Reduction.

Krentowski J., (2014), "Steel roofing disaster and the effect of the failure of butt joints", Engineering Failure Analysis, 45, 245-251.

Öncü S., (2010), " Hafif Çelik Yapıların Tasarımı ve Deprem Riski Düşük Bölgelerde Orta Yükseklikteki Binalarda Uygulanabilirliği", Yüksek Lisans Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi.

Özdemir İ., (2003), "Yapı Elemanları Ders Notları", Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.

Öztürk V., (2010), "Çelik Prefabrik Yapı Sistemlerinin İmalatı, Montajı, Yalıtım Usulleri Ve Maliyet Analizi İle Uygun Kaplamanın Belirlenmesi", Yüksek Lisans, Gazi Üniversitesi.

Ruby D. I., (2008), "Constructability of structural steel buildings": American Institute of Steel Construction.

Scharff R., (1996), "Residential Framing Handbook", Baskı No : 0070572313, 9780070572317 New York: McGrawhill.

Sever Ü., Mıhlıyanlar E., (2011), "Hafif Çelik Sistem Duvarlarında Isı ve Buhar Geçişinin Farklı Derece Gün Bölgelerine Göre Değerlendirilmesi", X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 13-16 Nisan 2011.

Seydioğlu S., (2008), "Ön Üretimli İskelet Sistemlerin Dünyadaki Gelişimi Ve Depreme Dayanıklı Tasarım Yaklaşımları", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

Şahin Y. E., (2011), "Konut Mimarisinde Çelik Sistem İle Betonarme Sistemin Çeşitli Parametrelerde Karşılaştırılması",Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi.

Şengün H., (2007), "Afet Yönetimi Sistemi ve Marmara Depremi Sonrasında Yaşanan Sorunlar", Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi.

Tama Y. S., Kaftan A., (2007), "Çelik Yapılarda Korozyondan Korunma Maliyetinin Araştırılması", 2.Çelik Yapılar Ulusal Sempozyumu, Eskişehir, Türkiye , 11 Mayıs.

Tama Y. S., Kaplan H., (2007), "Soğuk Şekillendirme Yöntemleri ve Soğuk Şekillendirme İşinin Çelik Malzeme Mekanik Özelliklerine Etkisi", 2.Çelik Yapılar Ulusal Sempozyumu, Eskişehir, Türkiye , 11 Mayıs.

Taşkıran E., (2005), "Çelik Taşıyıcılı Konut Yapım Teknikleri", Yüksek Lisans Tezi , Dokuz Eylül Üniversitesi.

Terim B., (2006), "Hafif Çelik Çerçeve Sistem", Ege Mimarlık, 1(56), 44-47.

Türker K., (2013), "Çelik Yapılar Hakkında Genel Bilgiler", BAÜ Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi.

Web 1, (2012), www.wolfcelik.com, (Erişim Tarihi:13/12/2014).

Web 2, (2014), www.adaygrup.com.tr, (Erişim Tarihi:08/12/2014).

Web 3, (2014), www.tibder.org.tr/.../betonarme_ve_celik_yapilar_yangin_guvenligi.pdf, (Erişim Tarihi:11/12/2014).

Web 4, (2014), www.freesteeldesign.com/fsd_tr.pdf, (Erişim Tarihi:23/02/2015).

Web 5, (2015), <http://www.armatmuhendislik.com/>, (Erişim Tarihi:23/02/2015).

Yardımcı N., (2005), "Türkiye’de Çelik Yapılar", Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, 435(2005/1), 22-24.

Yıldırım S. G., (2010), "Türkiye’de Az Katlı Konutlar için Yarı Açık Hafif Çelik Yapım Sistemi Önerisi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Yıldırım S. G., (2012), "Hafif Çelik Konstrüksiyon Çatı Sistemleri", 6. Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu, Bursa, 12 – 13 Nisan.

Yıldırım S. G., (2013), "Hafif Çelik Taşıyıcılı Yapım Sisteminde Tesisat Sistemleri", Türk Tesisat Mühendisleri Dergisi, 85(Mayıs-Haziran 2013), 29-34.

Yu W.-W., LaBoube R. A., (2010), "Cold-Formed Steel Design" (4th ed.), New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

ÖZGEÇMİŞ

Turan DURMUŞOĞLU 1979 yılında İstanbul’da doğdu. 1995 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü 1999 yılında başarı ile tamamlayarak aynı yıl yüksek lisans eğitimine Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalında Başladı. 2003 yılından bu yana Çelik Yapılar alanında faaliyet gösteren firma da Genel Müdürlük görevini yürütmektedir.