

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ FAKÜLTESİ

ÇELİK TAŞIYICILI KONUT
YAPIM TEKNİKLERİ

Evren TAŞKIRAN

Ekim, 2005

İZMİR

ÇELİK TAŞIYICILI KONUT YAPIM TEKNİKLERİ

**Dokuz Eylül Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı Ana Bilim Dalı**

Evren TAŞKIRAN

**Ekim, 2005
İZMİR**

Yüksek Lisans Tezi Sınav Sonuç Formu

EVREN TAŞKIRAN tarafından **DOÇ.DR. MEHMET EMİN KURAL** yönetiminde hazırlanan “**ÇELİK TAŞIYICILI KONUT YAPIM TEKNİKLERİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

DOÇ.DR. MEHMET EMİN KURAL

Yönetici

Jüri Üyesi

Jüri Üyesi

PROF DR. CAHİT HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Tezimi yöneten DEÜ Yapı Ana Bilim Dalı Öğretim Görevlisi değerli hocam Doç.Dr. Mehmet Emin KURAL' a ve tez boyunca sürekli bilgi ve fikir alışverişinde bulunduğum değerli meslektaşım İnş. Müh. Taner MERMUT' a teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca bana her konuda destek olan babam İnş. Müh. Neşet TAŞKIRAN, annem Neşe TAŞKIRAN ve mühendis adayı kardeşim Evrim TAŞKIRAN' a sonsuz sevgimi ve saygımı arz ederim.

Çalışmamın, arkamdan gelenlere ışık tutması dileğiyile...

Evren TAŞKIRAN

ÇELİK TAŞIYICILI KONUT YAPIM TEKNİKLERİ

ÖZ

Bu çalışmada, orta büyüklükteki açıklıkların geçilmesinde ve orta şiddetteki dış yüklere maruz kalan az katlı yapıların inşasında tercih edilen hafif çelik yapı sistemi anlatılmıştır. Yapıyı oluşturan, soğukta şekil verilmiş ince cidarlı çelik elemanlar hakkında bilgi verilmiş ve American Iron and Steel Institute – Specification for the Cold-Formed Steel Structureal Members, 1996 Edition standardında belirtilen hesap kuralları irdelenmiştir. Uygulaması yapılmış olan bir konutun konstrüksiyon tasarımından başlayarak statik analiz, uygulama ve maliyet analiz aşamaları ayrıntılarıyla anlatılmıştır. CFS ve STRAP yazılımları kullanılarak yapının statik analizi yapılmış, seçilen iki adet elemanın tahkiki yapılarak, elde edilen sonuçlar bilgisayar sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Binanın hafif çelik yapı sistemi ile uygulanmasının ardından gerçekleşen inşaat maliyeti hesaplanmıştır. Aynı yapı, İdeStatik yazılımı ile betonarme, Sap2000 yazılımı ile konvansiyonel çelik olarak çözümlenerek boyutlandırılmıştır. Üç sistemin adam-saat işçilik analizleri ve birim fiyat analizleri yapılmış; iş programları ve nakit akış tabloları oluşturulmuş; inşaat süreleri, kullanılan malzeme miktarları, işçilikler ve maliyetler üç aşama için karşılaştırılarak, sonuçlar sunulmuştur.

Anahtar Sözcükler: hafif çelik, soğukta şekil verilmiş, çelik hesap kuralları, maliyet karşılaştırması, maliyet analizi

DESIGN OF RESIDENTIAL HOMES USING STEEL FRAMING SYSTEMS

ABSTRACT

This study deals with the use of light-weight steel sections in the construction of medium-length spans and low-height buildings subjected to medium-rated loads. Introduction of cold-formed thin-walled steel elements that form the structure is made and the design rules of AISI 1996 standards are given in the first three parts of the study.

Afterwards, the design of construction and analysis of a sample house based on AISI 1996 standards has been performed and information of application has been added to the study. In the last part, cost analysis of the sample house built by light-weight steel members is made. Second analysis and design is made by Idestatik software using reinforced concrete framing system. Third analysis and design is made by Sap2000 software using conventional steel framing system. The financial report about comparison of three framing systems, results and conclusions has been given.

KeyWords: light-weight steel, cold-formed steel, design rules of steel, comparison of cost analysis

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|--|----------|
| TEZ SINAV SONUÇ FORMU..... | ii |
| TEŞEKKÜR..... | iii |
| ÖZ..... | iv |
| ABSTRACT..... | v |
| İÇİNDEKİLER..... | vi |
| | |
| BÖLÜM BİR – GİRİŞ..... | 1 |
| 1.1. Tez Konusunun Açılımı..... | 1 |
| 1.2. Tezin Amacı ve İzlenen Yol..... | 1 |
| | |
| BÖLÜM İKİ - HAFİF ÇELİK TAŞIYICILI YAPI SİSTEMİ..... | 3 |
| 2.1. Hafif Çelik Yapılar..... | 3 |
| 2.1.1. Hafif Çelik Yapıların Tarihçesi..... | 4 |
| 2.1.2. Dünyada Hafif Çelik Yapı Sistemin Kullanımı..... | 5 |
| 2.1.3. Dünyada Kullanılan Standartlar..... | 7 |
| 2.1.4. Türkiye’de Çeliğin ve Hafif Çelik Yapı Sisteminin Gelişimi..... | 8 |
| 2.1.5. Hafif Çelik Yapıların Avantajları..... | 9 |
| 2.2. Soğukta Şekil Verilmiş Çelik Elemanlar..... | 11 |
| 2.2.1. Soğukta Şekil Verilmiş Çelik Karakteristikleri..... | 11 |
| 2.2.1.1. Akma Gerilmesi ve Çekme Dayanımı..... | 11 |
| 2.2.1.2. Uzama-Gerilme Karakteristiği ve Elastisite Modülü..... | 13 |
| 2.2.1.3. Düktilite..... | 13 |
| 2.2.1.4. Yüksek Sıcaklıktaki Performans..... | 13 |
| 2.2.1.5. Devamlılık..... | 14 |
| 2.2.2. Çeliğin Korunması..... | 14 |
| 2.2.2.1. Çinko Kaplama ve Galvanizleme Yoluyla Koruma..... | 15 |
| 2.2.2.2. Sıcakta Galvanizleme Yöntemi..... | 16 |
| 2.2.3. Sık Kullanılan Profil Kesitleri..... | 18 |

| | |
|---|-----------|
| 2.2.4. Soğukta Şekil Verilmiş Çeliğin Kullanıldığı Diğer Alanlar..... | 19 |
| 2.3. Tasarım ve Projelendirme..... | 21 |
| 2.3.1. Mimari Tasarım..... | 22 |
| 2.3.2. Mekanik ve Elektrik Projeleri..... | 23 |
| 2.3.3. Statik Tasarım ve Analiz Yöntemi..... | 23 |
| 2.4. Soğukta Şekil Verilmiş Çelik Profillerin Üretimi..... | 23 |
| 2.5. Hafif Çelik Yapılarda Kullanılan Birleşim Yöntemleri..... | 26 |
| 2.5.1. Vidalı Birleşimler..... | 26 |
| 2.5.2. Kaynaklı Birleşimler..... | 28 |
| 2.5.3. İntegral Birleşimler..... | 29 |
| 2.5.4. Bulonlu Birleşimler..... | 29 |
| 2.6. Hafif Çelik Yapılarda Kullanılan Yardımcı Malzemeler..... | 30 |
| 2.6.1. OSB Yapı Panelleri..... | 30 |
| 2.6.2. Alçı Paneller..... | 33 |
| 2.7. Hafif Çelik Yapıların Yangın Dayanımı..... | 35 |
| 2.8. Hafif Çelik Yapıların Yalıtılması..... | 37 |
| 2.8.1. Isı Yalıtımı..... | 38 |
| 2.8.2. Ses Yalıtımı..... | 39 |
| 2.8.3. Su Yalıtımı..... | 39 |
| BÖLÜM ÜÇ - HAFİF ÇELİK TAŞIYICILI KONUT TASARIMI..... | 41 |
| 3.1. Konstrüksiyon Tasarımına Giriş..... | 41 |
| 3.1.1. Döşeme Tasarımı..... | 42 |
| 3.1.2. Duvar Tasarımı..... | 46 |
| 3.1.3. Çatı Tasarımı..... | 50 |
| 3.2. Temel Tasarımı..... | 52 |
| 3.3. Statik Tasarım..... | 52 |
| 3.3.1. Çeliğin Akma Dayanımı Hesabı..... | 53 |
| 3.3.2. Elemanların Kesit Özellikleri..... | 54 |
| 3.3.2.1. Boyutsal Sınırlamalar..... | 54 |
| 3.3.2.2. Etkin Alan Hesabı..... | 56 |
| 3.3.3. Eğilmeye Çalışan Elemanlar..... | 58 |

| | |
|---|-----------|
| 3.3.3.1. Eğilme Gerilmesi Kontrolü..... | 58 |
| 3.3.3.2. Sehim Kontrolü..... | 59 |
| 3.3.3.3. Yanal Burkulma Kontrolü..... | 60 |
| 3.3.3.4. Kayma Gerilmesi Kontrolü..... | 60 |
| 3.3.3.5. Eğilme ve Kayma Gerilmesi Kontrolü..... | 61 |
| 3.3.3.6. Gövde Buruşması Kontrolü..... | 62 |
| 3.3.4. Eksenel Basınç Etkisi Altındaki Elemanlar..... | 62 |
| 3.3.5. Eksenel Basınç ve Eğilme Etkisi Altındaki Elemanlar..... | 63 |
| 3.3.6. Vidalı Birleşim Hesapları..... | 64 |
| 3.3.6.1. Minimum Mesafeler..... | 64 |
| 3.3.6.2. Birleşimdeki Makaslama Kontrolü..... | 64 |
| 3.3.6.3. Vidadaki Çekme Kontrolü..... | 65 |
| 3.3.6.4. Çekme Yırılması Kontrolü..... | 66 |
| BÖLÜM DÖRT - KORDELYA EVİ UYGULAMA MODEL ANALİZİ... | 67 |
| 4.1. Yapının Tanımı..... | 67 |
| 4.2. Kordelya Evinin Uygulama Modeli..... | 67 |
| 4.3. Kordelya Evinde Kullanılan Çelik Kesitleri..... | 69 |
| 4.4. Kullanılan Bağlantı Elemanlarının Özellikleri..... | 72 |
| 4.5. Binaya Etkiyen Yüklerin Hesabı..... | 73 |
| 4.5.1. Çatı Yükleri..... | 73 |
| 4.5.2. Çerçeve Yükleri..... | 73 |
| 4.5.3. Yük Dağılım Tabloları..... | 76 |
| 4.6. T002 Duvarına ait 11 no' lu Dikmenin Hesabı..... | 78 |
| 4.6.1. Kesit Özellikleri..... | 79 |
| 4.6.2. Hesapta Kullanılan Yük Değeri..... | 80 |
| 4.6.3. Eksenel Basınç Gerilmesi Kontrolü..... | 80 |
| 4.7. D101 Döşeme Kirişinin Hesabı..... | 81 |
| 4.7.1. Kesit Özellikleri..... | 81 |
| 4.7.2. Uygulanan Yük Kombinasyonları..... | 82 |
| 4.7.3. Eğilme Gerilmesi Kontrolü..... | 83 |
| 4.7.4. Sehim Kontrolü..... | 83 |

| | |
|---|----|
| 4.7.5. Kayma Gerilmesi Kontrolü..... | 84 |
| 4.7.6. Eğilme ve Kayma Gerilmesi Kontrolü..... | 84 |
| 4.7.7. Eksenel Basınç ve Eğilme Gerilmesi Kontrolü..... | 85 |
| 4.7.8. Diğer Kontroller..... | 85 |
| 4.8. 11 No' lu Dikme - Alt Başlık Vidalı Birleşim Hesabı..... | 86 |
| 4.8.1. Birleşimdeki Makaslama Kontrolü..... | 86 |
| 4.8.2. Birleşimdeki Çekme Yırtılması Kontrolü..... | 87 |

BÖLÜM BEŞ - HAFİF ÇELİK TAŞIYICILI KORDELYA EVİNİN YAPIM

AŞAMALARI VE UYGULAMA FOTOĞRAFLARI

| | |
|--|----|
| 5.1. Betonarme Temel İnşaatı..... | 88 |
| 5.2. Çelik Konstrüksiyon İnşaatı..... | 88 |
| 5.2.1. Çelik Panel İmalatı..... | 89 |
| 5.2.2. Çelik Konstrüksiyon Montajı..... | 89 |
| 5.2.3. OSB Paneller ile Kaplama Yapılması..... | 90 |
| 5.3. Binada Kullanılan Cephe Kaplaması..... | 91 |
| 5.4. Binada Kullanılan Çatı Kaplaması..... | 92 |
| 5.5. Binanın Duvar ve Döşeme Uygulamaları..... | 93 |
| 5.6. Yangına Karşı Alınan Önlemler..... | 94 |
| 5.7. Kordelya Evi Uygulama Fotoğrafları..... | 95 |

BÖLÜM ALTI - KORDELYA EVİNİN HAFİF ÇELİK, BETONARME VE KONVANSİYONEL ÇELİK SİSTEMLERİYLE İNŞA EDİLMESİ HALİNDE OLUŞACAK MALİYETLERİN KARŞILAŞTIRILMASI VE SONUÇLAR

| | |
|--|-----|
| 6.1. Maliyet Karşılaştırması için Yapılan Hazırlıklar..... | 106 |
| 6.1.1. Hafif Çelik Yapının Maliyetinin Oluşturulması..... | 106 |
| 6.1.2. Betonarme Yapının Maliyetinin Oluşturulması..... | 107 |
| 6.1.3. Konvansiyonel Çelik Yapının Maliyetinin Oluşturulması..... | 107 |
| 6.2. Karşılaştırma Koşulları..... | 108 |
| 6.3. Maliyet Analizleri..... | 112 |
| 6.3.1. Hafif Çelik Taşıyıcılı Kordelya Evi' nin Maliyet Analizi..... | 112 |

| | |
|---|------------|
| 6.3.2. Betonarme Taşıyıcılı Kordelya Evi' nin Maliyet Analizi..... | 114 |
| 6.3.3. Konvansiyonel Çelik Taşıyıcılı Kordelya Evi' nin Maliyet Analizi | 116 |
| 6.4. İş Programları ve İnşaat Süreleri..... | 118 |
| 6.5. Nakit Akış Tabloları..... | 120 |
| 6.6. Aşamalı Maliyet Karşılaştırması..... | 122 |
| 6.7. Sonuçlar..... | 125 |
| 6.8. Kapanış..... | 128 |
| KAYNAKLAR..... | 131 |
| EKLER..... | 134 |
| Ek.A Kordelya Evi Mimari Projesi..... | 134 |
| 1. Zemin Kat Planı..... | 134 |
| 2. 1. Kat Planı..... | 135 |
| 3. Kesitler..... | 136 |
| 4. Çatı Planı..... | 137 |
| Ek.B Kordelya Evi Hafif Çelik Projesi..... | 138 |
| 1. Zemin Kat Duvar Yerleşim Planı..... | 138 |
| 2. 1. Kat Duvar Duvar Yerleşim Planı..... | 139 |
| 3. +3.00 Kotu Döşeme Planı..... | 140 |
| 4. +6.00 Kotu Döşeme Planı..... | 141 |
| 5. Ana Çatı Planı..... | 142 |
| 6. Betonarme Temel Demir Donatı Planı..... | 143 |
| Ek.C Kordelya Evi Betonarme Projesi..... | 144 |
| 1. Temel Kalıp Planı..... | 144 |
| 2. Zemin Kat Tavan Kalıp Planı..... | 145 |
| 3. 1. Kat Tavan Kalıp Planı..... | 146 |
| Ek.D Kordelya Evi Konvansiyonel Çelik Projesi..... | 147 |
| 1. Zemin Kat Kolon Yerleşim ve +3.00 Kotu Döşeme Planı..... | 147 |
| 2. 1.Kat Kolon Yerleşim ve +6.00 Kotu Döşeme Planı..... | 148 |
| Ek.E Strap ve Sap2000 Yazılımı Çıktıları..... | 149 |
| 1. Strap - T002 Duvarı Yüklemeleri..... | 149 |

| | |
|--|-----|
| 2. Strap - T002 Duvarı AISI-LRFD Tahkikleri..... | 151 |
| 3. Sap2000 - Eleman Kesit Tabloları..... | 152 |
| 4. Sap2000 - Eleman Tahkik Sonuçları..... | 153 |
| Ek.F Metraj Tabloları..... | 155 |
| Ek.G Birim Fiyat Analiz Tabloları..... | 183 |
| Ek.H Şantiye İş Programları..... | 213 |

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Tez Konusunun Açılımı

Dünyanın bir çok gelişmiş ülkesinde az katlı yapıların inşasında kullanılan hafif çelik yapı sistemi, Türkiye’ de de uygulanmaktadır. Ancak ülkemizde betonarmeye dayalı bir inşaat sektörü olduğu için hafif çelik yapılar ile ilgili fazla araştırma ve bilgi birikimi bulunmamaktadır. Yerli üretici konumundaki girişimci firmalar ve uygulamacılar sayesinde, sektör kendi içinde gelişerek büyümeye başlamıştır.

Hafif çelik yapıların proje, üretim ve uygulama safhalarının yanısıra, maliyet analizi ve üç ayrı inşaat sisteminin maliyet karşılaştırmasının da yer aldığı bu tezde, soğukta şekil verilmiş ince cidarlı çelik elemanlarla ilgili hesap kurallarına ve malzeme ile ilgili tüm ayrıntılara değinilmeye gayret edilmiştir.

1.2 Tezin Amacı ve İzlenen Yol

Tezin birinci amacı, ülkemiz için henüz yeni bir teknoloji olan hafif çelik taşıyıcılı yapı sisteminin tasarım, projelendirme, analiz, üretim ve uygulama aşamalarının ayrı ayrı incelenmesi; ikinci amacı ise, gerçek örnekler göz önüne alınarak, hafif çelik, konvansiyonel çelik ve betonarme taşıyıcılı üç ayrı konutun maliyet karşılaştırmasının yapılmasıdır.

Bölüm İki’ de hafif çelik yapılar hakkında kapsamlı bilgiler verilerek konuya giriş yapılmıştır. Dünyada hafif çeliğin kullanımı, taşıyıcı sistem olarak ahşap yapılarla benzerlikleri ve dolayısıyla ahşaptan çeliğe geçişin hızlı süreci anlatılmış, ülkemizdeki çalışmalara değinilmiştir. Hafif çelik malzeme ile ilgili teknik özellikler detaylı olarak verilmiş, çelik elemanların birbirleriyle ve diğer malzemelerle birleşimlerinde kullanılan yöntemler anlatılmış ve uygulamada faydalanılan diğer malzemeler kısaca tanıtılmıştır. Yapının projelendirme aşamalarından bahsedilmiş, yapıda uygulanan yalıtım yöntemleri ve yangın önlemlerine değinilmiştir.

Bölüm Üç, hafif çelik yapı tasarımı ile ilgili Amerikan Standartlarında yer alan genel tasarım ve hesap kurallarının verildiği bölümdür. Yapı ve elemanlarla ilgili boyutsal sınırlamaların ardından, eğilme ve basınç etkisi altındaki elemanlara uygulanan tahkikler ve vidalı birleşimlerle ilgili teorik bilgiler verilmiştir.

Bölüm Dört' te Kordelya Evi' nin uygulama model analizi oluşturulmuş, yapıya etkiyen yüklerin hesap özeti yapılmış, kullanılan elemanların kesit değerleri CFS yazılımı ile belirlenmiş ve tüm bu veriler ışığında STRAP yazılımı kullanılarak yapının statik analizi yapılmıştır. Seçilen bir döşeme kirişi ve dikmenin, Bölüm Üç' te verilen hesap kurallarına uygun olarak tahkiki yapılmış; sonuçlar, bilgisayarla elde edilen değerlerle karşılaştırılmış ve birbirinden farklı olmadığı görülmüştür. Buna ek olarak, vidalı birleşim kuralları çerçevesinde alt başlık ve dikme birleşim noktası tahkiki yapılmış, bağlantı noktasının uygunluğu tesbit edilmiştir.

Bölüm Beş' te hafif çelik yapı sistemi ile inşa edilen Kordelya Evi' nin 12 haftalık inşaatı süresince gerçekleştirilen imalat evreleri izlenmiş; temel, çelik üst yapı, cephe ve çatı uygulama detayları hakkında açıklayıcı bilgiler verilmiş, fotoğraf görüntüleriyle birlikte sunulmuştur.

Bölüm Altı' da ise, uygulaması yapılan hafif çelik taşıyıcılı konutun gerçekleşen temel, üst yapı ve duvar maliyeti analizleri yapılmıştır. Yapının betonarme modeli oluşturulmuş, İdeStatik yazılımı ile betonarme çözümü yapılmış, taşıyıcı eleman boyutlarına göre metraj çıkarılmış ve betonarme olarak inşa edilmesi halinde oluşacak temel ve üst yapı maliyetleri hesaplanmıştır. Aynı yapının dolu gövde çelik profiller kullanılarak inşa edildiği varsayılarak, konvansiyonel çelik yapı modeli oluşturulmuş, SAP2000 yazılımı vasıtasıyla çözümü ve tahkikleri yapılmış, ulaşılan çelik kesitlerine göre metraj ve maliyet analizi yapılmıştır. Yapının bu üç sistemle inşa edilmesi durumunda, temel, üst yapı ve duvar maliyet değerlerinin karşılaştırılması, çeşitli ekonomik kriterler göz önüne alınarak yapılmıştır. Buna ek olarak iş programları ve nakit akış diyagramları oluşturulmuş, yapıların inşaat süreleri ve işçilik / maliyet oranları saptanmış ve karşılaştırma raporu yazılmıştır.

BÖLÜM İKİ

HAFİF ÇELİK YAPI SİSTEMİ

2.1 Hafif Çelik Yapılar

Dünyadaki, özellikle Amerika Birleşik Devletleri' ndeki örnekleri incelendiğinde, az katlı konut üretiminde öncü sanayi, ormancılık ve ağaç ürünleri olmuştur. Konut inşaatlarında kullanılan teknolojiler ahşap yapı üzerine yoğunlaşmış, doğal ve yaşayan bir malzeme olan ağaca, mühendislik anlamında bir değer katabilmek adına ciddi süreçler yaşanması ve maddi harcamalar yapılması sözkonusu olmuştur. Ahşap malzemenin uygulanma detayları, ahşapla birarada kullanılan diğer yapı elemanları ve kaplama plakalarının boyutları, üretimi etkileyen başlıca etkenler olmuştur. Ancak ahşap ve hafif çelik yapıların taşıyıcı iskelet sistemlerinin, birbirinin aynısı olmasına rağmen, ağaç malzemeye göre, soğukta şekillendirilmiş çelik malzeme, daha üstün özellikler göstermektedir. (U.S. Department of Housing and Urban Development, 2002). Sıcakta imal edilen dolu gövde çelik profillerin aksine, genellikle 0,5 mm – 2,5 mm arasında değişen kalınlıklardaki galvaniz çelik levhaların, soğukta sürekli bükülerek veya preslenerek şekil alması suretiyle çeşitli kesit ve ebatlarda, zayıfsız olarak üretilen hafif çelik profiller, ahşapta zamanla oluşan bel verme, dönme, ağacın nemini yitirmesiyle oluşan mukavemet kayıpları, böceklenme ve kurtlanma gibi sorunları yaşamayan, yanma dayanımı yüksek bir yapıya sahiptir.

Bunun dışında, ABD' deki yapı sanayisinin ahşaptan başka malzemelere yönelmesi için daha geçerli sebepler vardır. Gelecekteki ağaç kaynakları hakkındaki şüpheler ve yakın tarihte yaşanan fiyat dalgalanmaları, yapısal ahşabı, çelikten daha pahalı bir malzeme haline getirmiştir. Eğer çelik, kısa vadede, üzerine düşen görevi yerine getirir ve fiyat açısından ahşaba göre daha durağan bir görüntü çizerse, az katlı konut sektörü için geleceğin malzemesi olacağına hiç şüphe yoktur.

Ülkemizde ise gerek deprem gerçeği, gerek hayat standartlarının gelişmiş ülkeler düzeyini yakalaması bakımından az katlı konutlarda yaşamının gerekliliği anlaşılmaya başlamış ve özellikle iki büyük şehrimiz İstanbul ve Ankara' da yoğun

bir şekilde az katlı konuta yönelim olmuştur. Bu yeni bir pazar anlamına gelmektedir. 1960' lı yıllardan bu yana çoğunlukla yüksek katlı bloklarda yaşamaya alışmış halkımız, bugün aynı ekonomik koşullarda az katlı veya müstakil bir konutta yaşamayı tercih edecektir. Bu durumda bu tür konutlar için sistem seçiminin yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Betonarme ağırlıklı bir kültürün hakim olduğu ve daha çok sanayi türü binalarda yapısal çeliğin kullanımının tercih edildiği Türkiye' de, az katlı konutlarda hafif çelik taşıyıcı sistemlerin uygulanmasına başlanmıştır. Tüm bunları bünyesinde barındıran yapısal çelik sektör büyüklüğünün, Marmara depreminden bu yana 300 bin ton civarına ulaştığı ülkemizde, çelik konstrüksiyon olarak inşa edilen yapıların, toplam yapı stoğuna oranı % 5' lere tekabül etmektedir ki, bu oran gelişmiş ülkelerle kıyaslandığında oldukça düşük kalmaktadır. (Türk Yapısal Çelik Derneği, Çelik Yapıların Avantajları ve İstanbul Depremi, konulu panel notları, 2003)

Betonarme yapılar, ülkemizde en çok tercih edilen yapı sistemidir. Betonarme konutlar, betonarme iskelet içine tuğla veya briket bloklarla duvar örülmesi ve sıvanarak örtülmesi şeklinde inşa edilmektedirler. Çelik yapılar ise konstrüksiyon üzerine panel malzemelerin kaplanması ile oluşturulduğundan bina boşluklarının yalıtılması gerekmektedir. Bu da yapıya ek bir maliyet getirmektedir. Ancak bu maliyet, binanın kullanılmaya başlamasından itibaren, ısıtma-soğutma giderlerinin minimumda kalması sonucunda kaybolacak ve bir süre sonra kazanca dönecektir. Çelik yapıların, bina izolasyonunu şart koşması, ısıtma-soğutma giderlerini karşılayacak kullanıcı açısından ve milli kaynakların bilinçli tüketilmesi açısından, avantaj sağlamaktadır.

2.1.1 Hafif Çelik Yapıların Tarihçesi

Yapısal çeliğin inşaat sektöründe kullanımı, Avrupa'da özellikle İngiltere'de 18. yüzyıl sonlarında bazı ahşap değirmen binalarının yanmasından ötürü, yangına dayanıklı çelik elemanların değirmen yapımında kullanılması ile başlamıştır. Amerika'da ise 19. yy ortalarına doğru, altın arayıcılarının kullanması amacıyla prefabrik çelik evler imal edilmiştir.

1928 yılında ABD' nin New York şehrinde, hafif çelik olarak inşa edilen ve günümüzde müze olarak kullanılan bina, hafif çelik yapı sisteminin ilk örneklerinden biri olmuştur. (Johnson, G., 2000)

2. Dünya Savaşı' nın ardından çelik üreticilerinin elinde bol miktarda çelik bulunması, savaşın etkisiyle büyüyen kapasitelerini konut üretimine yönlendirmelerine yol açmıştır. 1950' lerin başına gelindiğinde az sayıda üretici firma tarafından (en çok bilineni Lustron Homes Coop.' tur), ABD çelik üretiminin yoğun olarak gerçekleştiği Ohio ve Pennsylvania dolaylarında 1000' in üzerinde hafif çelik yapı inşa edilmiştir. Ancak, galvanizleme teknolojisi henüz fazla ileri olmadığından, yapılan konutlarda korozyon problemleri yaşanmıştır. Ayrıca çelik konut üreticileri, hafif çelik konutların, fiyat açısından ahşap konutlarla asla yarışamayacaklarını anlamışlardır. 1950' lerin sonundan 1970' lere uzanan dönemde bazı sorunlar aşılmış ve hafif çelik yapı sistemi, daha kaliteli evlere sahip olmak isteyen üst gelir düzeyindeki insanların tercih ettiği yapı sistemi olmuştur. (Johnson)

1980' lere gelindiğinde, gerek hafif çelik endüstrisindeki ilerlemeler ve gerekse ağaç fiyatındaki artış, hafif çelik konutlarda talep patlaması yaratmıştır. Atlanta' da Advanced Framing, Teksas' ta Tri Steel ve Los Angeles' ta California Homes gibi firmalar, talebi karşılamak üzere birdenbire gelişmişlerdir. 1980' lerin sonuna doğru, yaşlı ormanların azalması ile birlikte, ağaç ürünlerinin kalitesi de azalmaya başlamıştır. Yapısal ahşap sektörü bu duruma, eskisine oranla daha pahalı olan, işlem görmüş ahşap malzemeler ile cevap vermiştir. 1991-1992 yılları arasında ahşap birden % 80 oranında zamlanınca, birçok uygulayıcı firma hafif çeliğe dönmüş ve taşeronları hafif çelik kullanmaları konusunda zorlamışlardır. Bu ani geçiş döneminde uygulama ile ilgili birçok sorun yaşanmıştır. Ancak 2000' li yıllara gelindiğinde, hafif çelik endüstrisinin kendi içindeki gelişmeler ve yeni yöntemler sayesinde bu sorunlar aşılmış, sistemin uygulanması kolay hale gelmiştir. (Johnson)

2.1.2 Dünyada Hafif Çelik Yapı Sisteminin Kullanımı

Hafif çelik yapıların kullanımının artmasındaki en önemli etken, ahşap fiyatlarının dengesiz ve yüksek seyretmesi olmuştur. Piyasadaki bu dalgalanma sonucunda, yapı

sektörü, projelendirmesi ve uygulanması kolay olan hafif çelik yapı sistemini kabullenmiştir. Galvaniz sacların sürekli bükülerek profillere çevrilmesi sonucunda, kayıpların en az değerlerde olduğu ve homojen malzemelerin elde edildiği hızlı üretim olanağı sayesinde hafif çelik, 21. yüzyılın sistemi olacağını göstermiştir.

Çeliğin depreme, yangına ve rüzgara karşı ahşaptan daha dayanıklı olması, kullanıcıya olan cazibesini de arttırmıştır. 1993' te % 1' in altında olan hafif çelik konut stoğu, 2000' li yıllara doğru % 5 seviyelerine ilerlemiştir. 1980' lerin sonundan, 1990' ların sonuna kadar geçen on yıllık süreçte, çelik malzeme fiyatları, artan talebe uygun olarak, dengeli biçimde ve bu sürece yayılacak şekilde % 10 oranında artmıştır. Buna karşılık da, dengesiz çıkışlarla tavan değerler gören ahşap malzeme fiyatları 1993 yılında 485 \$, 1996' da 447 \$, 1997 yılında da 394 \$ / plaka feet rakamlarına kadar gerilemiştir. Ancak ahşabın fiyatındaki düşüşe karşılık, motel ve hastane gibi kendini tekrarlayan mimari dizaynlara sahip yapılarda, hafif çelik fiyatları, ahşap ile rekabet edebilir düzeyi korumuştur. 1980'li yılların sonunda, üretilen ahşabın % 20' si ticari yapılarda kullanılırken, 1997 yılına gelindiğinde bu oran % 9' lara kadar gerilemiş ve artık bu tür yapılarda daha uzun boylarda üretilen ve daha rijit olan hafif çelik tercih edilmeye başlanmıştır. (Semas, J.H.)

1996 yılının sonuna doğru ağaç sanayindeki üretim azalması nedeniyle ahşap fiyatları biraz artsa da, sonrasında iç piyasadaki düşük seyirli talep ve % 35' lik Japonya pazarının, Asya' daki ekonomik krize bağlı olarak daralması sonucu tekrar düşük seviyelere inmiştir. Bunu takip eden süreçte, kaynakların azalmaya başlaması ahşap konut üreticileri için sorun olmaya başlamıştır. Hafif çelik sanayindeki gelişmeler, hammaddede sıkıntı olmaması ve çeliğin geri dönüşümlü olarak kullanılabilmesi sayesinde, son on yıllık süreç, ahşap konutlara olan talebin azaldığı, hafif çelik konutlara olan talebin arttığı bir dönem olmuştur. (Semas, J.H., 1997)

2000' li yılların başında, hafif çelik artık ABD' li üreticiler için, iç konut stoğunda % 25' i hedefledikleri dev bir pazar haline gelmiştir. (Semas, J.H., 1997)

Hafif çeliğin son yüzyılda yoğun olarak kullanıldığı bir diğer ülke Avustralya' dır. Çelik endüstrisinde, ABD' dekine benzer süreçlerin yaşanmasının ardından, 1982' de The National Association of Steel-Framing Houses (NASH)' in kurulmasından sonra

hafif çelik yapılar hakkında eğitim ve tanıtım çalışmaları hızlanmış ve sistem daha çok uygulanır hale gelmiştir. Günümüzde mevcut yapı stoğundaki hafif çelik bina oranı % 15' lere yaklaşmaktadır.

Avrupa' da İngiltere' de yoğun talep görmeye başlayan hafif çelik yapılar, az katlı yerleşimin tercih edildiği İskandinav ülkeleri ve Danimarka' da da inşa edilmektedir. Bunun dışında, bu tür yapıların inşa edildiği ülkeler olarak Kanada ve Japonya örnek gösterilebilir.

2.1.3 Dünyada Kullanılan Standartlar

ABD' de hafif çelik üzerine araştırmalar, American Iron and Steel Institute (AISI) olarak adlandırılan Amerikan Demir Çelik Enstitüsü' nün 1939 yılında Cornell Üniversitesi' ne sağladığı fonlar sayesinde başlamıştır. Prof. Dr. George Winter, sonrasında Prof. Dr. Teoman Peköz' ün başkanlığındaki yürütülen araştırmalar zamanla diğer üniversitelere yayılmıştır. İlk standart AISI tarafından 1946 yılında Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members adıyla yayınlanmıştır. Güncellemelerle bugün hala yürürlükte olan bu standart, dünyada kullanılan diğer ülke standartlarına da öncülük etmiştir. (Uzgider E., Arda T.S.)

Avrupa Birliği EUROCODE 3 Rules For Cold Formed Thin Gauge Members and Sheeting isimli standardı kullanmaktadır. İngiltere' de 1958 yılında İngiliz Standartlar Enstitüsü' nün yayınladığı BS449 Specification for the Use of Cold-Formed Steel Sections in Buildings isimli standart kullanılmaktadır. (Uzgider E., Arda T.S., 1989)

Avustralya, soğukta şekil verilmiş çelik tasarımı ile ilgili standardını, AS1538 adı altında 1974 yılında yayınlamıştır. AISI standartlarına dayandırılan AS1538, 1984' te güncellenmiştir. Bu yayınları takiben, 1993' te AS/NZS4600 adında bir sınır durum kod'u ve 1996 yıllarında, hafif çelik yapıların performans yeterliliklerini tanımlayan AS3623 standardı çıkarılmıştır.

Bunlar dışında Kanada, Fransa, Almanya, Japonya, Hindistan gibi ülkeler hafif çelik yapı dizaynı için kendi ulusal standartlarını hazırlamışlardır. (Uzgider, Arda)

2.1.4 Türkiye’de Çeliğin ve Hafif Çelik Yapı Sisteminin Gelişimi

Çelik konstrüksiyon olarak Türkiye’de ilk inşa edilen örneklerden biri Feshane binasıdır. Fes imalathanesi olarak hizmet veren eski bina tamamen yandıktan sonra Belçika’dan hazır demir kolon ve kirişler prefabrik olarak getirilerek feshane fabrikası kurulmuştur. Cumhuriyetten sonra çelik daha çok demiryolu yapımında kullanılmıştır. İkinci Dünya Savaşı’ndan sonra Türkiye’de demokratikleşme ile beraber inşaat sektörü de hızla gelişmiştir. Bu gelişme esnasında betonarme yapılar ön safhaları almış, çeliğe gereken önem verilmemiştir. 1972’de İstanbul Boğazı üzerindeki ilk asma köprü olan Boğaziçi Köprüsü, çok ileri bir teknoloji ile çelik malzemeler kullanılarak inşa edilmiştir. Gerekli teknoloji, mühendislik hizmetleri ve köprü inşaatı yabancı şirketler tarafından üstlenilmiştir. 1980’lerden sonra Türkiye büyük bir endüstri hamlesine girmiştir. İnşa edilen sanayi yapılarının çatılarının çözümünde beton prefabrik yerine çelik kullanılmaya başlanmıştır. Çelik, daha büyük açıklıkları kolayca geçtiği ve hafif bir malzeme olduğu için kullanımı artmaya başlamıştır. 1989 yılında öncülüğünü Prof.Dr. Tevfik Seno Arda’ nın yaptığı 15 kişilik bir grup tarafından Türk Yapısal Çelik Derneği kurulmuş ve bu dernek 1992 yılında Avrupa Yapısal Çelik Derneği’ ne üye olmuştur. (Yapısal çelik notları, 2003)

Çelik yapıların önemi ve gerekliliği, özellikle kamu binalarının çelik olarak inşa edilmesinin önemi, 1999 Marmara depreminden sonra vurgulanmaya başlanmıştır. Konut sektöründe ise az katlı yapılara yönelimle gündeme gelen hafif çelik sistemler, 2000 yılından bu yana Türkiye’de kaliteli üretim ve kalifiye elemanlarla uygulama desteği veren firmalarca inşa edilmeye başlamıştır. % 0,5 oranındaki yapı stoğu ile henüz işin başlarında olmasına rağmen, çelik yapılara olan talebin artması ve az katlı konut pazarının sürekli genişlemesi sonucunda, yakın gelecekte hafif çelik yapı sisteminin Türkiye inşaat sektöründeki yerini sağlamlaştıracağı öngörülmektedir.

Soğukta şekil verilmiş çelik malzeme ve hafif çelik yapılar ile ilgili teknik çalışmalar, akademik bazda üniversiteler, ticari ve teknik bazda çelik konut üretici firmalar tarafından devam etmektedir. İstanbul Teknik Üniversitesi Çelik Yapılar Çalışma Grubu Öğretim Üyeleri tarafından hazırlanan ve 28.04.1994 tarihinde Türk

Standartları Enstitüsü tarafından çıkartılan TS 11372 Çelik Yapılar - Hafif - Soğukta Şekil Verilmiş Profillerle Oluşturulan - Hesap Kuralları, bu yapı sistemi için standartlaşmaya yönelik ilk yayın olmuştur. American Iron and Steel Institute (AISI) 1968 ve Centre Technique Industriel de la Construction Metallique (CTICM) 1978 standartlarının yorumlanması ile oluşturulan TS 11372, hafif çelik konutların tasarımında başvurulan bir kaynak ve sistemin standartlaşması yolunda atılan bir adım olmuştur. (Uzgider E., Arda T.S., 1989)

2 Temmuz 1998 tarih, 23390 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmenlik' in 5.2 kapsam maddesini 5.2.5 şikkında 'Her türlü kapsam dışı yapılarda uygulanacak esaslar, kendi özel yönetmenlikleri yapıncaya dek, yapımları denetleyen bakanlıklar tarafından çağdaş uluslararası standartlar göz önünde tutularak özel olarak saptanacak ve projeleri bu esaslara göre denetlenecektir.' ibaresi yer almaktadır. Uygulama standardı olmayan Hafif Çelik Yapıların tasarlanması için diğer ülke standartlarından faydalanılabilmektedir.

2005 yılı itibarıyla, Türkiye Yapısal Çelik Derneği' nin oluşturduğu bir araştırma komisyonu, Hafif Çelik Yapılar Standardının hazırlanması için girişimlere başlamıştır. Üniversitelerde yürütülen teorik ve deneysel edinimlerin derlenmesi, yurtdışından teknoloji satın alarak yerli üretimi gerçekleştiren firmaların tecrübelerinin aktarılması, AISI ve EuroCode şartnamelerinin Türkçe' ye çevrilip taranması ve tekrar yorumlanıp ülke şartlarına uyarlanması sonucunda dünya standartları ile uyumlu, kapsamlı bir standart, sistemin gelişimini hızlandıracaktır.

2.1.5 Hafif Çelik Yapıların Avantajları

- Çelik profiller homojen, izotrop olmalarının yanı sıra, yüksek rijitlik ve yüksek duktilite özelliklerine sahiptirler.
- İnce cidarlı çelik elemanlarla oluşturulan yapılar, 'yük taşıma kapasitesi / zati ağırlık' oranının yüksek olması nedeniyle diğer yapı türlerine göre depremde daha az etkilenmektedir.

- Sıcakta çinko galvanizleme metoduyla elde edilen korozyon dayanımı (çinko kullanımı çift yüzey için 245-275 gr/m²), uzun yıllar boyunca yapının çevresel faktörlerden etkilenmesini önler.
- Çoğunlukla vidalı birleşimlerin tercih edildiği hafif çelik yapılar; malzemenin geometrik karakteristiklerinin, profil boyundan ve üretim adedinden bağımsız ve homojen olmasının yanı sıra, birleşim noktalarında da insan faktörü taşımayan yöntemler kullanılması sayesinde, yapılan tasarım sonucunda bulunan hesap değerlerinin birebir sağlandığı ve uygulandığı yapılardır. Bu şekilde uygulama hatalarından bağımsız yapılar elde edilebilmektedir.
- Atmosferik koşullar, yapı inşaatı için engel teşkil etmez. İnsanın çalışabildiği her türlü hava koşulunda inşaat yapılabilir ve yapı yağmur, don, sıcak gibi olaylardan etkilenmez.
- Soğukta şekil verilmiş ince cidarlı çelik elemanlar ile, orta büyüklükteki açıklıklar ve orta şiddette dış yüklere maruz kalan yapılar, yani az katlı konutlar için dolu gövde sıcak profillere göre daha ekonomik çözümler elde etmek mümkündür. Mimari tasarıma uygun olacak şekilde istenen boyda profil üretilebilmesi sonucunda zayıtsız ve en az ekle konstrüksiyon oluşturulur.
- Çeliğin geri dönüşüm özelliği sayesinde, ömrünü doldurup yıkılan binalardan arda kalan çelik malzeme, dönüştürülerek tekrar kullanılmaktadır. Böylece yapılar yıkıldıktan sonra bile hammadde olarak kullanılmakta, ülke ekonomisi ve çevre daha az zarar görmektedir.
- Uygulamada herhangi bir şekilde kalıp kullanılmadığından ölü malzeme maliyeti yoktur. Ayrıca üretim esnasında tesisat geçişlerine ait delikler açılabilirdiğinden elektrik tesisatı, sıhhi ve kalorifer tesisatı geçişlerinde işgücü ve zamandan tasarruf söz konusudur.

(Hafif çelik sistemin avantajları, Uzgider E. ve Arda T.S., 1989, Soğukta Şekil Verilmiş İnce Cidarlı Çelik Elemanlar kitabından ve AKŞAN A.Ş. 2000 tarihli Hafif Çelik Sistem Yapı Kataloğu'ndan alınmıştır.)

2.2 Soğukta Şekil Verilmiş Çelik Elemanlar

Soğukta şekil verilmiş çelik elemanlar, 0,5 mm - 6 mm arasında değişen kalınlıklarda, sıcakta galvanizlenmiş hadde çelik sacların, soğukta sürekli bükülerek veya preslenerek şekil alması suretiyle çeşitli kesit ve ebatlarda, zayıatsız olarak üretilmesi sonucu elde edilir. Dolayısıyla malzeme özellikleri ve hesaplama kriterleri bakımından, sıcak hadde profiller ile farklılıklar gösterirler. Bu şekilde mimari tasarıma uygun olarak istenen boy ve kesitlerdeki profiller, fabrika ortamında, hidrolik basınçlı roll-forming makinelerinde tamamen ön kontrollü ve hızlı olarak üretilmektedir. (Uzgider, Arda) Eleman boyunca sabit olan et kalınlığı, profilin kullanılacağı amaca ve üretim yapan roll-forming makinelerinin özelliklerine göre değişir. Soğukta şekil vermek suretiyle yapılan üretim, zaman tasarrufu ve minimum malzeme zayıatı sağlamakla birlikte, homojen malzeme kalitesi anlamına gelmektedir. Hafif çelik yapılarda genellikle et kalınlığı 0,50 - 2,50 mm arasında değişen C, U, Z ve Ω kesitli profiller kullanılmaktadır.

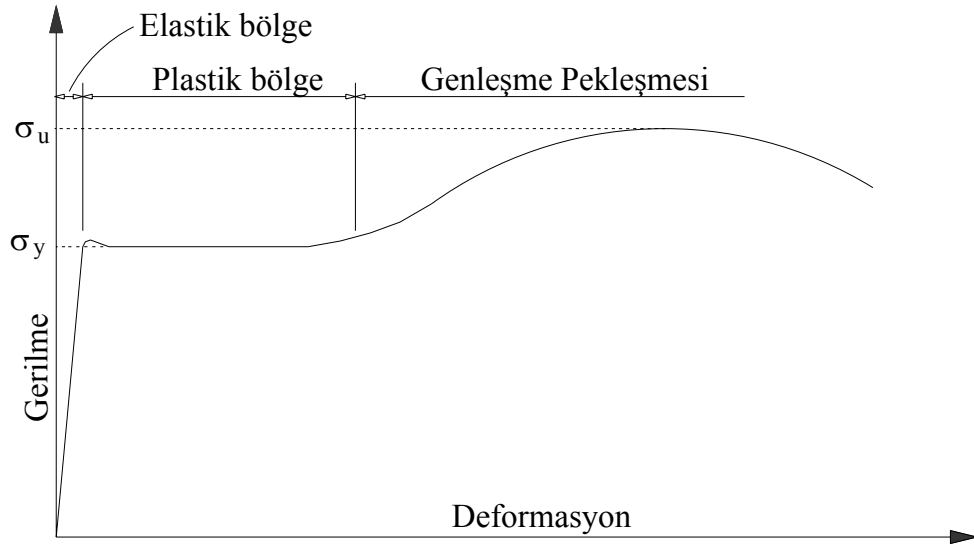
2.2.1 Soğukta Şekil Verilmiş Çelik Karakteristikleri

Soğukta şekil verilmiş yapısal çeliğin karakterini belirleyen en önemli parametreler, akma gerilmesi (σ_y), çekme dayanımı, uzama-gerilme karakteristikleri (ϵ - σ) ve soğukta şekil verme işleminin bu özellikler üzerindeki etkisidir. Düktilite ve devamlılık özelliklerinden de ayrıca bahsedilebilir. Bu özellikler American Society for Testing and Materials (ASTM) tarafından standartlar halinde yayınlanmıştır.

2.2.1.1 Akma Gerilmesi ve Çekme Dayanımı

Soğukta şekil verilmiş çelik elemanların mekanik özellikleri, şekil verilmeden öncekilere göre çok farklıdır. Profillerin soğukta çekilmesi esnasında, çeliğin kıvrılan köşelerinde deformasyon meydana gelir. Deformasyona uğrayan bölgelerde, uzama sertleşmesine ve uzama yaşlanmasına bağlı olarak, çeliğin akma gerilmesi, çekme ve kopma dayanımı artar; ancak sünekliği azalır. Kopma dayanımındaki artış, akma gerilmesindeki artışa göre daha düşüktür. Çelik levhaların akma gerilmesi değeri kullanılan çelik malzemenin kalitesine göre 1700 ile 4800 kg/cm² arasında değişir.

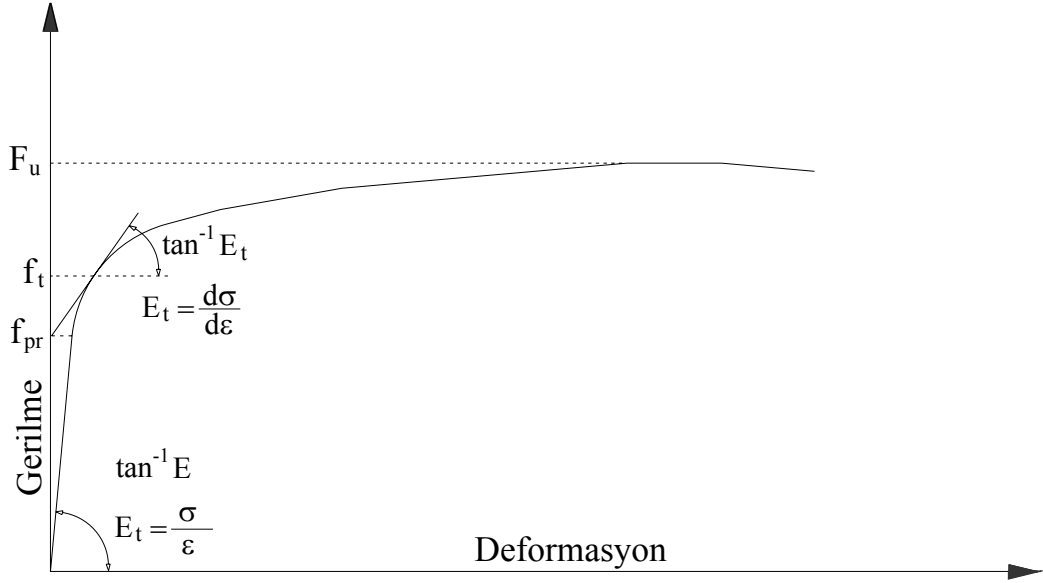
Köşe kıvrılmalarının sayıca daha fazla olduğu kesitlerde akma gerilmesi önemli oranda artar. Oluşan yeni profilde, levhanın kıvrılan köşelerinin dayanım özellikleri, levhanın düz olan kısımlarına göre farklılık gösterir. Profilin akma gerilme değerleri, yaklaşık yöntemlerle ortalama olarak hesaplanır. Bu değerleri tarif eden AISI standartlarına Bölüm 3' te değinilmiştir.



Şekil 2.1 Ani Akma Özelliğindeki Çelik (Uzgider E., Arda T.S., 1989)

Soğukta şekil verilmiş çelik elemanların üretiminde kullanılan çelik cinsleri için iki tip gerilme-deformasyon eğrisi sözkonusudur. Sıcakta haddeleme suretiyle üretilen çelik malzeme ani akma özelliği gösterir. Bu tip malzemede akma sınırı, gerilme deformasyon eğrisinin yatay hale geldiği gerilme seviyesi ile tanımlanır. Soğuk haddeleme yoluyla üretilen malzeme ise aşamalı akma özelliği gösterir. Aşağıdaki grafiğe göre, neredeyse dik açı ile geniş bir eğri oluşturan uzama-gerilme eğrisinde, akma gerilmesinin değeri, tam olarak belli olmadığından kalıcı plastik deformasyon yöntemiyle hesaplanır. (Uzgider, Arda)

Malzemenin ilk kesitini dikkate aldığımızda, taşıyabileceği en büyük gerilme değeri olan çekme dayanımının, akma gerilmesine oranı genellikle 1,17 ile 2,22 arasında değişir.



Şekil 2.2 Aşamalı Akma Özelliğindeki Çelik (Uzgider E., Arda T.S., 1989)

2.2.1.2 Uzama-Gerilme Karakteristiği ve Elastisite Modülü

Bu tür çelik malzemelerin uzama-gerilme eğrileri aşamalı akma özelliği gösterir. Elastisite modülü, orantılı sınıra kadar sabittir ve $2 \cdot 10^6$ ile $2,1 \cdot 10^6$ kg/cm^2 değerleri arasında değişir.

2.2.1.3 Düktilite

Çeliğin, kopmadan gerçekleştirdiği plastik uzama özelliğine düktilite denir. Soğukta şekil verme işlemi sonucunda çeliğin düktilitesi azalır. Buna bağlı olarak kopma sınır gerilmesinin akma gerilmesine oranı da azalır. Ancak bu azalmanın, şekil verilirken standartlarla belirlenen minimum kıvrılma yarıçaplarına etkisi yoktur.

2.2.1.4 Yüksek Sıcaklıktaki Performans

Yüksek sıcaklığa maruz kalan çelik malzemede dikkat edilmesi gereken parametreler yoğunluk, akma dayanımı, elastisite modülü, ısıl genleşme katsayısı ve ısıl iletkenliktir. Yoğunluk dışındaki diğer tüm parametreler, yüksek sıcaklık etkisi altında değişim gösterir.

2.2.1.5 Devamlılık

Yapısal çelik kullanılarak yapılmış ve doğru projelendirilip dikkatlice uygulanan yapılar çok uzun süreler boyunca herhangi bir mekanik veya fiziksel değişime uğramadan ayakta kalırlar. Sıcak hadde profillerin, iklimsel veya çevresel olarak havada bulunan kimyevi maddelerden, nem ve tuzdan korunarak devamlılık özelliklerinin sağlanabilmesi amacıyla, çelik malzemeye belli aralıklarla bakım yapılması gerekmektedir. Bu da yapıya işletme maliyeti olarak yansımaktadır. Soğukta şekil verilmiş çeliğin bir avantajı da, fabrika ortamında korozyon korumasının yapıldıktan sonra dizayn edilip, profil haline getirilerek uygulanmasıdır. Çinko ile galvanizleme, en çok kullanılan ve iyi sonuç veren koruma yollarından biridir. Boyayarak korunmanın aksine galvanizleme yöntemi, çeliğin, sıyrılma, çizilme veya darbe gibi lokal hasarlara maruz kaldığı durumlarda tam koruma sağlar.

2.2.2 Çeliğin Korunması

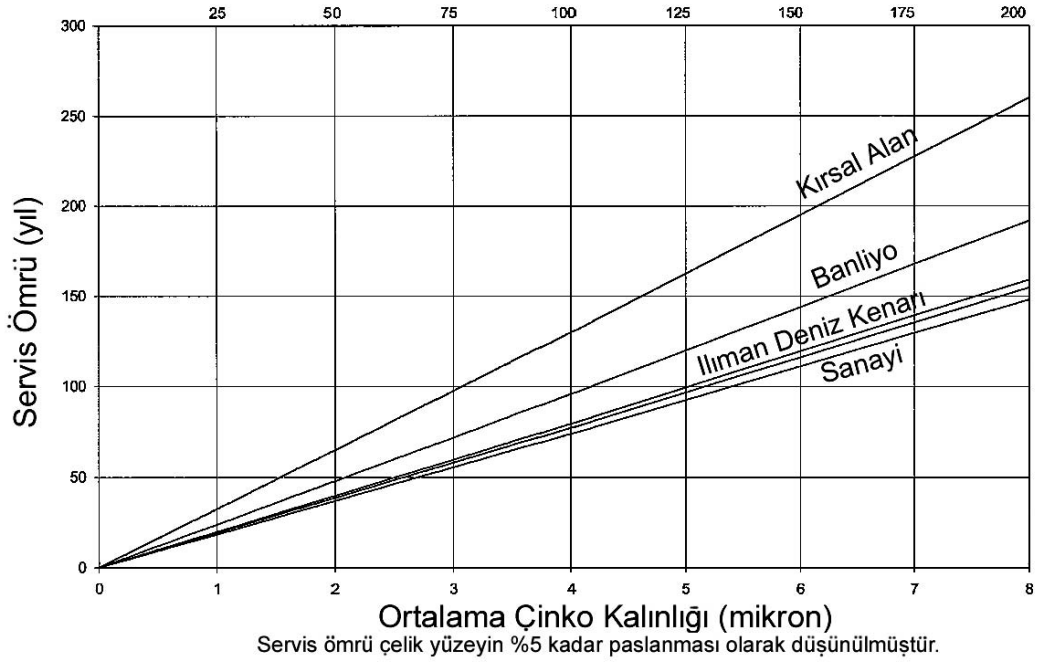
Bilindiği üzere, açıkta bırakılan çelikte korozyon oluşur ve bu da çeliğin mekanik özelliklerini kaybetmesine neden olur. Ancak son yüzyılda çelik sektöründeki ilerlemeler sonucunda, çeliğe ‘çinko ile kaplama’ veya ‘galvanizleme’ denilen işlemler uygulanarak, malzemenin daha uzun ömürlü olması ve performansının artması sağlanmıştır. Galvanizleme uygulanan çelik malzeme daha yüksek mukavemet, korozyona karşı en ekonomik şekilde tam koruma, kolay şekil alabilme ve estetik görünüm özelliklerine sahip olur. Aynı zamanda çeliğin düşük ağırlık ve tekrar geri dönüşüm gibi özellikleri de korunmuş olur. Bu yüzden de galvanizlenmiş çelik, gerek otomotiv, gerek inşaat sektöründe ve gerekse diğer sektörlerde, son 30 yılda sürekli artan bir ivmeyle yoğun olarak kullanılmaktadır.

Çelik gibi, çinko da geri dönüşümlü bir malzemedir. Günümüzde, kullanılan çinkonun % 30 kadarlık kısmı geri dönüştürülebilirken; kısa ömürlü olan otomotiv ve beyaz eşya mallarının geri dönüştürülmesiyle, on yıl içerisinde bu oran % 50 mertebelerine kadar ulaşacaktır. Bu da çevresel faktörler açısından olumludur.

2.2.2.1 Çinko Kaplama ve Galvanizleme Yoluyla Koruma

Çinko kaplamalar metal bir bariyer şeklinde çeliği tamamen sararak, nemin çelikle temasını engellerler. Nem olmayınca korozyon da oluşmaz. Ancak bazı kimyasalların bulunduğu atmosferik ortamlarda bir takım sorunlar yaşanabilir. Herhangi bir atmosferde kullanılan çinko kaplamanın performansı, kaplama kalınlığı ile doğru orantılıdır. Kaplamanın ömrü, zaman, atmosferik koşullar, ve kaplamanın türü ile belirlenen korozyon oranı ile bağlantılıdır. (<http://www.galvanizeit.org>)

Galvanizleme yöntemi ile elde edilen çelikler ise çinko kaplamalara göre daha üstün özellikler gösterirler. Çelik, 435-455 °C' lik sıcaklıklarda erimiş çinkonun içine daldırılır; çinko, çeliğe çok sıkı bir biçimde yapışır, en dışta çarpma ve aşınmaya dayanıklı saf çinko katman yer alacak şekilde içe doğru, sıyrılması çok güç çinko-çelik alaşım katmanları oluşturur. Malzeme herhangi bir şekilde kesildiğinde ve iç çekirdekteki çelik dışarıya ile temas ettiğinde, çeliğe yapışık olan çinko korozyona uğrayarak açık kısmı kaplar ve çeliği korumaya devam eder. Yani çinko ile temas halinde olan çelik paslanmaz. (International Zinc Association 2000)



Şekil 2.3 Galvanizlenmiş Çeliğin Servis Ömrü (<http://www.galvanizeit.org>)

Galvanizlenmiş çeliğin ‘şekil alabilme’ (formability) özelliği çok yüksektir. Burada şekil alabilme özelliğinden kasıt, galvanizlenmiş çeliğin çatlama dayanımının yüksek olması ve şekillendirilme esnasında dış çinko yüzeyin bozulmaya maruz kalmamasıdır. Bu özellik de, çok çeşitli kesitlerdeki profillerin, sorunsuzca üretimine olanak sağlar. (International Zinc Association 2000)

2.2.2.2 Sıcakta Galvanizleme Yöntemi

Sıcakta galvanizleme işlemi üç ana bölümden oluşur. (Birlik Galvaniz Üretim)

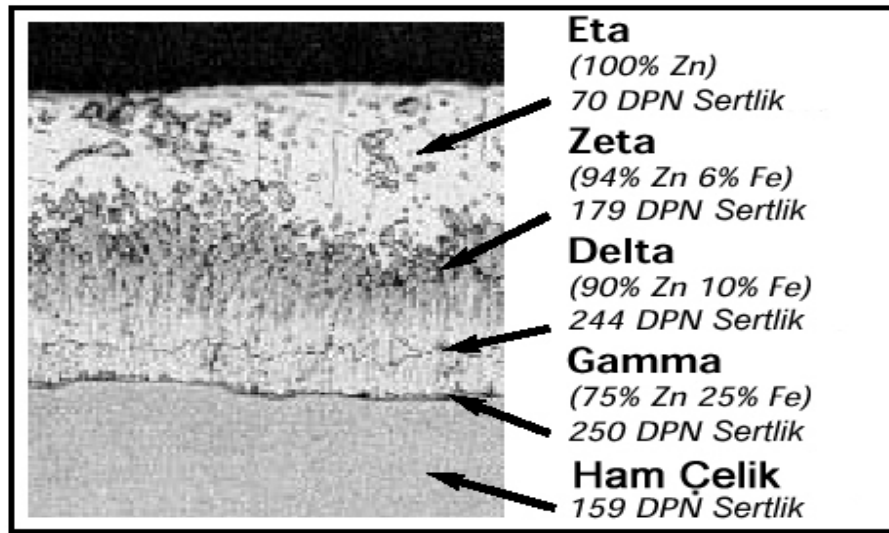
- Giriş Bölümü (Yüzey Hazırlama)
- Pota Bölümü (Galvanizleme)
- Çıkış Bölümü (Bitirme)

Kısaca değinildiğinde; giriş bölümü, galvanizleme yapılacak rulolarda (CR) bulunan yağ, pas ve tufalin uzaklaştırılarak yüzey hazırlama işlemlerinin yapıldığı bölümdür. Rulolar açıldıktan sonra, baş ve sondaki bozuk olan kısımlar giyotin ile kesilir, işlemin sürekliliğinin sağlanması için her bir rulo birbirine otomatik kaynak makineleri yardımıyla bağlanır. Stoklama esnasında oksit oluşumunu engellemek için yağ tabakası ile kaplanan rulo sacın, galvanizleme öncesinde tamamen temizlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla, tanklarda hazırlanan sıcak alkali çözüntüsü saca püskürtülür. Bunu takiben sırasıyla mekanik fırçalama, durulama ve asitle temizleme (pickling) işlemleri yapılır. Hidroklorik veya sülfürik asit yardımıyla pas ve kirlerinden arınan çelik sac, son olarak basınçlı sıcak su ile yıkanır ve pota bölümüne hazır hale getirilir. (Birlik galvaniz üretim şemasından alınmıştır.)

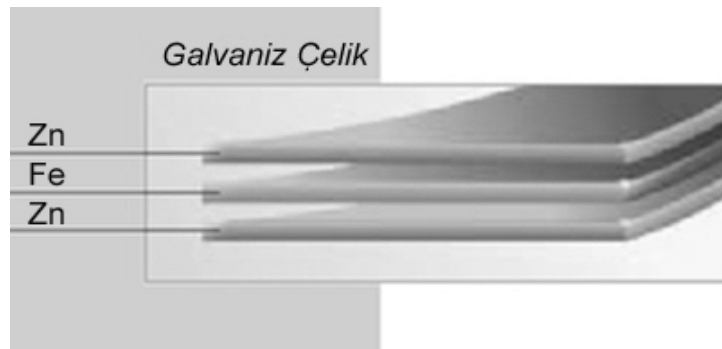
Pota bölümünde, yüzeyi tamamen temizlenmiş olan çeliğin çinko potasına kadar tekrar oksitlenmesini engellemek ve galvanizleme esnasında çinko ile çeliğin daha kolay tutunmasını sağlamak için önce flux denilen işlem yapılır. Çelik saclar, belli konsantrasyonlarda su ile karıştırılan çinko-alüminyum klorür esaslı tuzdan oluşan banyoya daldırılır. Kurutma işleminin ardından, saclar 435-455 °C’ lik sıcaklıklarda

erimiş çinkonun bulunduğu tanklara daldırılırlar ve galvanizleme işlemi başlar. Reaksiyon için gerekli olan sürenin ardından, çıkış bölümüne geçilir. (Birlik Galv.)

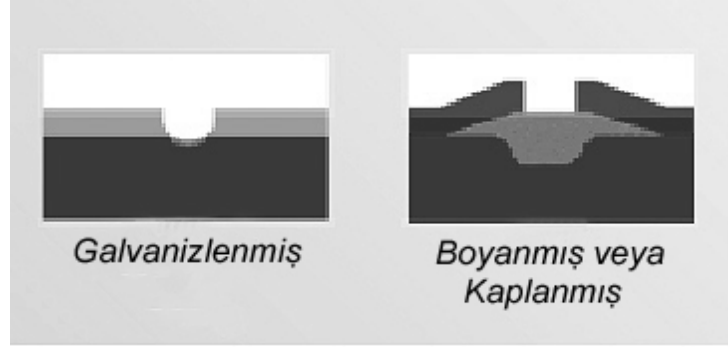
Son bölümde, jet sistemi ile istenen kaplama kalınlığı ayarlanır. Bu kalınlık, sacın kimyasal yapısı, sacın potada kalma süresi, galvaniz banyosunun sıcaklığı ve kompozisyonu, sac yüzeyinin porozitesi gibi bazı parametrelere göre değişir. Hava ve su ile soğutma işlemi yapılır. Pota işlemi sırasında ısıl şok sebebiyle oluşan ondülasyonla, çoklu gerdirme ünitesinde (tension leveller) yok edilerek malzemeye doğrusallık sağlanır. Böylece galvanizleme tamamlanır. Ana hatlarıyla tanımlanan galvanizleme işlemi, işlemin yapıldığı işletmenin şartlarına göre değişkenlik gösterebilir.



Şekil 2.4 Çinko ile galvanizlenmiş çeliğin yapısı (American Galvanizers Association)



Şekil 2.5 İki yüzeyi çinko kaplanmış çelik (International Zinc Association IZA, 2000)

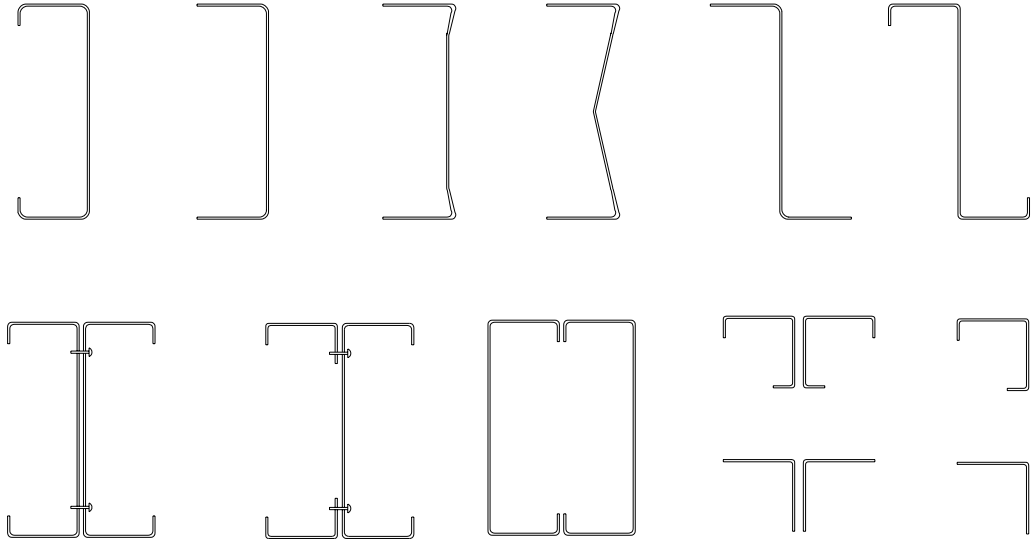


Şekil 2.6 Galvanizleme ve boyama-kaplama yollarıyla korunmuş iki ayrı çelik malzemenin paslanması (IZA, 2000)

2.2.3 Sık Kullanılan Profil Kesitleri

Hafif çelik yapılarda kullanılan profil kesitleri, standartlarla belirlenmiş profil ebatlarına göre oluşturulup üretilmektedir. Bunlar, et kalınlıkları genellikle 0,50 - 2,50 mm arasında değişen C, U, Z, L (köşebent) ve Ω (omega) profillerdir . C kesitler, duvar dikmesi veya döşeme kirişi olarak kullanılırken, U kesitler duvar başlıkları veya döşeme kapak profilleri olarak kullanılabilirler. Z kesitlerden çatı ve saçak detaylarında, omega kesitlerden çatı mertekleri veya alçıpan tavan profili olarak faydalanılabilir. Köşebentler, panel duvar veya tavan malzemelerinin kenar montajlarında gerekmektedir. Bu profiller, bu amaçların dışında da kullanılabilir gibi, yine tasarımcının veya üreticinin dizayn ettiği özel kesitli standart dışı profillerden, yukarıdaki amaçlar için yararlanılabilir.

Bazı durumlarda, kullanılan profilin kesiti, önemli kuvvetleri karşılayamayacak kadar yetersiz kalabilir. Bu durumda, sorunu çok kalın veya karmaşık kesitler üreterek çözmektense, iki adet profil birbirine vidalanarak tek eleman gibi çalıştırılabilir. Bu durumda, ağır ve zor uygulanabilen bir profil üretmektense, standart üretilen kesit yardımıyla hem zamandan hem işçilikten tasarruf edilmiş olur.



Şekil 2.7 Sık Kullanılan Profil Kesitleri (Uzgider, Arda, 1989)

2.2.4 Soğukta Şekil Verilmiş Çeliğin Kullanıldığı Diğer Alanlar

Soğukta şekil verilmiş çelik malzeme, çevremizde her alanda karşımıza çıkan ve kullanımı gittikçe artan bir malzemedir. Yıllardır çok yoğun mertebelerde soğukta şekil verilmiş çeliğin kullanıldığı sektörlerden biri otomotiv sektörüdür. Yüksek dayanımı, paslanmazlık özelliğinin yanı sıra, kolay şekil alabilmesi ve hafif olması ile otomobillerin şasi ve karoserlerinin üretiminde kullanılan benzersiz bir malzemedir. Günümüzde çok az olmakla beraber, otomobil üretiminde yakın gelecekte alüminyum kullanımının da artacağı öngörülmektedir.

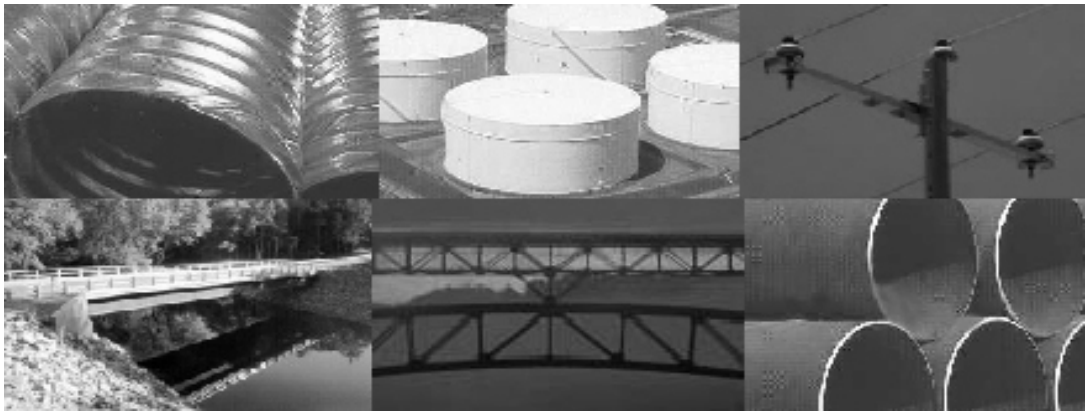
Yine ulaştırma ile ilgili olarak, karayollarında yol kenarları veya yön aralarına yerleştirilen, ülkemizde sık sık darbelere maruz kalan ve yenilenen çelik emniyet bariyerleri ve yüksek aydınlatma direkleri, yurtdışında örnekleri bulunan karayolu ve demiryolu köprüleri, hızlı tren vagonları gibi kullanım alanları mevcuttur.



Şekil 2.8 Otomobil Şasesi (<http://www.steel.org>)

Soğukta şekil verilmiş çelik malzeme, hafif olması, ısı iletkenlik katsayısının çok düşük olması ve yüksek ivme değerlerine üstün performansla cevap vermesi yüzünden havacılık ve uzay sanayiinde tercih edilmektedir.

Bunlardan başka galvaniz çelik, enerji nakil hatlarını taşıyan yüksek kuleler, elektrik direkleri, oluklu çelik borular, su boruları, su depoları, rafinerilerde bulunan dev yakıt tankları, soğutma boruları, dayanıklı tüketim malları olarak adlandırılan beyaz eşya sektörü, savaş sanayii gibi birçok alanda kullanılmaktadır.



Şekil 2.9 Soğukta Şekil Verilmiş Çeliğin Çeşitli Kullanım Alanları (<http://www.steel.org>)



Şekil 2.10 Kanal Boruları (<http://www.steel.org>)



Şekil 2.11 Yakıt Tankları (<http://www.steel.org>)

2.3 Tasarım ve Projelendirme

Hafif çelik yapı sistemi ile inşa edilmesi planlanan bir yapının en önemli aşamalarından biri projelendirme dir. Gerek fabrikada üretim esnasında ve gerekse sahada inşaat sırasında yapı ile ilgili tüm detaylar önceden çözülmüş olmalı, böylece üretimde ve montaj sırasında karşılaşılabilecek sorunlar en aza indirgenmelidir. Bir yapının projelendirme aşamaları aşağıdaki şekildedir. Hafif çelik bir yapının projelendirilmesinde dikkat edilecek husus, tüm bu aşamaların bir bütün olarak ele alınarak konstrüksiyon için en uygun çözümün elde edilmesidir.

- Mimari Proje
- Mekanik Proje
- Elektrik Projesi
- Statik Proje

2.3.1 Mimari Tasarım

Hafif çelik yapı sistemi ile uygulanacak konutun mimari tasarımını esnasında bazı noktalara dikkat ederek binanın inşaat maliyetini aşağı çekmek mümkündür. Yapılan tasarımın, kullanılan standartlara uygunluğunun yanı sıra, üretimi yapacak olan fabrikanın üretebildiği profil kesitleri ve bu kesitlerin rahat uygulanabilirliği göz önünde bulundurulmalıdır. Bir yapıda çeşitli kalınlıklardaki döşeme kirişleri ile geçilebilecek maksimum açıklıklar ve geçerken oluşacak sehim değerleri, üretimi yapacak olan fabrikanın profil tablolarında belirtilmiştir. Bu açıklıkların aşılması durumunda, konstrüksiyon projesinde, açıklığı geçen döşeme kirişleri sıklaştırılır veya sırt sırta bağlanmış çift kiriş olarak tasarlanır. Bu da o döşemenin maliyetinin iki katına çıkması anlamına gelir.

Binanın cephesinde ve döşemesinde kaplama plakası olarak kullanılan OSB yapı panelleri 122 cm x 244 cm ebatlarındadır. Bu durumda, binanın duvar dikmesi ve döşeme kirişi gibi OSB ile kaplanan kısımlarının 61 cm ve katları şeklinde geçilmesi durumunda malzeme zayıtı minimumlara çekilmektedir. Yine OSB tasarrufunu sağlayan bir başka nokta da, bina dış doğrama ve kapı genişlikleridir. Aynı şekilde 61 cm ve katları şeklinde tasarlanan bu boşluklar, malzemedan tasarruf sağlar.

Bitmiş binanın içinde, kolon kiriş gibi yapı elemanlarını barındırmayan bu yapı sistemi, duvar kalınlıklarının, tuğla + sıva duvarlara göre daha az olması ve kolon boşluklarından kazanılan alanlar sayesinde, konvansiyonel bir yapıya göre, net kullanım alanında % 3,5 - 7 civarında bir kazanç sağlar. Aynı zamanda tefrişatın daha uygun biçimde yapılmasına izin verir.

2.3.2 Mekanik ve Elektrik Projeleri

Mekanik ve elektrik projeleri, mimari projenin üzerine işlenir. Duvar aralarındaki boşluklar ve dikmelerdeki tesisat delikleri ile döşeme kirişleri arasındaki boşluk ve kirişlerdeki tesisat delikleri, sıhhi tesisat, pis su tesisatı, kalorifer tesisatı, klima tesisatı ve elektrik tesisatlarının geçişine olanak verecek şekilde tasarlandıklarından, tüm tesisat projeleri, konstrüksiyon projesi ile paralel süreçte hazırlanmalıdır.

2.3.3 Statik Tasarım ve Analiz Yöntemi

Mimari projenin bitirilmesinden sonra, konstrüksiyon projesine başlanır. Konstrüksiyon projesinin oluşturulmasına yönelik, dikmeler, döşeme kirişleri, çatı, lento, pencere ve kapı boşlukları, merdiven gibi kısımların tasarımı, standartlarla belli kurallara bağlanmıştır. Bu kurallara uygun olarak mimari proje üzerinde ön tasarım gerçekleştirilir. Döşeme yönlerinin tayini, taşıyıcı / ayırıcı duvarların belirlenmesi, çatı sisteminin seçilmesi, taşıyıcı / konstrüktif lentoların belirlenmesi ön tasarım aşamasında verilmesi gereken kararlardır.

Ön tasarımın ardından uygulama modeli oluşturularak sistemin analizi yapılır. Bu kısımda çatı taşıyıcı sistemi belirlenir. Buna uygun olarak düşey ve yatay yük kombinasyonları oluşturularak bu yüklemeler altında binanın çözümü ve tahkikleri yapılır. Ön tasarım ve uygulama model analizi aşamalarına paralel olarak binanın konstrüksiyon çizimleri hazırlanır ve statik proje dahilinde sunulur.

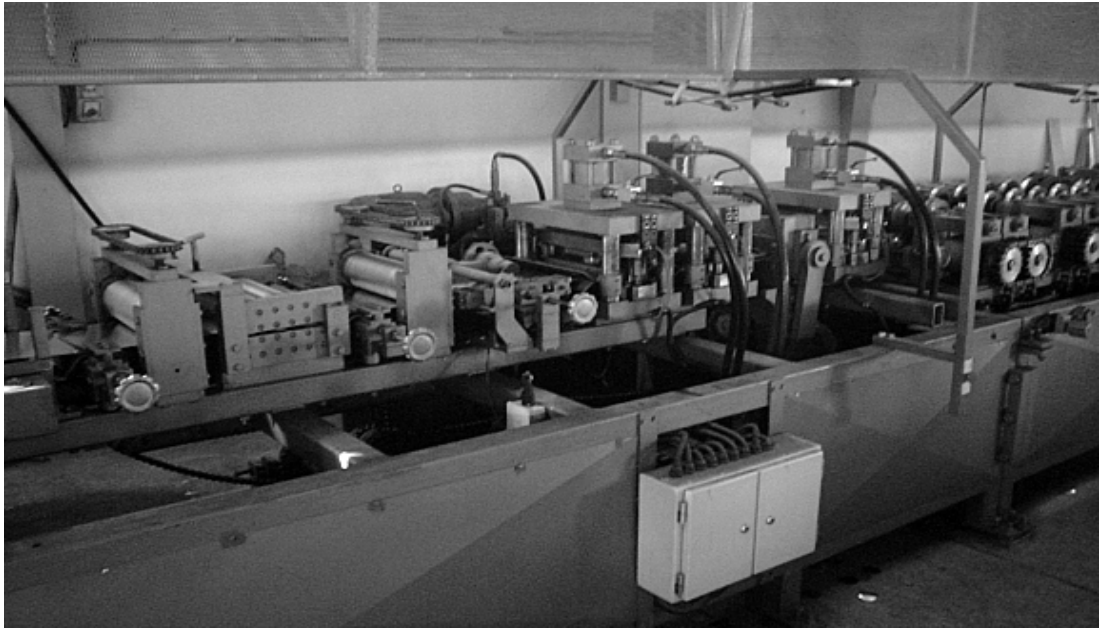
2.4 Soğukta Şekil Verilmiş Çelik Profillerin Üretimi

Yapının çelik detay çizimleri bitirdikten sonra, binanın duvarlarını, döşemelerini ve çatısını oluşturan profil ebatları, düzenli listeler halinde fabrikada yer alan CNC tezgahların bilgisayarlarına aktarılır. Roll-forming makinelerinde hatasız üretim gerçekleştirilir. Profillerin insan faktörü olmadan bilgisayar kontrollü, hidrolik basınçlı roll-forming bantlarında çekilmesi nedeniyle, profil köşelerinin istenen çapta ve standart olarak kıvrılması sağlanır, malzeme korumuş olur.



Şekil 2.12 Çeşitli Kalınlık ve Genişlikteki Galvaniz Çelik Rulolar

Profillerin çekilerek üretilmesi, sırasıyla delme ve bükme işlemlerinden oluşur. Makaralara yerleştirilen çeşitli kalınlıklardaki galvaniz çelik ruloların uç kısmı, roll-forming makinesinin girişine oturtulur. Bilgisayardan, profil ile ilgili özellikleri alan makine hareket etmeye başlar. İşlemin birinci kısmında deliciler vasıtasıyla, profiller üzerinde işaretlenmiş olan noktalarda tesisat delikleri açılır.



Şekil 2.13 Profillerin Çekilmesi Esnasında Delme İşlemini Yapan Kısım

İkinci kısımda ise istenen kesit ve boydaki profil, rulonun kenarlarından bükülmesi vasıtasıyla elde edilir. Proje adı, profil bilgisi gibi veriler laser yazıcılar vasıtasıyla profillerin üzerine kodlanır. Kodlama işlemi panel montajının daha hızlı ve kontrollü olmasına olanak sağlar.



Şekil 2.14 Profillerin Çekilmesi Esnasında Bükme İşlemini Yapan Kısım



Şekil 2.15 Üretimin Yapıldığı Fabrikadan Genel Görünüm

2.5 Hafif Çelik Yapılarda Kullanılan Birleşim Yöntemleri

Hafif çelik yapıları oluşturan soğukta şekil verilmiş çelik elemanların birleşiminde çeşitli yöntemler kullanılır:

- Vidalı Birleşimler
- Kaynaklı Birleşimler
- Perçinli Birleşimler
- Bulonlu Birleşimler

2.5.1 Vidalı Birleşimler

Vidalı birleşimlerde, kendi deliğini açarak dişlilerini yerleştiren akıllı uçlu vidalar kullanılır. Bu vidalar iki çeşittir. Self-drilling ve self-piercing olarak adlandırılan vidalar, iki çelik elemanı birbirine bağlayacakları zaman önce yerleşecekleri deliği açarlar. Ardından kendi dış dişleri zarar görmeyecek şekilde iç dişleri açarak ilerler ve iki elemanı birbirine sıkıca bağlarlar. Tek parça olarak uygulanan bu vidalar kopolimer kaplı yüzeyleri sayesinde yüksek korozyon dayanımına sahiptirler. İkisi de yüksek mukavemet değerlerine sahip bu vidalardan self-drilling 0,84 mm (20 gauge)' den daha kalın birleşimlerde kullanılırken, self-piercing daha ince birleşimlerde kullanılır. (LGSEA, 1997 Screw fastener selection for LGSF)

Hafif çelik yapılarda self-drilling vidalar kullanılır. Birleşim yapılacak elemanlara göre çeşitli şekil ve ebatta vida seçilir. Kullanılacak vidanın seçimi ve adedi standartlarla belirlenir. Duvarlarda dikme - başlık birleşimlerinde 3,9x19 mm ebadında No.7 vidalar kullanılırken, daha fazla mukavemet gerektiren duvar panellerinin birleşimlerinde 5,5x32 mm ebatlı No.12 altıgen başlı vidalar kullanılır. Tüm döşeme ve çatı birleşimleri 4,8x19 mm ebadındaki No.10 vidalarla yapılır. OSB veya alçıpan panel uygulamalarında ise panel içine yerleşen havşa başlı 4,2 mm kalınlıkta No.8 vidalar kullanılır. OSB veya alçıpan montajında kullanılan vidaların uzunlukları, panel kalınlıklarına göre belirlenir.

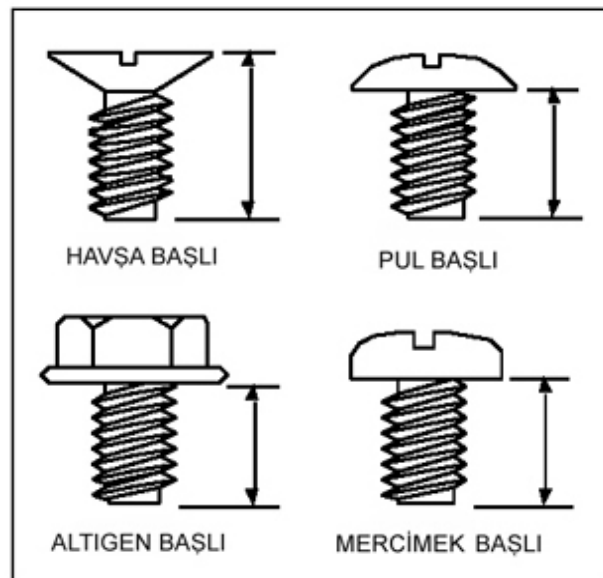


Şekil 2.16 Vida Uçları (Nader,R.,Elhajj,P.E.,Bielat K.,2000)

Tablo 2.1 Vida No. – Genişlik (Nader, R. , Elhajj P.E. , Bielat K., 2000)

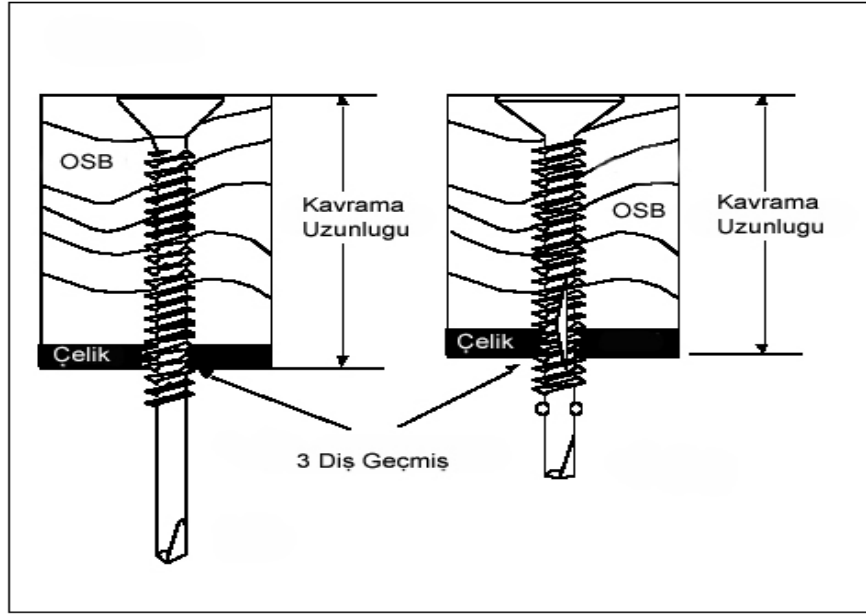
| Vida No. | Vida Genislikleri (inch) |
|----------|--------------------------|
| No. 6 | 0.1380 |
| No. 8 | 0.1640 |
| No. 10 | 0.1900 |
| No. 12 | 0.2160 |
| 1/4" | 0.2500 |

Kopolimer veya çinko kaplamalı vidaların korozyon direnci, 96 saatlik tuz püskürtme deneyi ile belirlenir. Bu değerler, üretici firmanın sertifikalarında yer almalıdır. Ayrıca her bir vida çeşidinin mukavemet değerleri yine üretici firma tarafından sürekli kontrol altında tutularak belirtilmelidir.



Şekil 2.17 Self-drilling Vida Başlı ve Uzunluk Ölçüm Başlangıçları (Nader, R. , Elhajj P.E. , Bielat K., 2000)

Birleşimi yapılacak elemanlara uygun olacak şekilde vida kalınlığı belirlendikten sonra, elemanların toplam kalınlığına göre vidanın uzunluğu seçilir. Bağlantı sonrasında, seçilen vidanın uç tarafından en az 3 dişin dışarıya çıkmış olması gerekir. Bu koşul çelik-çelik, çelik-OSB ve çelik-alçıpan birleşimlerinde sağlanmalıdır.



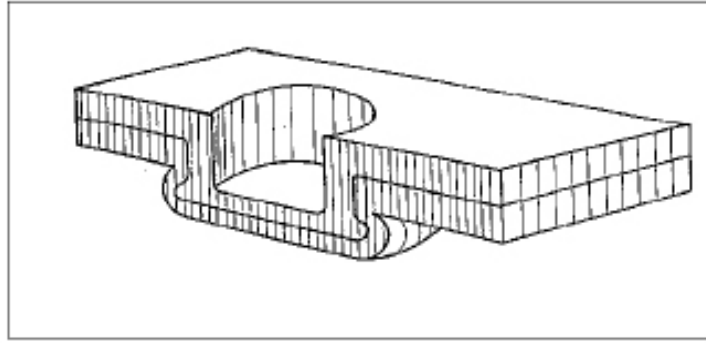
Şekil 2.18 OSB ve çelik birleşimi (Nader, R. , Elhadj P.E. , Bielat K., 2000)

2.5.2 Kaynaklı Birleşimler

Hafif çelik yapı birleşimlerinde kaynak kullanımına çok sık olarak rastlanmasa da, ark spot kaynak, en çok tercih edilen kaynak türüdür. Özellikle çelik konstrüksiyon inşaatı öncesinde yapılan panel imalatı, makas imalatı gibi atölye işlerinde kaynak rahatlıkla kullanılabilir. Spot kaynaktan başka küt kaynaklar, köşe kaynaklar, eğri kenarlı kaynaklar ve direnç kaynaklar da soğukta ekil verilmiş çelik elemanları birleştirmede kullanılabilir. Ancak kaynaklı birleşimler, çoğunlukla otomotiv sanayiinde kullanılmaktadır. Yapıda kullanılan kaynaklarla ilgili gerekli şartlar AISI ve ASW (Structural Welding Code) verilmiştir. (LGSEA, 1999)

2.5.3 İntegral Birleşimler

İntegral birleşimler (clinching), özel birleştirme aparatı kullanılarak, birleşimi yapılacak iki tabakayı basınç uygulamak suretiyle birbirine sıkıca yapıştırır. İntegre etmek olarak da adlandırılan bu yöntemle elde edilen birleşimlerin mukavemet değerleri oldukça yüksektir. Sıklıkla otomotiv sanayiinde kullanılırken, günümüzde konut inşaatlarında panel ve makas imalatında çelik elemanların birleştirilmesinde kullanılmaya başlanmıştır. Bu tür imalata yönelik geliştirilen integral makineleri sayesinde işçilikten ve zamandan tasarruf sağlayan, aynı zamanda yapısal anlamda yüksek değerler sunan integral birleşimler, teknolojik gelişmeler paralelinde daha çok kullanılır hale gelmektedir. (LGSEA, 1999)



Şekil 2.19 İntegral Birleşim (LGSEA, 1999, Clinched Fastening)

2.5.4 Bulonlu Birleşimler

En incisinin kalınlığı 4,76 mm' den daha küçük olan çelik profiller için uygulanabilir. Konvansiyonel çelik inşaatlarda kullanılan bulonlu birleşim sistemi ile aynı özelliktedir. Bulon, somun ve pul kullanılarak yapılan birleşim hesapları standartlarla belirtilmiştir. Hafif çelik konut inşaatlarında profiller sık aralıklarla kullanıldığı için matkapla delik delip anahtarla birleştirme yapmak işçilik ve zaman kayıplarına neden olur.

2.6 Hafif Çelik Yapılarda Kullanılan Yardımcı Malzemeler

Hafif çelik bir yapıda, soğukta şekil verilmiş çelik profiller haricinde, taşıyıcı sisteme katkısı olan ve ayrıca çeliği koruyarak ömrünü uzatan malzemeler kullanılmaktadır. Döşeme ve duvar yüzeylerini oluşturan bu malzemelerin başında OSB, plywood ve alçıpan yapı panelleri gelmektedir. Çeşitli özelliklere sahip ve değişik kalınlıklarda uygulanan bu kaplamalar, çeliği tamamen sararak korumalarının dışında, döşeme ve duvarların rijitlenerek yapının bütünlüğünün sağlanmasında kullanılırlar. Ayrıca diğer duvar türlerine oranla hafif olmaları, hafif çelik yapılarda tercih edilme sebeplerinin başında gelir.

2.6.1 OSB Yapı Panelleri

Türkçe'ye "ahşap yonga levha" olarak çevrilen "oriented strand board" kelimelerinden adını alan OSB yapı panelleri, günden güne yapısal ve endüstriyel alanlarda pazar payını genişleten, yüksek performanslı bir mühendislik ürünüdür. 1980'li yılların henüz başında piyasaya sürülen ve kompozit ahşap teknolojisindeki ar-ge çalışmaları sonucunda gelişen OSB paneller dünyada, konut inşaatlarında yoğun olarak tercih edilen bir yapı malzemesi haline gelmiştir. (SBA publications)

OSB, çam kütüklerden rendelenen yonga parçalarının, reçine katkısı ile çok yüksek sıcaklık ve basınç altında birbirine preslenen üç katmandan oluşur. Dış iki katmandaki yongalar, plakanın uzun kenarı boyunca, ortadaki katmandaki yongalar ise, dış iki katmandakilere dik yönde yer alır. Bu şekilde birbirine zıt yönlerde dizilmiş, aynı ebat ve kalınlıkta kesilmiş parçacıkların yüksek oranda reçine katkısıyla preslenmesiyle oluşan paneller, yüksek mukavemet değerlerini sağlamaktadır.

Çeşitli kalitelerde üretilen OSB paneller, ABD, Kanada ve Avrupa'daki standartlara uygun olarak etiketlenirler. Bina inşaatında, nemden ve sudan etkilenmeyen, özelliklerini zamanla yitirmeyen kalitedeki OSB kullanılmalıdır. Türkiye'de, EN standartlarına uygun olarak Avrupa'da (çoğunlukla Almanya,

Fransa, Bulgaristan' da) üretimi yapılan paneller satılmaktadır. (<http://www.limangrup.com.tr>)OSB-2, OSB-3 ve OSB-4 olarak getirilen panellerden,

- OSB-2 yüklenebilir, kuru ortamlara uygun,
- OSB-3 yüklenebilir, nemli ortamlara uygun,
- OSB-4 ağır yük taşıma kapasiteli ve neme dayanıklı malzemelerdir.

Yapıda en çok tercih edilen tür OSB-3' tür. OSB-3' ün yağmurda veya üzerinde uzun süre su ile bekletilmesi durumunda bile yapısal özelliklerinde herhangi bir değişme olmaz.

OSB paneller, duvar uygulamalarında, ekstra mukavemet özelliklerinin yanı sıra darbeye ve yangına karşı dayanıklılık kazandırır. Ayrıca ses ve ısı yalıtımına katkı sağlarlar. Döşeme uygulamalarında ise yüzeyde herhangi bir çukurlaşma veya eğilmeye izin vermezler. Cephe veya döşemede hangi kalınlıkta OSB kullanılacağı, üretici firmanın yayınladığı teknik şartnameler ve projede geçerli olan standartlarla belirlenir. Cephe en çok 11 mm kalınlıkta levhalar kullanılırken, döşemede 18 mm veya 22 mm kalınlıkta OSB tercih edilir. Yapıda çoğunlukla 244 cm x 122 cm ölçülerinde paneller kullanılırken, daha değişik ölçülerde paneller de mevcuttur. Dikme aralıkları genellikle OSB ebatlarına uygun olarak tasarlandığı için kullanılacak malzeme seçiminin projenin başında yapılması gerekir.

Çelik profillere akıllı uçlu vidalarla monte edilen OSB' ler, inşaattaki çeşitli gecikmelerden dolayı kaplanmamış vaziyette bekletilmesi herhangi bir soruna yol açmazken, bu sürenin çok uzun zaman aralıklarına yayılması, devamlı atmosferik koşullara maruz kalacak paneller için ekstra koruma önlemleri alınmasını gerektirebilir. Bu durumda OSB çıplak vaziyette kullanılabilen bir kaplama malzemesi değildir. Bina, tüm cepheler ve çatı OSB ile kaplandıktan sonra, mutlaka yapıyı ve içinde yaşayanları yağmur, ısı farklılıkları gibi dış etkenlerden koruyan ve estetik görünüm kazandıran cephe malzemeleriyle (vinil yalıtım baskı, mantolama, vb.) kaplanmalıdır. (LP., 2000, OSB Sheating & Structural 1 Sheating)

Cephe, çatı ve döşeme kaplamaları yapılırken, paneller yatay veya dikey olarak kaplanabilir. Ancak dikkat edilmesi gereken konu, paneller arasında vida payı denilen minimum 4 mm aralık bırakılmasıdır.

2.6.2 Alçı Paneller

Alçıpan olarak adlandırılan alçı paneller binanın iç duvarlarını ve tavanlarını kaplayarak duvar ve tavan yüzeyi oluşturmak amacıyla kullanılırlar. Hammaddesini $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ formülüyle tanımlanan alçının oluşturduğu levhalar, kimyasal yolla içeriğine dahil olan % 20 oranındaki suyu içerir. Binanın içinde gelişebilecek bir yangın tehlikesine karşı, alçının içinde bulunan sudan faydalanılır. Alçıpanın bu özelliği, binanın yangın dayanımı bölümünde daha kapsamlı olarak incelenecektir. (Kaczkowski R. , Sanchez N.)

Binanın dış yüzeyinin OSB ile kaplanmasının ardından, bina içi tesisatların yapılmasına başlanır. Elektrik, sıhhi, kalorifer, klima gibi tesisatların işlenmesine olanak verecek şekilde dikme ve döşeme profillerinde önceden açılmış olan deliklerden tesisatlar geçirilir. Bu işlemin tamamlanıp gerekli testlerin yapılmasının ardından, duvar ve döşeme arasında kalan boşluklar, camyünü veya taşıyünü gibi yangına dayanıklı, ses ve ısı yalıtımı sağlayan malzemeler ile doldurulur. Kullanılacak malzeme türü ve kalınlıkları, istenilen konfor derecesine ve hazırlanan ısı yalıtım projelerine göre seçilir. Yalıtımın tamamlanmasının ardından, duvar yüzeyi alçıpan levhalar ile kaplanır. Taşınması kolay olan, hızlı bir biçimde uygulanabilen alçıpanlar, maket bıçağı ile istenilen ölçüde kesilip, akıllı uçlu vidalar sayesinde çelik profillere tutturulabilir. Su ve harç kullanılmadan yapılan bu duvar kaplamaları, hem işçilikten tasarruf hem de her iklim koşulunda çalışabilme olanağı sağlar.

ABD, Kanada gibi ülkelerde standartlarla belirlenen alçıpan türleri, ülkemizde de beyaz, yeşil ve kırmızı olarak üç şekilde üretilmektedir. Bunlardan,

- Beyaz alçıpan, normal mekan duvar ve tavanlarında,

- Yeşil alçıpan, suya dayanımı nedeniyle fayans türü kaplamaların yapıldığı ve neme maruz kalan banyo duvar ve tavanlarında,
- Kırmızı alçıpan, diğer iki türe oranla yangına daha fazla dayanım gerektiren yapılarda tercih edilmektedir.

Tablo 2.3 Beyaz Alçıpanın Teknik Özellikleri (<http://www.dalsan.com.tr>)

| BEYAZ ALÇIPANIN TEKNİK ÖZELLİKLERİ | | | | | |
|---|-----------------------------|---|-----------------------|------------------------|------------------------|
| | Genel Tip | Tüm Tipler | | | |
| Uzunluk | 2500 mm | 2000 - 3000 mm | | | |
| Genişlik | 1200 mm | 600 - 900 - 1200 - 1250 mm | | | |
| Kalınlık | 12,5 mm | 9,5 mm | 12 mm | 15 mm | 18 mm |
| Ortalama ağırlık | ≤ 9 kg/m² | ≤ 7 kg/m ² | ≤ 9 kg/m ² | ≤ 11 kg/m ² | ≤ 13 kg/m ² |
| Kenar Tipi | PK | PK (Pah Kenarlı) - KK (Küt Kenarlı) | | | |
| Eğilmede kırılma (Kağıt liflerine dik) | ≥ 600 N | ≥ 450 N | ≥ 600 N | ≥ 600 N | ≥ 600 N |
| Eğilmede kırılma (Kağıt liflerine paralel) | ≥ 180 N | ≥ 150 N | ≥ 180 N | ≥ 180 N | ≥ 180 N |
| Isıl iletkenlik değeri | 0,21 W / mK | 0,21 W / mK (TS 825'e göre) | | | |
| Yangın sınıfı | B1 | B1: Zor alev alabilen yapı malzemesi (TS 1263'e göre) | | | |
| Sahip olduğu standart | TS 452 | TS 452 / (Alçı Duvar Levhaları) | | | |

Beyaz alçıpan, levhaya hafiflik, sertlik, dayanım ve işlenebilirlik sağlayan özel kalsinasyona tabi tutulmuş yüksek saflıkta doğal alçı taşı kullanılmaktadır. Yeşil alçıpan ise, su ve neme karşı dayanım için su itici katkılarla güçlendirilmiştir. Kırmızı alçıpanlar yangına karşı dayanım için özel elyaf ve katkılarla güçlendirilmiştir. Bunlar haricinde hem yangın hem su dayanımı olan özel alçıpanlar da üretilmektedir. Çeşitli özellikteki alçı panellerin her iki yüzü de, levhaya esneklik ve yüksek dayanım sağlayan özel karton ile kaplıdır. (<http://www.dalsan.com.tr>)

2.7 Hafif Çelik Yapıların Yangın Dayanımı

Hafif çelik yapıların duvar ve döşemelerinde sağlanacak yangın dayanımı, kullanılacak malzemelerin ve ne şekilde kullanıldıklarının oluşturacağı bütün şeklinde ele alınarak incelenebilir. Burada kullanılan tüm malzemeler bir sistem şeklinde çalışarak yangına karşı koyarlar. Bu nedenle duvar veya döşemenin yangın performansı,

- Kullanılan alçıpan türü ve kalınlığı
- Alçıpanın yatay mı yoksa dikey mi uygulandığı
- Çelik profillerin türü ve dikme aralığı
- Bağlantı elemanlarının türü ve uygulama aralığı
- Alçıpan üzerine uygulanan kaplama türü
- Duvar boşluğuna koyulan yalıtım malzemesi türü ve kalınlığı
- Diğer etkenler

'e bağlı olarak ölçülebilir. Bu etkenlerin tümünün bir sistem olarak çalıştığı kabul edilir. Doğru profiller kullanılmadan inşa edilmiş bir duvar veya uygun aralıklarla vidalanmamış bir alçıpan, binanın yangın performansına gölge düşürür.

Alçı panellerin hammaddesini oluşturan alçı, kendiliğinden yangına karşı dayanıklı bir malzemedir. Alçıpanın bir yüzü yangına maruz kaldığında, alçının ağırlığının % 20' si oranında içerdiği su, ısı etkisiyle buharlaşmaya başlar. Bu reaksiyon, alçıpanda oluşan ısı enerjisini azaltarak, alçıpanın diğer yüzünün soğukluğunu korumasını sağlar. Panel, içindeki suyun tamamının buharlaşmasına kadar geçen süre boyunca ısı iletimini sınırlar. Suyun bitmesiyle birlikte alçı levha bozularak daha fazla ısı tutamaz hale gelir.

Daha fazla ısı dayanımı için, yangın performansı yüksek özel alçıpanlar kullanılır. Alçının içine cam elyafı katılarak üretilen bu alçıpanlar yüksek ısıya maruz kaldıklarında, bu katkıları alçı kristallerinin bir araya gelmesini sağlayarak buhar

çıkışının gerçekleştiği çatlakların küçülmesine neden olurlar. Bu şekilde alçıpanın içindeki suyun buharlaşması daha fazla zaman alır ve yangın dayanımı artar.

Yangın testleri, sistemin standartlarla belirlenen sınıra ulaşana kadar geçen zamanı hesaplamak için yapılır. Bu sınır, yangın esnasında alevlerin duvardan geçtiği ve yangın olmayan taraftaki sıcaklık değerinin belli bir değeri aştığı sınırdır. Amerika’ daki malzeme standartlarını belirleyen “the American Society for Testing and Materials” (ASTM), ASTM-E119 no’lu standartta çeşitli durumlardaki duvarların yangın dayanımlarını belirtmiştir. (ASTM. E119 Test Code)

Tablo 2.4 ASTM E119 ve ULC-S101 Test Standartlarına göre iç duvar yangın dayanımları (ASTM. E119 Test Code)

| İÇ DUVARLAR - YANGINA DAYANIKLI ALÇIPAN İKİ TARAFTA | | |
|--|-------------------------------------|---------------------|
| DAYANIM SÜRESİ | TABAKA SAYISI VE KALINLIKLARI | TASARIM YÜK YÜZDESİ |
| 45 dk | 1 adet tabaka ,12.5 mm kalınlığında | 100 |
| 60 dk | 1 adet tabaka ,15.9 mm kalınlığında | 100 |
| 90 dk | 2 adet tabaka ,12.5 mm kalınlığında | 100 |
| 120 dk | 2 adet tabaka ,15.9 mm kalınlığında | 80 |
| 120 dk | 3 adet tabaka ,12.5 mm kalınlığında | 100 |

Tablo 2.5 ASTM E119 ve ULC-S101 Test Standartlarına göre iç duvar yangın dayanımları (ASTM. E119 Test Code)

| DIŞ DUVARLAR - YANGINA DAYANIKLI ALÇIPAN İÇ TARAFTA | | |
|--|-------------------------------------|---------------------|
| DAYANIM SÜRESİ | TABAKA SAYISI VE KALINLIKLARI | TASARIM YÜK YÜZDESİ |
| 45 dk | 1 adet tabaka ,15.9 mm kalınlığında | 100 |
| 60 dk | 2 adet tabaka ,12.5 mm kalınlığında | 100 |
| 90 dk | 2 adet tabaka ,15.9 mm kalınlığında | 100 |
| 120 dk | 3 adet tabaka ,12.5 mm kalınlığında | 100 |

Ahşap yonga levhalar ise yangınla ilgili olarak, alçı panellerden farklı olarak, buhar geçirgenliğine sahip diğer ahşap içerikli yapı panellerine benzer karakteristiğe sahiptir. Yangın dayanımı gerektiren dış duvarlar ve döşemelerde kullanılan OSB'ler için yangın test standartları mevcuttur. OSB, plywood ile benzer özellikleri taşır. (LP., 2000, OSB Sheating & Structural 1 Sheating)

Tablo 2.6 ASTM E119 ve ULC-S101 Test Standartlarına göre duvar yangın dayanımları (ASTM. E119 Test Code)

| OSB KAPLAMALAR | |
|-----------------------|---|
| DAYANIM SÜRESİ | TABAKA SAYISI VE KALINLIKLARI |
| 14 dk. | duvarın iki tarafı 11 mm kalınlığında OSB-3 levha kaplı |
| 45 dk. | döşeme 15,5 mm OSB-3, tavan 15,5 mm alçıpan levha kaplı |

2.8 Hafif Çelik Yapıların Yalıtılması

Konutlar bir yandan insanların barınma ihtiyacını karşılarken, diğer yandan güven, konfor, estetiklik, ekonomiklik, gibi taleplere karşılık vermelidirler. Daha iyi koşullarda ve daha düşük maliyetlerde bir yaşam için teknolojik araştırma ve geliştirme çalışmaları devam etmektedir. Binalarda konfor standartlarını arttırmak için hem ekonomik hem de estetik çözümlere gidilmesi gerekir. Binanın dıştan ve içten ısı izolasyonlarının yapılması, ilk başta inşaat maliyetini arttıran bir etken olarak görünse de, herhangi bir şekilde pratik olarak yaşama geçirildiğinde, ısıtma-soğutma giderlerini minimuma indirmesinin yanısıra, konforlu bir yaşam için de doğru adım olarak görülmektedir. Aynı şekilde ses ve su yalıtımı için, çeşitli konfor derecelerinde ve çeşitli fiyat aralığında yapı malzemeleri ve uygulama sistemleri mevcuttur.

2.8.1 Isı Yalıtımı

Çeliğin yüksek ısı iletkenliği nedeniyle, yoğun olarak uygulanmaya başlayan hafif çelik yapıların, ahşap yapılara oranla her zaman çok daha zayıf bir ısı yalıtım performansına sahip olacağı düşünülmekteydi. Son yıllarda bu konu ile ilgili çok çalışma yapıldı. Ahşaba göre yaklaşık 400 kat iletken olan çelikten yapılan konutun ısıtma giderlerinin çok yüksek değerlerde olmadığı bu araştırmalar sonucunda açığa çıkmıştır. Bir binanın ısı yalıtım performansı ancak bir çok etkenin bir araya gelmesiyle ve bir bütün olarak çalışmasıyla belirlenebilir.

Hafif çelik yapılarda en iyi sonuç veren yalıtım şekli, binanın tümünün, rijit yalıtım malzemeleriyle dıştan kaplanması ile yapılan mantolama olarak adlandırılan sistemdir. Bu sistemler, OSB kaplı çelik duvar panellerini bir bariyer gibi sararak ısı geçişini ve ısı köprülerini ortadan kaldıracak şekilde davranırlar. Böylece duvar aralarında ve iç yüzeyde nemin oluşmasına da izin vermezler.

Bir binanın ısı yalıtım performansı, yapılan çeşitli uygulamaların bir arada değerlendirilmesiyle saptanabilir. Isı performansının,

- R katsayılarını kullanarak el ile hesaplanması
- Yalıtım şirketlerinin oluşturduğu bilgisayar yazılımları ile modelleme yaparak hesaplanması
- Uygulanmış çeşitli modellerin ısıtma giderlerinin belirlenmesiyle hesaplanması

olarak üç şekilde saptanması mümkündür. Bunlardan sonuncusu en gerçekçi sonucu verirken, aynı zamanda en pahalı ve zaman gerektiren yöntemdir. İklim şartlarına göre seçilmiş malzemelerle doğru olarak yapılan bir ısı yalıtımı, hem konutun ısıtma-soğutma giderlerinin minimuma indirilmesi bakımından, hem de milli kaynakların tasarrufu açısından önem taşımaktadır. (Souza K.M. , Meyers M., 1998)

2.8.2 Ses Yalıtımı

Çelik yapılarda ses yalıtımı zorunlu olarak yapılmaktadır. Özellikle aynı duvarı paylaşan ikiz villa türü yapılarda veya aynı döşemeyi paylaşan apartman dairesi gibi yapılarda, komşuların birbirine rahatsızlık vermemesi için yapılacak özel uygulamalarla ses geçirimi en aza indirgenmelidir.

Ses yalıtımının en çok gerektiği kısım döşemelerdir. İnsanların yürümesiyle oluşan sesler, darbe etkisi ve konstrüksiyon arasında kalan yalıtılmamış boşluklar, sesin katlar arasında dolaşmasına neden olur. Darbe etkisi genellikle döşeme üst kaplamasıyla ilgilidir. Parke gibi akşap kaplamalarda daha fazla darbe etkisi oluşur. Bu yüzden parke altına ses emici şilte veya köpük koyulması gerekir. Halı veya vinil kaplamalar ise parkeye göre daha darbe emicidirler. Dış ve iç duvar araları ile döşeme araları, hem ses hem ısı geçişini önlemek için taşıyıcı veya camyünü levhalar ile kaplanmalıdır. Bu kaplamalar yapılırken, özellikle dış duvar-döşeme birleşimlerinde kaplanmamış boşluk kalmamasına dikkat edilmelidir. (Burstrand H.)

Yapılan akustik testlerinde, döşeme giriş boyutu, giriş aralıkları, yalıtım malzemesi ve döşeme üstü kaplaması ile oluşturulan yüzlerce kombinasyon, ses iletme katsayısı (STC) ve darbe testi prosedürleri (IIC) kullanılarak denenmiştir. Buna göre 50 STC değerini aşan döşemeler ses yalıtımı açısından uygundur. (Souza K.M. , Meyers M., 1998)

2.8.3 Su Yalıtımı

Su izolasyonu, zemin su seviyesi yüksek olan bölgelerde, temelden gelebilecek suyu kesmek amacıyla membran uygulamaları şeklinde yapılır. Temel bohçalaması olarak da adlandırılan ve betonarme binalarda da uygulanan bu sistemde, şaloma ile ısıtılan, polimer veya cam elyaf içerikli istenen kalınlıktaki bitüm membran, temel altındaki grobeton yüzey üzerine yapıştırılarak birdirme kenarları kaynatılır.

Cephede vinyl yalı baskı türü kaplamalarda ve çatı kaplaması altlarında buhar geçirgenlik özelliği olan su yalıtım örtüleri kullanılır. Bu malzemeler, OSB üzerine baskı zımba yardımıyla tutturulurlar. Dıştan gelecek su etkisine karşı binayı korurken, buhar geçirgen yapıları sayesinde duvar içlerinin nefes almasını sağlarlar. Böylece ısı farklılıklarının oluşturacağı yoğuşmalar ve bunun sonucunda konstrüksiyona temas edecek nemli hava birikimi engellenmiş olur.

BÖLÜM ÜÇ

HAFİF ÇELİK TAŞIYICILI KONUT TASARIMI

3.1. Konstrüksiyon Tasarımına Giriş

Öncelikle, yapılan tüm işlem ve hesaplamaların toplanması amacı ile bir statik analiz bilgi formu düzenlenir ve yapılanlar adım adım bu forma işlenerek takip edilir. Mimari proje incelendikten sonra döşeme kiriş yönleri belirlenmelidir. Döşemeler genellikle kısa açıklık yönünde çalıştırılır. Döşeme kesitleri, döşeme kiriş yük taşıma kapasitelerinin bulunduğu hazır tablolardan seçilir. Bu tablolarda yer alan değerler, taşıyıcı sistemin tasarlanması esnasında ön boyutlama amacıyla kullanılmalıdır. Yapı elemanlarının kesit tahkikleri, tüm çerçevenin gerçek yükler altında statik çözümü sonucunda yapılmalıdır.

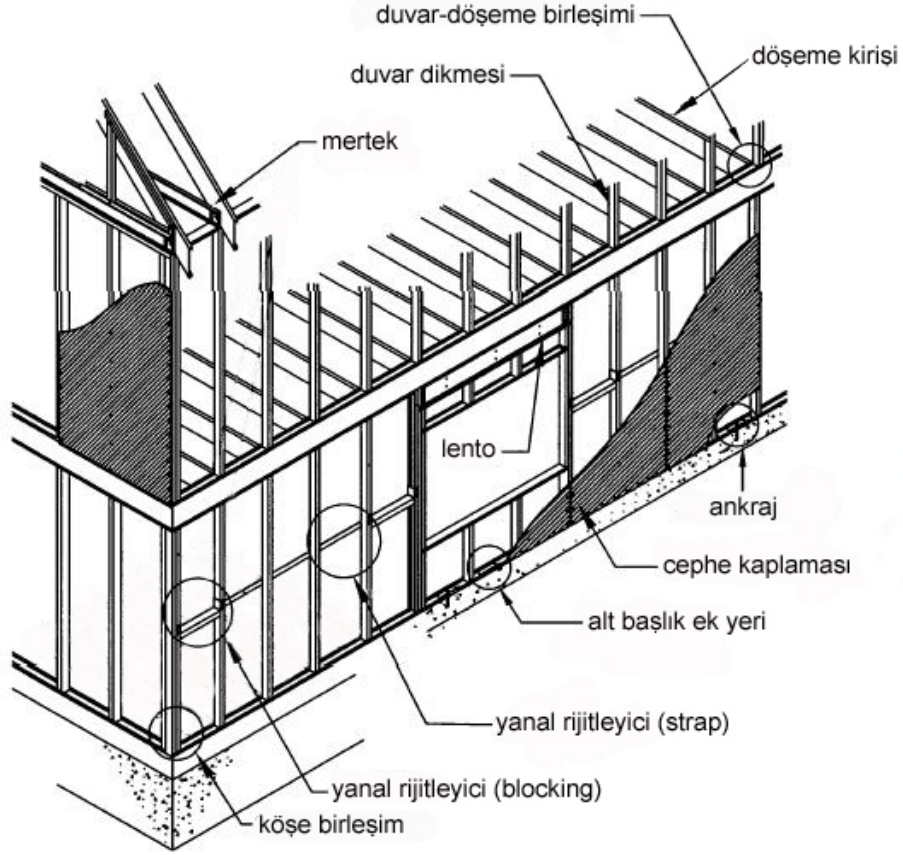
Döşeme yönlerinin ve kesitlerinin belirlenmesinden sonra, çatı formu incelenir. Çatının en uygun çözümü sağlayacak şekilde makas veya panel çatı olma durumuna göre mesnetleneceği duvarlar tesbit edilir.

Çatı ve döşeme ile ilgili gerekli ön tasarımın yapılmasının ardından, bu seçimlere uygun olarak taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan duvarlar belirlenir. Duvar kalınlıkları ve duvarı oluşturan profil kesitleri yukarıdaki verilere göre belirlenir.

Çatı taşıyıcı strüktürü belirlendikten sonra, çatının makas olması durumunda makas formu ve eleman kesitleri üretilen profillere göre hazırlanan makas tablosundan seçilir. Standart makasların dışındaki makaslarda hesap yapılmalıdır. Çatının panel olması durumunda ise, paneli oluşturan mertekler, mertek profil tablosundan seçilecektir.

Kapı ve pencere açıklıklarında lentoların döşeme kirişinin veya çatı makasının bu duvarlara mesnetlenme durumuna göre taşıyıcı veya konstrüktif olmasına karar verilir.

Yukarıda belirtilen seçimler yapıldıktan sonra, döşeme yönleri ve kesitleri, tali kirişler, duvar kalınlıkları ve kesitleri, makas formları, makas aralıkları ve makas profil kesitleri ile taşıyıcı ve konstrüktif lentolar projeye işlenmelidir.

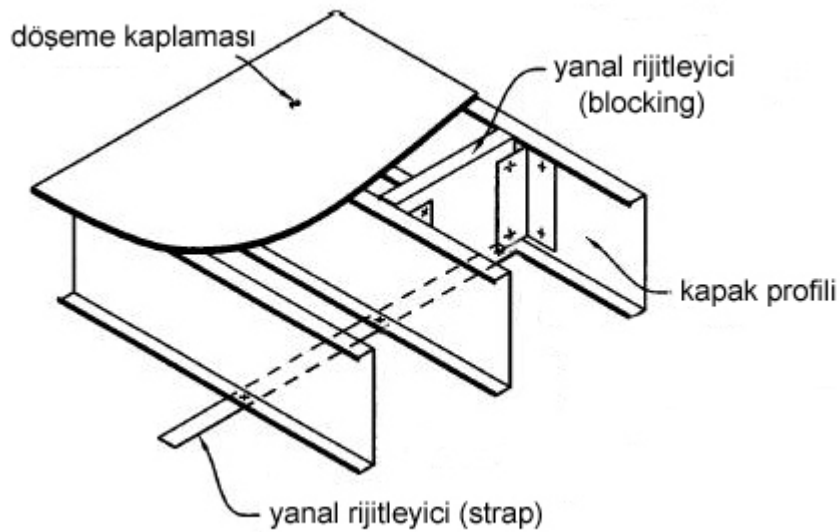


Şekil 3.1 Hafif Çelik Yapı Konstrüksiyonu (Nader, R., Elhajj P.E., Bielat K., NAFSA, 2000)

3.1.1. Döşeme Tasarımı

Döşemeler genellikle kısa açıklık yönünde çalıştırılırlar. Açıklıkları geçmek için en sık kullanılan elemanlar, iki ucu U kesit profiller içine yerleştirilmiş olan C kesit profillerdir. Burada malzeme et kalınlığı $t_{min} = 1,2$ mm olan U profiller kullanılmalıdır. Döşeme kirişleri, tek veya çok açıklıklı olmalarına göre, AISI döşeme tablolarında yer alan açıklık değerlerini aşmayacak şekilde belirlenmelidir. (Nader, R. , Elhajj P.E. , Bielat K., NAFSA, 2000)

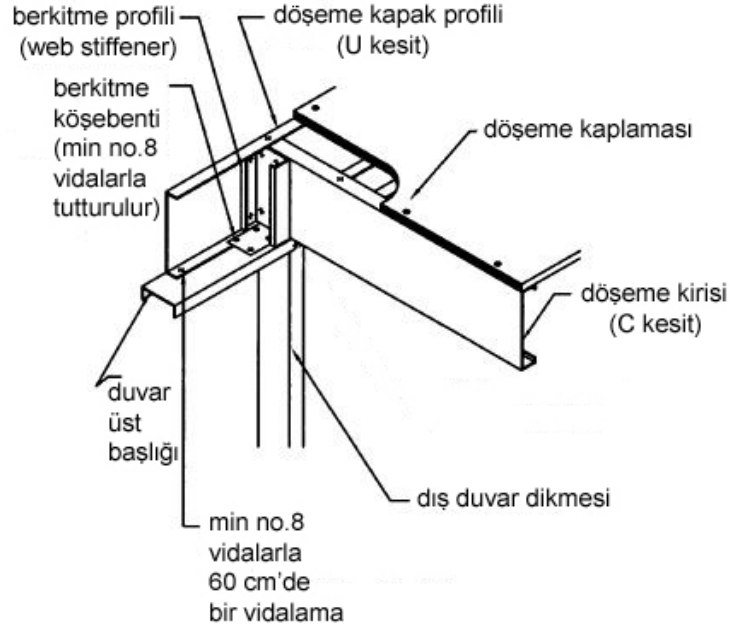
Döşeme iskeleti oluşturulduktan sonra, kirişler üstten bağlanmalı, böylece döşeme yanal etkilere karşı rijit hale getirilmelidir. OSB yapı plakaları ile döşeme iskeleti kaplandıktan sonra, döşeme yanal yülere karşı mukavim hale gelir. Şartnamede 3,7 m' yi geçen açıklıklarda döşeme altının da bağlanması gerektiği vurgulanmıştır. Bunun için minimum 6 numara vidalarla döşeme altına alçıpan kaplama yapılması veya düz çelik şeritler ile döşeme kirişlerinin birbirine bağlanması öngörülmüştür. Bu şeritler minimum 1 1/2 inç (38 mm) genişlikte ve 1/3 inç (0,84 mm) kalınlıkta olmalıdır. Yanal rijitleyicilerin yeterli olmadığı durumlarda, döşeme kirişleri birbirlerine, U kesitli başlık profillerinden kesilen ve 'solid blocking' diye adlandırılan tali kirişler ile bağlanır. Bu yardımcı parçalar, kirişin alt ve üst flanşına çapraz olarak atılan iki adet vida ile bağlanır. (Nader, R. , Elhajj P.E. , Bielat K.)



Şekil 3.2 Döşeme Kirişlerinin Rijitlenmesi (NASFA, 2000)

C profillerden oluşan kirişler, duvar dikmelerinin üzerine gelecek şekilde mesnetlendirilmelidir. Mesnetlendirme, tüm kirişlerin U profillere bağlandıkları uçlarda, kısa berkitme profilleri ve köşebent parça vasıtasıyla yapılmalıdır. Berkitme profilleri (web stiffener) $t_{\min} = 1/3$ in (0,84 mm) olan C profillerden veya $t_{\min} = 0,43$ inç (1,09 mm) olan U profillerden seçilebilir. Berkitme profillerinin uzunluğu C kiriş gövde uzunluğu kadar olmalıdır. Duvar dikmelerine denk gelmeyen kirişler için, C

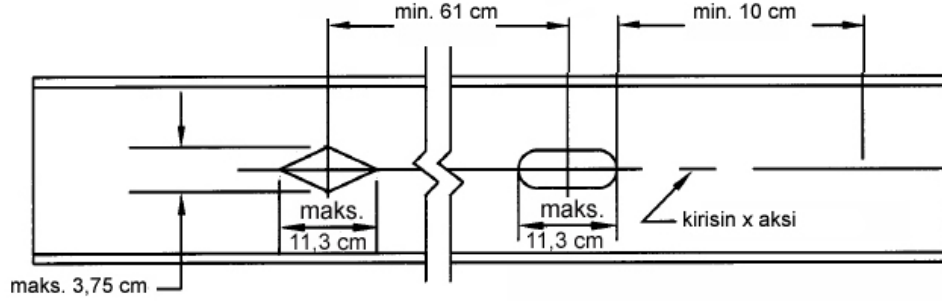
kirişin y eksenini ile C duvar dikmesinin y eksenini arasında, ek mesnetleme gerekmeden izin verilen mesafe 3/4 inç (19 mm)' dir. Bu aralığı aşan durumlarda, kirişin üstünde bir taşıyıcı eleman destek mesneti kullanılmalıdır. (NASFA, 2000)



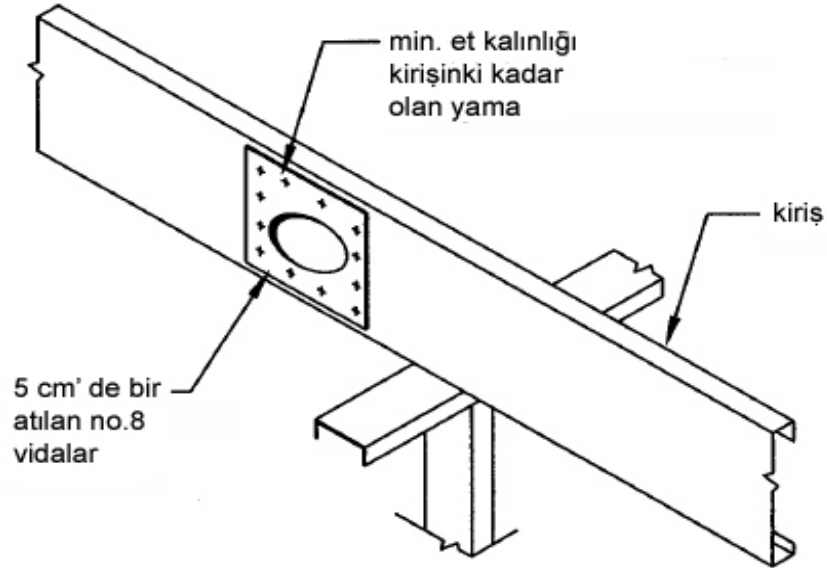
Şekil 3.3 Döşeme-Duvar Birleşim Detayı ve Döşeme Üstü Kaplama
(NASFA, 2000)

Kirişlerin üzerinde, mekanik ve elektrik projelerine uygun olarak, fabrika üretimi esnasında “delme” işlemi ile kontrollü bir şekilde tesisat delikleri açmak mümkündür. Aşağıdaki şekillerde delik açarken uyulması gereken şartlar gösterilmiştir. Delik çapı veya delik aralığı şartlarının mecburen aşılması halinde, delinen kirişin et kalınlığından az olmamak koşulu ile delik çapından her yönde 1 in (25 mm) büyük olacak şekilde bir çelik yama yapılmalıdır. Bu yama minimum 8 numara vidalar ile maksimum 2 inç (51 mm) aralıklı olacak şekilde vidalanmalıdır. Bu durumlar haricinde kirişlerin herhangi bir kısmında kesik veya çentik olmasına izin verilmez. Delik çapının, 6 inç (152 mm)' yi veya gövde genişliğinin % 75' ini

aştığı durumlarda, analiz yapılarak ek eleman takviyesi veya kirişin yerinin değiştirilmesi söz konusu olur. (NASFA, 2000)



Şekil 3.4 Kirişlerde Açılacak Delik Çapları ve Mesafeleri (NASFA, 2000)



Şekil 3.5 Gövdede Büyük Delik Açılması Durumunda Yapılacak Yama (NAFSA,2000)

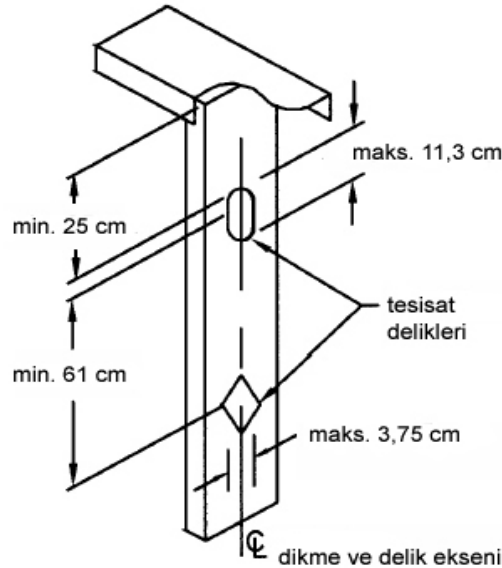
Döşeme kirişlerinin ekli tasarlanması halinde, bütün ekleme şartları mühendislik analizleri doğrultusunda belirlenecektir ve ekler mesnetler üzerinde olacaktır.

Döşemeler, duvarlardan farklı olarak tüm elemanların şantiye ortamında birleştirilmesi ile oluşturulurlar. Dolayısıyla atölye ortamında, montaj sehpaları

üzerinde kontrollü bir şekilde birleştirilen duvarlara göre, şantiyede 1. kat veya 2. kat döşeme boşlukları üzerinde birleştirilen döşemelerin inşasında daha dikkatli olunması gerekmektedir. Bu aşamada oluşabilecek hatalar binanın yapısal bütünlüğüne gölge düşürebilir.

3.1.2. Duvar Tasarımı

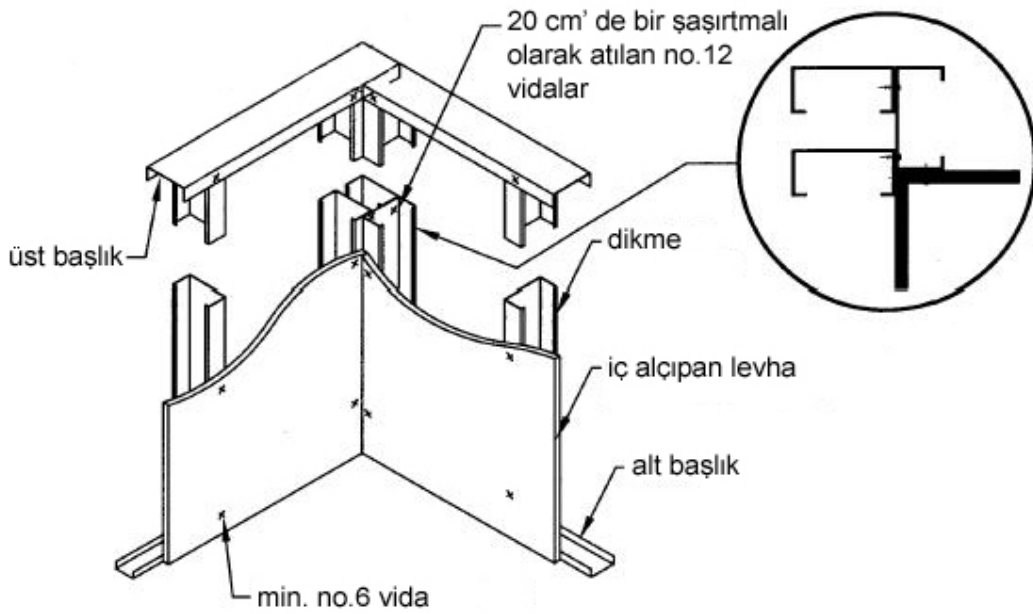
Döşeme ile ilgili ön tasarımın ardından, çatının makas çatı olması durumuna göre, bu seçimlere uygun olarak taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan duvarlar belirlenir. Taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan duvarlar, dikme profillerinin, çeşitli yükleme durumları altında, maksimum aksenal yük taşıma kapasitelerini veren tablolar vasıtasıyla ebatlandırılır. Duvar panelleri, alt ve üst başlık olarak kullanılan U kesit profillerin arasına yerleştirilen C kesit dikme profillerinden oluşur. AISI' ye göre U profillerin et kalınlığının dikme et kalınlığına eşit veya bu kalınlıktan daha büyük olması istenir. Yine AISI' ye göre akma gerilmesi $F_{y \min} = 33 \text{ ksi} (2277 \text{ kg/cm}^2)$ olması istenen dikmeler alt ve üst başlığa tam mesnetlik sağlayacak biçimde düzgünce ve iki taraftan vidalar yardımıyla bağlanır. (NASFA, 2000, Prescriptive Method)



Şekil 3.6 Dikme Üzerinde Açılacak Delik Çapları ve Mesafeleri (NAFSA, 2000)

Döşeme kirişlerinde olduğu gibi dikmelerde de tesisat deliklerinin açılması sırasında uyulması gereken şartlar belirlenmiştir. Delik açılması ile ilgili şartlar, tüm taşıyıcı kesitler ve profiller için geçerlidir.

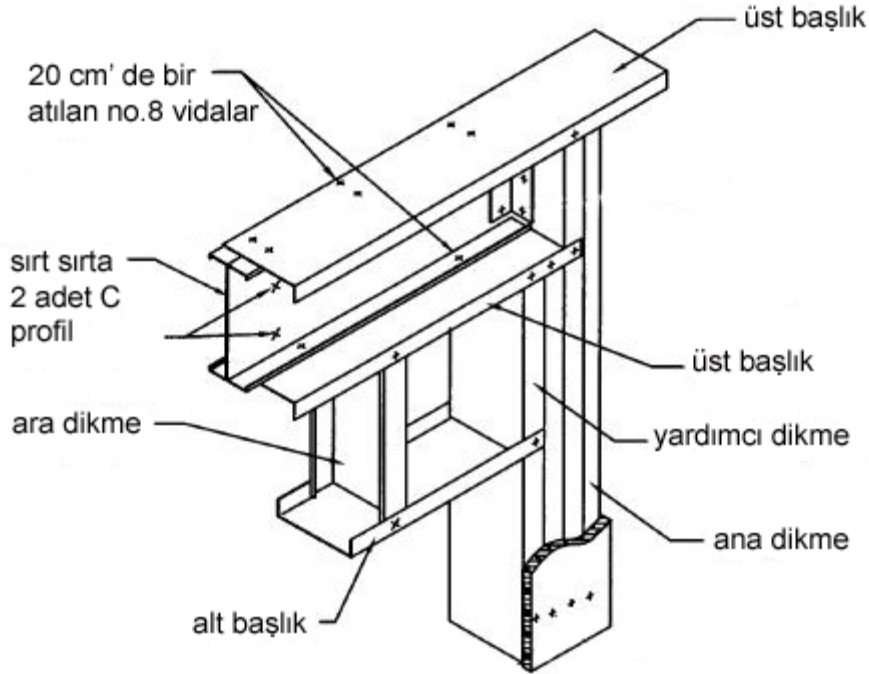
Duvar panellerinin tasarımı esnasında dikkat edilecek başka bir konu da, köşe ve T birleşimlerdir. Dış veya iç, taşıyıcı veya taşıyıcı olmayan tüm duvarların birleşiminde en az 3 adet dikme kullanılmalıdır. Duvar birleşimleri, şaşırtmalı vidalama tekniği ile 20 cm aralıklarla atılacak no.12 vidalar vasıtasıyla gerçekleştirilmelidir. (NAFSA,2000,Prescriptive Method for Residential CFS Framing)



Şekil 3.7 Duvarların T Birleşim Detayı (NAFSA, 2000)

Duvar panellerinde yer alan pencere ve kapı boşluğu gibi kısımlarda yük aktarımı lentolar yardımı ile yapılacaktır. Döşeme kirişlerinin yönüne göre lentolar taşıyıcı ve konstrüktif lento olarak ayrılırlar. Konstrüktif lento, herhangi bir yük taşımadığından, sadece üstten gelen dikmelerin alttan sabitlenmesini sağlayan ve pencere veya kapı boşluğunu sınırlayarak körkasa gibi çalışan bir ters U profilden oluşur. Taşıyıcı lentolar ise, döşeme kirişlerinin bastığı dikmelerin yükünü iki yandaki dikmelere aktararak bir nevi kiriş gibi çalışırlar. Genellikle sırt sırta bağlanan iki adet C kesit profili içine alan U kesit profiller olarak tasarlanırlar. Lentoların geçebileceği

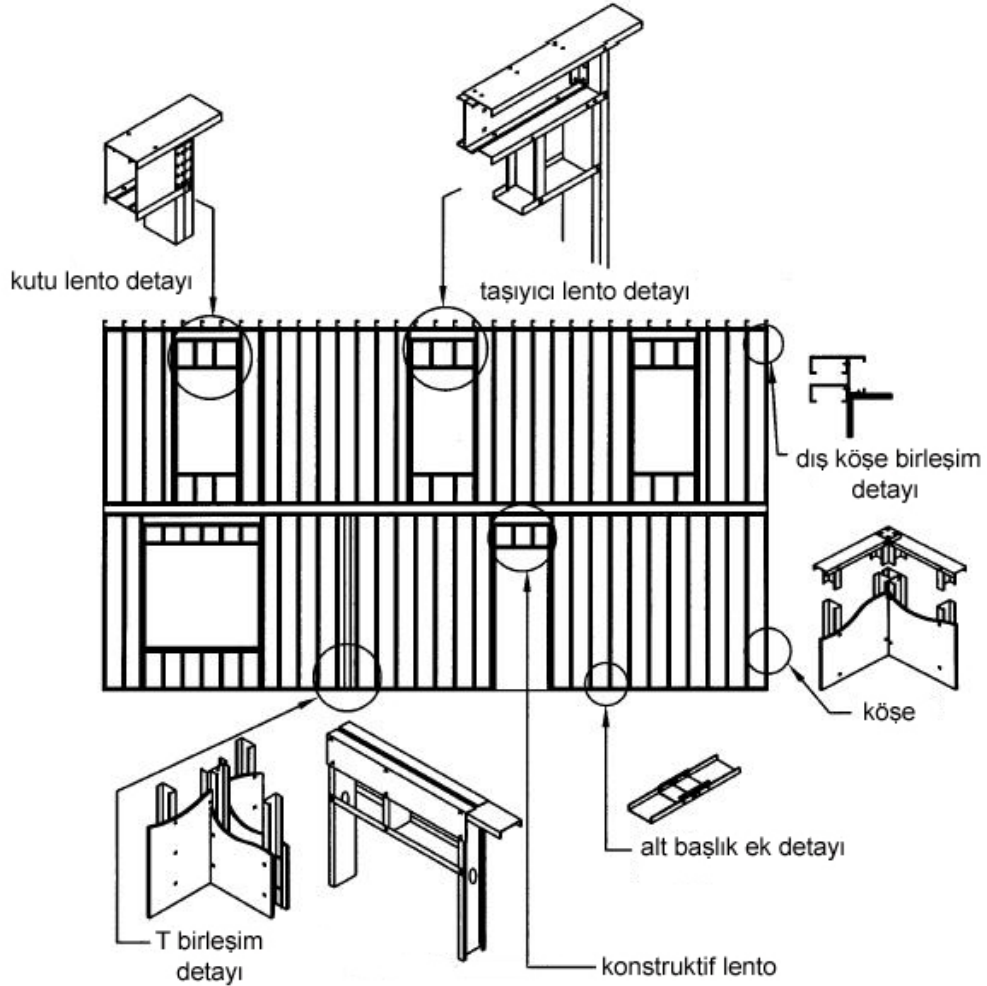
maksimum açıklık değerleri, lentonun üzerinde yer alan döşeme veya çatı yüklerine göre AISI' nın oluşturduğu tablolarda belirtilmiştir.



Şekil 3.8 Taşıyıcı Lento Detayı (NAFSA, 2000)

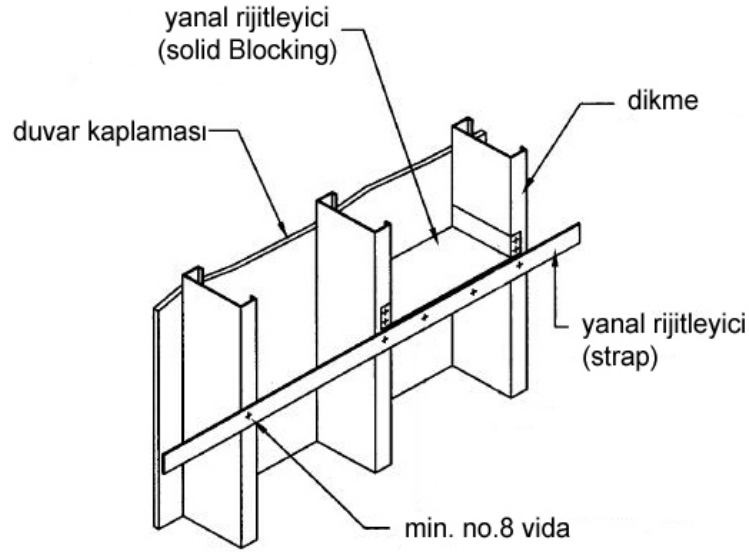
Dikmelerin dizaynı esnasında duvar panellerinin yatay yüklere karşı rijitlenmesi gerekmektedir. AISI' ya göre, etkin rüzgar hızının 90 mph (145 km/sa)' lik bir hızının altında olan bölgelerde veya A,B,C sismik zonlarında (2, 3 ve 4. derece deprem bölgesi olarak kabul edilebilir), tüm dış duvarlar, minimum 11 mm kalınlığındaki OSB yapı panelleri ile veya minimum 12 mm kalınlığındaki plywood paneller ile kaplanmalıdır. Kaplı duvar yüzeyinin, tüm duvar yüzeyine oranının minimum değerleri, yine ilgili tablolarda çeşitli rüzgar hızlarına göre belirtilmektedir. Dış duvarların yapı panelleri ile kaplanması esnasında dikkat edilecek hususlar, panellerin uzun kenarının, dikmelere paralel şekilde monte edilmesi ve binanın köşelerinde en az 48 inç (1,12 m) genişliklerde paneller kullanılmalıdır. Panellerin vidalanması ile ilgili diğer detaylar bölüm 2.5' te anlatılmıştır. Aynı şekilde tüm iç duvarlar da alçıpan plakalar ile kaplanarak dikmelerin yatay yükler etkisindeki

hareketi sınırlandırılmalıdır. Yük aktarma durumlarında, duvar panellerine diyagonal bağlantılar ve ek rüzgar bağlantıları gerekmektedir. (NAFSA, 2000)



Şekil 3.9 Hafif Çelik Yapı Duvar Detayları (NAFSA, 2000)

Rüzgar hızının yukarıda belirtilen sınırlar üzerinde olduğu bölgelerde ve D sismik zonunda (1. derece deprem bölgesi olarak kabul edilebilir), dikmeler, U kesit başlık profillerinden kesilecek en az 1,4 mm kalınlığındaki elemanlar ve en az 1,5-2,5 cm genişliğinde, 0,8 mm kalınlığında çelik şeritler ile birbirine bağlanmalıdır.



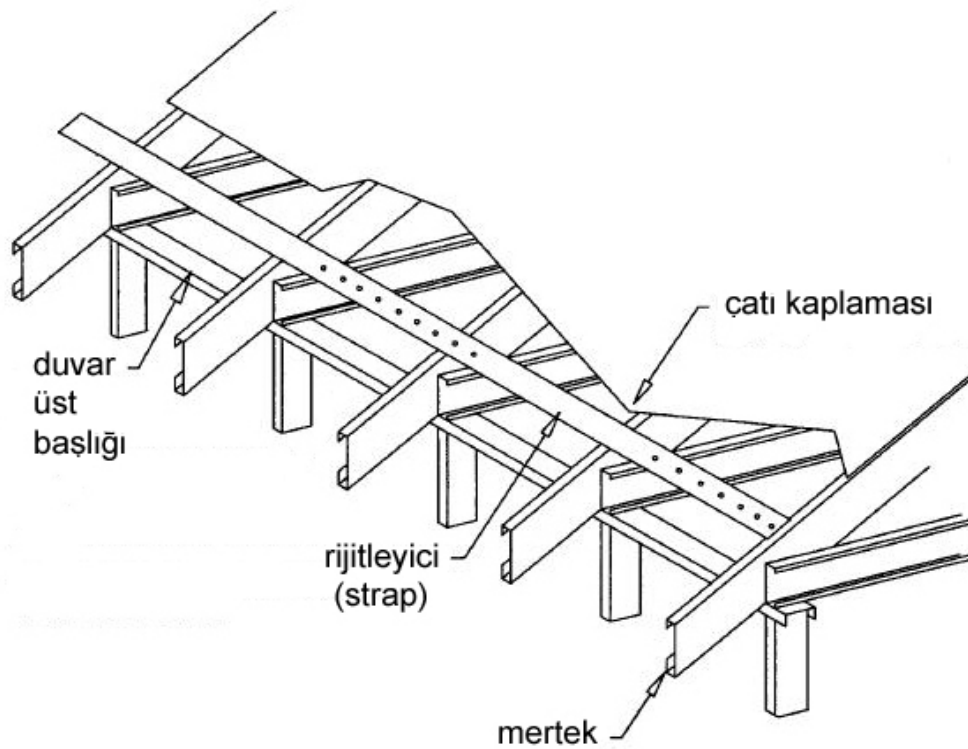
Şekil 3.10 Duvar Dikmelerinin Yanal Olarak Rijitlenmesi (NAFSA, 2000)

Duvar panellerinin ekli tasarlanması halinde, bütün ekleme şartları mühendislik analizleri doğrultusunda belirlenecektir. Bu durumda, alt ve üst başlıklar arasına C kesit profil konulup vidalanarak birleşim gerçekleştirilecektir.

Duvarlar, alt başlıklarından temele veya alt kat duvarının üst başlığına dübel ve vidalar yardımı ile ankre edilmelidirler. Bu işlem için AISI, kullanılacak minimum dübel ve vidaların çap ve adetlerini, uygulama yapılacak bölgeye göre, tablolar halinde sunmuştur.

3.1.3. Çatı Tasarımı

Strüktür çatı şekline göre iki şekilde çözülebilir. Çatı, makas çatı olarak dizayn edilmişse, çatıya etkiyen yükler bulunarak makasın statik çözümü yapılır. Makas formu ve kesitleri tesbit edilir. Taşıyıcı çerçeveye iletilecek makas reaksiyonları tesbit edilir. Bu reaksiyon kuvvetleri ve diğer yükler altında çerçevenin çözümü yapılır. Çatının panel çatı olması durumunda ise çerçeve sistemi, çatı ile birlikte bütün olarak çözülür, eleman tablosundan mertek ebatları seçilir.



Şekil 3.11 Panel Çatı Örneği (NAFSA, 2000)

Son kat tavan döşemesi oluşturulurken kullanılacak esaslar, döşeme tasarımı bölümünde aktarılmıştır. Üzerine etkiyen yüklerin az olması nedeniyle son kat döşemesinin kirişleri, taşıyıcı döşeme kirişlerinden farklı olarak, kalınlık ve kesit olarak daha küçük malzemeden seçilir. Tesisatlar tavan arasından aktarılabilmesi için, kirişlerde delik açılmasına gerek yoktur. Son kat kirişleri alt flanşlarından alçıpan plakalar, üst flanşlarından da maksimum 1,2 m aralıklarla vidalanan C kesit profiller veya çelik şeritler vasıtasıyla yanal olarak rijitlenir. (NAFSA, 2000)

Çatının panel çatı olarak tasarlanması halinde yukarıdaki kurallar mertekler için aynen geçerlidir. Mertekler, son kat döşeme kirişlerine, berkitme profilleri yardımı ile mesnetlendirilirler.

Çatı dizaynında dikkat edilmesi gereken bazı noktalar aşağıdaki gibidir. Çatıyı oluşturan makas veya panellerde kullanılan profillerin tümünün gövdeleri deliksiz olarak üretilmelidir. Tüm kafesler, montaj esnasında taşıyıcı duvarlara

mesnetlendirilmelidir. Tüm mesnet noktalarında ve tekil yüklemelerin bulunduğu yerlerde, sistemin diğer kısımlarında olduğu gibi, berkitme profilleri kullanılacaktır. Ayrıca makasın yanal bağlantısının yapılması gerekmektedir.

3.2. Temel Tasarımı

Temel tasarlanırken zemin su seviyesi, drenaj koşulları, donma derinliği, bölgede heyelan olup olmaması gibi koşullar göz önünde bulundurulmalıdır. Bu kriterlere uygun olarak zemin tipi belirlenmeli, zemin mekaniği açısından gerekli görüldüğü takdirde kaya blokaj uygulanmalı, heyelana müsait veya zemin suyunun sığ olduğu bölgelerde temel bohçalaması ve zemin sularının drenajı yapılmalıdır. Zeminin mekanik ve jeolojik özelliklerine uygun olarak, binanın yüklerini zemine aktaracak betonarme temelin statik hesaplamaları, konvansiyonel betonarme yapıların temel boyutlandırma hesaplarına göre farklılık göstermez. Ancak hafif çelik bir binanın zemine aktaracağı yükler, betonarme binaninkine oranla çok düşük olacağından temel oldukça ekonomik boyutlarda tasarlanabilir.

3.3. Statik Tasarım

Soğukta şekil verilmiş kesitlerle oluşturulan Hafif Çelik Yapıların tasarımında kullanılan şartnameler ve hesaplamalar, dolu gövde çelikle oluşturulan konvansiyonel sistemlerin tasarımına göre farklılık gösterirler. Elemanların daha narin ve ince kesitli olmasından dolayı karşılaşılabilecek durumlar farklı şekilde ele alınarak çözümlenebilir. Burada kullanılan hesaplamalar AISI – Soğukta Şekil Verilmiş Çelik Elemanların Tasarım Şartnamesi' nde (Specification for the Cold-Formed Steel Structural Members 1996 Edition) belirtilen kurallara göre yapılmıştır. Hesap yöntemi olarak Taşıma Gücü Yöntemi seçilmiştir.

Taşıma gücü yöntemine göre, tasarlanan elemanın dayanımı hesaplanır. Bulunan değer, gereken dayanım değerine eşit veya ondan daha büyük olması gerekir. Aşağıdaki kısımlar boyunca hesaplanacak itibari dayanım değeri (R_n), azaltma faktörü (ϕ) ile çarpılarak tasarlanan elemanın dayanım değeri bulunacaktır.

3.3.1. Çeliğin Akma Dayanımı Hesabı

F_{uv}/F_{yv} ve R/t oranları, oluşturulan kesitlerin mekanik özelliklerindeki değişimi etkileyen en önemli oranlardır.

F_{uv} / F_{yv} oranı artarsa çeliğin akma gerilimi azalır.

R / t oranı azalırsa çeliğin akma dayanımı azalır.

F_{uv} : İşlenmemiş çeliğin çekme (kopma) dayanımı

F_{yv} : İşlenmemiş çeliğin akma dayanımı

R : Bükme yarıçapı

t : Sac kalınlığı

$$F_{ya} = C F_{yc} + (1-C) F_{yf}$$

$$F_{yc} = F_{yv} B_c / (R/t)^m$$

$$F_{yc}/F_y = B_c / (R/t)^m$$

$$B_c = 3,69 F_{uv}/F_{yv} - [0,819 (F_{uv}/F_{yv})^2 + 1,79]$$

$$m = 0,192 F_{uv}/F_{yv} - 0,068$$

F_{ya} : Basınç elemanının tüm kesitindeki, eğilme elemanının ise flanş kesitindeki ortalama akma dayanımı

F_{yc} : Köşelerde çekmeye dayalı akma dayanımı

F_{yf} : Düz kısımlarda çekmeye dayalı akma dayanımı

C : Basınç elemanları için köşelerin toplam enkesit alanının tüm enkesit alana oranı, eğilme elemanları için hakim flanşın köşelerinin toplam enkesit alanının tüm flanş enkesit alanına oranı

F_{yc} denklemi, aşağıdaki koşullar geçerli ise uygulanabilir.

$$F_{uv}/F_{yv} \geq 1,2$$

$$R/t \leq 7$$

$$\theta \leq 120^\circ \text{ (bükme açısı)}$$

3.3.2. Elemanların Kesit Özellikleri

3.3.2.1. Boyutsal Sınırlamalar

Soğukta şekil verilmiş çelik kesitler ince et kalınlığına sahip kesitlerdir. Bu tür malzemeler, basınca maruz kaldıklarında burkulmaya müsait davranış gösterirler. Bu yüzden oluşturulan kesitin flanşın genişlik/kalınlık ve gövdenin genişlik/kalınlık oranları aşağıdaki şekilde sınırlandırılmıştır.

- Maksimum Flanş düz genişliği / Et kalınlığı Oranı :

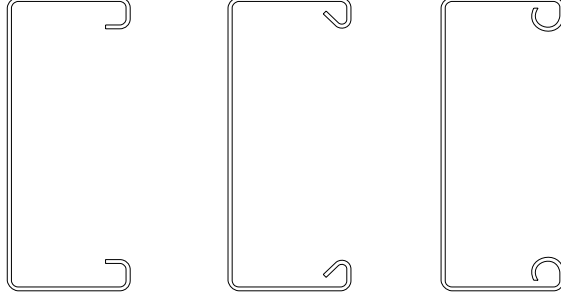
Etkin alan dışında kalan flanş genişliğinin, elemanın kesit kalınlığına oranının maksimum değerleri aşağıdaki gibidir.

Tablo 3.1 İzin Verilen Maksimum Flanş düz genişliği / Et kalınlığı Oranları

| | |
|--|-----|
| Basınç gerilmesi doğrultusuna paralel uzun kenarlardan biri gövde veya flanş elemanla, diğeri ise kenar rijitleştiricisi ile rijitleştirilmiş düzlemsel eleman | 60 |
| Basınç gerilmesi doğrultusuna paralel uzun kenarlardan biri gövde veya flanş elemanla, diğeri ise $I_s \geq I_a$ ve $D/w \leq 0,8$ koşuluna göre rijitleştirilmiş düzlemsel eleman | 90 |
| Basınç gerilmesi doğrultusuna paralel iki uzun kenarı da gövde, flanş veya kenar rijitleştirici elemanla, rijitleştirilmiş ve başka rijit elemanlara bağlanmış düzlemsel eleman | 500 |
| Rijitleştirilmemiş eleman veya $I_s < I_a$ ve $D/w \leq 0,8$ koşuluna göre bir kenarından rijitleştirilmiş düzlemsel eleman | 60 |

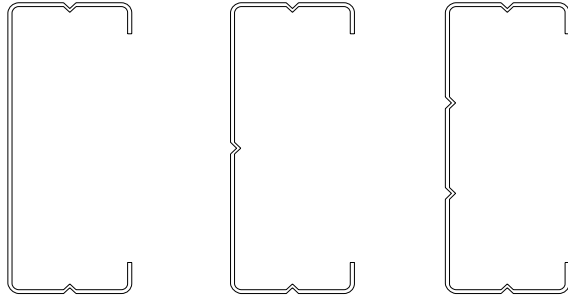
Kenar Rijitleştirici Tanımı : Düzlemsel basınç elemanının, kendi düzlemine etkiyen basınç gerilmeleri doğrultusuna paralel kenarlarını rijitleştirmek amacıyla oluşturulan kenar bükümüdür. Kendi düzlemi içerisinde basınç gerilmesine maruz bir düzlemsel elemanın, rijitlendirilmiş basınç elemanı sayılabilmesi için, gerilme

doğrultusundaki her iki kenarından, bir gövde levhası, flanş elemanı veya kenar rijitleştirici ile rijitleştirilmiş olması gerekir.



Şekil 3.12 Kenar Rijitleştirici Örnekleri

Ara Rijitleştirici Tanımı : Kenar rijitleştiriciler haricinde, elemanın gövde levhası üzerinde bükme yapılarak oluşturulan elemanlara ara rijitlendirici denir. Bu şekilde, gerilme doğrultusuna paralel olarak ara rijitleştiriciye sahip elemanlara “çok rijitleştirilmiş basınç elemanı” adı verilir.



Şekil 3.13 Ara Rijitleştirici Örnekleri

- Flanş Kıvrılması :

Flanş genişliğinin nadiren fazla olduğu durumlarda, bu genişlik aşağıdaki denklem ile sınırlandırılır.

$$w_f = \sqrt{0.061 t d E / f_{av}} \sqrt[4]{(100 c_f / d)}$$

w_f : Flanş genişliği

t : Flanş kalınlığı

d : Kirişin derinliği

c_f : Kıvrılma oranı

f_{av} : Tüm flanş genişliğine etkiyen ortalama gerilme değeri

- Tekil Yüke Maruz Kısa Açıklıklarda Oluşan Kayma Etkisi:

$30 w_f$ ' den kısa açıklıktaki kirişlere bir tekil yük veya $2 w_f$ mesafesinden büyük aralıklarda çeşitli yüklerin etkimesi durumunda flanş genişliği sınırlandırılır.

- Maksimum Gövde Yüksekliği / Et kalınlığı Oranı :

h / t oranı, soğukta şekil verilmiş kesitlerde aşağıdaki sınırları aşamaz.

Tablo 3.2 İzin Verilen Maksimum Gövde Yüksekliği / Et kalınlığı Oranı

| | |
|--|-----|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Maksimum Gövde Yüksekliği / Et kalınlığı Oranı : h / t oranı, soğukta şekil verilmiş kesitlerde aşağıdaki sınırları aşamaz. | 200 |
| <p>Tablo 3.2 İzin Verilen Maksimum Gövde Yüksekliği / Et kalınlığı Oranı</p> <p>Gövde levhaları rijitleştirilmemiş elemanlar için, $(h/t)_{max}$</p> | |
| Gövde levhaları rijitleştirilmiş elemanlar için, $(h/t)_{max}$ | 260 |
| Gövde levhaları rijitleştirilmiş, ara rijitleştiricili elemanlar için, $(h/t)_{max}$ | 300 |

3.3.2.2. Etkin Genişlik Hesabı

- Basınç Etkisindeki Rijitleştirilmiş Elemanların Etkin Genişlik Hesabı

Etkin genişlik b aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\lambda \leq 0,673 \quad \text{ise} \quad b = w$$

$$\lambda > 0,673 \text{ ise } b = \rho w$$

λ : Narinlik katsayısı

w : Düz flanş genişliği

$$\rho = (1 - 0,22 / \lambda) / \lambda$$

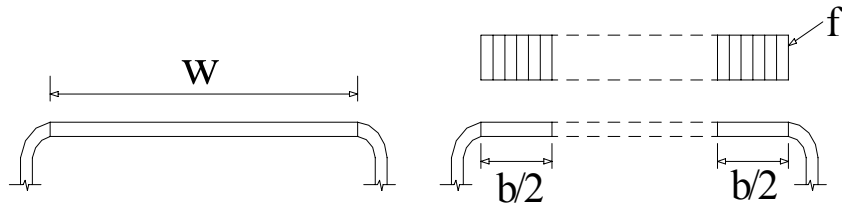
$$\lambda = \frac{1,052}{\sqrt{k}} \left(\frac{w}{t} \right) \sqrt{\frac{f}{E}}$$

t : Basınca maruz elemanın et kalınlığı

k : Plaka burkulma katsayısı

E : Elastisite modülü

f : Dizayn gerilmesi



Şekil 3.14 Etkin Genişlik [24]

Eğilmeye çalışan elemanlarda f değeri akma gerilmesi F_y ' ye eşit veya bu değerden daha küçük alınır. Basınca çalışan elemanlar için $f = F_n$ olarak alınır. (F_n değeri 3.3.4' te hesaplanmıştır.)

k değeri, iki uzun kenarı rijitleştirilmiş elemanlar için 4 olarak alınır. (Değişik durumlar için k değerleri AISI 1996 Ed. VI-38 sayfasında C-B2-1 tablosunda verilmiştir.)

3.3.3. Eğilmeye Çalışan Elemanlar

Soğukta şekil verilmiş çelik elemanların dizaynında, uygulamaya göre değişen kesit özellikleri kullanılır. Eğilmeye çalışan ve basınca maruz elemanların hesabında etkin alan ve etkin boyutlar kullanılır. (Uzgider, Arda, 1989)

Flanş veya kenar rijitleştiricileri sayesinde yeterli eğilme rijitliğine sahip elemanların moment taşıma kapasiteleri yanal burkulma olasılığı nedeniyle sınırlıdır. Ayrıca elemanın gövde levhasında, gövde yüksekliğine bağlı olarak yerel burkulma kontrolü gerekir. Sıcakta haddelenmiş çelik elemanlardan farklı olarak, soğukta şekil verilmiş elemanlarda kayma gecikmesi ve flanş kıvrılması gibi kontrollerin de yapılması gerekmektedir. (Uzgider, Arda) Soğukta şekil verilmiş çelik elemanlara uygulanacak kontroller aşağıdaki gibidir:

- Eğilme gerilmesi kontrolü
- Sehim kontrolü
- Yanal burkulma kontrolü
- Kayma gerilmesi kontrolü
- Eğilme ve kayma gerilmesi kontrolü
- Gövde buruşması kontrolü

3.3.3.1. Eğilme Gerilmesi Kontrolü

Eğilmeye çalışan elemanların, eğilme dayanımlarının saptanması gerekir. Bunun için elemanın, etkin kesitinin akma başlangıç sınırına göre hesaplamalar yapılır.

$$M_a = M_n \phi_b$$

$$M_n = S_e F_y$$

M_a : Elemanın eğilme dayanımı

M_n : Elemanın itibari eğilme dayanımı

ϕ_b : Azaltma faktörü

S_e : Etkin kesitin elastik kesit modülü

F_y : Akma gerilmesi

$$\phi_b = 0,95 \quad (\text{Flanş ve kenar rijitleyicilerle rijitleştirilmiş elemanlar})$$

$$\phi_b = 0,90 \quad (\text{Rijitleştirilmemiş elemanlar})$$

3.3.3.2. *Sehim Kontrolü*

Kirişlerin sehim hesabında, atalet momentinin saptanması, kiriş enkesitinin basınca çalışan flanşının özelliklerine bağlıdır. Flanşı rijitleştirilmiş basınç elemanı tipinde olan kiriş kesitlerinde atalet momenti, etkin genişlik nedeniyle azaltılmış kesit ölçülerine dayanılarak hesaplanır. Bu durumda, flanşa etkiyen normal gerilme şiddetinin, etkin kesit mukavemet momenti ve moment diyagramının değişimine bağlı olması nedeniyle, etkin kesit atalet momentinin kiriş eksenine boyunca değişken olduğu görülür.

Basit kiriş kabulüyle, maksimum moment için hesaplanmış etkin atalet momenti kullanılarak hesaplanan sehim değerleri uygulama açısından kabul edilebilir hassasiyettir. (Uzgider, Arda)

$$\delta_{\max} = \frac{5wL^4}{384EI}, \quad \delta_{\max} \leq L / 360$$

δ : Sehim değeri

w: Kirişe etkiyen toplam yayılı yük

L: Kiriş açıklığı

I: Atalet momenti

E: Elastisite modülü

3.3.3.3. Yanal Burkulma Kontrolü

Yanal burkulmaya maruz ancak yanal olarak rijitleştirilmemiş tekil, çift veya simetrik kesitlerin itibari moment değeri aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$M_n = S_c \frac{M_c}{S_f}$$

S_f : Azaltılmamış kesitin elastik kesit modülü

S_c : M_c / S_f gerilmesine göre hesaplanmış etkin kesitin elastik kesit modülü

M_c : Kritik moment değeri

$$M_e \geq 2,78 M_y \text{ ise,}$$

$$M_c = M_y$$

$$2,78 M_y > M_e > 0,56 M_y \text{ ise, } M_c = \frac{10}{9} M_y \left(1 - \frac{10M_y}{36M_e} \right)$$

$$M_e \leq 0,56 M_y \text{ ise,}$$

$$M_c = M_e$$

M_y : Tüm kesitin en dış basınç noktasında eğilmeye yol açan moment değeri

M_e : Elastik kritik moment

$$M_y = S_y F_y$$

3.3.3.4. Kayma Gerilmesi Kontrolü

Herhangi bir kesitin itibari kayma dayanımı V_n aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$(a) h/t \leq 0,96 \sqrt{E k_v / F_y}$$

$$V_n = 0,60 F_y h t$$

$$\phi_v = 1,0$$

$$(b) 0,96 \sqrt{E k_v / F_y} < h/t \leq 1,415 \sqrt{E k_v / F_y}$$

$$V_n = 0,64 t^2 \sqrt{k_v F_y E}$$

$$\phi_v = 0,90$$

$$(c) h/t > 1,415 \sqrt{E k_v / F_y}$$

$$V_n = \frac{\pi^2 E k_v t^3}{12(1-\mu^2)h} = 0,905 E k_v t^3 / h$$

$$\phi_v = 0,90$$

V_n : Kirişin itibari kayma dayanımı

ϕ_v : Azaltma faktörü

t : Gövde kalınlığı

h : Gövdenin düz kısmının yüksekliği

k_v : Kayma burkulma katsayısı

1. Güçlendirilmemiş kirişler için $k_v = 5,34$

2. Enine rijitleyicilerle güçlendirilmiş kirişler için,

$$a/h \leq 1,0 \quad \text{ise} \quad k_v = 4,00 + \frac{5,34}{(a/h)^2}$$

$$a/h > 1,0 \quad \text{ise} \quad k_v = 5,34 + \frac{4,00}{(a/h)^2}$$

a : Enine rijitleştiriciler arasındaki net aralık

3.3.3.5. Eğilme ve Kayma Gerilmesi Kontrolü

Gövdesi güçlendirilmemiş kirişler için gerekli eğilme dayanımı M_u ve gerekli kayma dayanımı V_u değerleri, aşağıdaki etkileşimli denklemi sağlamalıdır:

$$\left(\frac{M_u}{\phi_b M_n} \right)^2 + \left(\frac{V_u}{\phi_v V_n} \right)^2 \leq 1,0$$

Gövdesi enine rijitleştiricilerle kuvvetlendirilmiş kirişler için $M_u \leq \phi_b M_n$ ve $V_u \leq \phi_v V_n$ olmalıdır. $M_u / (\phi_b M_{nxo}) > 0,5$ ve $V_u / (\phi_v V_n) > 0,7$ olduğunda, M_n ve V_n , aşağıdaki etkileşimli denklemi sağlamalıdır:

$$0,6 \left(\frac{M_u}{\phi_b M_{nxo}} \right) + \left(\frac{V_u}{\phi_v V_n} \right) \leq 1,3$$

ϕ_b : Eğilme azaltma faktörü

ϕ_v : Kayma azaltma faktörü

M_n : Yalnızca eğilme durumunda elemanın itibari eğilme dayanımı

M_{nxo} : x eksenine göre elemanın itibari eğilme dayanımı

V_n : Yalnızca kayma durumunda elemanın itibari kayma dayanımı

3.3.3.6. Gövde Buruşması Kontrolü

Bu kontrol, düşey yöndeki tekil yük veya reaksiyon kuvvetlerine maruz kalan eğilme elemanlarının gövdeleri için yapılır.

3.3.4. Eksenel Basınç Etkisi Altındaki Elemanlar

Sıcak haddelenmiş normal çelik taşıyıcı elemanlarda olduğu gibi, soğukta şekil verilmiş ince cidarlı taşıyıcı elemanlar da, kesitlerinin ağırlık merkezinden, eleman eksenini boyunca etkileyen basınç kuvvetlerini taşımak üzere kullanılabilirler. (Uzgider, Arda)

Kesite etkileyen P eksenel yükü, aşağıdaki şekilde hesaplanan P_a kuvvetini aşamaz:

$$P_a = P_n \phi_c$$

$$P_n = A_e F_n$$

P_a : Aksel basıncı dayanımı

ϕ_c : Azaltma faktörü (0,85)

P_n : İtibari aksel basıncı dayanımı

F_n : İtibari aksel basıncı gerilmesi

A_e : F_n basıncı gerilmesi etkisindeki etkin alan

$$\lambda_c \leq 1,5 \quad \text{için} \quad F_n = (0,658^{\lambda_c^2}) F_y$$

$$\lambda_c > 1,5 \quad \text{için} \quad F_n = \left[\frac{0,877}{\lambda_c^2} \right] F_y$$

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}}$$

F_y : Akma gerilmesi

F_e : Elastik eğilme sonucu oluşan burkulma gerilmesi

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2}$$

E : Elastisite modülü

K : Etkin uzunluk katsayısı

L : Elemanın güçlendirilmemiş uzunluğu

r : Azaltılmamış kesitin atalet yarıçapı

3.3.5. Aksel Basıncı ve Eğilme Etkisi Altındaki Elemanlar

$P_u / \phi_c P_n < 0,15$ ise,

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} + \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \leq 1,0$$

P_u : Gerekli eksenel basınç dayanımı

M_{ux}, M_{uy} : Gerekli eğilme dayanımları

P_n : İtibari eksenel basınç dayanımı (3.3.4' te hesaplandı)

M_{nx}, M_{ny} : İtibari eğilme dayanımları (3.3.3.1' de hesaplandı)

$\phi_c = 0,85$: Azaltma faktörü

$\phi_b = 0,95$: Azaltma faktörü

3.3.6. Vidalı Birleşim Hesapları

3.3.6.1. Minimum Mesafeler

- Bağlantı elemanlarının merkezleri arasındaki mesafe $3d'$ den az olmayacaktır.
- Ayrıca bir bağlantı elemanının merkezi ile herhangi bir parçanın uç noktaları arasındaki mesafe $3d'$ den az olmayacaktır. Bağlantı bir doğrultuda kesme kuvvetine maruz ise minimum uç mesafesi yüke dik yönde $1,5d$ olacaktır.

3.3.6.2. Birleşimdeki Makaslama Kontrolü

Bir adet vidanın taşıdığı itibari kesme kuvveti dayanımı P_{ns} , şu üç duruma göre belirlenecektir.

$$P_{ns} = 4,2 \sqrt{(t_2^3 d)} F_{u2}$$

$$t_2 / t_1 \leq 1,0 \text{ ise } P_{ns} = \min \left\{ \begin{array}{l} P_{ns} = 2,7 t_1 d F_{u1} \\ P_{ns} = 2,7 t_2 d F_{u2} \end{array} \right\}$$

$$t_2 / t_1 \geq 2,5 \text{ ise } P_{ns} = \min \left\{ P_{ns} = 2,7 t_1 d F_{u1} \right\}$$

$$P_{ns} = 2,7 t_2 d F_{u2}$$

$1,0 < t_2/t_1 < 2,5$ ise P_{ns} iki durum arasında interpolasyon yapılarak bulunacaktır.

t_1 : Vida başı ile temasta olan elemanın et kalınlığı

t_2 : Vida başı ile temasta olmayan elemanın et kalınlığı

F_{u1} : Vida başı ile temasta olan elemanın çekme gerilmesi

F_{u2} : Vida başı ile temasta olmayan elemanın çekme gerilmesi

P_{ns} : 1 vidanın taşıdığı itibari kesme (makaslama) kuvveti dayanımı

d : itibari vida çapı

$$P = n P_{ns} R$$

P : Birleşimin taşıyabileceği maksimum yük

n : birleşimdeki vida sayısı

R : Grup etkisi için azaltma faktörü

$$s > 3d \text{ için } R = R_{3d}$$

$$R_{3d} = \left(0,535 + \frac{0,467}{\sqrt{n}} \right) \leq 1,0$$

3.3.6.3. Vidadaki Çekme Kontrolü

Çekme taşıyan vidalarda vidanın ve eğer varsa rondelanın (pulun) çapı $d_w = 7,94$ mm'den az olmayacaktır. Rondela en az 1,27 mm kalınlığında olmalıdır. (AISI, 1996 Ed.)

Çekme-sıyırma (Pull-out) dayanımı :

$$P_{not} = 0,85 t_c d F_{u2}$$

P_{not} : 1 vidanın taşıdığı itibari çekme-sıyırma (pull-out) dayanım kuvveti

t_c : dişdibi derinliği ile t_2 den daha küçük olandır.

Çekme-sıyırma (Pull-over) dayanımı :

$$P_{nov} = 1,50 t_l d_w F_{u1}$$

P_{nov} : 1 vidanın taşıdığı itibari çekme-sıyırma (pull-over) dayanım kuvveti

d_w : vida ve rondela çaplarının en büyük olanıdır.

$d_w < 12,7$ mm olmalıdır.

Vidadaki çekme kuvveti dayanımı :

P_{nt} : 1 vidanın taşıdığı itibari çekme kuvveti dayanımı

$$P_{nt} \geq 1,25 \min \{ P_{nov}; P_{not} \}$$

3.3.6.4. Çekme Yırtılması Kontrolü

Flanşların birinde ya da birden fazlasında, vida düzleminde yırtılma meydana gelebilir. Bu durumda itibari kesme kuvveti V_n aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$V_n = 0,6 F_u A_{wn}$$

$$\phi = 0,75 \text{ (LRFD)}$$

F_u : çekme gerilmesi

$A_{wn} : (d_{wc} - nd_h)t$

d_{wc} : Net gövde yüksekliği

n : kritik enkesitteki delik sayısı

d_h : delik çapı

t : gövde kalınlığı

BÖLÜM DÖRT

KORDELYA EVİ UYGULAMA MODEL ANALİZİ

4.1. Yapının Tanımı

Bu bölümde, 54 konutluk bir proje olan Yamaç Evler kapsamında Ulukent – İzmir’ de inşa edilmekte olan Kordelya evinin tasarımı sunulacaktır. Zemin katı 125 m², 1. katı 100 m², toplam 225 m² brüt inşaat alanına sahip iki katlı villa olarak projelendirilen ve mevcutta uygulaması yapılan konutun, gerekli kararlar ışığında konstrüksiyon ön tasarımı oluşturulmuş, duvar, döşeme ve çatı çizimleriyle birlikte uygulama modeli hazırlanmış, sonra STRAP yazılımı kullanılarak statik çözümü yapılmıştır. (Mimari proje Ek.A’ dadır) Statik çözümün ardından Kordelya evine ait statik rapor çıktıları alınmış; seçilen duvar dikmesi ve döşeme kirişinin tahkiki yapılarak, bilgisayar analizinin AISI – Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members 1996 Edition’ a uygunluğu gösterilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan tüm soğukta şekil verilmiş çelik kesitleri Akşan A.Ş. tarafından üretilen kesitlerden seçilmiştir. Kesitlerin özellikleri STRAP ve CFS yazılımlarıyla bulunmuştur.

Analiz için binada oluşan düşey ölü ve hareketli yükler ile binanın uygulandığı bölgeye ve zemin türüne uygunluk gösterecek şekilde deprem ve rüzgar gibi yatay yükler hesaplanmıştır. Diğer yapı sistemlerine göre herhangi bir farklılık göstermemesinden dolayı binanın çatı ve temeli ayrıca çözülmemiştir.

4.2. Kordelya Evinin Uygulama Modeli

+3.00 kotlu taşıyıcı döşeme, AK-CS25415 ve AK-CS25420 kodlu U kesit profil aralarına 61 cm’ de bir yerleştirilen AK-CM25015 ve AK-CM25020 kodlu C kesit profillerin no.10 vidalarla bağlanmasıyla oluşturulmuştur. C profiller uç noktalarında, U kapak profillerine, AK-CM25020 kodlu kısa profiller ve L köşebentler vasıtasıyla mesnetlendirilmiştir. Döşeme kirişlerinin (C ve U kesitler) üst flanşları, 244 cm x 122 cm ebandındaki OSB-3 18 mm taşıyıcı döşeme plakaları, alt

flanşları da AK-HS433007 kodlu omega kesitli alçıpan profilleri ile bağlanarak döşemenin yanal hareketi engellenmiştir. AK-HS433007 kodlu omega profiller ayrıca, 120 cm x 250 cm ebadındaki alçıpan plakaların zayıtsız olarak uygulanabilmesi için gereken aks aralığını da sağlamaktadır. Açıklığın büyük olduğu kısımlarda döşeme kirişleri AK-CS25415 kodlu U profillerden oluşturulan kısa tali kirişler yardımıyla birbirine bağlanmıştır.

+6.00 kotlu döşeme konstrüktif olarak tasarlanmış ve AK-CM15015, AK-CS15415, AK-CS15310 kodlu 150 mm' lik gövde yüksekliğine sahip profiller kullanılarak yapılmıştır.

Profil kodlarındaki CM harfleri C kesiti, CS harfleri de U kesiti temsil etmektedir. Bu harflerden sonra gelen ilk üç rakam, mm cinsinden profilin gövde yüksekliğini, son iki rakam da, mm/10 cinsinden profilin et kalınlığını vermektedir.

Zemin kat duvar panelleri, AK-CS15415, AK-CS15315, AK-CS10415, AK-CS10310 kodlu U kesit profiller içine no.7 vidalar ile sabitlenen AK-CM15015, AK-CM15010, AK-CM10015, AK-CM10010 kodlu C kesit profillerden oluşturulmuştur. 1. kat duvar panelleri ise AK-CS15310, AK-CS10310, AK-CM15010, AK-CM10010 profilleri ile oluşturulmuştur. Tüm duvar panelleri birbirine no.12 vidalarla bağlanmıştır. C profiller arasındaki maksimum aralık, OSB plakalarının kaplanmasına olanak verecek şekilde 61 cm olarak alınmıştır. Ancak duvar uzunluklarının 61 cm katlarından farklı olduğu durumlarda veya T ve L duvar birleşimlerinde, araya fazladan profil konulması sözkonusudur.

Tüm dış duvarlar, no.8 vidalar kullanılarak dıştan 244 cm x 122 cm ebadındaki OSB-3 11 mm kalınlığındaki levhalar ile, içten 120 cm x 250 cm ebadındaki alçıpan plakalar ile kaplanmıştır. İç duvarlar ise iki taraftan 120 cm x 250 cm ebadındaki alçıpan plakalar ile kaplanmıştır. Bu kaplamalar, bazı panellere atılan çapraz bantlarla birlikte duvar panellerinin yanal hareketini engellediği gibi, statik hesapta gözönüne alınmamasına rağmen duvarın yük taşıma kapasitesini artırıcı yönde katkı sağlamaktadır.

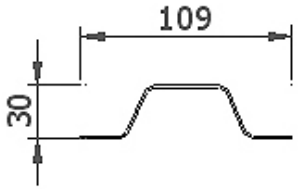
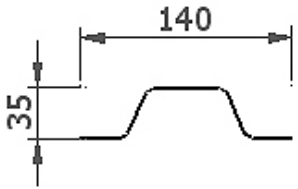
Zemin kat duvarları, betonarme temele, ankraj planına uygun olarak, metrik 16/145 dübeller vasıtasıyla ankre edilmiştir. Burada mm cinsinden 16, dübel çapını, 145 ise dübel uzunluğunu temsil etmektedir. 1. kat duvarları ise zemin kata, ankraj planına göre yerleri belli olan 16/400 gijonlar ve 20 cm' de bir şaşırtmalı olarak atılan no.10 vidalar yardımı ile bağlanmıştır.

Çatı, panel çatı olarak tasarlanıp çözümü yapılmıştır. Tüm çatı mertekleri dıştan 122 cm x 244 cm ebatlı OSB-3 11 mm plakalar ile kaplanarak yanal hareketlere karşı mukavim hale getirilmiştir.

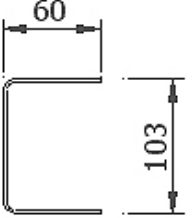
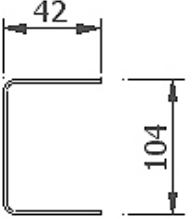
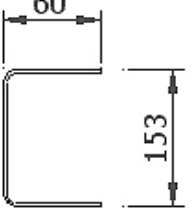
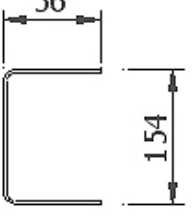
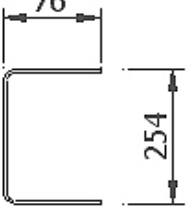
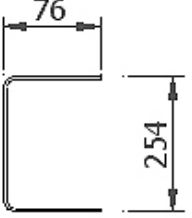
Temel, 20 cm kaya blokaj üzerine grobeton ve su yalıtımı uygulandıktan sonra kırılişli radye jenere betonarme temel sistemi şeklinde inşa edilmiştir. Yapının yığma özelliği taşıması ve taşıyıcı duvarlarının düzensizliği nedeniyle radye plak türü uygulama, mütemadi temele göre uygulaması kolay, hızlı ve kalıp işçiliği yönünden daha az maliyetlidir. Binanın yapım aşamalarının ayrıntılı olarak anlatıldığı 5. bölümde, temel inşaatına değinilmiştir.

4.3. Kordelya Evinde Kullanılan Çelik Kesitleri

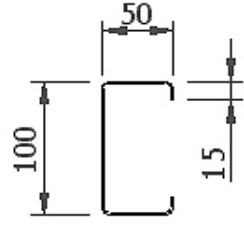
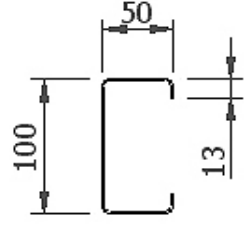
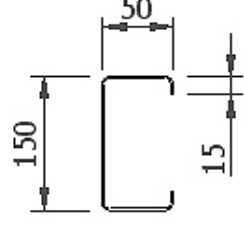
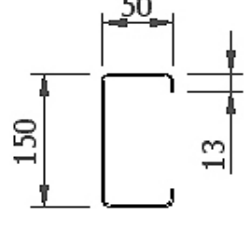
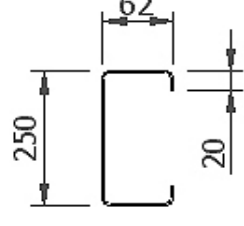
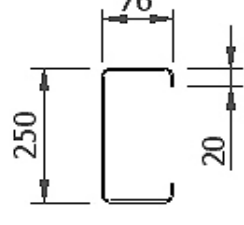
Tablo 4.1 Kordelya Evinde Kullanılan Omega Profil Kesitleri

| PROFİL ÖLÇÜLERİ | PROFİL ADI | AÇILIMI | BR. AĞIRLIK | OMEGALAR |
|---|------------------------------------|-----------|--------------|----------|
|  | AK-HS 433007 t = 0,70 mm | 134 mm | 0,74 kg/m | |
|  | AK-HS 603515 t = 1,50 mm | 180 mm | 2,12 kg/m | |

Tablo 4.2 Kordelya Evinde Kullanılan U Profil Kesitleri

| PROFİL ÖLÇÜLERİ | PROFİL ADI | AÇILIMI | BR. AĞIRLIK | U PROFİLLERİ |
|---|-----------------------------------|-----------|--------------|--------------|
|  | AK-CS 10310 t = 1,00 mm | 217 mm | 1,70 kg/m | |
|  | AK-CS 10415 t = 1,50mm | 180 mm | 2,12 kg/m | |
|  | AK-CS 15310 t = 1,00mm | 266 mm | 2,10 kg/m | |
|  | AK-CS 15415 t = 1,50mm | 260 mm | 3,06 kg/m | |
|  | AK-CS 25415 t = 1,50mm | 398 mm | 4,69 kg/m | |
|  | AK-CS 25420 t = 2,00 mm | 398 mm | 6,23 kg/m | |

Tablo 4.3 Kordelya Evinde Kullanılan C Profil Kesitleri

| PROFİL ÖLÇÜLERİ | PROFİL ADI | AÇILIMI | BR. AĞIRLIK | C PROFİLLERİ |
|---|-----------------------------------|-----------|--------------|--------------|
|  | AK-CM 10010 t = 1,00 mm | 217 mm | 1,70 kg/m | |
|  | AK-CM 10015 t = 1,50 mm | 210 mm | 2,47 kg/m | |
|  | AK-CM 15010 t = 1,00 mm | 266 mm | 2,10 kg/m | |
|  | AK-CC 15015 t = 1,50 mm | 260 mm | 3,06 kg/m | |
|  | AK-CM 25015 t = 1,50 mm | 398 mm | 4,69 kg/m | |
|  | AK-CM 25020 t = 2,00 mm | 423 mm | 6,64 kg/m | |

4.4. Kullanılan Bağlantı Elemanlarının Özellikleri

Kordelya evinde, çelik profilleri birleştirme elemanı olarak kopolimer kaplı, kendi yerleşen (self-drilling) yüksek mukavemetli vidalar kullanılmıştır. Aşağıdaki listede, her bir bağlantı noktası için kullanılan vida türü ve ebadı listelenmiştir.

Bağlantı Elemanları

| | |
|--|--------------------|
| Duvar (dikme- başlık) birleşimi: | 3,9x19 mm (no: 7) |
| Diyagonal - Duvar dikme birleşimi: | 3,9x19 mm (no: 7) |
| Duvar Panel birleşimi: | 5,5x32 mm (no:12) |
| Döşeme kapak - Duvar başlık birleşimi: | 4,8x19 mm (no:10) |
| Döşeme kapak - Döşeme giriş birleşimi: | 4,8x19 mm (no:10) |
| 1.Kat duvar - Zemin kat duvar birleşimi: | 4,8x38 mm (no:10) |
| Cephe OSB'si (11mm) duvar birleşimi: | 4,2x25 mm (no: 8) |
| Döşeme OSB'si (22mm) birleşimi: | 4,2x38 mm (no: 8) |
| Çatı Kafesleri ve Aşık Montajı: | 4,8x19 mm (no:10) |
| Zemin Kat Ankraj Elemanları: | M16 x 145 mm dübel |
| 1. Kat Ankraj Elemanları | Ø 16 x 400 Rot |

Tablo 4.4 Binada Kullanılan Vida Özellikleri

| Vida No. | Çap (mm) | Min. Çekme Dayanımı (N) | Min. Tork (N.M) | Min. Kesme Dayanımı (N) |
|----------|----------|-------------------------|-----------------|-------------------------|
| 7 | 3,9 | 6445 | 3,4 | 4120 |
| 8 | 4,2 | 7044 | 4,7 | 4405 |
| 10 | 4,8 | 9712 | 6,8 | 6278 |
| 12 | 5,5 | 13371 | 10,4 | 8880 |

4.5. Binaya Etkiyen Yüklerin Hesabı

4.5.1. Çatı Yükleri

Düşey Yükler:

| | |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| Kar Yüğü..... | 37,5 kg / m ² |
| Çatı Özağırlığı..... | 18 kg / m ² |
| Kaplama Altı (OSB 11mm)..... | 7 kg / m ² |
| Metal Kiremit Çatı Sistemi..... | 15 kg / m ² |
| <u>Alçıpan Asmatavan ve Taşıyıcı</u> | <u>15 kg / m²</u> |
| ÇATI DÜŞEY YÜKÜ: | 92,5 kg / m² |

Hesaplanan çatı düşey yükü, 1. kat tavan kirişlerinin bastığı 1. kat duvarlara döşeme açıklıkları oranında dağıtılır.

Yatay Yükler:

| | |
|--|------------------------|
| Rüzgar Yükleri..... | 80 kg / m ² |
| (1,2 sin 26,5 – 0,4) x q = 0,137 x 80 = 10,85 kg/m ² (basınç) | |
| -0,4 x 80 = -32 kg / m ² (emme) | |

4.5.2. Çerçeve Yükleri

Düşey Yükler:

1.Kat Döşemesi Yük Analizi:

| | |
|---|-------------------------------|
| Şap (5cm)..... | 110 kg / m ² |
| OSB (18 mm)..... | 12 kg / m ² |
| Alçıpan asmatavan ve taşıyıcı..... | 15 kg / m ² |
| Diğer kaplamalar (osb,alçıpan,doğrama,seramik,vs.)..... | 30 kg / m ² |
| <u>Döşeme özağırlığı</u> | <u>20 kg / m²</u> |
| TOPLAM ÖLÜ YÜK: | 187 kg / m² |
| HAREKETLİ YÜK: | 200 kg / m² |
| 1. KAT DÖŞEME DÜŞEY YÜKÜ: | 387 kg / m² |

Hesaplanan 1. kat döşeme yükü, 1. kat döşeme kirişlerinin bastığı zemin kat duvarlarına döşeme açıklıkları oranında dağıtılır.

Çatı Kat Döşemesi Yük Analizi (Kar yükü hariç)

| | |
|---|------------------------------|
| Çatı konstrüksiyonu özağırlığı..... | 18 kg / m ² |
| Çatı OSB kaplaması (11 mm)..... | 7 kg / m ² |
| Çatı kaplaması (metal kiremit)..... | 15 kg / m ² |
| <u>Alçıpan asmatavan ve taşıyıcısı.....</u> | <u>15 kg / m²</u> |
| TOPLAM: | 55 kg / m ² |

Yatay Yükler:

(1998 Afet Yönetmeliğine göre hesaplanan) Deprem Yükü

Deprem Bölgesi : 1

Etkin yer ivme katsayısı: $A_0 = 0,4$

Bina önem katsayısı: $I = 1,0$

Zemin cinsi= Z2

$T_A = 0,15$ $T_B = 0,40$

$$R_a(T_1) = 1,5 + (R-1,5) T / T_A \quad (0 < T < T_A)$$

$$R_a(T_1) = R = 4 \quad (T > T_A)$$

$$T_1 = C_t H_N^{(3/4)} = 0,08 \cdot 6,00^{(3/4)} = 0,307$$

$$T_1 = 0,307 > T_A = 0,15 \text{ ise } R_a(T_1) = R = 4$$

$$T_A < T_1 < T_B \quad 0,15 < 0,307 < 0,40$$

$$S(T) = 2,5$$

$$A(T) = A_0 I S(T) = 0,4 \cdot 1,0 \cdot 2,5 = 1,0$$

Çatı döşemesi;

$$G_2 = 55 \text{ kg/m}^2 \quad Q_2 = 37,5 \text{ kg/m}^2 \quad n = 0,3 \text{ (hareketli yük azalt.kats.)}$$

$$W_2 = 55 + 0,3 \cdot 37,5 = 66,25 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{2t} = 100 \cdot 66,25 = 6625 \text{ kg}$$

1.Kat döşemesi;

$$G_1 = 190 \text{ kg/m}^2 \quad Q_1 = 200 \text{ kg/m}^2 \quad n = 0,3 \text{ (hareketli yük azalt.kats.)}$$

$$W_1 = 190 + 0,3 \cdot 200 = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{1t} = 100 \cdot 250 = 25000 \text{ kg}$$

$$W = W_{1t} + W_{2t} = 25000 + 6625 = 31625 \text{ kg}$$

$$V_t = W A(T_1) / R_a(T_1) = 31625 \cdot 1,0 / 4 = 7906 \text{ kg}$$

$$F_i = V_t W_i H_i / \sum W_j H_j$$

$$F_1 = 7906 \cdot 25000 \cdot 3,0 / (25000 \cdot 3,0 + 6625 \cdot 6,0) = 5167 \text{ kg}$$

$$F_2 = 7906 \cdot 6625 \cdot 6,0 / (25000 \cdot 3,0 + 6625 \cdot 6,0) = 2739 \text{ kg}$$

Bulunan deprem kuvvetleri, yapıya X ve Y yönlerinde, 1. kat döşemesi ve çatı kat döşemesi hizasında etki ettirilir. Kat hizasında etkitilen bu kuvvetler, katta bulunan düşey duvar panellerine, panellerin rijitlikleri oranında dağıtılır.

Rüzgar Yüğü

Cephe yüzeyleri için

$$(1,2 \sin \alpha - 0,4) q = 0,8 \cdot 80 = 64 \text{ kg/m}^2 \text{ (basınç)}$$

$$0,4 \cdot 80 = 32 \text{ kg/m}^2 \text{ (emme)}$$

Bulunan rüzgar kuvvetleri, yapıya X ve Y yönlerinde, yapının bu yönlerdeki cephe alanları büyüklüğünde, 1. kat döşemesi ve çatı kat döşemesi hizasında etki ettirilir. Kat hizasında etkitilen bu kuvvetler, katta bulunan düşey duvar panellerine, panellerin rijitlikleri oranında dağıtılır.

Kordelya Evi' nin konstrüksiyon projesi Ek.B' de verilmiştir.

4.5.3. Yük Dağılım Tabloları

1. kat ve zemin kat için hesaplanan düşey yükler, döşeme kirişlerinin bastığı duvarlara, döşeme açıklıklarına göre ton/m cinsinden aktarılır. Çerçeve de oluşan yatay deprem ve rüzgar kuvvetleri de, x ve y yönlerinde, binadaki duvarlara rijitlikleri oranında yine ton/m cinsinden dağıtılır.

Tablo 4.5 Zemin Kat Yük Dağılım Tablosu

| ZEMİN KAT DUVARLARI YÜK DAĞILIM TABLOSU | | | | | | |
|---|------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| DUVAR ADI | BAĞLI SEGMENTLER | DÜŞEY YÜK (TON/M) | YATAY YÜKLER | | | |
| | | | DEPREM | | RÜZGAR | |
| | | | X YÖNÜ (T/M) | Y YÖNÜ (T/M) | X YÖNÜ (T/M) | Y YÖNÜ (T/M) |
| X 101 | T 008 | 0,10 | 0,21 | - | 0,079 | - |
| X 102 | T 006 | 0,10 | 0,21 | - | 0,079 | - |
| X 103 | T 007 | 0,10 | 0,21 | - | 0,079 | - |
| X 104 | T 005 - A 003 | 0,48 | 0,21 | - | 0,079 | - |
| X 105 | T 004 - A 001 | 0,48 | 0,21 | - | 0,079 | - |
| X 106 | M 001 | 0,83 | 0,21 | - | 0,079 | - |
| X 107 | T 003 | 0,10 | 0,21 | - | 0,079 | - |
| X 108 | T 002 | 0,83 | 0,21 | - | 0,079 | - |
| X 109 | T 001 | 0,10 | 0,21 | - | 0,079 | - |
| Y 101 | T 011 | 0,10 | - | 0,21 | - | 0,084 |
| Y 102 | T 010 | 0,14 | - | 0,21 | - | 0,084 |
| Y 103 | T 009 | 1,07 | - | 0,21 | - | 0,084 |
| Y 104 | A 007 | 0,10 | - | 0,21 | - | 0,084 |
| Y 105 | A 008 | 0,10 | - | 0,21 | - | 0,084 |
| Y 106 | T 013 | 0,84 | - | 0,21 | - | 0,084 |
| Y 107 | A 009 | 1,28 | - | 0,21 | - | 0,084 |
| Y 108 | T 014 - M 004 | 1,16 | - | 0,21 | - | 0,084 |
| Y 109 | T 017 | 1,19 | - | 0,21 | - | 0,084 |
| Y 110 | T 016 | 0,98 | - | 0,21 | - | 0,084 |

Tablo 4.6 1.Kat Yük Dağılım Tablosu

| 1. KAT DUVARLARI YÜK DAĞILIM TABLOSU | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| DUVAR ADI | BAĞLI SEGMENTLER | DÜŞEY YÜK (TON/M) | YATAY YÜKLER | | | |
| | | | DEPREM | | RÜZGAR | |
| | | | X YÖNÜ (T/M) | Y YÖNÜ (T/M) | X YÖNÜ (T/M) | Y YÖNÜ (T/M) |
| X 201 | T 106 | 0,10 | 0,093 | - | 0,112 | - |
| X 202 | T 104 | 0,10 | 0,093 | - | 0,112 | - |
| X 203 | T 105 | 0,10 | 0,093 | - | 0,112 | - |
| X 204 | A 103 | 0,10 | 0,093 | - | 0,112 | - |
| X 205 | A 102 | 0,10 | 0,093 | - | 0,112 | - |
| X 206 | T 103 | 0,10 | 0,093 | - | 0,112 | - |
| X 207 | T 102 | 0,10 | 0,093 | - | 0,112 | - |
| X 208 | T 101 | 0,10 | 0,093 | - | 0,112 | - |
| Y 201 | T107 - T108 | 0,14 | - | 0,076 | - | 0,096 |
| Y 202 | A106 - A107 - T109 | 0,35 | - | 0,076 | - | 0,096 |
| Y 203 | T 110 | 0,21 | - | 0,076 | - | 0,096 |
| Y 204 | T111 - T112 - T109 | 0,40 | - | 0,076 | - | 0,096 |
| Y 205 | T113 - T114 - B103 - T115 | 0,19 | - | 0,076 | - | 0,096 |

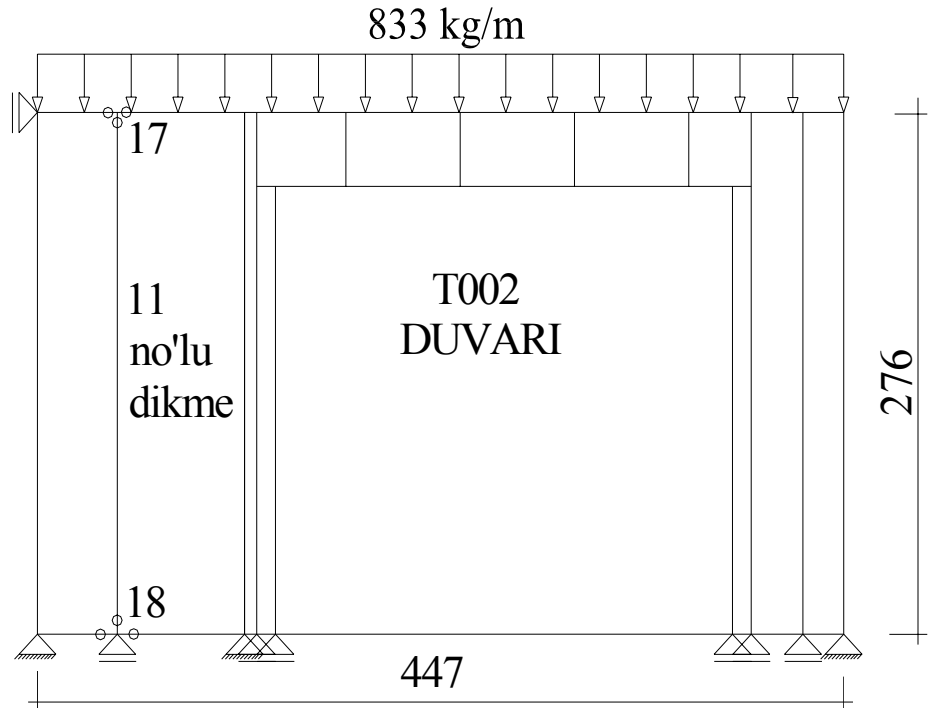
Yük dağılım tabloları oluşturulduktan sonra, CadSoft programında 3 boyutlu dizaynı yapılan çerçeve modeli, AutoCad formatına çevrilerek 2 boyutlu çizgi çerçeve haline getirilir. 2 boyutlu dxf dosyası STRAP programına aktararak sistemin çözüm modeli hazırlanır. Önceki programda kullanılan numaralar, STRAP' e uygun hale getirildikten sonra profil yönlerinin kontrolü yapıp projedeki konuma uygunluğu denetlenir. Profil kesitleri tanımlanıp mesnetlemeler yapılır ve, tüm zemin kat dikmeleri düşey yönde mesnetli kabul edilir. Sistem geometrisinin kontrol edilmesinin ardından Tablo 4.7' deki yüklemeler yapılır.

Burkulma boyları belirlenir. Kombinasyon tablosu belirlenir. Duvar üst ve alt başlıkları rijit link ile bağlanıp kontroller yapıldıktan sonra statik çözüm yapılır. Statik çözüm sonucu elde edilen, T002 duvarına ve D101 döşeme kirişine ait analiz çıktıları Ek.E' de gösterilmiştir.

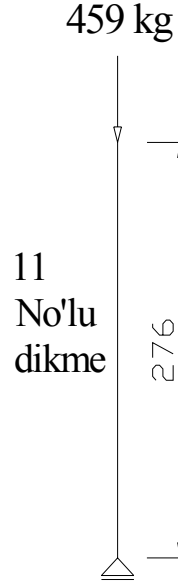
Tablo 4.7 AISI - LRFD Yük Kombinasyon Tablosu (AISI, 1996 Ed.)

| Komb. no | Ölü Yük | Har. Yük | Kar Yükü | Rüzgar +X | Rüzgar -X | Rüzgar +Y | Rüzgar -Y | Deprem X | Deprem Y |
|----------|---------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| 1 | 1,4 | 1,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1,2 | 0,5 | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 1,2 | 1,6 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 1,2 | 0,5 | 0,5 | 1,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 1,2 | 0,5 | 0,5 | 0 | 1,3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 1,2 | 0,5 | 0,5 | 0 | 0 | 1,3 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 1,2 | 0,5 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 1,3 | 0 | 0 |
| 8 | 1,2 | 0,5 | 0,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,5 | 0 |
| 9 | 1,2 | 0,5 | 0,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,5 | 0 |
| 10 | 1,2 | 0,5 | 0,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,5 |
| 11 | 1,2 | 0,5 | 0,2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,5 |

4.6. T002 Duvarına Ait 11 No' lu Dikmenin Hesabı

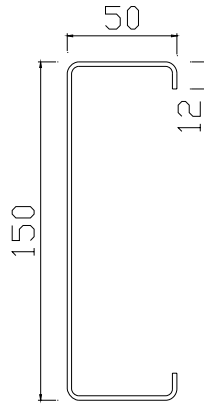


Strap yazılımı ile yapılan statik analiz sonucunda T002 duvarına, duvar uzunluğu boyunca etkiyen 833 kg/m' lik yük, her bir dikmeye dağıtılmıştır.



4.6.1. Kesit Özellikleri

AK-CM 15015 kodlu C profil duvar dikmesi



| | | | |
|--------------------------------------|----------------------------|---|---------------------------|
| $h = 150 \text{ mm}$ | $b = 50 \text{ mm}$ | $t = 1,5 \text{ mm}$ | $r = 5 \text{ mm}$ |
| $I_x = 129,87 \text{ cm}^4$ | $I_y = 11,95 \text{ cm}^4$ | $S_x = 17,32 \text{ cm}^3$ | $S_y = 3,27 \text{ cm}^3$ |
| $\text{Alan} = 3,90 \text{ cm}^2$ | $A_e = 3,58 \text{ cm}^2$ | $F_y = 2586 \text{ kg/cm}^2$ (A36 çeliği ~ ST 37) | |
| $E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$ | | | |

4.6.2. Hesapta Kullanılan Yük Değeri

$$459 \text{ kg} \times 1,2 = 550 \text{ kg}$$

4.6.3. Aksenal Basınç Gerilmesi Kontrolü

$$P_n = A_e F_n \quad (\text{Kısım 3.3.4})$$

$$\lambda_c > 1,5 \quad \text{için} \quad F_n = \left[\frac{0,877}{\lambda_c^2} \right] F_y$$

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2}$$

$$KL/r = 158 \quad (\text{Strap ile bulundu})$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^6}{158^2} = 838,13 \text{ kg/cm}^2$$

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} = \sqrt{\frac{2586}{838,13}} = 1,76 > 1,5$$

$$F_n = \left[\frac{0,877}{\lambda_c^2} \right] F_y = \frac{0,877}{1,76^2} \cdot 2586 = 732,15 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_n = A_e F_n$$

$$P_n = 3,58 \cdot 732,15 = 2621 \text{ kg} = 2,62 \text{ t}$$

$$P_a = \phi_c P_n = 0,90 \cdot 2,62 = 2,39 \text{ t}$$

$$P_u = 0,55 \text{ t} < 2,39 \text{ t}$$

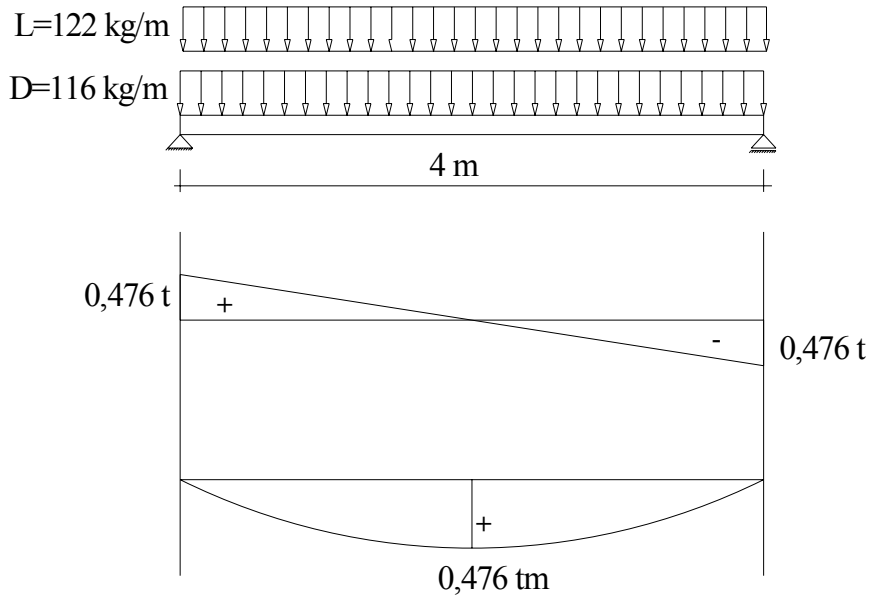
Kesitin aksenal basınç dayanımı, dikmeye etkiyen maksimum aksenal kuvvet değerinden büyüktür. Dikme basınç etkisi altında %23 kapasite ile çalışmaktadır.

4.7. D 101 Döşeme Kirişinin Hesabı

4.5.2' de düşey yükler kısmında döşemeye etkiyen yük hesaplanmıştır. Buna göre, ölü yük (D) 190 kg/m^2 , hareketli yük (L) 200 kg/m^2 ' dir. Döşeme kiriş mesafeleri 61 cm dir. Buna göre D101 kirişine etkiyecek düşey yayılı yükler aşağıdaki gibidir:

$$D = 190 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,61 \text{ m} = 116 \text{ kg/m}$$

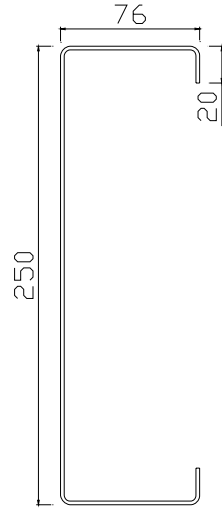
$$L = 200 \text{ kg/m}^2 \cdot 0,61 \text{ m} = 122 \text{ kg/m}$$



4.7.1. Kesit Özellikleri

AK-CM 25020 kodlu C profil döşeme kirişi

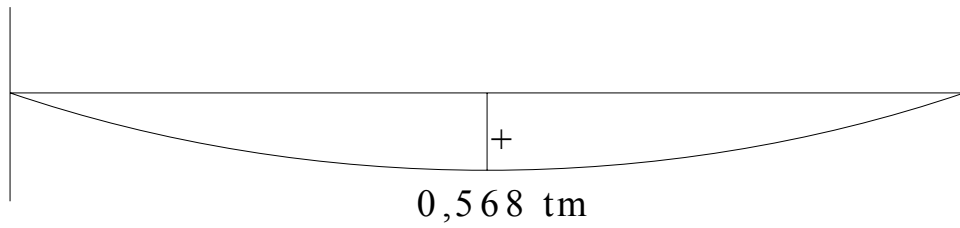
| | | | |
|-----------------------------|---|----------------------------|----------------------------|
| $h = 250 \text{ mm}$ | $b = 76 \text{ mm}$ | $t = 2 \text{ mm}$ | $r = 5 \text{ mm}$ |
| $I_x = 777,02 \text{ cm}^4$ | $I_y = 60,34 \text{ cm}^4$ | $S_x = 62,16 \text{ cm}^3$ | $S_y = 10,71 \text{ cm}^3$ |
| Alan = $8,47 \text{ cm}^2$ | $F_y = 2586 \text{ kg/cm}^2$ (A36 çeliği ~ ST 37) | | $E = 2,1 \cdot 10^6$ |



4.7.2. Uygulanan Yük Kombinasyonları

▪ $1,4 D + 1,0 L$

$1,4 \cdot 116 \text{ kg/m} + 1,0 \cdot 122 \text{ kg/m} = 284 \text{ kg/m}$

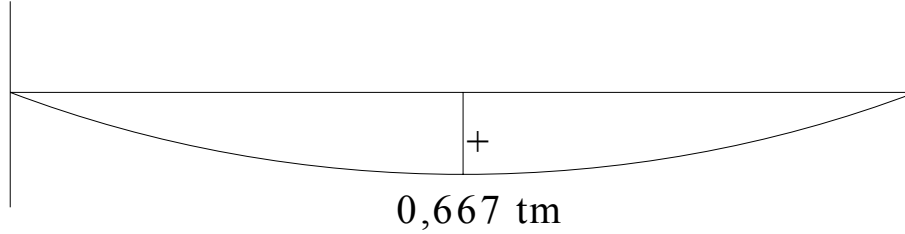


Maksimum aksenal kuvvet : $0,568 \text{ t}$

Maksimum eğilme moment : $0,568 \text{ tm}$

$$\blacksquare 1,2 D + 1,6 L$$

$$1,2 \cdot 116 \text{ kg/m} + 1,6 \cdot 122 \text{ kg/m} = 334 \text{ kg/m}$$



Maksimum aksenal kuvvet : 0,667 t

Maksimum eğilme momenti : 0,667 tm

4.7.3. Eğilme Gerilmesi Kontrolü

$$M_n = S_e F_y \quad (\text{Kısım 3.3.3.1})$$

$$S_e = 59,41 \text{ cm}^3 \quad (\text{CFS ile hesaplandı})$$

$$M_n = 59,41 \cdot 2586 = 153634 \text{ kgcm} = 1,54 \text{ tm}$$

$$M_a = M_n \phi_b = 1,54 \cdot 0,95 = 1,46 \text{ tm}$$

$$M_u = 0,667 \text{ tm}$$

$$0,667 \text{ tm} \leq 1,46 \text{ tm}$$

Kesitin eğilme momenti dayanımı, kirişe etkileyen maksimum eğilme momentinden büyüktür. Kiriş eğilme momenti etkisi altında % 45 kapasite ile çalışmaktadır.

4.7.4. Şehim Kontrolü

$$w = 116 + 122 = 238 \text{ kg/m} = 2,38 \text{ kg/cm} \quad (\text{toplam yük})$$

$$\delta = 5 \cdot 2,38 \cdot 400^4 / 384 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 777,02 = 0,486 \text{ cm} \quad (\text{3.3.3.2' de verildi})$$

$$0,486 < L/360 = 1,11 \text{ cm}$$

Kirişin yaptığı şehim izin verilen sınırlar içindedir.

4.7.5. Kayma Gerilmesi Kontrolü

$h/t > 1,415 \sqrt{Ek_v / F_y}$ bağıntısı sağlanırsa,

$V_n = 0,905 Ek_v t^3 / h$ olarak hesaplanır. (Kısım 3.3.3.4)

$$k_v = 5,34$$

$$E = 21 \text{ t/mm}^2 = 2.10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$250/2 > 1,415 \sqrt{2,110^6 5,34 / 2586}$$

$$125 > 93,2$$

$$V_n = 0,905 \cdot 21 \cdot 5,34 \cdot 2^3 / 250 = 3,25 \text{ t}$$

$$\phi_v = 0,90$$

$$V_a = \phi_v V_n = 0,90 \cdot 3,25 = 2,93 \text{ t}$$

$$V_u = 0,667 \text{ t}$$

$$0,667 \text{ t} < 2,93 \text{ t}$$

Kesitin kayma dayanımı, kiriş maksimum kesme kuvvetinden büyüktür. Kiriş kesme kuvveti etkisi altında % 23 kapasite ile çalışmaktadır.

4.7.6. Eğilme ve Kayma Gerilmesi Kontrolü

$$\left(\frac{M_u}{\phi_b M_n} \right)^2 + \left(\frac{V_u}{\phi_v V_n} \right)^2 \leq 1,0 \quad (\text{Kısım 3.3.3.5})$$

$$(0,60 / 1,46)^2 + (0,60 / 2,93)^2 = 0,21 \leq 1,0$$

Kesit kayma ve eğilmeye göre güvenlidir. Kiriş kesme kuvveti ve eğilme momentinin beraber etki ettiği durumda % 21 kapasite ile çalışmaktadır.

4.7.7. Eksenel Basınç ve Eğilme Gerilmesi Kontrolü

$$\frac{P_u}{\phi_c P_n} + \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \leq 1,0 \quad (\text{Kısım 3.3.5})$$

$$P_u = 0$$

$$M_{uy} = 0$$

$$\phi_b M_{nx} = 0,95 \cdot 1,54 = 1,46 \text{ tm}$$

$$M_{ux} = 0,667 \text{ tm}$$

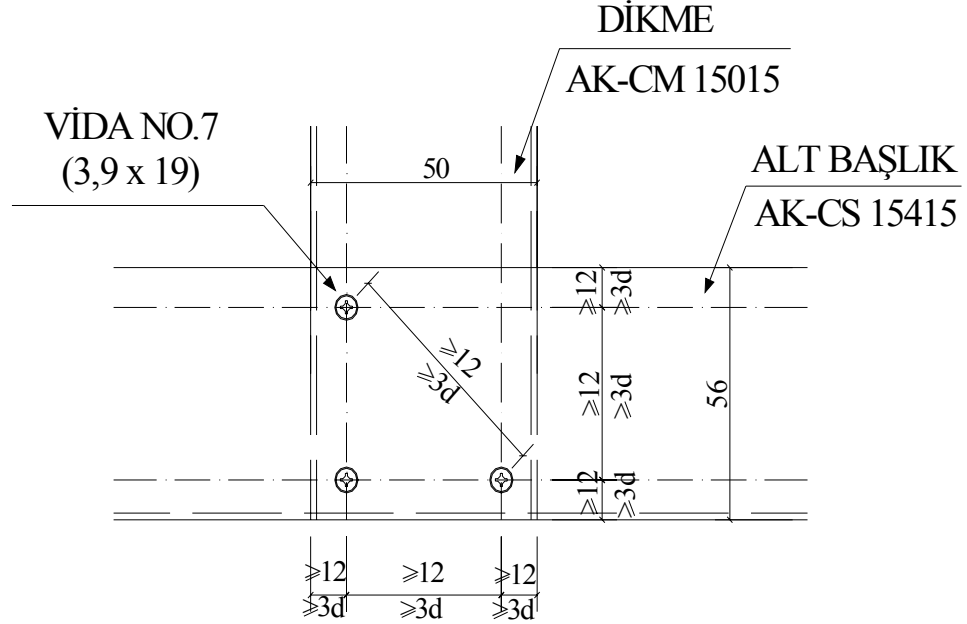
$$0,667 / 1,46 = 0,45 \leq 1,0$$

Kirişe eksenel basınç etkilediğinden, yapılan kontrol eğilme kontrolü ile aynı sonucu vermiştir.

4.7.8. Diğer Kontroller

Kesitler, AISI standartlarına uygun olarak üretildiğinden, 3.3.2.1' de belirtilen boyutsal sınırlamalarla ilgili kontroller ihmal edilmiştir. Kirişin basınca çalışan flanşlı, üst tarafından döşeme kaplamasıyla rijitlendirildiği için, kirişin 3.3.3.3' te gösterilen yanal burkulmaya maruz kalmasına olanak yoktur. Ayrıca kirişe tekil yük etkilediğinden 3.3.3.6' da anlatılan gövde buruşması kontrolüne gerek kalmamıştır.

4.8. 11 No' lu Dikme - Alt Başlık Vidalı Birleşim Hesabı



4.8.1. Birleşimdeki Makaslama Kontrolü

$$t_1 = 1,5 \text{ mm}$$

$$t_2 = 1,5 \text{ mm}$$

$$t_2/t_1 = 1,5/1,5 = 1,0$$

$$F_{u1}, F_{u2} = 3650 \text{ kg/cm}^2 \text{ (A36 çeliği ~ ST37)}$$

Kısım 3.3.6.2' den,

$$P_{ns1} = 4,2 \sqrt{(t_2^3 d)} F_{u2} = 4,2 (\sqrt{0,15^3 \cdot 0,39}) 3650 = 556,2 \text{ kg}$$

$$P_{ns2} = 2,7 t_1 d F_{u1} = 2,7 \cdot 0,15 \cdot 0,39 \cdot 3650 = 576,5 \text{ kg}$$

$$P_{ns3} = 2,7 t_2 d F_{u2} = 2,7 \cdot 0,15 \cdot 0,39 \cdot 3650 = 576,5 \text{ kg}$$

$$P_{ns} = \min \{ P_{ns1}; P_{ns2}; P_{ns3} \} = 556,2 \text{ kg}$$

$$s > 3d \text{ için } R = R_{3d}$$

$$s = 14 \text{ mm} > 3 \cdot 3,9 \text{ mm veya } 12 \text{ mm}$$

$$R_{3d} = (0,535 + \frac{0,467}{\sqrt{3}}) = 0,805 \leq 1,0$$

$$P = 3 \cdot 556,2 \cdot 0,805 = 1343,2 \text{ kg}$$

Yukarıda hesabı gösterilen, AK-CC15015 kodlu C profil duvar dikmesi ile, AK-CS15415 kodlu U profil alt başlığın birleşim noktasının tek tarafındaki 3 vida ile taşıyabileceği maksimum makaslama kuvveti 1343 kg' dır. Bu sonuca göre 6 vida ile yapılan iki taraflı bir birleşimin taşıyacağı maksimum iç kuvvet 2686 kg olup, birleşime etkiyen maksimum kuvvetin üzerindedir.

4.8.2. Birleşimdeki Çekme Yırılması Kontrolü

Kısım 3.6.6.4' ten,

$$V_n = 0,6 F_u A_{wn}$$

$$A_{wn} = (d_{wc} - n d_h) t$$

d_{wc} : gövde yüksekliği = 56 mm (AK-CS15415)

n : kritik kesitteki delik sayısı = 2

d_h : delik çapı = 3,9 mm

t : gövde kalınlığı = 1,5 mm

$$A_{wn} = (56 - (2 \cdot 3,9)) 1,5 = 72,3 \text{ mm}^2 = 0,723 \text{ cm}^2$$

$$V_n = 0,6 F_u A_{wn} = 0,6 \cdot 3650 \cdot 0,723 = 1583 \text{ kg}$$

Flanşlarda meydana gelebilecek herhangi bir yırtılma durumuna karşı birleşimin taşıyabileceği maksimum yük $V_n = 1583 \text{ kg}$ ' dır. Sisteme gelen maksimum yükün, flanşlar tarafından eşit bölüştüğü kabulü ile maksimum yükün yarısının V_n ' den küçük olması dolayısıyla, birleşim teşkili hem makaslama hem de çekme yırtılmasına göre güvenlidir.

BÖLÜM BEŞ

HAFİF ÇELİK TAŞIYICILI KORDELYA EVİNİN YAPIM AŞAMALARI VE UYGULAMA FOTOĞRAFLARI

5.1. Betonarme Temel İnşaatı

Konutun inşa edileceği arazinin, istenilen kotta kazısı yapıldıktan sonra, 20 cm kalınlığında kaya blokaj tabakası oluşturulmuştur. Blokajın üstü, No.2 agrega kullanılarak tesviye edildikten sonra, eğik kalıp kurularak, kenarları pahlı olacak şekilde grobeton (BS16) dökülmüştür. Bu şekilde, temel bohçalamasına uygun, yumuşak hatlı yüzey köşeleri elde edilmiştir. Polimer esaslı tek kat 3 mm su yalıtım membranı uygulanmasının ardından, membranın korunması ve zemin ısı yalıtımı amaçlı olarak tek kat 3 cm sert polistren köpük kaplama yapılmıştır. Bu durumda, temel donatı demirinin membranla teması kesilmiş olup, yalıtıma zarar verme olasılığı ortadan kalkmıştır.

Temelin dışında hazırlanan, boyuna donatı olarak $\phi 14$ nervürlü ST-III çeliği, etriye olarak da $\phi 10$ nervürlü ST-III çeliğinin kullanıldığı kirişler, temel kenarları boyunca yerleştirilmiştir. Dıştan 60 cm yüksekliği sağlayacak şekilde kalıp kurulmasının ardından, altta ve üstte çift yönde $\phi 14$ nervürlü ST-III çeliği kullanılarak, 25 cm kalınlığındaki döşemenin donatısı oluşturulmuştur. BS 25 betonunun dökülmesiyle birlikte temel hazır hale gelmiştir. Temel üst kotu betonlama sırasında özenle kontrol edilmelidir. ± 10 mm hata payının aşılması durumunda, çelik konstrüksiyonu düzgün olarak kurmak zorlaşacaktır.

5.2. Çelik Konstrüksiyon İnşaatı

Çelik konstrüksiyon inşaatı aşağıdaki üç aşamadan oluşur.

- Çelik panel imalatı
- Çelik konstrüksiyon montajı
- OSB paneller ile konstrüksiyonun tamamen kaplanması

5.2.1. Çelik Panel İmalatı

Fabrikadan, çözülmüş konstrüksiyon projesine uygun ebatlarda ve boylarda üretilip kodlanmış olarak gelen çelik yapı profilleri, atölye ortamında çatı ve duvar panellerini oluşturmak üzere düzgünce istiflenmiştir. Birleştirme işlemi, konstrüksiyon projesi dahilindeki duvar ve çatı panel resimlerine uygun olarak, büyük montaj sehpaları üzerinde gerçekleştirilir. Her panel, karşılıklı olarak iki montaj ustasının çalışması sonucunda tamamlanmıştır.

Birleştirme esaslarına uyularak, 3,9x19 mm (no.7) vidalar vasıtasıyla paneller oluşturulur. Montaj sırasında matkap, ayarlı montaj pensesi, plastik tokmak, gönye ve terazi gibi basit el aletleri kullanılır. Çelik malzeme üzerinde çukur veya çok derin çizik oluşturabilecek durumlardan kaçınılmalıdır.

5.2.2. Çelik Konstrüksiyon Montajı

Atölyede zemin kat duvar panellerinin oluşturulmasının ardından, temel üzerindeki imalata başlanmıştır. Binanın zemin katının inşaatı esnasında, diğer katların panel imalatına devam edilmiştir. Temel etrafına dağıtılmış olan paneller teker teker kaldırılarak birbirlerine, şaşırtmalı olarak 20 cm' de bir atılan altıgen başlı 5,5x32 (no.12) vidalar ile sabitlenmiştir. İçinde çapraz rüzgar bağlantısı olan duvarlara, çapraz levha bağlantıları önceden yapılmalıdır.

Tüm iç ve dış duvarların birbirine sabitlenip poligonun kapatılmasının ardından, duvarların şekül ve gönye kontrolleri, bina içi ölçülere uyularak yapılmış ve bina, duvar dikmelerine vidalanan ankraj köşebentleri ve M16/145 metrik dübeller vasıtasıyla projede belirtilen yerlerinden betonarme temele ankre edilmiştir. Tüm duvarların alt başlıkları ile temel arasına, duvarlar boyunca 100 x 5 kesitinde kauçuk sızdırmazlık contaları yerleştirilerek, betondan çeliğe doğru zeminden gelebilecek su veya nem etkisi engellenmiştir.

U kesitli döşeme kiriş kapakları duvar üst başlıklarına 4,8x19 (no.10) vidalarla sabitlenmiştir. Kapakların arasına kapaklara dik yönde C kesitli döşeme kirişleri yerleştirilmiştir. Döşeme kiriş bitişlerinde berkitme profilleri (stiffner) kullanılarak döşeme kirişlerinin duvarlara mesnetlenmesi sağlanmıştır. Döşeme iskeleti oluşturulduktan sonra, “solid blocking” adı verilen U kesitli tali kirişler vasıtasıyla, döşeme kirişleri, uzunluklarına dik yönde birbirlerine rijitlenmiştir. Tüm bu işlemlerin ardından, döşemenin üstü, 1. kat tabanını oluşturmak üzere OSB-3 18 mm kalınlığındaki plakalar ile kaplanmıştır. Atölyede oluşturulan merdiven basamaklarının, merdiven duvarlarına monte edilmesiyle zemin kat inşaatı tamamlanmıştır.

Zemin katta yapılan montaj işleri, 1. kat duvar ve + 6.00 kotu döşemesi için tekrar edilmiştir. Zemin kattan farklı olarak, 1. kat duvarları Ø 16 x 400 gijonlar vasıtasıyla zemin kat duvar üst başlıklarına bağlanmıştır. Ayrıca 20 cm’ de bir atılan 4,8x38 mm (no:10) vidalar yardımıyla, iki kat duvar başlıkları birbirine bağlanmıştır.

1. kat duvarlarının devamı şeklinde monte edilen kısa çatı duvarları ve makaslar üzerine C kesit profillerden oluşturulan mertekler 4,8x19 (no.10) vidalar kullanılarak bağlanmıştır. Tüm çatı elemanlarının birleşiminde ve mesnetlerin duvar başlıklarına temas ettiği dış noktalarda berkitme profilleri (stiffner) ve köşebentler kullanılmıştır. Uygulanan detay, döşeme mesnetlenmelerinin aynısıdır. (Fotoğraflar Ek.F-3’ te yer almaktadır.)

5.2.3. OSB Paneller ile Kaplama Yapılması

Binanın 1. kat tabanını OSB-3 18 mm kalınlığındaki plakalarla kapladıktan sonra, duvar panelleri, dış duvar yüzeylerini oluşturmak üzere OSB-3 11 mm kalınlığındaki levhalar monte edilmiştir. Binanın, çatı dahil dıştan gözüken tüm yüzeyleri, 2.6.1’ de belirtilen OSB uygulama esaslarına dikkat edilerek, 4,2x25 (no.8) vidalar yardımıyla kaplanmıştır.

Bu kaplamalar sonrasında, bina çıplak haldeyken olduğundan daha rijit hale gelmiştir.

5.3. Binada Kullanılan Cephe Kaplaması

Dış cephenin OSB paneller ile kaplanmasının ardından, tercih edilen malzemeler kullanılarak cephe uygulamasına geçilmiştir. Kordelya evinin dış cephesinde hem ısı yalıtımı sağlayan hem de binaya dıştan bitmiş görüntüsünü veren mantolama sistemi uygulaması tercih edilmiştir. Sistem olarak mantolama, bina cephesine m²' de yaklaşık 14 kg' lık bir ek yük getirmektedir.

Mantolama esnasında, düşük ısı iletkenliğine sahip, iki yüzeyi pürüzlü ve oluklu ekstrüde polistren köpük levhalar kullanılmıştır. Bu levhaların kalınlığı, levhanın yoğunluğuna ve kullanılacağı bölgenin sıcaklık değerlerine uygun olarak seçilmelidir. İzmir için 3 cm kalınlığında ekstrüde polistren levha seçimi yapılmıştır.

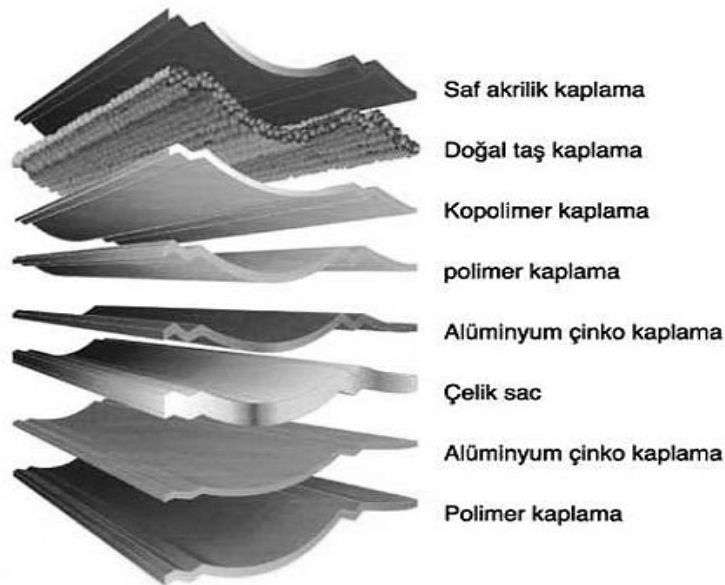
Mantolama subasman profilinin yerleştirilmesinin ardından, su ve nemden etkilenmeyen, ayrıca yüksek basınç dayanımına sahip ısı yalıtım levhaları, sisteme uygun yapıştırıcılar vasıtasıyla cepheye tutturulmuştur. Yapıştırma işleminden 24 saat sonra, dübellerle OSB plakalara iyice sabitlenen yalıtım levhaları, cam elyaf katkılı özel sıva ile sıvanmıştır. İlk kat sıvanın ardından duvara sıva donatı filesi konulmuş, sonrasında ikinci kat sıva uygulanmıştır. Akrilik esaslı ve tekstürlü esnek son kat cephe uygulamasıyla mantolama tamamlanmış ve bina cephesi estetik bir görünüş kazanmıştır.

Tablo 5.1 Kullanılan Levhanın Teknik Özellikleri (<http://www.ode.com.tr>)

| | Birim | Isıpan MI |
|-------------------------------------|-------------------|-----------|
| Minimum Yoğunluk | kg/m ³ | 30 |
| Maksimum Isı İletkenlik Katsayısı | W/mK | 0,03 |
| Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı | μ | 100 |
| Yangın Sınıfı (DIN 4102) | - | B1 |

5.4. Binada Kullanılan Çatı Kaplaması

Kordelya evinin çatısında metal kiremit sistemi tercih edilmiştir. Alüminyum-çinko alaşımı ile kaplanmış 0,45 mm kalınlığındaki çelik levhaların preslenmesiyle üretilen kiremit levhalar, 150g/m² Al-Zn (55:45 oranında alüminyum-çinko) alaşımı ile sıcak daldırma yoluyla kaplandıktan sonra, mineral dolgulu akrilik ile, ardından taş granüllerle ve daha sonra şeffaf akrilik tabaka ile kaplanmıştır. Aynı yöntemle üretilmiş aksesuarlar ile, sistem tamamlanır. Tüm elemanlar, galvanizlenip özel boyalarla boyanarak korozyona karşı güçlendirilen çiviler ile monte edilmiştir.



Şekil 5.1 Kordelya Evinde kullanılan metal kiremitin katmanları

(<http://www.ildiz.com.tr>)

Çatıda, OSB kaplama üzerine, buhar dengeleyici örtü serildikten sonra, 61 cm' de bir çatı eğimine paralel uygulanan 3 cm x 5 cm ahşap kadronlar üzerine, alüminyum esaslı ısı yansıtıcı folyo serilmiştir. Yine 3 cm x 5 cm ahşap kadronlar kullanılarak 37 cm' de bir çatı eğimine dik uygulanan ızgara üzerine metal kiremit levhalar uygulanmıştır. Uygulama esnasında bükücü, giyotin ve teneke makası gibi gereçler kullanılmıştır.

Çatı kaplaması olarak metal kiremit sisteminin seçilmesinin en önemli nedeni hafifliği ve sorunsuz bir çatı sistemi olmasıdır. Yalıtımları ve ahşap ızgaraları ile birlikte tüm sistemin yaklaşık m^2 ağırlığı 15-16 kg mertebelerindedir.

5.5. Binanın Duvar ve Döşeme Uygulamaları

Dış duvarların OSB plakalar ile kaplanmasının ardından, dış cephede mantolama uygulanırken, iç duvarlarda ve döşemelerde elektrik, sıhhi tesisat, kalorifer tesisatı montajları yapılmıştır. Tesisatların yapılıp test edilmesinin ardından, hem duvarlar hem döşemeler camyünü izolasyon şilteleri ile kaplanmıştır.

Çatı ve döşeme aralarında, 18 kg/m^3 yoğunluklu 8 cm kalınlığında camyünü şilte kullanılırken, duvar aralarında, 22 kg/m^3 yoğunluklu 5 cm kalınlığında duvar levhaları tercih edilmiştir. Duvar levhaları, kendinden yapışkanlı camyünü vidaları ile OSB panellere içten tutturulmuştur. Binanın tüm cephesi mantolandığından, duvar aralarındaki camyünü, ısı yalıtımından çok, odalardan ve katlardan ses geçişini engellemek amaçlı uygulanmıştır. Ancak çatı arasına serilen camyünü şilte, ısı yalıtımı amacıyla kullanılmıştır.

Camyünü kaplamaların ardından, duvarların iç yüzeylerine ve tavanlara alçı panel uygulaması yapılmış, böylece duvar ve döşeme boşlukları ile tesisatlar kapatılmıştır. 1. kat döşemesi üzerine ayrıca rabbitz teli kullanılarak 4 cm kalınlığında yüzer şap atılarak, katlar arası ses yalıtımı artırılmıştır.

Tablo 5.2 Kullanılan Camyününün Teknik Özellikleri <http://www.ode.com.tr>

| | Birim | Isıpan MI |
|-------------------------------------|--------------------|-----------|
| Minimum Yoğunluk | kg/m^3 | 14 |
| Isıl İletkenlik Katsayısı | W/mK | 0,04 |
| Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı | μ | 1,1 |
| Yangın Sınıfı (DIN 4102) | - | A2 |
| Dayanım Sıcaklığı | $^{\circ}\text{C}$ | 250 |

5.6. Yangına Karşı Alınan Önlemler

Uygulanan Kordelya evinde yangına karşı aşağıdaki imalatlarda çeşitli önlemler alınmıştır:

- Elektrik tesisatı
- Yangın alarm tesisatı
- Yangına dayanıklı kaplama malzemeleri

Binanın kuvvetli akım taşıyan tüm elektrik tesisatı alev almaz spiral borular içinden geçirilmiştir. Borular yanmaz özellikleri sayesinde, elektrik tesisatında oluşabilecek herhangi bir kıvılcım veya kaçaktan etkilenmez. Elektrik tesisatı yapılırken, duvar dikmeleri ve döşeme kirişleri üzerinde bulunan tesisat deliklerine plastik contalar yerleştirilmiştir. Bu contalar, çelik konstrüksiyon ile kablo taşıyan boruların temasını keser. Ayrıca binada, elektrik projesine uygun olarak, birkaç noktadan zemine aktarılan temel topraklaması ve herhangi bir kaçak oluşması durumunda tesisattan enerji geçişini engelleyen kaçak akım rölesi gibi sistemler mevcuttur.

Tesisat aşamasında, binaya yangın alarm kabloları çekilmektedir. Böylece, tavanlara yerleştirilecek sensörlerle oluşturulan yangın alarm sistemi, binada meydana gelen anormal sıcaklık artışları tesbit ederek ev sahibinin, güvenlik birimlerinin ve itfaiyenin erken uyarılmasına ve erken müdahalesine olanak sağlar.

Çelik konstrüksiyon üzerine ve duvar aralarına yerleştirilen kaplama ve yalıtım malzemeleri, TS 1263, ASTM E119 ve ULC-S101 gibi test standartlarına uygun malzemeler arasından seçilerek doğru biçimde uygulanmış ve bina içinde oluşabilecek olası bir yangın durumunda bu malzemelerin çelik konstrüksiyonu uzun süre yüksek sıcaklıktan koruması amaçlanmıştır.

5.7 Kordelya Evi Uygulama Fotoğrafları



Şekil 5.2 Montaj sehpası üzerinde duvar paneli imalatı (alt ve üst başlık arasına kenar dikmeler vidalanıyor ve gönye kontrolü sonrasında ara dikmeler yerleştiriliyor)



Şekil 5.3 Temelde kaya blokaj uygulaması



Şekil 5.4 Blokaj üzerine grobeton döküldükten sonra membran ile su yalıtımı ve sert köpük ile membran koruyucu tabaka oluşturulması, ısı yalıtımı yapılması



Şekil 5.5 Yalıtım sonrası kalıp kurulması, temel donatısının bağlanması, topraklama şeridinin geçirilmesi, zemin kat atık su tesisatlarının döşenmesi ve betona hazırlık



Şekil 5.6 Duvar panellerinin temel üzerine montajı (Atölyeden taşınan paneller, gönye ve şakül kontrolleri yapılarak 5,5 x 25 mm vidalarla birleştiriliyor) - 1.gün



Şekil 5.7 Tamamlanan zemin kat duvarları üzerine döşeme kirişlerinin yerleştirilmesi - 2. gün



Şekil 5.8 Döşeme C kirişlerinin, döşeme U kapağına bağlantı noktasında berkitme profillerinin kullanılması (kısa C profil içine köşebent 10 adet 5,5x25 vida bağlantı)



Şekil 5.9 Döşeme OSB'sinin kaplanması ve 1.kat duvarlarının dikilmesi - 6. gün



Şekil 5.10 Taşıyıcı lento detayı (üzerine çift taraftan döşeme kirişinin bastığı panelin kapı üstü lentosu taşıyıcı olarak tasarlanmıştır)



Şekil 5.11 Yerleri projede belirlenen, genellikle binanın dış köşelerine ve panellerin dolu kısımlarına çift taraflı olarak yapılan çapraz rüzgar bağlantıları



Şekil 5.12 Binanın çelik konstrüksiyonu bitirilmiş hali - 15. gün



Şekil 5.13 1.kat panellerini zemin kat panellerine bağlamak için dikmeye monte edilen ankraj köşebenti (bağlantı gijon ve somunlar vasıtasıyla yapılacaktır)



Şekil 5.14 8 adet 5,5 x 25 mm vidayla yapılan ankraj köşebenti bağlantısı ve üstte tesisat delik contası



Şekil 5.15 +3.00 kotu döşemesinin alttan görünüşü (ortada döşeme kirişlerini bağlayan rijitleştirici - sold blocking uygulaması, kirişlerin altında yine rijitleştirici görevi gören alçıpan taşıyıcı omega profilleri, kirişlerin üstü OSB kaplı halde)



Şekil 5.16 Binanın merdiveni (merdiven duvarları dikildikten sonra, C profillerle atölyede oluşturulmuş olan merdiven basamaklarının monte edilmesi ve basamakların üzerine 18 mm kalınlığında OSB plaka kaplanması)



Şekil 5.17 Binanın dış cephe OSB-3 11 mm kaplamalarının yapılması (zemin kat duvarlarının kaplanmasından sonra iskele kurularak tüm cephe ve çatı kaplanacaktır)



Şekil 5.18 Cephe iskelesi kurulduktan sonra OSB cephe kaplamalarının tamamlanması ve saçak profillerinin montajı



Şekil 5.19 Mantolaması yapılan cephe yüzeyi üzerine özel yalıtım sıvası yapılması, çatıda buhar dengeleyici şilte üzerine ısı yansıtıcı alüminyum folto serilmesi



Şekil 5.20 İç bölme duvar kesiti (10 cm' lik C profil dikmesine iki taraftan alçıpan kaplanmış ve duvar arasına camyünü konulmuş)



Şekil 5.21 Binaya dış cephe son kat uygulaması yapıldıktan sonra doğramaların takılması (ön cephe)



Şekil 5.22 Tam bitirilmiş Kordelya Evi giriş cephesi

BÖLÜM ALTI
KORDELYA EVİNİN HAFİF ÇELİK, BETONARME VE
KONVANSİYONEL ÇELİK SİSTEMLERİYLE İNŞA EDİLMESİ HALİNDE
OLUŞACAK MALİYETLERİN KARŞILAŞTIRILMASI VE SONUÇLAR

6.1. Maliyet Karşılaştırması İçin Yapılan Hazırlıklar

6.1.1. Hafif Çelik Yapının Maliyetinin Oluşturulması

Uygulaması yapılan Hafif Çelik Taşıyıcılı konutun maliyet hesaplamaları, yapılan imalatlarda kullanılan malzemelerin işçilikli birim fiyatlarının hesaplanarak, o imalata ait metrajın birim fiyatla çarpılması sonucunda elde edilen tutarlara göre yapılmış; bu tutarların Yeşil Defter'e aktarılmasıyla, binanın istenilen aşamadaki maliyet değerleri elde edilmiştir. Bina inşa edilmiş olduğundan, kullanılan malzeme fiyatları analize aynen yansımış, böylece gerçek bir maliyet analizine ulaşılmıştır.

Panel ve konstrüksiyon montajında çalışan usta ve usta yardımcıları kalifiye elemanlardır. Bu elemanlar, her türlü çelik profil vidalama ve panel kesim işinde çalışmaktadırlar. Düz işçilerden taşıma, indirme gibi güç gerektiren işlerde faydalanılmıştır. Tüm imalatlar için çalışan usta ve işçilerin çalışma saatleri ayrı ayrı not edilmiş; işçiliği hesaplanacak imalatın metrajı, toplam saate bölünerek birim imalat için adam saat değerleri hesaplanmıştır. Hafif çelik yapı inşaatı için saatlik işçilik ücretleri aşağıdaki gibi alınmıştır:

Düz işçilerin ücreti : 3,125 YTL / sa,

Usta yardımcılarının ücreti : 3,75 YTL / sa,

OSB kesim ve montaj ustalarının ücreti : 3,75 YTL / sa,

Çelik panel ve montaj ustalarının ücreti : 4,375 YTL / sa

6.1.2. Betonarme Yapının Maliyetinin Oluşturulması

Betonarme çözüm ve boyutlandırmalar İdeStatik yazılımı kullanılarak yapılmıştır. (Ek.C) Hafif çelik yapı tavanlarında kiriş olmaması ve tavanların düz bir yüzeye sahip olması nedeniyle, betonarme yapı nervürlü asmolon döşeme olarak tasarlanmıştır. Asmolon kullanımının getireceği ek maliyet, kalıp yüzeyinin düz olması sonucunda azalan malzeme ve işçilik giderleriyle dengelenmiştir. Çatı, ahşap oturtma çatı olarak çözülmüş ve fiyatlandırılmıştır. Çatı kaplama altı olarak çam keresteden imal edilen 2 cm kalınlığında tahtalar kullanılmıştır. ST-III donatı demiri ve BS 25 betonu kullanılarak tasarlanan betonarme yapı, çözüm sonucunda elde edilen demir, beton, kalıp metrajları ile diğer tüm imalatların metraj ve işçilikli birim fiyat analizlerinin oluşturulmasıyla fiyatlandırılmıştır.

Betonarme yapı inşaatında çalışan usta ve işçilerin, adam saat cinsinden birim işçiliklerinin hesabı, şantiye deneyimlerinin ve (Akçalı, 2005) inşaat birim fiyat analiz kitabının birarada yorumlanması sonucunda oluşturulmuştur. Bir imalata ait birim işçiliklerin toplam metraj ile çarpılması sonucu elde edilen işçilik maliyeti, piyasada götürü bedelli iş yapan taşeronlardan alınan fiyatlar ile karşılaştırılmış, çoğunlukla yakın değerlerde olduğu görülmüştür. Farklılıklar halinde ortalama kabuller yapılmış, böyle güncel ve gerçekçi işçilik bedelleri elde edilmiştir. Betonarme yapı inşaatı için saatlik işçilik ücretleri aşağıdaki gibi alınmıştır:

Düz işçilerin ücreti : 3,125 YTL / sa,

Usta yardımcılarının ücreti : 3,75 YTL / sa

Kalıp, Demir, Beton, Duvar, Sıva ustalarının ücreti : 4,375 YTL / sa

6.1.3. Konvansiyonel Çelik Yapının Maliyetinin Oluşturulması

Konvansiyonel çelik sistemin statik çözümü ve boyutlandırmaları SAP2000 yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Önce döşemeler çözülmüş ve tali kirişler boyutlandırılmış, ardından tali kirişlerden ana kirişlere yük aktarımı yapılarak kolonlarla birlikte çerçevenin çözümü yapılmıştır. Tali kirişlerin mesafesi, 366 cm x

183 cm genişliğinde, 30 mm kalınlığındaki ham MDF plakaların en düşük zayıyla kaplanmasına olanak sağlayacak şekilde 61 cm olarak ayarlanmıştır. Çatı, dolu gövdeli çelik profiller kullanılarak yapılmış, çatı kaplama altı olarak OSB-3 11 mm yapı panelleri tercih edilmiştir. Oturtma çatı ve kalkan duvarların rahat yerleştirilebilmesi için +6.00 kotu döşemesi OSB 22 mm plakalarla kaplanmıştır.

Konvansiyonel çelik yapı inşaatında çalışan usta ve işçilerin birim işçiliklerinin hesabında kullanılan adam saat değerleri, aynen betonarme yapı için olduğu gibi, şantiye deneyimlerine ve Akçalı' nın birim fiyat analiz kitabına dayandırılmıştır. Konvansiyonel çelik yapı inşaatı için saatlik işçilik ücretleri aşağıdaki gibi alınmıştır:

Düz işçilerin ücreti : 3,125 YTL / sa,

Demirci yardımcılarının ücreti : 3,75 YTL / sa

Demir, Duvar, Sıva ustalarının ücreti : 4,375 YTL / sa

6.2. Karşılaştırma Koşulları

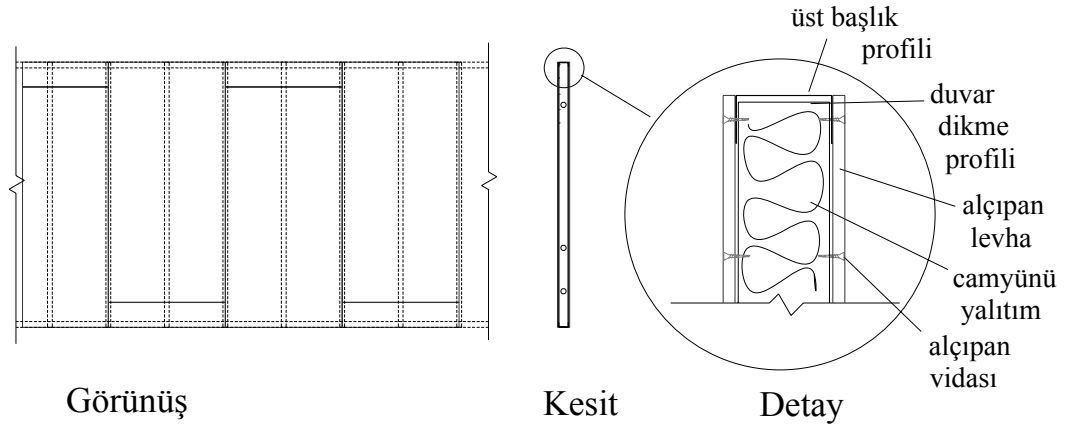
Türkiye için yeni bir sistem olan hafif çelik yapı sistemine alternatif olarak, ülkemizde % 95' lik oranla en çok tercih edilen sistem olan betonarme ve diğer bir çelik sistem olan konvansiyonel çelik yapı sistemi kabul edilmiştir. Birbirlerine denk işçilik ve malzeme kalitesine sahip, standartlara uygun ve deprem güvenli üç sistem arasındaki dezavantaj ve avantaj karşılaştırmaları bir yana, bitmiş bir konutun ne kadar paraya malolacağı konutu satın alacak kişinin soracağı soruların en başında gelir. Bu nedenle hafif çelik sistem, maliyet açısından ülkemizde yüzbinlerce kez denenmiş olan betonarme sistem ile karşılaştırılmıştır. Dolu gövdeli çelik profillerin kullanıldığı konvansiyonel çelik yapı sistemi de bir diğer seçenek olarak karşılaştırmaya eklenmiştir.

Hafif çelik yapının inşaatı sırasında oluşan maliyetler, analizde birebir olarak kullanılmıştır. Betonarme ve konvansiyonel çelik yapılarda ise, kullanılan malzemelerin fiyatları, piyasadan en az iki yerden teklif alınması suretiyle, yapı için kabul edilen malzeme kalite şartlarını sağlayan markalar arasından ekonomik bedelli

olanın seçilmesi veya farklı tür ürünlerin fiyatlarının ortalamasının alınması ile gerçeğe en yakın olacak biçimde oluşturulmuştur.

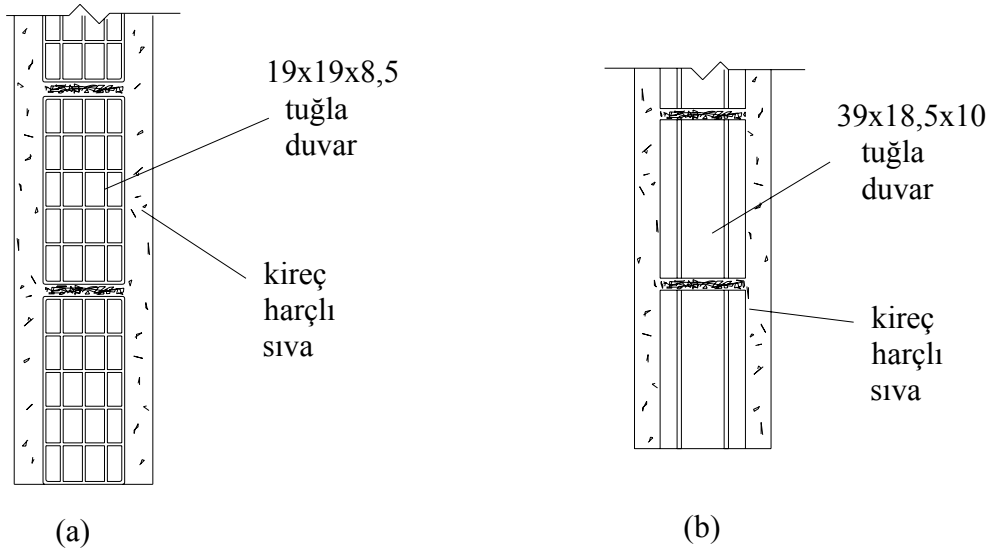
Her üç yapı için de belli kabuller yapılarak, yapıların aynı kalitede ve denk standartlarda olması hedeflenmiştir. Binaların karşılaştırıldığı 3. aşamadan itibaren yapılacak diğer tüm imalatlar her bir bina için aynıdır.

İç duvarlar, hafif çelik yapıda çift taraflı alçıpan arasına camyünü konulmuş duvar, betonarme yapıda 19x19x8,5' luk tuğla duvar, konvansiyonel çelik yapıda ise 39x18,5x10 cm ebadında bimsblokla örülmüş duvar olarak düşünülmüştür. Duvar yüzeylerine saten alçı uygulanacağı kabul edilmiştir. Bu nedenle, hafif çelik yapının iç duvarlarını saten alçıya hazır hale getirmek için derz aralarına derz bandı ile esnek derz macunu uygulanmıştır. Fayans kaplanacak yüzeyler yeşil alçıpan ile kaplanmıştır.



Şekil 6.1. Hafif çelik yapıya ait iç duvarların, analize esas, saten alçıya hazır hali

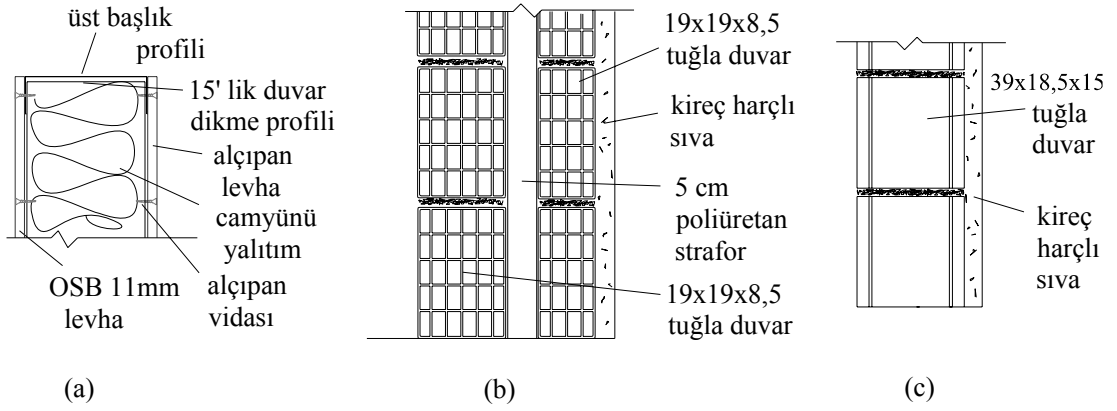
Betonarme yapının iç duvar yüzeylerine kireç harçlı sıva yapılarak, saten alçıya hazır yüzey elde edilmiştir. Fayans kaplanacak ıslak mahallerde duvarlara 350 gr. çimento dozlu sıva yapılmıştır. Aynı şekilde konvansiyonel çelik yapıda, bimsblokla örülen duvarlar üzerine, betonarme binada yapıldığı şekilde sıva uygulaması yapılmıştır. Üç yapının da döşemeleri şap atılmaya hazır halde bırakılmıştır.



Şekil 6.2. (a) Betonarme ve (b) konvansiyonel çelik yapıya ait iç duvarların, analize esas, saten alçıya hazır hali

Dış duvarlar hafif çelik yapıda OSB kaplı halde, betonarme yapıda tuğla olarak, konvansiyonel çelik yapıda ise bimsblok olarak bırakılmış, böylece istenen cephe kaplamasına uygun düz bir yüzey elde edilmiştir. Dış cephe kaplaması olarak OSB üzerine polistren levhalarla mantolama yapılması ve boyanması, plastik veya ahşap yalıtım baskı kaplanması, rabitz telli sıva yapılması ve boyanması gibi seçenekler uygulanabilir. Tuğla ve bimsblok yüzey üzerine doğrudan sıva yapılarak boya uygulanabilir. Ancak bu iki yüzey üzerine mantolama yapılması durumunda, duvar yüzeyini mastara almak için tek kat sıva uygulaması, yalıtım baskı sistemleri için de ahşap çیتالardan konstrüksiyon hazırlanması gerekmektedir. Bunlar, betonarme ve konvansiyonel çelik yapıya ek maliyet getirmektedir.

Dış duvarda kullanılan OSB plakaların ısı iletkenliği, tuğla duvara göre çok düşüktür. Hafif çelik yapıda duvar aralarında kullanılan camyünü, ayrıca yalıtım sağlamaktadır. Bu yüzden betonarme binanın yalıtımını arttırmak için dışta 19x19x13,5' luk tuğla ve 19x19x8,5' luk tuğla örülerek arasına 5 cm kalınlığında poliüretan köpük koyulduğu kabul edilmiştir. Konvansiyonel çelik yapının dış duvarlarında 39x18,5x15 cm ebadında ponza esaslı bimsbloklar kullanılmıştır.



Şekil 6.3. (a) Hafif çelik, (b) betonarme ve (c) konvansiyonel çelik yapıya ait dış duvar kesitleri

Üç sistem de yukarıda belirtilen kriterler göz önünde tutularak fiyatlandırılmış ve kıyaslamaları yapılmıştır. Metraj ve birim fiyat analizleri Ek.F ve G' de verilmiştir.

6.3. Maliyet Analizleri

6.3.1. Hafif Çelik Taşıyıcılı Kordelya Evinin Maliyet Analizi

İnşa edilen hafif çelik yapı ile ilgili fiyatlandırma; radye jenere temel inşaatı (İmalat Poz No. MRT.1-10), hafif çelik konstrüksiyon inşaatı, hafif çelik çatı iskeleti ve kiremit altı kaplaması, döşeme ve cephe kaplaması imalatlarından oluşan (İmalat Poz No. HÇ-1, HÇ-2, HÇ-3) kaba inşaat seviyesi ile birlikte tavan ve duvarların camyünü yalıtımları ile birlikte alçıpan kaplamalarının bitirilerek (İmalat Poz No. HÇ-4, HÇ-5, HÇ-6), iç duvarların saten alçı çekilmesine ve fayans kaplanmasına hazır hale getirilmesini kapsamaktadır.

Tablo 6.1. Hafif Çelik Yapının Temel Maliyeti

| Yapı Türü : İki Katlı 225 m2 Konut | | | | | | |
|-------------------------------------|--------|---------------------------------------|----------------|--------|-----------------|--------------------|
| Temel Sistemi : Mantar Radye Jenere | | | | | | Sf: 1 |
| Sıra No. | Poz No | İmalatın Adı | Br. | Miktar | Birim Fiyat YTL | MALİYET TUTARI YTL |
| Temel İnşaatı | | | | | | |
| 1 | MRT-1 | İş makinası ile 30 cm derin.kazı yap. | m ³ | 38 | 3,75 | 140,63 |
| 2 | MRT-2 | Hafr. toprak nakli (%10 kabarma ile) | m ³ | 40 | 5,25 | 210,00 |
| 3 | MRT-3 | Taş ile 20 cm kalınlık. blokaj yap. | m ³ | 20 | 18,50 | 362,60 |
| 4 | MRT-4 | No.2 micir ile 3 cm tesviye yap. | m ³ | 3 | 29,35 | 88,05 |
| 5 | MRT-5 | 10 cm kalınlığında grobeton dök. | m ³ | 15 | 75,13 | 1.126,88 |
| 6 | MRT-6 | Düz zemine P3000 membran ser. | m ² | 170 | 6,91 | 1.174,28 |
| 7 | MRT-7 | Düz zemine 3 cm ısıpan plaka yap. | m ² | 170 | 5,40 | 917,49 |
| 8 | MRT-8 | Düz Yüzeyle Ahşap Kalıp Yapılması | m ² | 52 | 11,23 | 579,53 |
| 9 | MRT-9 | Donatı demirinin hazırlanması | kg | 3700 | 0,86 | 3.187,33 |
| 10 | MRT10 | BS25 Betonarme betonu dökülmesi | m ³ | 38 | 85,74 | 3.258,14 |
| TOPLAM | | | | | | 11.045 |

Tablo 6.2. Hafif Çelik Üst Yapı İnşaat Maliyeti

| Yapı Türü : İki Katlı 225 m2 Konut | | | | | | |
|------------------------------------|--------|---------------------------------------|----------------|--------|-----------------|--------------------|
| Yapı Sistemi : Hafif Çelik | | | | | | Sf: 2 |
| Sıra No. | Poz No | İmalatın Adı | Br. | Miktar | Birim Fiyat YTL | MALİYET TUTARI YTL |
| Üst Yapı İnşaatı | | | | | | |
| 1 | HÇ-1 | Hafif Çelik Konstrüksiyon İnşaatı | kg | 9456 | 3,12 | 29.533,02 |
| 2 | HÇ-2 | Döşeme Plak Mon. (OSB-3 18 mm) | m ² | 111 | 12,12 | 1.347,34 |
| 3 | HÇ-3 | Cephe+Çatı Plak Mon. (OSB-3 11 mm) | m ² | 495 | 7,49 | 3.704,88 |
| 4 | HÇ-4 | Döşeme ve Duvar Ara. Camyünü Kap. | m ² | 571 | 2,85 | 1.627,10 |
| 5 | HÇ-5 | İç Duvar ve Tavan. Beyaz Alçıpan Kap. | m ² | 578 | 4,08 | 2.355,82 |
| 6 | HÇ-6 | İç Duvar ve Tavan. Yeşil Alçıpan Kap. | m ² | 106 | 5,10 | 538,48 |
| TOPLAM | | | | | | 39.107 |

Tablo 6.3. Hafif Çelik Yapıya Ait Yeşil Defter

| Yapı Türü : İki Katlı 225 m2 Konut | | | Tarih: 30.07.2005 |
|------------------------------------|--------|------------------|------------------------|
| Yapı Sistemi : Hafif Çelik | | | Hazırlayan: E.TAŞKIRAN |
| Sıra No. | Sf. No | İmalatın Adı | MALİYET TUTARI YTL |
| Yeşil Defter | | | |
| 1 | 1 | Temel İnşaatı | 11.045 |
| 2 | 2 | Üst Yapı İnşaatı | 39.107 |
| TOPLAM | | | 50.152 |

6.3.2. Betonarme Taşıyıcılı Kordelya Evi' nin Maliyet Analizi

İnşa edilen betonarme yapı ile ilgili fiyatlandırma; radye jenere temel inşaatı (İmalat Poz No. RT.1-10), betonarme kargir inşaatı, ahşap çatı iskeleti ve kiremit altı kaplaması, iç ve dış tuğla duvarlar ile lento imalatlarından oluşan oluşan (İmalat Poz No. BA-1, BA-2, BA-3, BA-4, BA-5, BA-6, BA-7, BA-8, BA-9) kaba inşaat seviyesi ile birlikte tavan ve duvarların, ıslak hacimlerde tek kat, normal hacimlerde iki kat sıvaları ile birlikte pencere galvaniz körkasalarının bitirilerek (İmalat Poz No. BA-10, BA-11, BA-12), iç duvarların saten alçı çekilmesine ve fayans kaplanmasına hazır hale getirilmesini kapsamaktadır.

Tablo 6.4. Betonarme Yapının Temel Maliyeti

| Yapı Türü : İki Katlı 225 m2 Konut | | | | | | |
|------------------------------------|--------|---------------------------------------|----------------|--------|-----------------|--------------------|
| Temel Sistemi : Radye Jenere | | | | | | Sf: 1 |
| Sıra No. | Poz No | İmalatın Adı | Br. | Miktar | Birim Fiyat YTL | MALİYET TUTARI YTL |
| Temel İnşaatı | | | | | | |
| 1 | RT-1 | İş makinası ile 45 cm derin.kazı yap. | m ³ | 56 | 3,75 | 210,94 |
| 2 | RT-2 | Hafr. toprak nakli (%10 kabarma ile) | m ³ | 62 | 5,25 | 324,82 |
| 3 | RT-3 | İri Agrega ile 10 cm. tesviye yap. | m ³ | 14 | 27,75 | 388,50 |
| 4 | RT-4 | 10 cm kalınlığında grobeton dök. | m ³ | 25 | 75,13 | 1.855,60 |
| 5 | RT-5 | Düz zemine P3000 membran ser. | m ² | 157 | 6,91 | 1.084,48 |
| 6 | RT-6 | Düz zemine 3 cm ısıpan plaka yap. | m ² | 157 | 5,40 | 847,33 |
| 7 | RT-7 | Düz Yüzeyli Ahşap Kalıp Yapılması | m ² | 90 | 11,23 | 1.010,58 |
| 8 | RT-8 | Donatı demirinin hazırlanması | kg | 5851 | 0,86 | 5.040,29 |
| 9 | RT-9 | BS25 Betonarme betonu dökülmesi | m ³ | 47 | 85,74 | 4.008,80 |
| 10 | RT10 | Cürüflü dolgu yapılması ve sıkıştır. | m ³ | 36 | 11,63 | 418,50 |
| KÜMÜLATİF TOPLAM | | | | | | 15.190 |

Tablo 6.5. Betonarme Üst Yapı İnşaat Maliyeti

| Yapı Türü : İki Katlı 225 m2 Konut | | | | | | |
|------------------------------------|--------|---|----------------|--------|-----------------|--------------------|
| Yapı Sistemi : Betonarme Kargir | | | | | | Sf:2 |
| Sıra No. | Poz No | İmalatın Adı | Br. | Miktar | Birim Fiyat YTL | MALİYET TUTARI YTL |
| Üst Yapı İnşaatı | | | | | | |
| 1 | BA-1 | Düz Yüzeyle Ahşap Kalıp Yapılması | m ² | 387 | 11,23 | 4.343,78 |
| 2 | BA-2 | 20x25x40 Asmolen Blok Döşenmesi | ad | 135 | 22,59 | 3.052,53 |
| 3 | BA-3 | ST III Donatı Demiri Döşenmesi | kg | 10684 | 0,86 | 9.203,62 |
| 4 | BA-4 | BS 25 Betonarme Betonu Dökülmesi | m ³ | 68 | 85,74 | 5.847,34 |
| 5 | BA-5 | Ahşap Oturtma Çatı İskeleti Kurulması | m ² | 140 | 26,41 | 3.705,48 |
| 6 | BA-6 | Tahta Çatı Kaplaması Yapılması | m ² | 147 | 12,01 | 1.769,91 |
| 7 | BA-7 | Yalıtımlı Dış Duvar Örülməsi | m ² | 268 | 19,93 | 5.335,19 |
| 8 | BA-8 | 8,5' luk Tuğla ile Yatay Duvar Örülməsi | m ² | 95 | 9,66 | 922,48 |
| 9 | BA-9 | Betonarme Lento Yapılması | m ³ | 0,68 | 296,28 | 201,47 |
| 10 | BA10 | Pencere Galvaniz Körkasa Yapılması | m | 109 | 5,12 | 557,40 |
| 11 | BA11 | Kireç Harçlı İç Sıva Yapılması | m ² | 588 | 6,55 | 3.847,98 |
| 12 | BA12 | 350 gr Dozlu İç Sıva Yapılması | m ² | 89 | 6,64 | 588,03 |
| TOPLAM | | | | | | 39.375 |

Tablo 6.6. Betonarme Yapıya Ait Yeşil Defter

| Yapı Türü : İki Katlı 225 m2 Konut | | | Tarih: 31.07.2005 |
|------------------------------------|--------|------------------|------------------------|
| Yapı Sistemi : Betonarme Kargir | | | Hazırlayan: E.TAŞKIRAN |
| Sıra No. | Sf. No | İmalatın Adı | MALİYET TUTARI YTL |
| Yeşil Defter | | | |
| 1 | 1 | Temel İnşaatı | 15.190 |
| 2 | 2 | Üst Yapı İnşaatı | 39.375 |
| TOPLAM | | | 54.565 |

6.3.3. Konvansiyonel Çelik Taşıyıcılı Kordelya Evi' nin Maliyet Analizi

İnşa edilen konvansiyonel çelik yapı ile ilgili fiyatlandırma; radye jenere temel inşaatı (İmalat Poz No. MRT.1-10), çelik konstrüksiyon inşaatı, çelik konstrüksiyon çatı iskeleti ve kiremit altı kaplaması, iç ve dış hafif tuğla duvarlar ile lento imalatlarından oluşan (İmalat Poz No. ÇK-1, ÇK-2, ÇK-3, ÇK-4, ÇK-5, ÇK-6, ÇK-7, ÇK-8, ÇK-9, ÇK-10) kaba inşaat seviyesi ile birlikte tavan ve duvarların, ıslak hacimlerde tek kat, normal hacimlerde iki kat sıvaları ile birlikte pencere galvaniz körkasalarının bitirilerek (İmalat Poz No. ÇK-11, ÇK-12, ÇK-13), iç duvarların saten alçı çekilmesine ve fayans kaplanmasına hazır hale getirilmesini kapsamaktadır.

Tablo 6.7. Konvansiyonel Çelik Yapının Temel Maliyeti

| Yapı Türü : İki Katlı 225 m2 Konut Temel Sistemi : Radye Jenere Sf: 1 | | | | | | |
|---|--------|---------------------------------------|----------------|--------|-----------------|--------------------|
| Sıra No. | Poz No | İmalatın Adı | Br. | Miktar | Birim Fiyat YTL | MALİYET TUTARI YTL |
| Temel İnşaatı | | | | | | |
| 1 | MRT-1 | İş makinası ile 35 cm derin.kazı yap. | m ³ | 44 | 3,75 | 164,06 |
| 2 | MRT-2 | Hafr. toprak nakli (%10 kabarma ile) | m ³ | 40 | 5,25 | 210,00 |
| 3 | MRT-3 | Taş ile 20 cm kalınlık. blokaj yap. | m ³ | 20 | 18,50 | 362,60 |
| 4 | MRT-4 | No.2 micır ile 3 cm tesviye yap. | m ³ | 3 | 29,35 | 88,05 |
| 5 | MRT-5 | 10 cm kalınlığında grobeton dök. | m ³ | 15 | 75,13 | 1.126,88 |
| 6 | MRT-6 | Düz zemine P3000 membran ser. | m ² | 170 | 6,91 | 1.174,28 |
| 7 | MRT-7 | Düz zemine 3 cm ısıpan plaka yap. | m ² | 170 | 5,40 | 917,49 |
| 8 | MRT-8 | Düz Yüzeyle Ahşap Kalıp Yapılması | m ² | 52 | 11,23 | 579,53 |
| 9 | MRT-9 | Donatı demirinin hazırlanması | kg | 4665 | 0,86 | 4.018,62 |
| 10 | MRT10 | BS25 Betonarme betonu dökülmesi | m ³ | 43 | 85,74 | 3.686,85 |
| TOPLAM | | | | | | 12.328 |

6.8. Konvansiyonel Çelik Üst Yapı İnşaat Maliyeti

| Yapı Türü : İki Katlı 225 m2 Konut Yapı Sistemi : Konvansiyonel Çelik Sf: 2 | | | | | | |
|---|--------|--------------------------------------|----------------|--------|-----------------|--------------------|
| Sıra No. | Poz No | İmalatın Adı | Br. | Miktar | Birim Fiyat YTL | MALİYET TUTARI YTL |
| Üst Yapı İnşaatı | | | | | | |
| 1 | ÇK-1 | Dolu Gövde Çelik Konst. İnşaatı | kg | 11395 | 1,78 | 20.262,94 |
| 2 | ÇK-2 | Çelik Profillerin Boya ile Korunması | m ² | 429 | 9,10 | 3.907,11 |
| 3 | ÇK-3 | +3.00 Kot. Döş.Mon.(MDF 30 mm) | m ² | 109 | 20,47 | 2.231,37 |
| 4 | ÇK-4 | +6.00 Kot. Döş.Mon.(OSB-3 22 mm) | m ² | 101 | 14,23 | 1.437,05 |
| 5 | ÇK-5 | Çatı Kap.Altı Mon.(OSB-3 11 mm) | m ² | 147 | 7,49 | 1.100,35 |
| 6 | ÇK-6 | 39x18,5x19cm Tuğla ile Dış Duv.Yap. | m ² | 268 | 16,93 | 4.536,38 |
| 7 | ÇK-7 | 39x18,5x10cm Tuğla ile İç Duv.Yap. | m ² | 95 | 12,10 | 1.148,95 |
| 8 | ÇK-8 | Döşeme Aralarına Camyünü Kap. | m ² | 232 | 2,85 | 660,17 |
| 9 | ÇK-9 | Tavanların Beyaz Alçıpan Kaplanması | m ² | 208 | 7,02 | 1.457,35 |
| 10 | ÇK10 | Betonarme Lento Yapılması | m ³ | 0,68 | 296,28 | 201,47 |
| 11 | ÇK11 | Pencere Galvaniz Korkasa Yap. | m | 109 | 5,12 | 558,43 |
| 12 | ÇK12 | Kireç Harçlı İç Sıva Yapılması | m ² | 388 | 6,55 | 2.540,07 |
| 13 | ÇK13 | 350 gr Dozlu İç Sıva Yapılması | m ² | 92 | 6,64 | 611,02 |
| TOPLAM | | | | | | 40.654 |

Tablo 6.9. Konvansiyonel Çelik Yapıya Ait Yeşil Defter

| Yapı Türü : İki Katlı 225 m2 Konut Yapı Sistemi : Konvansiyonel Çelik | | | | Tarih: 30.07.2005 Hazırlayan: E.TAŞKIRAN | |
|--|--------|------------------|--------------------|---|--|
| Sıra No. | Sf. No | İmalatın Adı | MALİYET TUTARI YTL | | |
| Yeşil Defter | | | | | |
| 1 | 1 | Temel İnşaatı | 12.328 | | |
| 2 | 2 | Üst Yapı İnşaatı | 40.654 | | |
| TOPLAM | | | | | |
| 52.982 | | | | | |

6.4. İş Programları ve İnşaat Süreleri

Her üç inşaatda da duvar kaplamaları ve sıvalardan önce, elektrik ve mekanik tesisat işlerinin bitirildiği kabul edilmiştir. Tesisatların, her üç sistemde de birbirine denk olacağı kabulüyle, bu imalata süre ve maliyet olarak herhangi bir değer verilmemiş ve ihmal edilmiştir.

Hafif çelik sistem ile inşa edilen binaya ait iş programı tablosu, yapılacak imalatların sırasına ve her bir imalat için gereken süreye göre hazırlanmıştır. Şantiye iş programına, satın alınan çelik profillerin üretim aşaması dahil edilmemiştir. Bu duruma göre bina inşaatının 6.2' te belirtilen aşamaya ulaşınca kadar geçen süre 5 hafta olarak ölçülmüştür. 30 günlük inşaat süresi boyunca günlük ortalama çalışan sayısı 9,37 olarak belirlenmiştir.

Betonarme sistem ile inşa edilecek binaya ait iş programı tablosu hazırlanırken, inşaatı hızlandırmak ve sistemlerin inşaat sürelerini yakın duruma getirebilmek için, birbirini engellemeyen durumlarda, bir imalat esnasında başka bir imalata devam edilebilecek şekilde ayarlamalar yapılmıştır. Beton priz sürelerini öne almak için betona gerekli katlı maddeleri koyulduğu varsayılmıştır. Bu duruma göre bina inşaatının 6.3' te belirtilen aşamaya ulaşınca kadar geçen süre 9,5 hafta olarak ölçülmüştür. Çalışılmayan günlerin düşülmediği 58 günlük inşaat süresi boyunca ortalama günlük çalışan sayısı 9,36 olarak ölçülmüştür.

Konvansiyonel çelik sistem ile inşa edilecek binaya ait iş programı tablosu, aynı şekilde, her bir imalat için belirli sayıda işçi istihdamı kabul edilerek yapılmıştır. İnşaatın 6.4' te belirtilen aşamaya ulaşınca kadar ihtiyaç duyulan süre 8,5 hafta olarak belirlenmiştir. 50 günlük inşaat süresi boyunca günlük ortalama çalışan sayısı 9,36 olmuştur.

Tablo 6.10. İnşaat Süreleri Karşılaştırması

| İNŞAAT SÜRELERİ | | |
|---|---|---|
| HAFİF ÇELİK | BETONARME | KONVANS. ÇELİK |
| 30 gün | 58 gün | 50 gün |
| Günlük Ortalama Çalışan Sayısı: 9,37 | Günlük Ortalama Çalışan Sayısı: 9,36 | Günlük Ortalama Çalışan Sayısı: 9,36 |

Görüldüğü gibi beton ve sıva gibi harçlı imalatlar arttıkça, işçilikler artmakta, dolayısıyla inşaat süreleri de uzamaktadır. Hafif çelik yapı ve konvansiyonel çelik yapı ele alındığında, ikisi de çelik konstrüksiyon olmasına rağmen, günlük ortalama çalışan sayısı aynı olduğu durumda bile, inşaat süreleri arasında 50 gün / 30 gün' lük bir oran oluşmaktadır. Bu fark, panel malzeme kullanılması yerine duvar örülmesi ve harçlı sıva yapılmasından kaynaklanmaktadır. Bu analizde, günlük çalışan sayısı denk tutularak, inşaat süreleri karşılaştırılmıştır. Çalışan sayısını arttırarak konvansiyonel çelik yapının inşaat süresini daha aza indirmek mümkündür.

Betonarme yapının inşaat programına bakıldığında, beton priz sürelerinden dolayı ekibin çalışmadığı veya çalışan sayısının azaltıldığı günler görülmektedir. Burada beton priz süreleri, hızlandırıcı katkı malzemeleri ile belli oranda azaltılırken; bu durumun, kış mevsiminde ve don olayının olduğu zamanlarda geçerli olmayacağı açıktır. Böylece betonarme inşaat süresi daha uzun bir zamana yayılacaktır. Uygun iklim koşullarında, günlük ortalama çalışan sayısı diğer iki sistemle aynı tutulduğunda, betonarme inşaatın 58 gün süreceği hesaplanmıştır. Çelik yapı sistemleriyle kıyaslandığında; betonarme yapı sistemi ile inşa edilen binalar daha uzun sürede tamamlanabilmektedir.

Hafif çelik, betonarme ve konvansiyonel çelik yapıya ait iş programları Ek.H' de verilmiştir.

6.5. Nakit Akış Tabloları

Nakit akış tabloları, her üç inşaat için de, kullanılan malzemelerin nakit para ile alındığı, işçiliklerin ise haftalık puantajlar şeklinde ödendiği kabulüne göre hazırlanmıştır. İş programına uygun olarak, her hafta inşaatta çalışan adam sayısı hesaplanmış, ortalama günlük yövmiyeler 30 YTL kabul edilerek yaklaşık haftalık işçilik tutarlarına ulaşılmıştır. Yine iş programına uygun olacak şekilde haftalık malzeme ihtiyaçları tesbit edilmiş; böylece inşaatın devam etmesi için gereken haftalık yaklaşık nakit ihtiyacı hesaplanmıştır.

Bu tablolara göre, sistemler arasındaki haftalık nakit ihtiyaç farkları belirlenerek, fark kadar paranın haftalık maliyetleri hesaplanmıştır. Bu duruma göre hafif çelik ve konvansiyonel çelik yapının inşaat başlangıcındaki ve devamındaki haftalarda gerektirdiği fazla nakit paranın haftalık maliyetleri bulunmuştur. Ancak bu iki sistemle inşa edilen konutun daha erken sürede tamamlanarak nakte çevrilebilmesi gözönüne alındığında, nakit para ihtiyacından oluşan fark denk kabul edilerek ihmal edilmiştir.

Tablo 6.11. Haftalık Para İhtiyacı Karşılaştırması

| HAFTALIK GEREKEN PARA | | | |
|------------------------------|--------------------|------------------|-----------------------|
| | Hafif Çelik | Betonarme | Konvans. Çelik |
| Hafta 1 | 31.868 | 12.230 | 26.090 |
| Hafta 2 | 3.980 | 9.525 | 6.085 |
| Hafta 3 | 2.469 | 4.980 | 8.022 |
| Hafta 4 | 5.620 | 3.480 | 4.915 |
| Hafta 5 | 6.215 | 7.165 | 1.650 |
| Hafta 6 | | 3.590 | 2.280 |
| Hafta 7 | | 5.615 | 1.400 |
| Hafta 8 | | 5.220 | 2.240 |
| Hafta 9 | | 1.640 | 300 |
| Hafta 10 | | 1.120 | |
| TOPLAM | 50.152 | 54.565 | 52.982 |

Tablo 6.12. Haftalık Kümülatif Para İhtiyacı Karşılaştırması

| HAFTALIK KÜMÜLATİF GEREKEN PARA | | | |
|--|---------------|---------------|----------------|
| | Hafif Çelik | Betonarme | Konvans. Çelik |
| Hafta 1 | 31.868 | 12.230 | 26.090 |
| Hafta 2 | 35.848 | 21.755 | 32.775 |
| Hafta 3 | 38.317 | 26.735 | 40.797 |
| Hafta 4 | 43.937 | 30.215 | 45.712 |
| Hafta 5 | 50.152 | 37.380 | 47.362 |
| Hafta 6 | | 40.970 | 49.642 |
| Hafta 7 | | 46.585 | 51.042 |
| Hafta 8 | | 51.805 | 53.282 |
| Hafta 9 | | 53.445 | 53.582 |
| Hafta 10 | | 54.565 | |
| TOPLAM | 50.152 | 54.565 | 52.982 |

Tablo 6.13. Haftalara Göre İşçilik / Maliyet Oranları

| HAFTALIK İŞÇİLİK / MALİYET ORANLARI | | | |
|--|---------------|---------------|----------------|
| | Hafif Çelik | Betonarme | Konvans. Çelik |
| Hafta 1 | % 6,9 | % 10,1 | % 10,5 |
| Hafta 2 | % 36,2 | % 17,3 | % 28,6 |
| Hafta 3 | % 52,5 | % 31,3 | % 33,3 |
| Hafta 4 | % 34,2 | % 28,5 | % 40,9 |
| Hafta 5 | % 24,1 | % 24,3 | % 74,5 |
| Hafta 6 | | % 48,5 | % 47,4 |
| Hafta 7 | | % 40,6 | % 90,0 |
| Hafta 8 | | % 54,0 | % 45,5 |
| Hafta 9 | | % 80,5 | % 100 |
| Hafta 10 | | % 85,7 | |
| TOPLAM | % 16,8 | % 29,9 | % 26,5 |

Tablo 6.14. Haftalara Göre Kümülatif İşçilik / Maliyet Oranları

| KÜMÜLATİF İŞÇİLİK / MALİYET ORANLARI | | | |
|---|---------------|---------------|----------------|
| | Hafif Çelik | Betonarme | Konvans. Çelik |
| Hafta 1 | % 6,9 | % 10,1 | % 10,5 |
| Hafta 2 | % 10,1 | % 13,2 | % 13,9 |
| Hafta 3 | % 13,0 | % 16,6 | % 17,8 |
| Hafta 4 | % 15,8 | % 18,0 | % 20,3 |
| Hafta 5 | % 16,8 | % 19,2 | % 22,2 |
| Hafta 6 | | % 21,7 | % 23,4 |
| Hafta 7 | | % 24,0 | % 25,2 |
| Hafta 8 | | % 27,0 | % 26,1 |
| Hafta 9 | | % 28,7 | % 26,5 |
| Hafta 10 | | % 29,9 | |
| TOPLAM | % 16,8 | % 29,9 | % 26,5 |

6.6. Aşamalı Maliyet Karşılaştırması

Doğru bir sonuca varabilmek için, karşılaştırılacak sistemlerin birbirleriyle denkleğinin doğru olarak ayarlanması gerekmektedir. Burada denklikten kasıt, binanın hangi aşamalarda karşılaştırılacağıının belirlenmesi, seçilen aşamanın binanın bütünlüğünü etkilememesi, binada kullanılacak üst yapı malzemelerinin aynı kaliteyi sağlayacak şekilde seçilmesi gibi kriterlerin özenle sağlanmasıdır. Örneğin çelik sisteme ait iskelet bedelinin, betonarme sisteme ait beton ve demir metrajlarıyla hesaplanan bedel ile, yapıların bütününden ayrı olarak kıyaslanması durumunda oluşan maliyet farkları, yanlış algılara yol açacaktır. Önemli olan nokta, temeli ile birlikte üst yapısı inşa edilmiş yapıların maliyeti hesaplanırken; işçilikler, sarf malzemeler, nakliye bedelleri, zayıatlar gibi tüm ayrıntıların birarada irdelenmesidir.

Bu analizde, binanın 3 aşaması için denk maliyet karşılaştırması yapmak mümkün olmuştur. Bu aşamalar aşağıda belirtilmiştir:

1. Temel maliyetlerinin karşılaştırması
2. 1'e ek olarak, taşıyıcı iskelet maliyetlerinin karşılaştırılması
3. 2'ye ek olarak duvar ve iç sıva maliyetlerinin karşılaştırılması

Tablo 6.15. Temellerde Kullanılan Malzeme Miktarları

| HAFİF ÇELİK BİNAYA AİT RADYE TEMEL | | | | |
|--|------|-----------------------|----------------|------|
| 1 | RT-3 | ST III İnşaat Demiri | kg | 3650 |
| 2 | RT-4 | BS25 Betonarme Betonu | m ³ | 38 |
| 3 | RT-5 | Grobeton | m ³ | 15 |
| BETONARME BİNAYA AİT RADYE TEMEL | | | | |
| 1 | RT-2 | ST III İnşaat Demiri | kg | 5851 |
| 2 | RT-3 | BS25 Betonarme Betonu | m ³ | 47 |
| 3 | RT-5 | Grobeton | m ³ | 25 |
| KONVANS. ÇELİK BİNAYA AİT RADYE TEMEL | | | | |
| 1 | RT-9 | ST III İnşaat Demiri | kg | 4665 |
| 2 | RT10 | BS25 Betonarme Betonu | m ³ | 43 |
| 3 | RT-5 | Grobeton | m ³ | 15 |

Tablo 6.16. Taşıyıcı Sistemde Kullanılan Malzeme Miktarları

| HAFİF ÇELİK BİNA TAŞIYICI İSKELETİ | | | | |
|--|------|-------------------------|----------------|-------|
| 1 | HÇ-1 | Galvaniz Çelik Profil | kg | 9454 |
| 2 | HÇ-2 | 18 mm OSB-3 | m ² | 111 |
| BETONARME BİNA TAŞIYICI İSKELETİ | | | | |
| 1 | BA-3 | ST III İnşaat Demiri | kg | 10684 |
| 2 | BA-4 | BS25 Betonarme Betonu | m ³ | 68 |
| 3 | BA-5 | Çam Kereste | m ³ | 12,5 |
| KONVANS. ÇELİK BİNA TAŞIYICI İSKELETİ | | | | |
| 1 | ÇK-1 | Dolu Gövde Çelik Profil | kg | 11395 |
| 2 | ÇK-3 | 30 mm MDF | m ² | 109 |
| 3 | ÇK-4 | 22 mm OSB-3 | m ² | 101 |

Tablo 6.17. Temel Maliyetleri Karşılaştırması (1.Aşama)

| 1. AŞAMA KARŞILAŞTIRMASI | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|---|
| TEMEL | | |
| HAFİF ÇELİK [MRT-1' DEN MRT-10' A] | BETONARME [RT-1' DEN RT-10' A] | KONVANSİYONEL ÇELİK [MRT-1' DEN MRT-10' A] |
| 11.045 YTL | 15.190 YTL | 12.328 YTL |
| İşçilik % 12,8 Malzeme % 87,2 | İşçilik % 15,2 Malzeme % 84,8 | İşçilik % 12,2 Malzeme % 87,8 |

Tablo 6.18. Temel + Üst Yapı İskeleti Maliyetleri Karşılaştırması (2.Aşama)

| 2. AŞAMA KARŞILAŞTIRMASI | | |
|---|---|---|
| TEMEL + YAPI İSKELETİ | | |
| HAFİF ÇELİK [1.AŞAMA + (HÇ-1) + (HÇ-2)] | BETONARME [1.AŞAMA + (BA-1' DEN BA-5' E)] | KONVANSİYONEL ÇELİK [1.AŞAMA + (ÇK-1' DEN ÇK-4' E)] |
| 41.926 YTL | 41.343 YTL | 40.167 YTL |
| İşçilik % 15,0 Malzeme % 85,0 | İşçilik % 21,9 Malzeme % 78,1 | İşçilik % 21,3 Malzeme % 78,7 |

Tablo 6.19. Temel + Üst Yapı + Saten Alçıya Hazır Duvar Maliyetleri Karşılaştırması (3.Aşama)

| 3. AŞAMA KARŞILAŞTIRMASI | | |
|--|---|--|
| TEMEL + YAPI İSKELETİ + DUVAR + SIVA | | |
| HAFİF ÇELİK [2.AŞAMA + (HÇ-3' TEN HÇ-6' YA)] | BETONARME [2.AŞAMA + (BA-6' DAN BA-12' YE)] | KONVANSİYONEL ÇELİK [2.AŞAMA + (ÇK-5' TEN ÇK-13' E)] |
| 50.152 YTL | 54.565 YTL | 52.982 YTL |
| İşçilik % 16,8 Malzeme % 83,2 | İşçilik % 29,9 Malzeme % 70,1 | İşçilik % 26,5 Malzeme % 73,5 |

Tablo 6.20. Sistemlere Göre Bina Net Kullanım Alanları

| NET KULLANIM ALANLARI | | |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| HAFİF ÇELİK | BETONARME | KONVANSİYONEL ÇELİK |
| 204 m² | 191 m² | 202 m² |

Tablo 6.21. Bina Net Kullanım Alanlarına Göre 3. Aşama İnşaat Maliyetleri

| METREKARE MALİYETLERİ | | |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| HAFİF ÇELİK | BETONARME | KONVANSİYONEL ÇELİK |
| 246 YTL / m² | 286 YTL / m² | 265 YTL / m² |

Tablo 6.22. Bina Net Kullanım Alanlarına Göre 3. Aşama İnşaat Maliyet Oranları

| METREKARE MALİYET ORANLARI | | |
|-----------------------------------|-------------|---------------------|
| HAFİF ÇELİK | BETONARME | KONVANSİYONEL ÇELİK |
| 0,86 | 1,00 | 0,93 |

6.7. Sonuçlar

Görüldüğü üzere, hafif çelik yapıda kullanılan çelik malzeme ağırlığı, çatısı dahil olmak üzere, betonarme binada kullanılan donatı demirinin ağırlığının bile altındadır. Bu durumda taşınan yüke göre temel boyutlandırmalarında da farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Ayrıca betonarme yapıya ait temelde, radye kirişleri arasında kalan boşluklar cürufıyla doldurulup üzeri grobetonla kapatılırken, hafif çelik yapıya ait temel ters radye mantığıyla inşa edildiğinden, döşemenin kendisi zemin kat yüzeyini oluşturmaktadır. Konvansiyonel çelik yapı için hafif çelik yapıya uygulanan temelin benzeri tasarlanmış, ancak zemine aktarılan yüklerin daha fazla olması nedeniyle temel boyutları büyütülmüştür.

Hafif çelik yapılar için işçilik/toplam gider maliyeti % 15-20 civarındayken, betonarme ve konvansiyonel çelik yapılar için bu oran % 25-35' leri bulmaktadır. İşçiliğin artması, sigorta giderlerinin artmasına neden olur. Çalışan işçilerin barınması, yemek ihtiyaçlarının karşılanması ve iş takibi için kontrol teşkilatı oluşturulması, genel giderleri arttırıcı yönde etki yapmaktadır. Ayrıca yapının iskeletinin ortaya çıkması için gerekli süre, hafif çelik için 15-25 gün mertebelerindeyken, betonarme için bu süre 35-50 gün arasında, konvansiyonel çelik için 20-30 gün gibi sürelerde değişmektedir.

Şantiye iş programlarına uyulduğu takdirde, hafif çelik yapı sistemi, çok hızlı bir şekilde inşaat yapma olanağı sağlamaktadır. Çalışan sayısının arttırılması sonucunda inşaat süreleri daha da aşağı çekilebilmektedir. Sürenin kısa olması, inşaat maliyetini azaltıcı yönde etki yapar. Şantiye genel giderleri, şantiye faaliyette olduğu sürece sabit olarak devam edeceğinden, 5 hafta süren hafif çelik inşaatın genel giderleri, 10 hafta süren betonarme inşaatın genel giderlerinin yarısı kadar olacaktır. Ayrıca hafif çelik olarak inşa edilen binanın erken bitirilerek nakte çevrilebilmesi avantajı vardır. Ancak kısa inşaat süreleri, daha erken nakit ihtiyacı doğuracağından, finansmanının doğru ayarlanması ve malzeme alımlarının vadeli yapılması gerekir.

Hafif çelik ile inşa edilmiş bir binanın tasarlanan maliyeti ile gerçekleşmiş maliyeti birbirine çok yakındır. Betonarme binada ise, sahaya indirilen kumdan, çimento torbalarına kadar, çeşitli malzemelerin zayi olma olasılığı daha yüksektir. Aynı şekilde konvansiyonel çelik yapıda da profil ebatlarından kaynaklanan zayıflar olacaktır. Hafif çelik yapı doğru olarak projelendirildiğinde, cephe ve duvar kaplamaları düşük zayıflarla yapılabilir. Konut adedinin fazla olduğu projelerde, kaplamalar için de ayrıca şablonlar oluşturularak, her binada minimum zayıflar elde etmek mümkündür.

Hafif çelik üst yapı inşaatında, 3. aşamaya gelinceye kadar yapılan imalatlar dört kalem olacak şekilde, çelik konstrüksiyon montajı, OSB kaplama, camyünü yalıtımı ve alçıpan kaplamalardır. Betonarme ve konvansiyonel çelik üst yapı inşaatında 10 kalem imalat vardır. Bu durumda hafif çelik yapılar, pratik yapılardır denebilir.

Betonarme binada kalıp, duvar ve sıva gibi imalatların, konvansiyonel çelik yapıda da bina iskelet montajının dikkatlice yapılması gerekmektedir. Bu aşamalarda yapılabilecek hatalar, yapının estetik görünümüne gölge düşürebilir. Ayrıca duvarda yapılabilecek 2 cm' lik bir hatanın sıva ile düzeltilmesi, fazladan malzeme, işçilik ve zaman kaybı olarak geri dönecektir.

Hafif çelik binaya ait kapı, pencere ve mobilya gibi hassas ölçü gerektiren imalatlar, proje çözüldüğü andan itibaren sipariş edilebilerek sırası geldiğinde beklenmeden yerine monte edilebilir. Diğer yapılarda, bu tip imalatlar, ancak duvar ve sıvaların tamamlanmasından itibaren ölçü alınarak hazırlanabilir. Bu durumda, hafif çelik bir yapıya ait ince işler de kısa sürede tamamlanabilecektir.

Bu çalışmada, yapının elektrik ve mekanik tesisatlarının denk olduğu kabulüyle fiyatlandırmada bu kalemler ihmal edilmiştir. Tesisat için kullanılan malzemelerin aynı bedelle satın alınacağı düşünülerek, işçiliklerde oluşabilecek farklar maliyete yansıtılmamıştır. Gerçekte ise, hafif çelik yapının dikme ve kirişlerinde bulunan tesisat delikleri sayesinde duvarlarda kırım yapılmayacağından, tesisat işçilikleri, betonarme yapıya göre daha azdır.

Çelik yapıların bir diğer avantajı da, dış duvar kalınlıklarının betonarme bir binaya göre daha az olması nedeniyle, net kullanım alanlarının, betonarme yapılarınkinden % 3,5 - 7 civarında daha fazla olmasıdır. 225 m²' lik Kordelya Evi için, çelik sistemler ile betonarme sistemin net kullanım alanları arasında 11-13 m²' lik farklar vardır.

Konvansiyonel çelik taşıyıcılı olarak tasarlanmış konutta, betonarme ve hafif çelik konuta göre çözülmesi gereken daha fazla detay bulunmaktadır. Uygulamaya geçilmeyeceği için bu detaylarla ilgili çözümler sunulmamıştır. Bu nedenle, konvansiyonel çelik yapının sunacağı konfor, diğerlerine oranla daha düşük kalmıştır. Tavan alçıpan kaplamaları, kiriş görüntülerini yok edemeyeceğinden, alçıpan asma tavan şeklinde bir çözüm önerilebilir. Bu da toplam maliyete; tavan maliyetinin 2 misline çıkması şeklinde yansiyacaktır.

Konvansiyonel çelik yapıda karşılaşılabilecek bir diğerk sorun ise, bina duvarlarının taşıyıcı sistemle ayrı çalışacak olmasıdır. Duvarlar, zemine ve çelik konstrüksiyona belli noktalarda ankrajlanmalıdır. Sıva yapılırken, tüm kolon-duvar birleşimleri sıva fileleri ile sarılmalı veya içte kalan kolon yüzeyleri alçıpan ile kaplanmalıdır. Alınacak her türlü önleme karşı, bina kullanımı boyunca, çelik taşıyıcı ve duvarlar arasında çatlama ve ayrılmalar yaşanması olasılık dahilindedir.

Konvansiyonel çelik yapının kolonları ısı köprüsü oluşturacağından, dış cephede mantolama yapılarak ısı yalıtımı sağlanabilir. Korozyon dayanımı ise, maliyete yansıtacak şekilde, epoksi boya uygulamaları ile artırılabilir.

Sonuç olarak soğukta şekil verilmiş ince cidarlı elemanlarla oluşturulan hafif çelik yapılar ve dolu gövde profillerle oluşturulan konvansiyonel yapılar, ilk anda pahalı yapılar olarak lanse edilse de; inşaat maliyetleri, tüm ekonomik kriterler göz önünde bulundurularak irdelendiğinde aslında bunun doğru olmadığı görülmektedir. Ancak konvansiyonel çelik yapılarda duvar aralarında tuğla veya bimsblok kullanılması ve sıva yapılması, yapıya karma bir nitelik katmaktadır. Bu da panel malzemeler kullanılarak inşa edilen hafif çelik yapıların aksine, yukarıda belirtildiği üzere, uygulamada bazı zorluklara neden olmaktadır.

6.8. Kapanış

Günümüzde ABD, Kanada, İngiltere, Avustralya, Japonya gibi teknoloji devi ülkelerde yaygın olarak kullanılan Hafif Çelik Yapılar (Light Gauge Steel Framing) ülkemizde de 1999 Marmara depreminin ardından rağbet görmüş, bu sistemle inşa edilen az katlı konutlar, inşaat sektörü için yeni bir pazar oluşturmaya başlamıştır. Depremden bir yıl sonraki İstanbul Konut Fuarında, yurtdışından paket ev ithal ederek depreme dayanıklı prefabrik konut adı altında iç piyasada satışa sunan, yabancı sermaye ortaklı Türk firmaları, yoğun rağbet görmüşlerdir. Bu şekilde hafif çelik taşıyıcılı sistemler ile ilgili yeterli teknik alt yapısı olmayan, hatta yapıların hangi standarda uygun olarak çözüldüğünü bile bilmeyen birçok firma, bu konutları uygular duruma gelmiştir.

2001 yılı şubat ayında yaşanan ekonomik kriz ve devalüasyon, yurtdışından dövize bağlı olarak konut ithal eden bu firmaları durdurmuştur. Az sayıdaki yerli üretici konumundaki firma, bu alandaki gelişimlerini sürdürmüş ve hafif çelik yapı sistemini, Türkiye şartlarında uygulanabilir hale getirmiştir. Günümüzde, hafif çelik üreticisi konumundaki yerli firmalar, konut tasarımından başlayarak, konutta kullanılacak nitelik ve ebattaki çelik profillerin üretilmesi ve konutun inşaatının bitirilmesine kadar geçen süreç boyunca teknik hizmet ve destek vermektedirler.

İmar afları, gecekondular ve çok katlı binaların ağırlığı altında ezilen ve düzensiz gelişen şehirlerimiz, bugün, yıkıcı olmayan depremlerde bile, arkasında onlarca ölü, yüzlerce yaralı ve binlerce evsiz insan bırakır durumdadır. Hal böyleyken, ve 1999 depreminde resmi rakamlarla 17.000 civarında vatandaşımızı kaybetmişken, inşaat sektöründe reform yapılması gerekliliği ortak görüş haline gelmiştir. Hızla hazırlanarak 03.02.2000 tarihinde yayınlanan 595 sayılı Yapı Denetimi Hakkında Kanun Hükmünde Kararname yerini, 12.07.2001 tarihi itibariyle resmi gazetede yayınlanan 4708 sayılı Yapı Denetim Kanununa bırakmıştır. Ancak tüm çalışmalar betonarme taşıyıcılı yüksek katlı konutlar baz alınarak yapılmıştır. Bu durum Türkiye'deki yapı modelini ve ekonomik realiteyi açıkça göz önüne sermektedir.

Geniş planlama alanlarına sahip şehirlerimizin, konut bazında dar alanda dikine büyümesine sebep olan çok katlı çarpık yapılaşma maalesef ülkemizin gerçeğidir. Dış ülkelerde ekonomik olarak orta ve orta-üst sınıfın yaşadığı yerler olan şehir dışı az katlı müstakil yerleşimlerde, ülkemizde gecekondular türü yapılar görülmektedir. Tam tersi ekonomik alt ve orta kesimin yoğun olarak yaşadığı şehir içindeki apartmanlara ise bizim ülkemizde ekonomik üst kesim rağbet göstermektedir. Yaşam tarzımız ve yerleşiklik anlayışımızın, yıllardır kapısını aşındırdığımız AB veya yaşam tarzını benimsemeye çalıştığımız ABD ile bu derece tezat durması da, bu ülkelerle bizim ülkemizin sosyo-ekonomik karşılaştırılması anlamında fikir verici olabilir.

1999 Marmara depremi ardından ismini duyuran, gelişmiş diğer ülkelerin aksine ülkemizde henüz yeni bir teknoloji olarak algılanan Hafif Çelik Yapı Sistemi, son beş yıl içinde yavaş bir ivmeyle dahi olsa gelişerek, kendisine diğer yapı teknolojileri arasında bir yer bulmuş ve en büyük iki kentimiz olan İstanbul ve Ankara' da az katlı konut inşaatlarında tercih edilmeye başlanmıştır. 2003 yılında Bingöl' de yaşanan deprem sonrasında, yıkılan veya hasar gören okul, askeri yatakhane, meclis lojmanları gibi kamu binaları hafif çelik yapı sistemi ile tekrar inşa edilmiştir.

Geleceğin Türkiye' sinde konut inşaatı hedefi; az katlı, depreme dayanıklı, standart üretim imkanıyla kolay denetlenebilen, ileri teknoloji ürünü, konforlu; bir yandan da ekonomik ve uzun ömürlü yapılar olmalıdır. Yukarıda sayılan özellikleri doğasında barındıran Hafif Çelik Yapılar, diğer yapı alternatiflerine yakın ve hatta daha düşük bedellerle inşa edilebildiği için, yüksek performans / maliyet oranıyla, diğer sistemler arasında bir adım öne çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

Akçalı Ü. (2005). *2005 Yılı Birim Fiyat Analizleri*. Ankara.

Akşan A.Ş. (2000) *Hafif Çelik Sistem Yapı Kataloğu*

American Galvanizers Association. (2001). *Hot Dip Galvanized Fasteners*. Englewood.

American Iron and Steel Institute AISI. (1997). *Specification for the Design of Cold Formed Steel Structural Members 1996 Edition*. Wisconsin.

American Iron and Steel Institute Photograph Gallery

<http://www.steel.org>

American Society of Testing and Materials Standarts ASTM. *E119 Test Code*

Birlik Galvaniz. *HDG Üretim İşlem Şeması*.

Burstrand H. (1998). *Sound and Vibration Properties of Light-weight Floor Structures*. Stockholm: Sweedish Institute of Steel Conctruction. Presented at the International Conference on Steel in Gren Building Construction- Sustainable Steel in Orlando 1998

Ildız. *Metal Kiremit Hakkında Teknik Bilgi*.

<http://www.ildiz.com.tr>

International Zinc Association IZA. (2000). *Zinc Coatings, Protecting Steel*. Brussels.

Johnson, G. (2000). *Steel Framing History*.

Kaczkowski R. , Sanchez N. *Life Safety in Building Design: Specifying Fire-Rated Assemblies*. AIA Architectural Record Continuing Education Series.

La Farge Dalsan. *Alçıpan Plakalar Hakkında Teknik Bilgi*. <http://www.dalsan.com.tr>
–resmi internet sitesi

Light Gauge Steel Engineer Association LGSEA. (1997). *Screw fastener selection for Light Gauge Steel Frame Construction*. Technical Note on Cold-Formed Steel Construction

Light Gauge Steel Engineer Association LGSEA. (1999). *Integral (Clinched) Fastening of Cold-Formed Steel*. Technical Note on Cold-Formed Steel Construction

Light Gauge Steel Engineer Association LGSEA. (1999). *Welding Cold-Formed Steel*. Technical Note on Cold-Formed Steel Construction

Liman Grup Ltd.Şti. *OSB Ahşap Yonga Levha Hakkında Teknik Bilgi*.
<http://www.limangrup.com.tr> resmi internet sitesi

LP. (2000). *OSB Sheating & Structural 1 Sheating*

Marulyalı Y. , Altay G. , Gürsel Y. , Gökçe C. , Oğuz S. , Yamamoto T. , Özdil S. (2003). *Türk Yapısal Çelik Derneği, Çelik Yapıların Avantajları ve İstanbul Depremi, konulu panel notları*. İstanbul.

Nader, R. , Elhajj P.E. , Bielat K. for North American Steel Framing Alliance NAFSA. (2000). *Prescriptive Method for Residential Cold-Formed Steel Framing, Year 2000 Edition*. Publication NT3.00

ODE. *Isıpan Levha Hakkında Teknik Bilgi*.
<http://www.ode.com.tr>

Resmi Gazete, 02.07.1998, *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*

Semas, J.H. (1997). Builders stay cautious despite dip in lumber costs. *Sacramento Business Journal, American City Business Journals Inc.*
<http://www.bizjournals.com/sacramento/stories/1997/12/22/focus3.html>

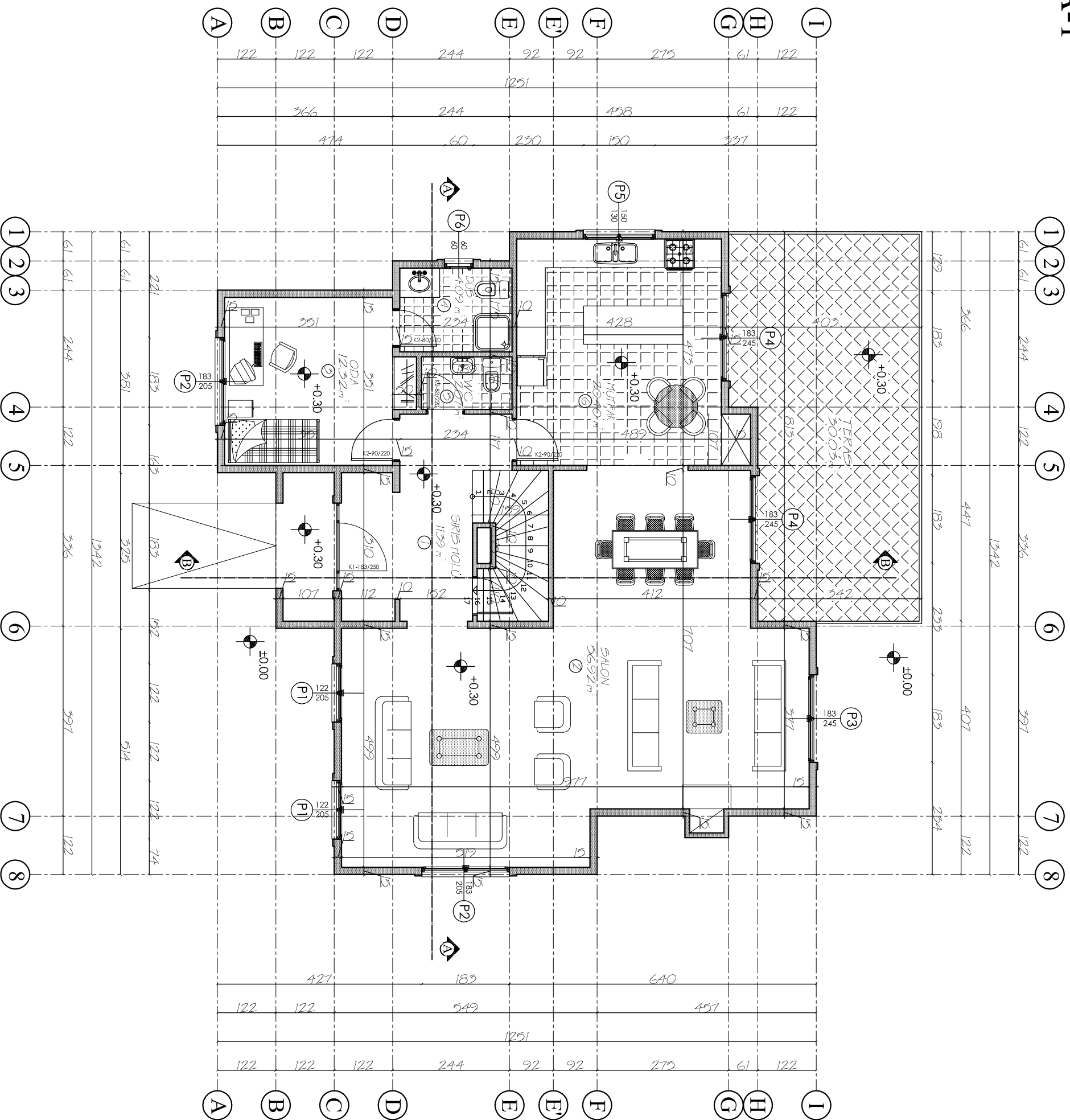
Souza K.M. , Meyers M. (1998) *Residential Steel Framing: Building a Better North American Home*. Tokyo: Galvatech '98

Structural Board Association Publications

The Specifier Newsletter of the American Galvanizers Association. *Zinc Coating Life Predictor Software*.
<http://www.galvanizeit.org>

U.S. Department of Housing and Urban Development, Office of Policy Development and Research, Manufactured Housing Research Alliance. (2002). *Design for a Cold-Formed Steel Framed Manufactured Home: Technical Support Document, Final Report*. New York.

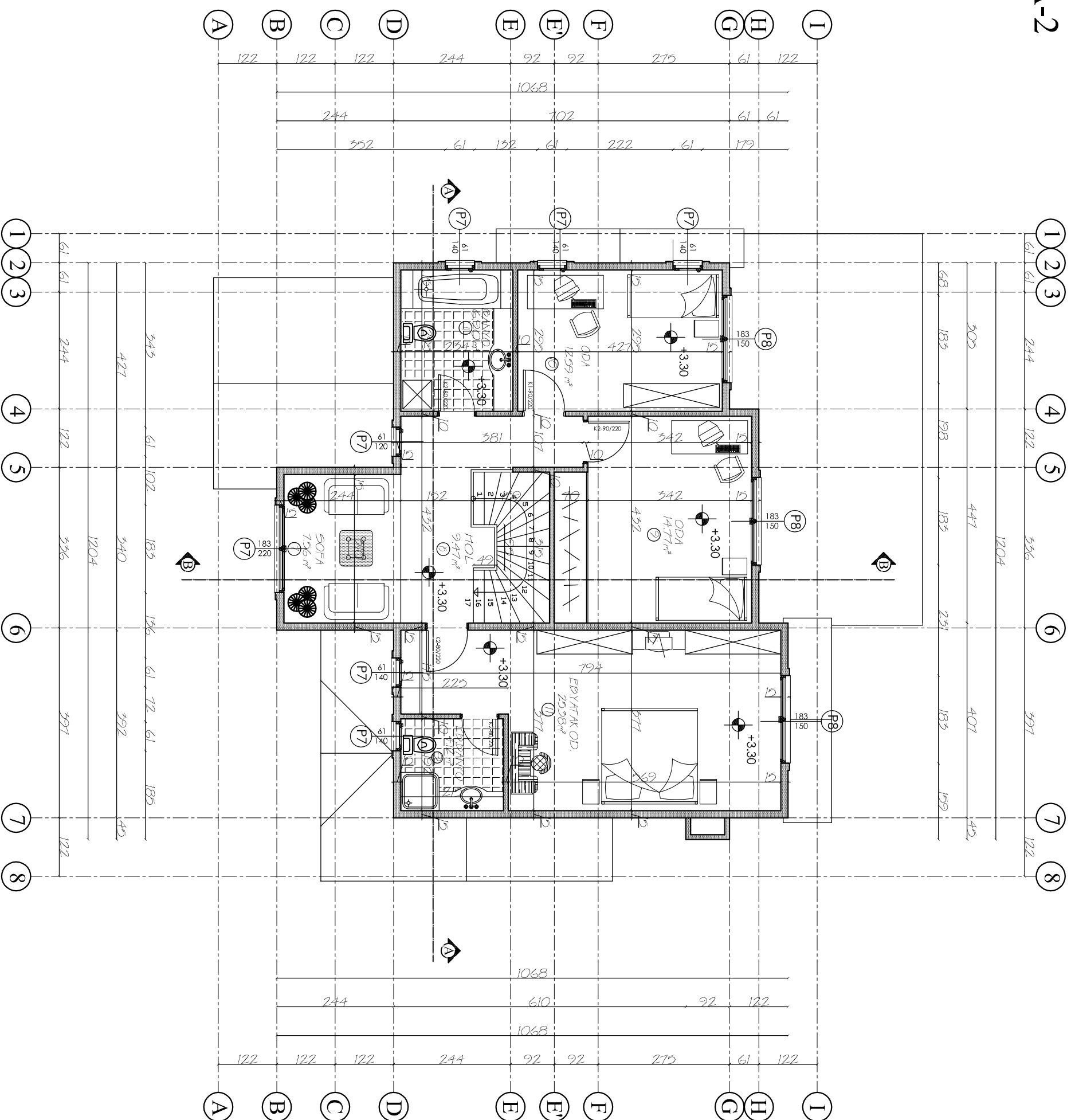
Uzgider E. ve Arda T.S. (1989). *Soğukta Şekil Verilmiş İnce Cidarlı Çelik Elemanlar*. İstanbul: İTÜ Matbaası.



KORDEL YA EVI MIMARI PROJESİ

ZEMİN KAT PLANI - 125 m2

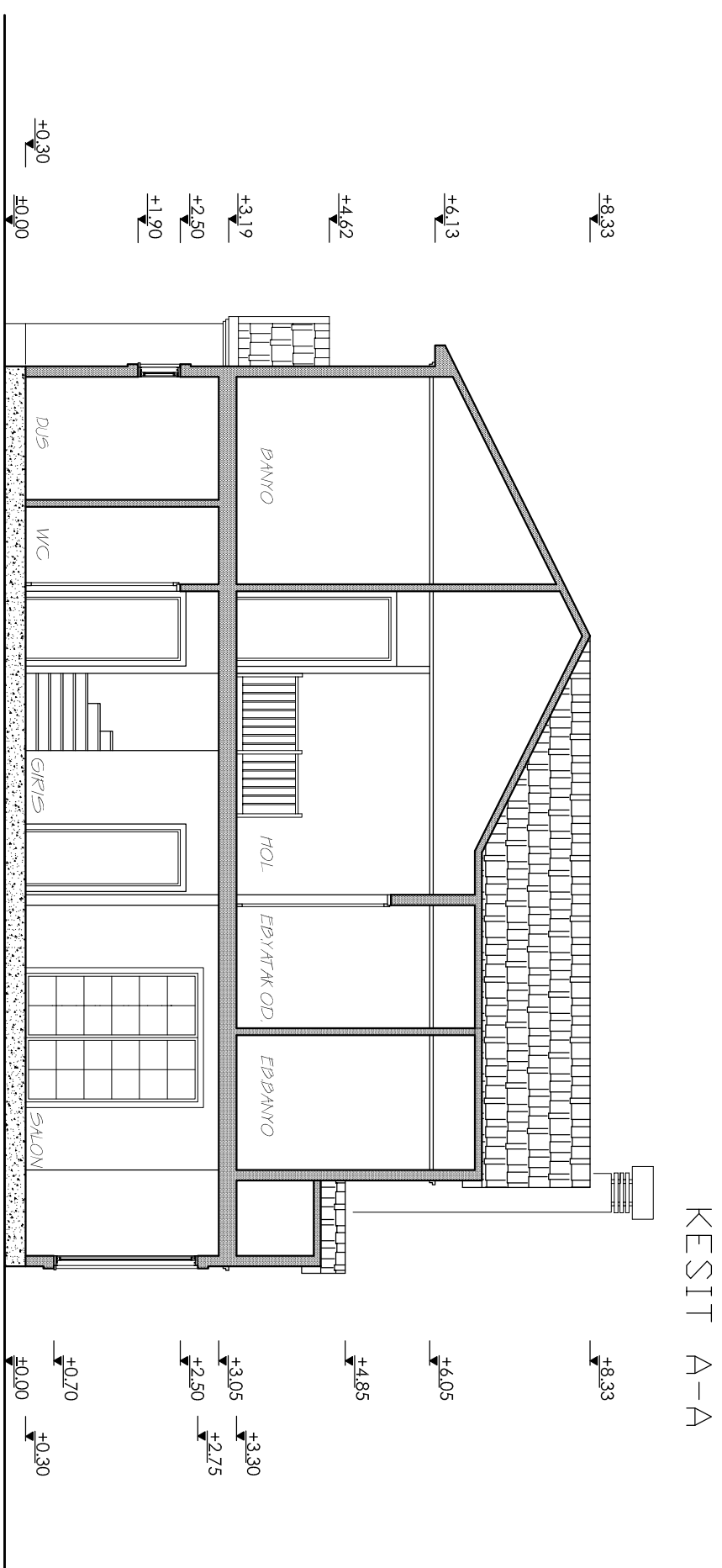
EK.A-2



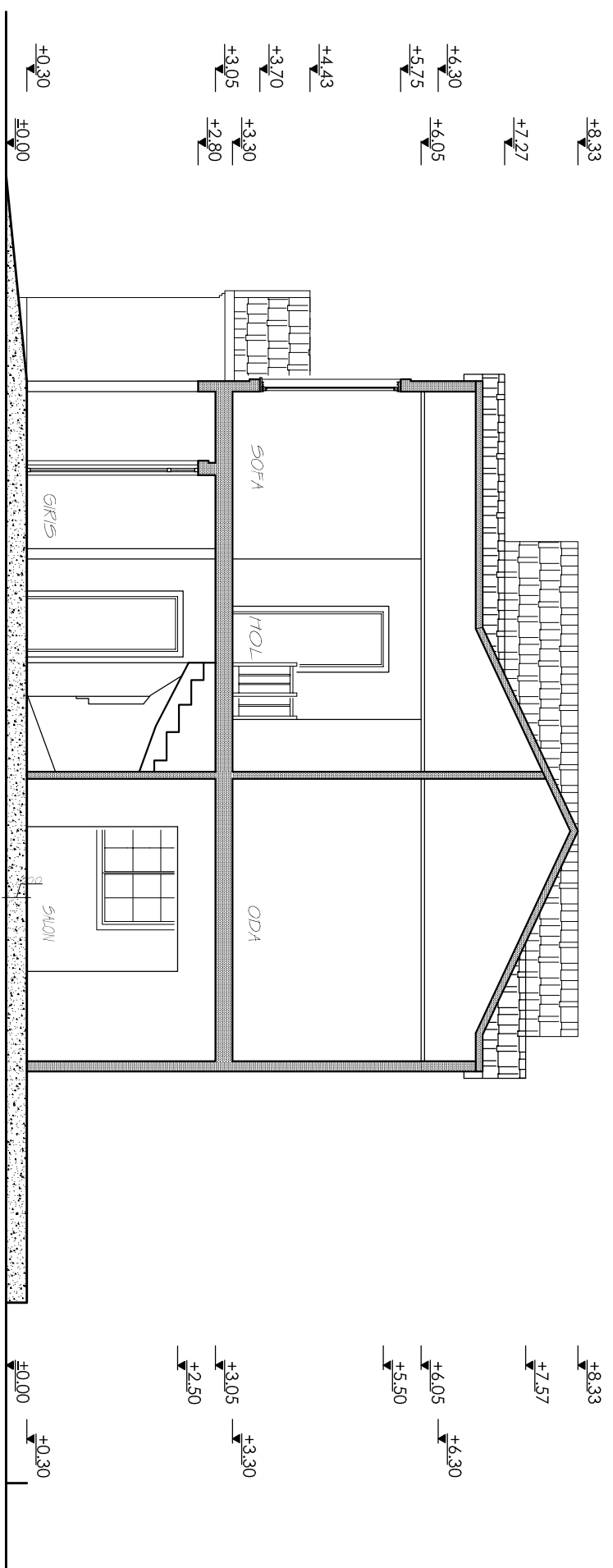
KORDELYA EVI MIMARI PROJESİ

1. KAT PLANI - 100 m²

EK.A-3



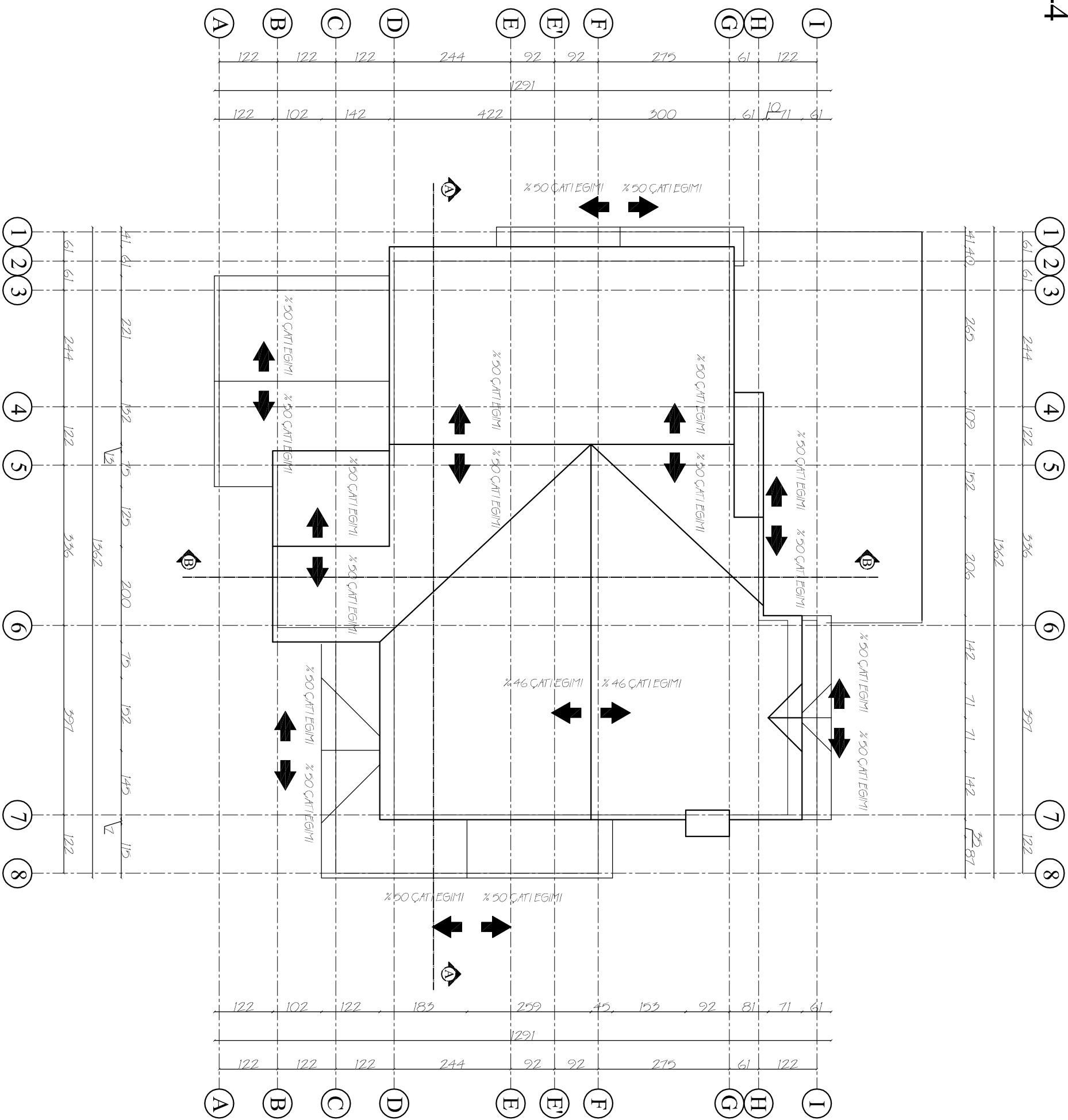
KESİT B-B



KORDEL YA EVİ MİMARİ PROJESİ

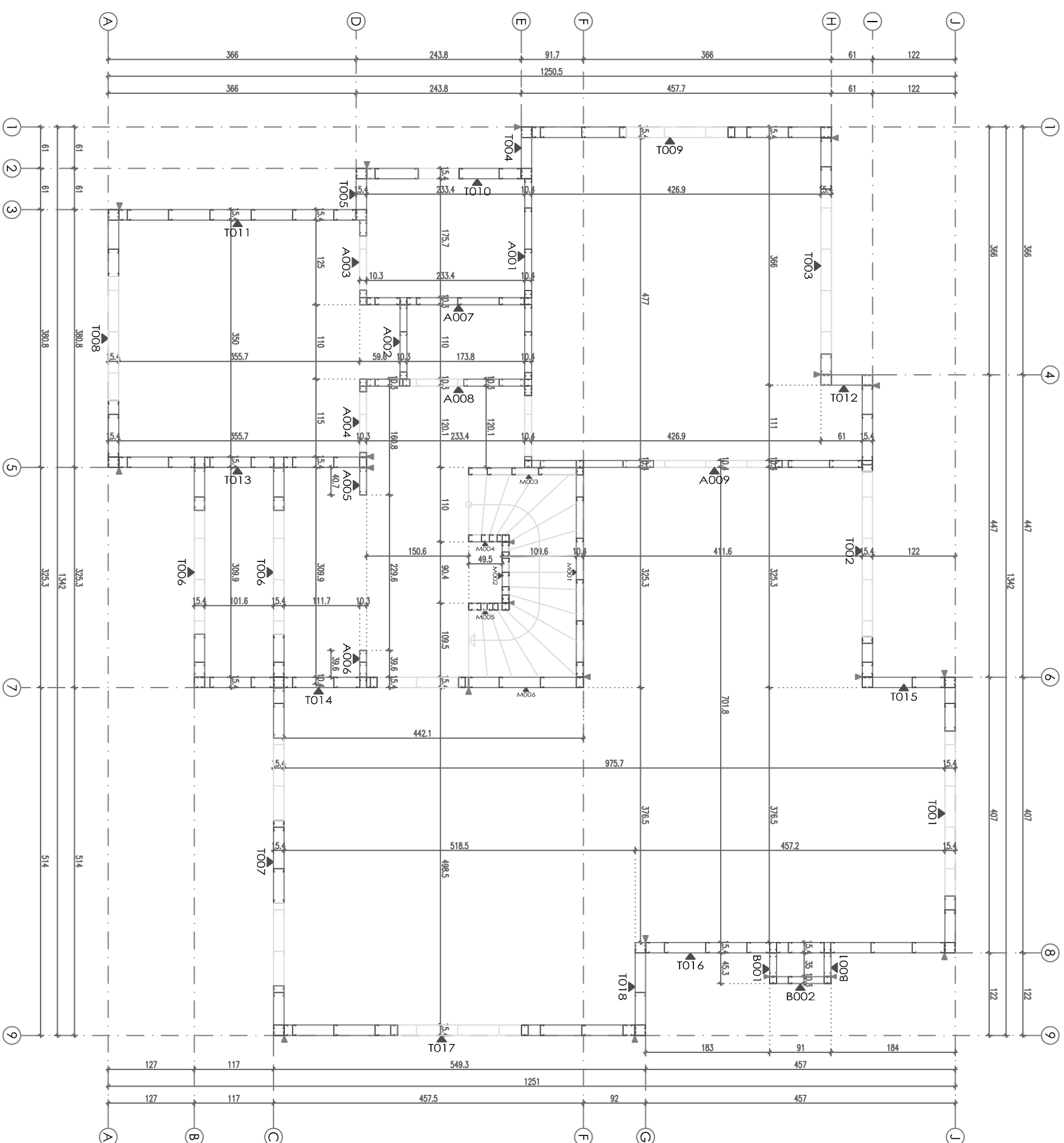
KESİTLER

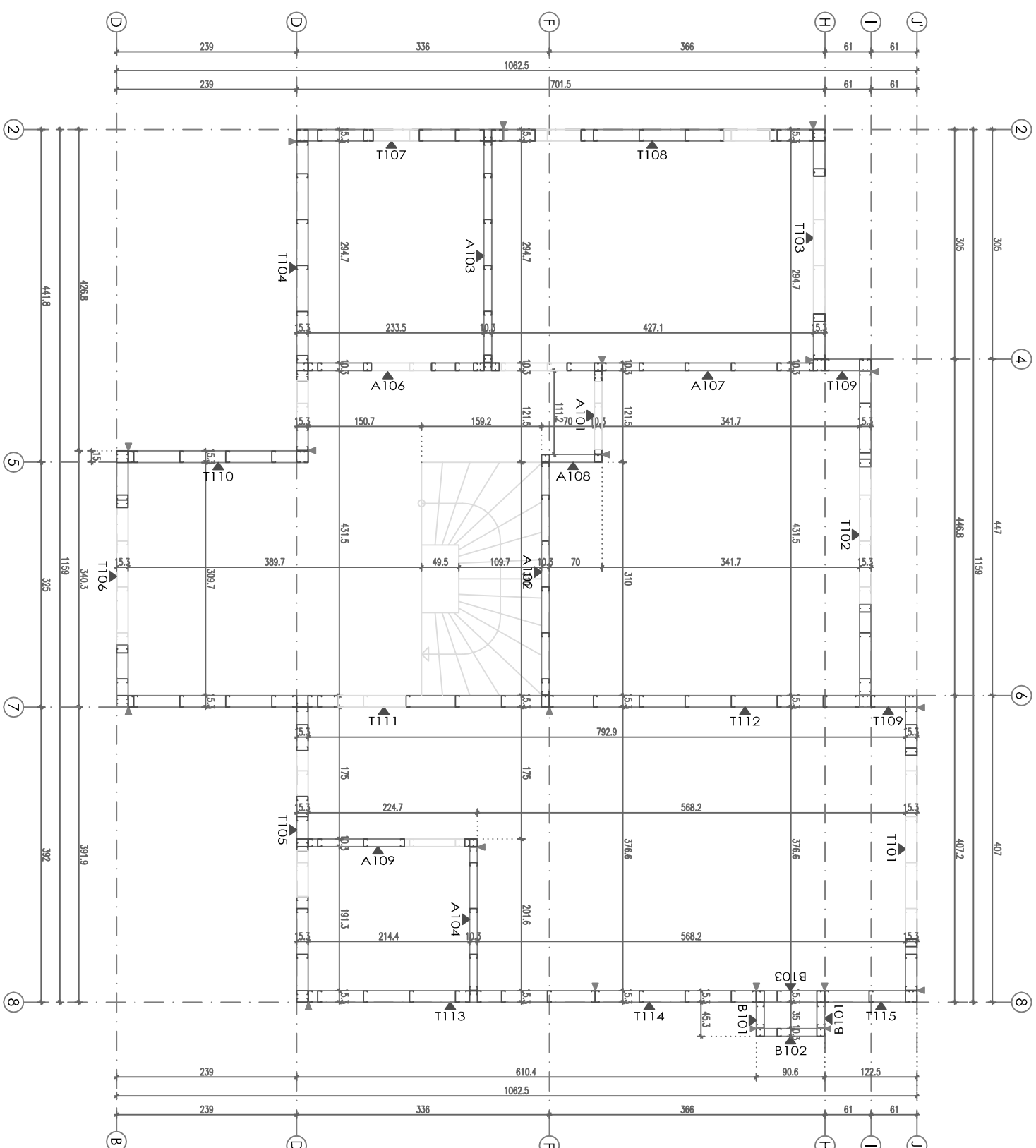
EK.A-4

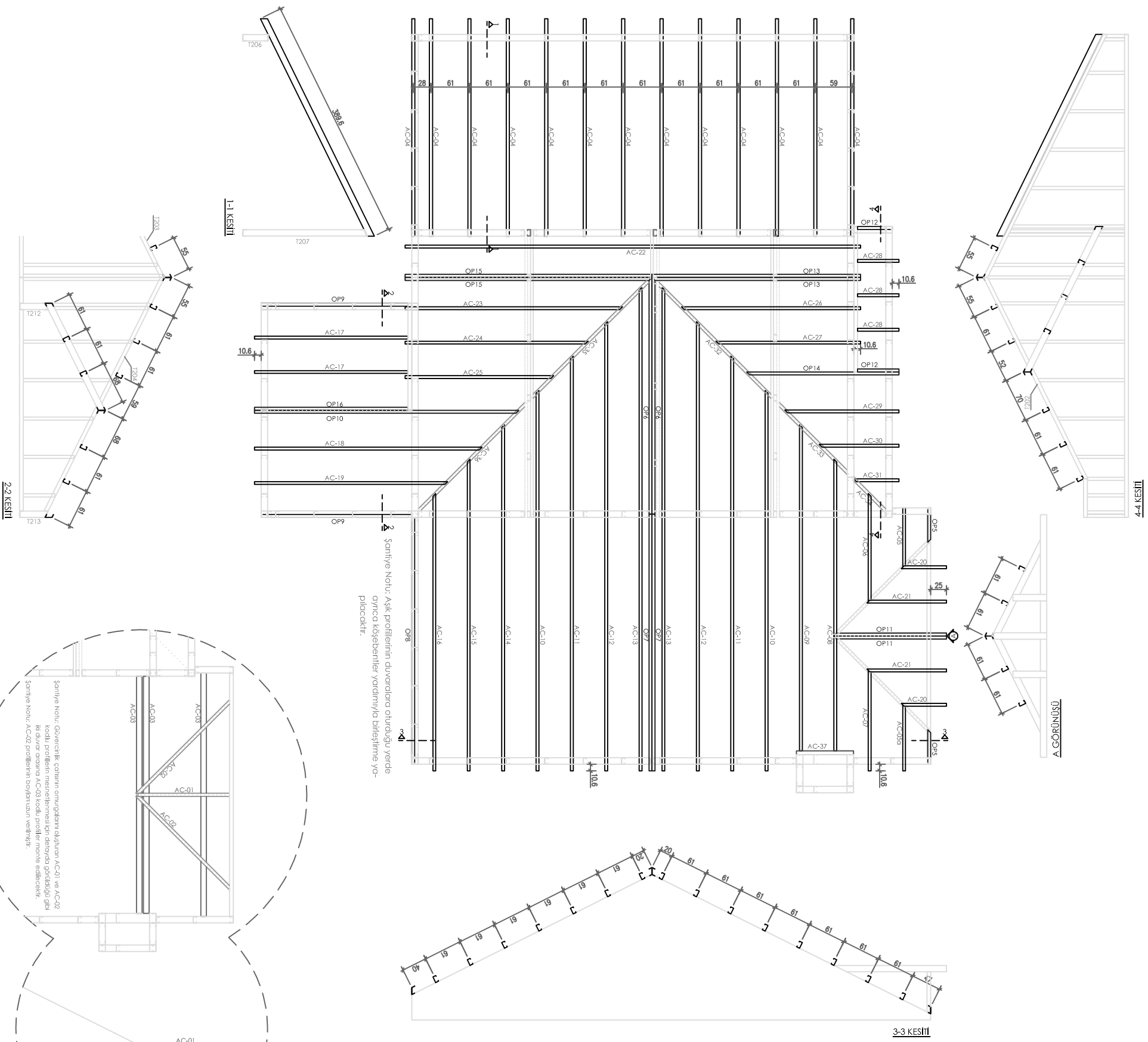


KORDEL YA EVİ MİMARİ PROJESİ

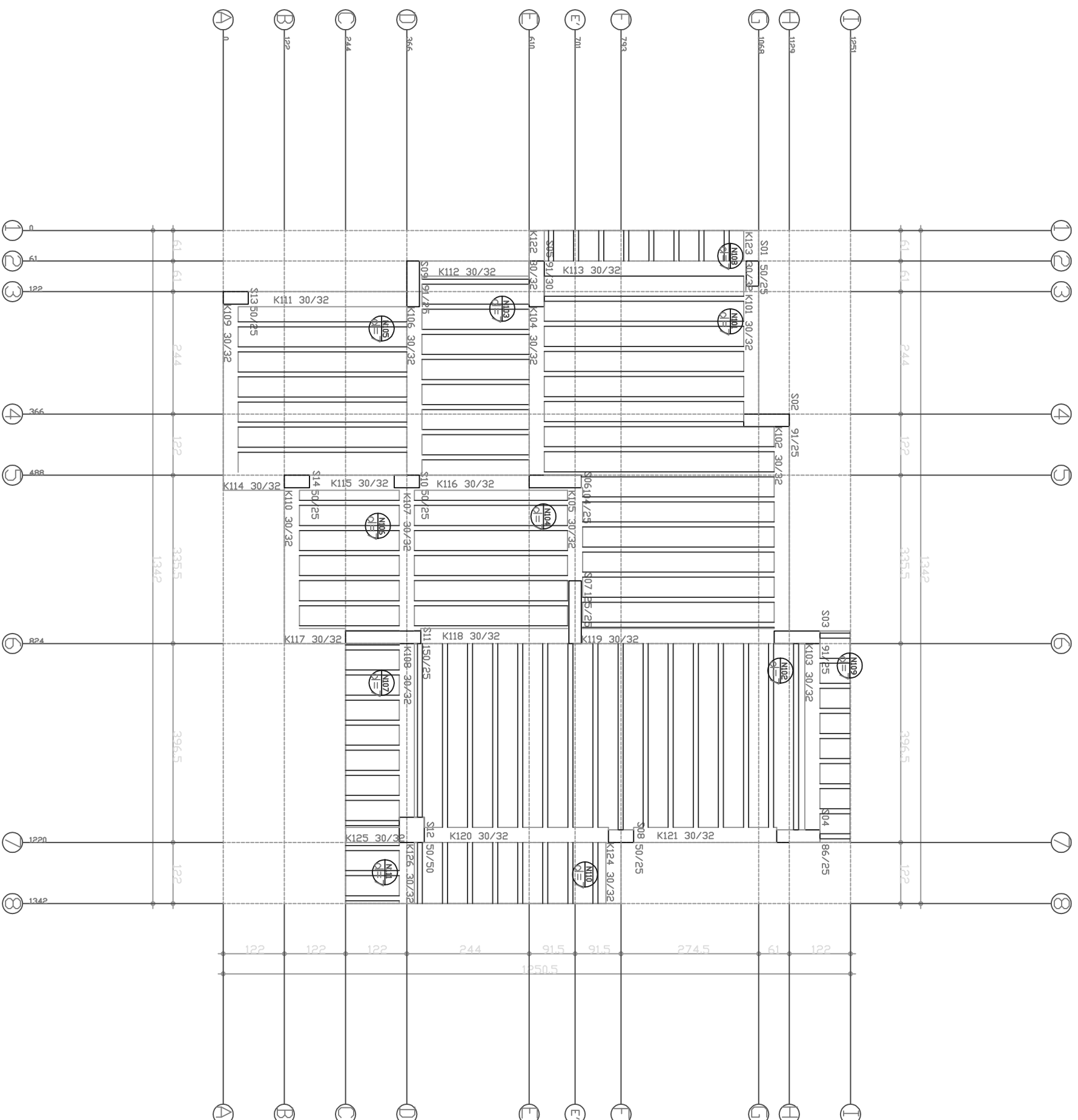
ÇATI PLANI







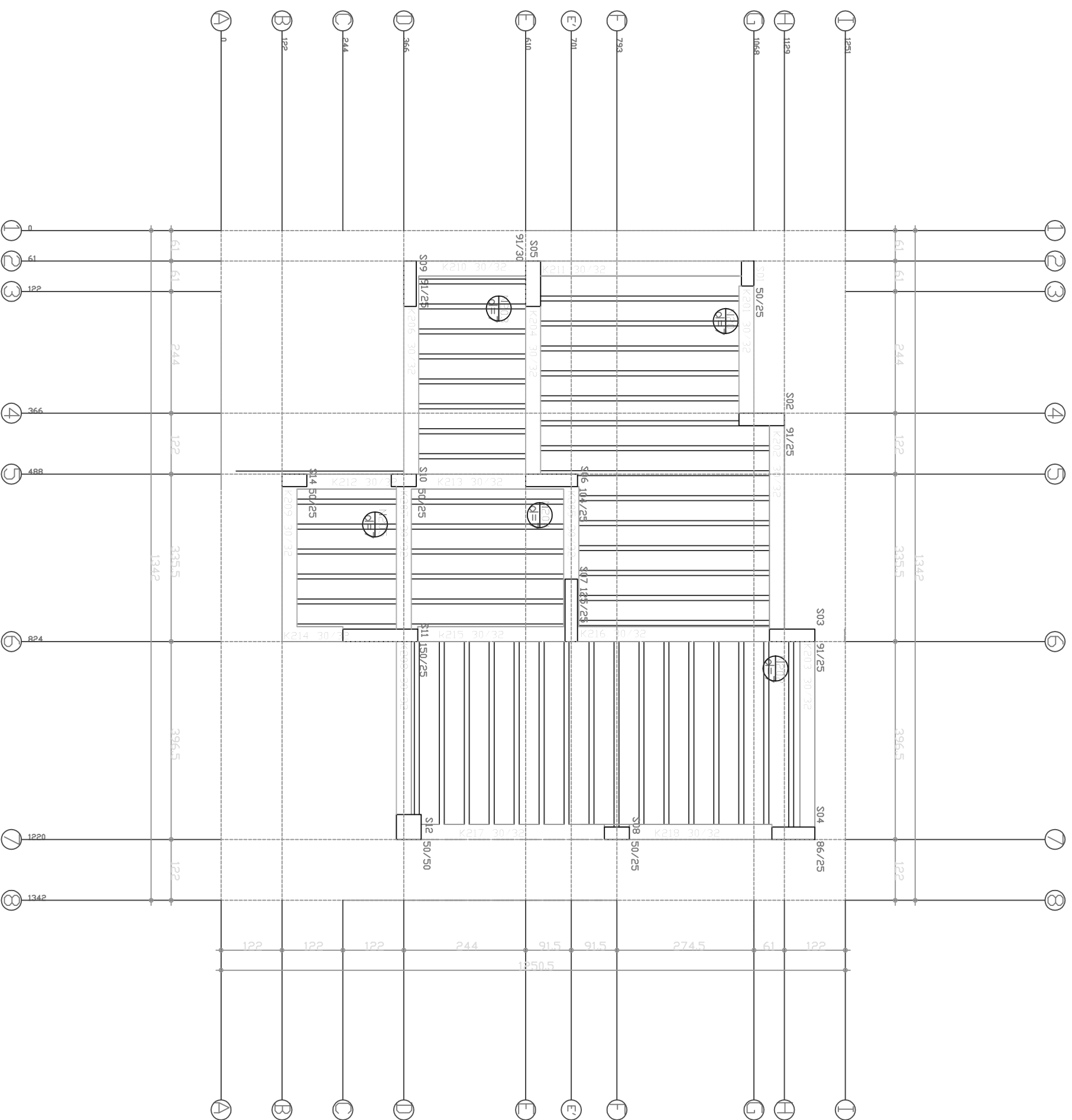
EK.C-1



KORDEL YA EVİ BETONARME PROJESİ

ZEMİN KAT TAVAN KALIP PLANI

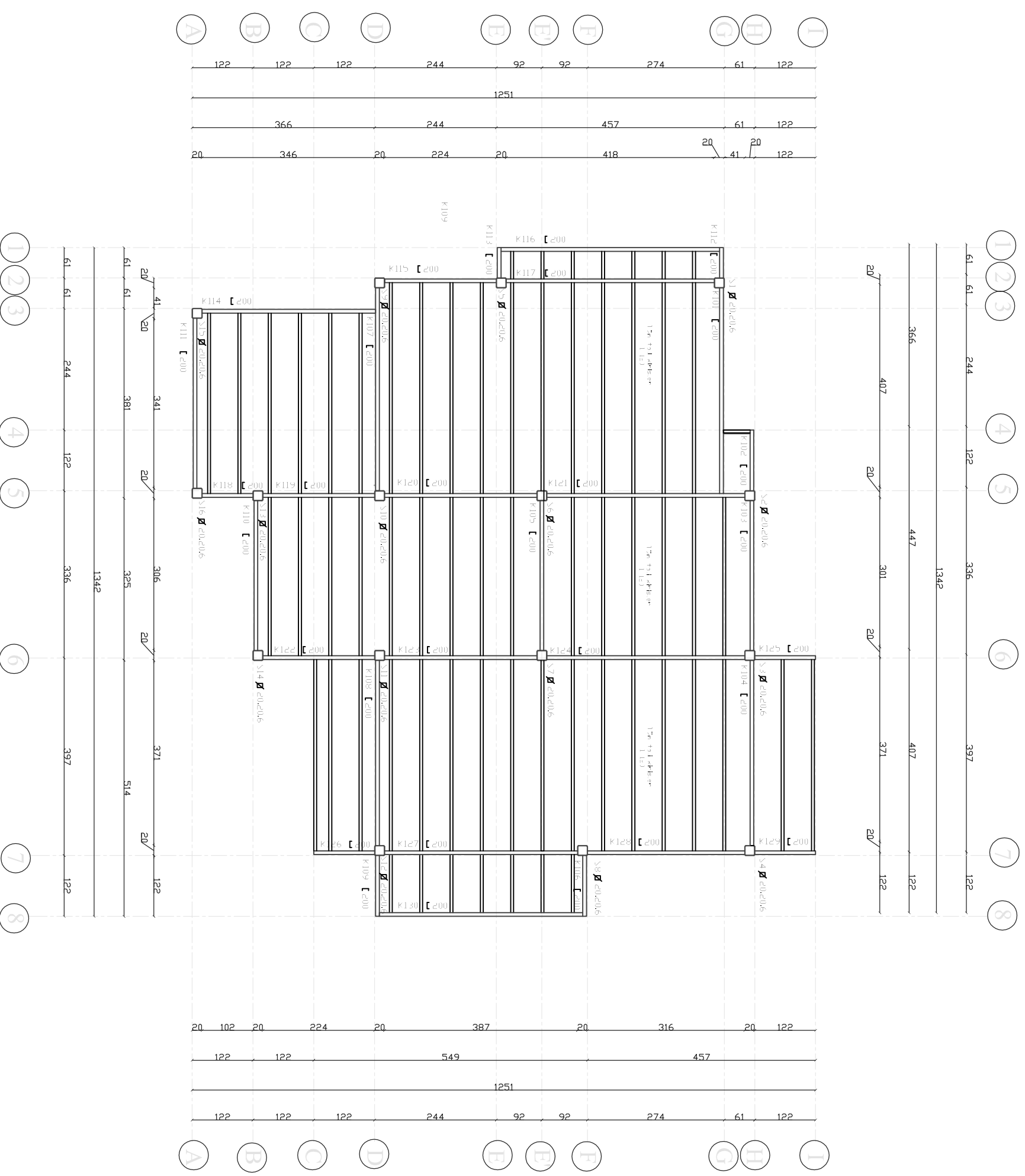
EK.C-2



KORDEL YA EVİ BETONARME PROJESİ

1. KAT TAVAN KALIP PLANI

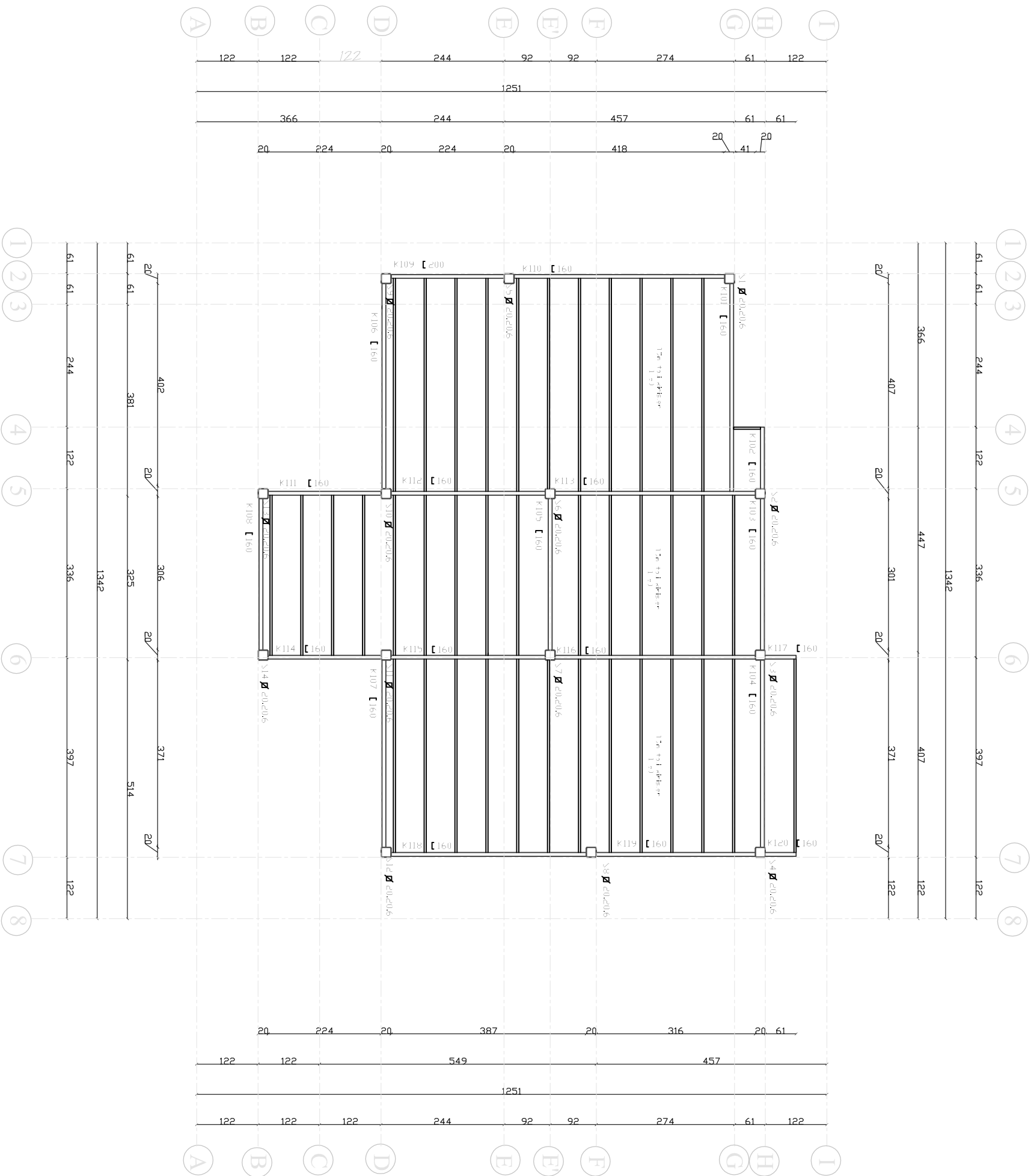
EK.D-1



KONVANSİYONEL ÇELİK PROJESİ

ZEMİN KAT PLANI

EK.D-2



KONVANSİYONEL ÇELİK PROJESİ

1. KAT PLANI

T002

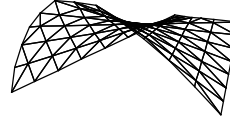
T002 YUKLEMELER

Prepared by: EVREN TASKIRAN

Page: 1

Date: 10.04.05

STRAP



ATIR
ENGINEERING
SOFTWARE
DEVELOPMENT
LTD.

Load no. 1: DUSEY YUK (units - ton meter)

/ BEAM LOADS

DIST GL FX2 -0.83 B 9 19 22 28 29 32 34 35 37 39

/ END

NODAL POINT APPLIED FORCES

| NODE | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 |
|------|----|---------|----|----|----|----|
| 1 | 0. | -0.2532 | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 3 | 0. | -0.2244 | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 9 | 0. | -0.0901 | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 11 | 0. | -0.1768 | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 15 | 0. | -0.4507 | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 17 | 0. | -0.4587 | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 19 | 0. | -0.2046 | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 21 | 0. | -0.3088 | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 23 | 0. | -0.5063 | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 25 | 0. | -0.5063 | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 27 | 0. | -0.3918 | 0. | 0. | 0. | 0. |

FORCE SUMMATION

FX1=0.

FX2=-3.5716

FX3=0.

T002

T002 YUKLEMELER

Prepared by: EVREN TASKIRAN

Page: 2

Date: 10.04.05**Load no. 2: RUZGAR X (units - ton meter)**

/ BEAM LOADS

DIST GL FX1 0.08 B 9 19 22 28 29 32 34 35 37 39

/ END

NODAL POINT APPLIED FORCES

| NODE | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 |
|------|--------|----|----|----|----|----|
| 1 | 0.0244 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 3 | 0.0216 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 9 | 0.0087 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 11 | 0.017 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 15 | 0.0434 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 17 | 0.0442 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 19 | 0.0197 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 21 | 0.0298 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 23 | 0.0488 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 25 | 0.0488 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 27 | 0.0378 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |

FORCE SUMMATION

FX1=0.3442

FX2=0.

FX3=0.

Load no. 3: DEPREM X (units - ton meter)

/ BEAM LOADS

DIST GL FX1 0.21 B 9 19 22 28 29 32 34 35 37 39

/ END STATIC

NODAL POINT APPLIED FORCES

| NODE | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 |
|------|--------|----|----|----|----|----|
| 1 | 0.0641 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 3 | 0.0568 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 9 | 0.0228 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 11 | 0.0447 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 15 | 0.114 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 17 | 0.116 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 19 | 0.0518 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 21 | 0.0781 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 23 | 0.1281 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 25 | 0.1281 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| 27 | 0.0991 | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |

FORCE SUMMATION

FX1=0.9037

FX2=0.

FX3=0.

T002_
T002 AISI-LRFD TAHKIKLERI
Prepared by: EVREN TASKIRAN

Code: AISI LRFD
Page: 3
Date: 10.04.05

Results Summary Table

| Beam | Section | Defl | | | CAPACITY | | | | | Combined Axial+Mom |
|------|----------------------|------|------|------|----------|--------------|------|------|------|-----------------------|
| | | Com | L/ | Slen | Axial | Dir Shear | Mom | LTB | | |
| | 1 C+LIPS AK-CM15015 | 2 | 9999 | 0 | -0.05 | MI 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | |
| | 2 C+LIPS AK-CM15015 | 1 | 9999 | 0 | -0.04 | MI 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | |
| | 3 C+LIPS AK-CM15015 | 1 | 625 | 0 | -0.32 | MI 0.01 | 0.12 | 0.35 | 0.67 | |
| | 4 C+LIPS AK-CM15015 | 2 | 707 | 0 | -0.33 | MI 0.01 | 0.10 | 0.31 | 0.64 | |
| | 5 C+LIPS AK-CM15015 | 2 | 9999 | 0 | -0.02 | MI 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | |
| | 6 C+LIPS AK-CM15015 | 2 | 9999 | 0 | -0.04 | MI 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | |
| | 7 CFS AK-CS15415 | 2 | 9999 | 25 | 0.00 | MI 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| | 8 2AK-CM 15015 | 2 | 9999 | 5 | 0.00 | MJ 0.20 | 0.05 | 0.11 | 0.11 | |
| | 9 CFS AK-CS15415 | 2 | 9999 | 0 | 0.14 | MJ 0.10 | 0.02 | 0.08 | 0.19 | |
| | 10 C+LIPS AK-CM15015 | 2 | 9999 | 0 | -0.09 | MI 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.09 | |
| | 11 C+LIPS AK-CM15015 | 2 | 9999 | 0 | -0.09 | MI 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.09 | |
| | 12 C+LIPS AK-CM15015 | 2 | 9999 | 0 | -0.04 | MI 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | |
| | 13 C+LIPS AK-CM15015 | 2 | 9999 | 0 | -0.06 | MI 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | |
| | 14 C+LIPS AK-CM15015 | 2 | 9999 | 0 | -0.10 | MI 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | |
| | 15 C+LIPS AK-CM15015 | 2 | 9999 | 0 | -0.10 | MI 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | |
| | 16 C+LIPS AK-CM15015 | 2 | 9999 | 0 | -0.08 | MI 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.08 | |
| | 17 CFS AK-CS15415 | 2 | 9999 | 16 | 0.00 | MI 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| | 18 C+LIPS AK-CM15015 | 1 | 9999 | 149 | 0.05 | MI 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | |
| | 19 CFS AK-CS15415 | 2 | 9999 | 0 | 0.02 | MJ 0.06 | 0.01 | 0.03 | 0.04 | |
| | 20 CFS AK-CS15415 | 1 | 9999 | 6 | 0.00 | MI 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| | 21 C+LIPS AK-CM15015 | 2 | 9999 | 149 | 0.06 | MI 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.06 | |
| | 22 CFS AK-CS15415 | 2 | 9999 | 0 | 0.10 | MJ 0.11 | 0.02 | 0.10 | 0.17 | |
| | 23 2AK-CM 15015 | 2 | 9999 | 17 | 0.00 | MJ 0.25 | 0.19 | 0.38 | 0.38 | |
| | 24 CFS AK-CS15415 | 2 | 9999 | 142 | 0.00 | MI 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| | 25 2AK-CM 15015 | 1 | 9999 | 5 | 0.00 | MJ 0.19 | 0.05 | 0.11 | 0.11 | |
| | 26 CFS AK-CS15415 | 2 | 9999 | 6 | 0.00 | MI 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| | 27 CFS AK-CS15415 | 2 | 9999 | 40 | 0.00 | MI 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| | 28 CFS AK-CS15415 | 2 | 8452 | 0 | 0.13 | MJ 0.16 | 0.06 | 0.19 | 0.26 | |
| | 29 CFS AK-CS15415 | 2 | 9999 | 0 | 0.09 | MJ 0.14 | 0.04 | 0.16 | 0.20 | |
| | 30 2AK-CM 15015 | 2 | 1879 | 28 | 0.00 | MJ 0.12 | 0.60 | 0.81 | 0.81 | |
| | 31 CFS AK-CS15415 | 2 | 9999 | 13 | 0.00 | MI 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| | 32 CFS AK-CS15415 | 2 | 9999 | 0 | 0.01 | MJ 0.05 | 0.00 | 0.02 | 0.02 | |
| | 33 CFS AK-CS15415 | 1 | 9999 | 4 | 0.00 | MI 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| | 34 CFS AK-CS15415 | 2 | 9999 | 0 | 0.10 | MI 0.01 | 0.00 | 0.06 | 0.10 | |
| | 35 CFS AK-CS15415 | 2 | 9999 | 0 | 0.07 | MJ 0.14 | 0.04 | 0.16 | 0.18 | |
| | 36 2AK-CM 15015 | 2 | 1435 | 28 | 0.00 | MJ 0.02 | 0.59 | 0.81 | 0.81 | |
| | 37 CFS AK-CS15415 | 2 | 9999 | 0 | 0.05 | MJ 0.14 | 0.04 | 0.16 | 0.16 | |
| | 38 2AK-CM 15015 | 1 | 2324 | 28 | 0.00 | MJ 0.16 | 0.53 | 0.75 | 0.75 | |
| | 39 CFS AK-CS15415 | 2 | 9999 | 0 | 0.03 | MJ 0.08 | 0.01 | 0.05 | 0.06 | |
| | 40 2AK-CM 15015 | 2 | 9999 | 11 | 0.00 | MJ 0.26 | 0.11 | 0.21 | 0.21 | |

Table: Frame Section Properties 1 - General, Part 1 of 5

| SectionName | Material | Shape | t3 | t2 | tf | tw |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Text | Text | Text | m | m | m | m |
| KIRIS1 (U200) | STEEL | Channel | 0.200000 | 0.075000 | 0.011500 | 0.008500 |
| KIRIS2 (U160) | STEEL | Channel | 0.160000 | 0.065000 | 0.010500 | 0.007500 |
| KOLON (□200.200.6) | STEEL | Box/Tube | 0.200000 | 0.200000 | 0.006000 | 0.006000 |

Table: Frame Section Properties 1 - General, Part 2 of 5

| SectionName | t2b | tfb | Area | TorsConst | I33 | I22 | AS2 |
|--------------------|-----|-----|----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| Text | m | m | m2 | m4 | m4 | m4 | m2 |
| KIRIS1 (U200) | | | 0.003230 | 1.038E-07 | 0.000019 | 1.706E-06 | 0.001700 |
| KIRIS2 (U160) | | | 0.002408 | 6.394E-08 | 9.318E-06 | 9.740E-07 | 0.001200 |
| KOLON (□200.200.6) | | | 0.004656 | 0.000044 | 0.000029 | 0.000029 | 0.002400 |

Table: Frame Section Properties 1 - General, Part 3 of 5

| SectionName | AS3 | S33 | S22 | Z33 | Z22 | R33 | R22 |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Text | m2 | m3 | m3 | m3 | m3 | m | m |
| KIRIS1 (U200) | 0.001725 | 0.000193 | 0.000032 | 0.000229 | 0.000058 | 0.077246 | 0.022984 |
| KIRIS2 (U160) | 0.001365 | 0.000116 | 0.000022 | 0.000138 | 0.000039 | 0.062213 | 0.020114 |
| KOLON (□200.200.6) | 0.002400 | 0.000292 | 0.000292 | 0.000339 | 0.000339 | 0.079238 | 0.079238 |

Table: Frame Section Properties 1 - General, Part 4 of 5

| SectionName | ConcCol | ConcBeam | Color | TotalWt | TotalMass | FromFile | AMod |
|--------------------|---------|----------|-------|---------|-----------|----------|----------|
| Text | Yes/No | Yes/No | Text | Kgf | Kgf-s2/m | Yes/No | Unitless |
| KIRIS1 (U200) | No | No | White | 1999.49 | 203.89 | No | 1.000000 |
| KIRIS2 (U160) | No | No | Cyan | 1200.88 | 122.46 | No | 1.000000 |
| KOLON (□200.200.6) | No | No | Blue | 1754.17 | 178.88 | No | 1.000000 |

Table: Frame Section Properties 1 - General, Part 5 of 5

| SectionName | A2Mod | A3Mod | JMod | I2Mod | I3Mod | MMod | WMod |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Text | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless |
| KIRIS1 (U200) | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 |
| KIRIS2 (U160) | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 |
| KOLON (□200.200.6) | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 | 1.000000 |

Table: Material Properties 3 - Design Steel

| Material | Fy | Fu |
|----------|-------------|-------------|
| Text | Kgf/m2 | Kgf/m2 |
| STEEL | 25310506.54 | 40778038.32 |

Table: Steel Design 1 - Summary Data - AISC-LRFD93, Part 1 of 2

| Frame Text | DesignSect Text | DesignType Text | Status Text | Ratio Unitless | RatioType Text |
|---------------|--------------------|--------------------|----------------|-------------------|-------------------|
| 1 | KOLON | Column | No Messages | 0.765751 | PMM |
| 3 | KOLON | Column | No Messages | 0.799434 | PMM |
| 4 | KOLON | Column | No Messages | 0.309134 | PMM |
| 5 | KOLON | Column | No Messages | 0.832897 | PMM |
| 6 | KOLON | Column | No Messages | 0.308355 | PMM |
| 7 | KOLON | Column | No Messages | 0.998757 | PMM |
| 8 | KOLON | Column | No Messages | 0.444665 | PMM |
| 9 | KOLON | Column | No Messages | 0.916347 | PMM |
| 11 | KOLON | Column | No Messages | 0.921074 | PMM |
| 12 | KOLON | Column | No Messages | 0.652613 | PMM |
| 13 | KOLON | Column | No Messages | 0.894655 | PMM |
| 14 | KOLON | Column | No Messages | 0.505890 | PMM |
| 17 | KOLON | Column | No Messages | 0.809906 | PMM |
| 18 | KOLON | Column | No Messages | 0.501410 | PMM |
| 19 | KOLON | Column | No Messages | 0.816060 | PMM |
| 20 | KOLON | Column | No Messages | 0.486970 | PMM |
| 21 | KOLON | Column | No Messages | 0.940076 | PMM |
| 22 | KOLON | Column | No Messages | 0.568527 | PMM |
| 27 | KOLON | Column | No Messages | 0.705756 | PMM |
| 28 | KOLON | Column | No Messages | 0.474526 | PMM |
| 29 | KOLON | Column | No Messages | 0.798947 | PMM |
| 30 | KOLON | Column | No Messages | 0.384138 | PMM |
| 33 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.422650 | PMM |
| 36 | KIRIS2 | Beam | No Messages | 0.373325 | PMM |
| 40 | KIRIS2 | Beam | No Messages | 0.420276 | PMM |
| 43 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.653139 | PMM |
| 44 | KIRIS2 | Beam | No Messages | 0.360882 | PMM |
| 51 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.455018 | PMM |
| 52 | KIRIS2 | Beam | No Messages | 0.337663 | PMM |
| 61 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.995850 | PMM |
| 62 | KIRIS2 | Beam | No Messages | 0.355991 | PMM |
| 64 | KIRIS2 | Beam | No Messages | 0.353904 | PMM |
| 65 | KIRIS1 | Beam | Overstressed | 1.004685 | PMM |
| 66 | KIRIS2 | Beam | No Messages | 0.488075 | PMM |
| 67 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.671000 | PMM |
| 68 | KIRIS2 | Beam | No Messages | 0.310423 | PMM |
| 69 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.649353 | PMM |
| 70 | KIRIS2 | Beam | No Messages | 0.340825 | PMM |
| 71 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.906469 | PMM |
| 72 | KIRIS2 | Beam | No Messages | 0.456691 | PMM |
| 73 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.992872 | PMM |
| 74 | KIRIS2 | Beam | No Messages | 0.492965 | PMM |
| 77 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.860802 | PMM |
| 78 | KIRIS2 | Beam | No Messages | 0.435168 | PMM |
| 79 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.622847 | PMM |
| 80 | KIRIS2 | Beam | No Messages | 0.304485 | PMM |
| 83 | KOLON | Column | Overstressed | 1.012312 | PMM |
| 84 | KOLON | Column | No Messages | 0.870992 | PMM |
| 85 | KOLON | Column | Overstressed | 1.006961 | PMM |
| 86 | KOLON | Column | No Messages | 0.908281 | PMM |
| 87 | KOLON | Column | No Messages | 0.913929 | PMM |
| 88 | KOLON | Column | No Messages | 0.578843 | PMM |
| 91 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.672899 | PMM |
| 92 | KIRIS2 | Beam | No Messages | 0.357835 | PMM |
| 93 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.672866 | PMM |

| Frame | DesignSect | DesignType | Status | Ratio | RatioType |
|--------------|-------------------|-------------------|---------------|--------------|------------------|
| Text | Text | Text | Text | Unitless | Text |
| 94 | KIRIS2 | Beam | No Messages | 0.359132 | PMM |
| 96 | KIRIS2 | Beam | No Messages | 0.576675 | PMM |
| 101 | KIRIS2 | Beam | No Messages | 0.012949 | PMM |
| 102 | KIRIS2 | Beam | No Messages | 0.012949 | PMM |
| 103 | KIRIS2 | Beam | No Messages | 0.046044 | PMM |
| 109 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.901252 | PMM |
| 111 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.579370 | PMM |
| 112 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.627613 | PMM |
| 113 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.632212 | PMM |
| 115 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.025019 | PMM |
| 116 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.025019 | PMM |
| 117 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.025019 | PMM |
| 118 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.064336 | PMM |
| 119 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.064336 | PMM |
| 120 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.128591 | PMM |
| 121 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.006255 | PMM |
| 124 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.006255 | PMM |
| 125 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.330233 | PMM |
| 126 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.654504 | PMM |
| 127 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.242202 | PMM |
| 128 | KOLON | Column | No Messages | 0.539881 | PMM |
| 130 | KOLON | Column | No Messages | 0.860603 | PMM |
| 2 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.633335 | PMM |
| 10 | KIRIS2 | Beam | No Messages | 0.325924 | PMM |
| 15 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.526244 | PMM |
| 16 | KIRIS1 | Beam | No Messages | 0.704188 | PMM |
| 23 | KIRIS2 | Beam | No Messages | 0.344346 | PMM |
| 24 | KIRIS2 | Beam | No Messages | 0.410080 | PMM |

| METRAJ SAYFASI | | | | | | | |
|---|--------------------------|------|---------|-----------|--------|-------|----------|
| 13,5' LUK ve 8,5' LUK TUĞLA ARASINA CAMYÜNÜ İLE DIŞ DUVAR ÖRÜLMESİ | | | | | | | Sf. No:2 |
| İmalatın Pozu : BA-7 | | | | | | | |
| İmalatın Birimi : m ² | | | | | | | |
| Sıra No | İmalat | Adet | Boy (m) | Yüks. (m) | Tutar | Minha | TOPLAM |
| | 1. Kat | | | | | | |
| | Banyo arka | 1 | 4,27 | 2,68 | 11,44 | | |
| | Penc. Minha | 1 | 0,61 | 1,20 | | 0,73 | |
| | Sofa | 2 | 2,44 | 2,68 | 13,08 | | |
| | Sofa | 1 | 3,355 | 2,68 | 8,99 | | |
| | Penc. Minha | 1 | 1,83 | 2,00 | | 3,66 | |
| | Eb. Odası | 1 | 3,965 | 2,68 | 10,63 | | |
| | Penc. Minha | 2 | 0,61 | 1,20 | | 1,46 | |
| | Yan cephe | 1 | 8,235 | 2,68 | 22,07 | | |
| | Eb. Odası ön | 1 | 4,115 | 2,68 | 11,03 | | |
| | Oda | 1 | 4,175 | 2,68 | 11,19 | | |
| | Oda | 1 | 3,05 | 2,68 | 8,17 | | |
| | Penc. Minha | 3 | 1,83 | 1,30 | | 7,14 | |
| | Yan cephe | 1 | 7,015 | 2,68 | 18,80 | | |
| | Penc. Minha | 3 | 0,61 | 1,20 | | 2,20 | |
| | Baca | 1 | 0,6 | 8,5 | 5,10 | | |
| | | 2 | 0,5 | 8,50 | 8,50 | | |
| | Çatı Kalkan Duvar | | | | | | |
| | Zemin oda | 0,5 | 3,81 | 1,30 | 2,48 | | |
| | Salon güvercinlik | 0,5 | 2,60 | 0,90 | 1,17 | | |
| | Salon yan | 0,5 | 5,50 | 1,70 | 4,68 | | |
| | Mutfak | 0,5 | 1,47 | 4,70 | 3,45 | | |
| | Ana çatı arka | 0,5 | 7,82 | 2,24 | 8,76 | | |
| | Sofa | 0,5 | 3,55 | 1,18 | 2,09 | | |
| | Ana çatı ön | 0,5 | 7,55 | 2,28 | 8,61 | | |
| | Oda çatı | 0,5 | 4,73 | 1,50 | 3,55 | | |
| | Ana çatı yan | 0,5 | 8,25 | 2,35 | 9,69 | | |
| | SAYFA TOPLAMI | | | | 173,48 | 15,19 | 158,29 |
| | GENEL TOPLAM | | | | | | 267,68 |
| Açıklamalar: | | | | | | | |

| METRAJ SAYFASI | | | | | | | |
|---|------------------------------|------|---------|-----------|---------------|--------------|---------------|
| İÇ DUVARLARA KİREÇ HARÇLI DÜZ SIVA YAPILMASI | | | | | | | Sf. No:1 |
| İmalatın Pozu : BA-11 | | | | | | | |
| İmalatın Birimi : m ² | | | | | | | |
| Sıra No | İmalat | Adet | Boy (m) | Yüks. (m) | Tutar | Minha | TOPLAM |
| | Zemin Kat Duvarlar | | | | | | |
| | Mis.Odası duvar | 2 | 3,46 | 2,75 | 19,03 | | |
| | Mis.Odası duvar | 2 | 3,46 | 2,75 | 19,03 | | |
| | Mis.Odası duvar | 2 | 0,61 | 2,75 | 3,36 | | |
| | Penc minha | 1 | 1,83 | 1,95 | | 3,57 | |
| | Kapı minha -wc | 1 | 0,90 | 2,20 | | 1,98 | |
| | Kapı minha | 1 | 0,80 | 2,20 | | 1,76 | |
| | Merd. holü | 1 | 4,30 | 2,75 | 11,83 | | |
| | Merd. holü | 1 | 1,61 | 2,75 | 4,43 | | |
| | Merd. holü | 1 | 0,40 | 2,75 | 1,10 | | |
| | Merd. holü | 2 | 3,20 | 2,75 | 17,60 | | |
| | Merd. kovası (h:2,75m/2) | 1 | 2,00 | 1,38 | 2,76 | | |
| | Merd. altı girişi | 1 | 1,10 | 2,75 | 3,03 | | |
| | Kapı minha -merd. altı giriş | 1 | 0,90 | 2,20 | | 1,98 | |
| | Kapı minha -mutfak | 1 | 0,90 | 2,20 | | 1,98 | |
| | Kapı minha -salon | 1 | 1,20 | 2,20 | | 2,64 | |
| | Kapı minha -oda | 1 | 0,90 | 2,20 | | 1,98 | |
| | Kapı minha -wc | 1 | 0,80 | 2,20 | | 1,76 | |
| | Giriş holü | 2 | 0,10 | 2,75 | 0,55 | | |
| | Giriş holü | 2 | 0,40 | 2,75 | 2,20 | | |
| | Giriş holü | 2 | 1,12 | 2,75 | 6,16 | | |
| | Giriş holü | 1 | 3,05 | 2,75 | 8,39 | | |
| | Kapı minha -giriş | 1 | 1,83 | 2,50 | | 4,58 | |
| | Giriş | 1 | 3,05 | 2,75 | 8,39 | | |
| | Giriş | 2 | 1,07 | 2,75 | 5,89 | | |
| | Giriş | 2 | 0,65 | 2,75 | 3,58 | | |
| | Kapı minha -giriş | 1 | 1,83 | 2,50 | | 4,58 | |
| | Mutfak | 2 | 4,73 | 2,75 | 26,02 | | |
| | Mutfak | 2 | 4,23 | 2,75 | 23,27 | | |
| | Mutfak | 2 | 0,61 | 2,75 | 3,36 | | |
| | Kapı minha -teras | 1 | 1,83 | 2,20 | | 4,03 | |
| | Kapı minha -hol | 1 | 0,90 | 2,20 | | 1,98 | |
| | Kapı minha -salon | 1 | 1,83 | 2,20 | | 4,03 | |
| | Penc minha | 1 | 1,53 | 1,22 | | 1,87 | |
| | Salon | 2 | 9,66 | 2,75 | 53,13 | | |
| | Salon | 2 | 8,19 | 2,75 | 45,05 | | |
| | | | | | | | |
| | SAYFA TOPLAMI | | | | 268,11 | 38,70 | 229,41 |
| | GENEL TOPLAM | | | | | | 229,41 |
| Açıklamalar: | | | | | | | |

| METRAJ SAYFASI | | | | | | | |
|--|----------------------|------|---------|-----------|--------|----------|--------|
| İÇ DUVARLARA 250 GR DOZLU KABA SIVA YAPILMASI | | | | | | Sf. No:2 | |
| İmalatın Pozu : BA-11 | | | | | | | |
| İmalatın Birimi : m ² | | | | | | | |
| Sıra No | İmalat | Adet | Boy (m) | Yüks. (m) | Tutar | Minha | TOPLAM |
| | Kapı minha -mutfak | 1 | 1,83 | 2,20 | | 4,03 | |
| | Kapı minha -teras | 2 | 1,83 | 2,20 | | 8,05 | |
| | Boşluk minha -şömine | 1 | 0,70 | 2,75 | | 1,93 | |
| | Penc minha | 1 | 1,83 | 1,95 | | 3,57 | |
| | Penc minha | 2 | 1,22 | 1,95 | | 4,76 | |
| | Kapı minha -hol | 1 | 1,20 | 2,20 | | 2,64 | |
| | 1.Kat | | | | | | |
| | Merdiven Holü | 2 | 6,22 | 2,75 | 34,21 | | |
| | Merdiven Holü | 2 | 4,25 | 2,75 | 23,38 | | |
| | Kapı minha -oda | 3 | 0,90 | 2,20 | | 5,94 | |
| | Kapı minha -banyo | 1 | 0,80 | 2,20 | | 1,76 | |
| | Penc minha | 1 | 0,61 | 1,20 | | 0,73 | |
| | Penc minha | 1 | 1,83 | 2,00 | | 3,66 | |
| | Küçük Oda | 2 | 2,90 | 2,75 | 15,95 | | |
| | Küçük Oda | 2 | 4,22 | 2,75 | 23,21 | | |
| | Penc minha | 2 | 0,61 | 1,20 | | 1,46 | |
| | Penc minha | 1 | 1,83 | 1,30 | | 2,38 | |
| | Orta Oda | 2 | 4,27 | 2,75 | 23,49 | | |
| | Orta Oda | 2 | 4,05 | 2,75 | 22,28 | | |
| | Penc minha | 1 | 1,83 | 1,30 | | 2,38 | |
| | Kapı minha -hol | 1 | 0,90 | 2,20 | | 1,98 | |
| | Eb. Odası | 2 | 3,76 | 2,75 | 20,68 | | |
| | Eb. Odası | 2 | 7,80 | 2,75 | 42,90 | | |
| | Kapı minha -hol | 1 | 0,90 | 2,20 | | 1,98 | |
| | Kapı minha -banyo | 1 | 0,80 | 2,20 | | 1,76 | |
| | Penc minha | 1 | 1,83 | 1,30 | | 2,38 | |
| | Penc minha | 1 | 0,61 | 1,20 | | 0,73 | |
| | SAYFA TOPLAMI | | | | 206,09 | 52,11 | 153,97 |
| | GENEL TOPLAM | | | | | | 383,38 |
| Açıklamalar: | | | | | | | |

| METRAJ SAYFASI | | | | | | | |
|--|---------------------------|------|---------|-----------|--------|-------|----------|
| İÇ DUVARLARA 250 GR DOZLU KABA SIVA YAPILMASI | | | | | | | Sf. No:3 |
| İmalatın Pozu : BA-11 | | | | | | | |
| İmalatın Birimi : m ² | | | | | | | |
| Sıra No | İmalat | Adet | Boy (m) | Yüks. (m) | Tutar | Minha | TOPLAM |
| | Zemin Kat Tavanlar | | | | | | |
| | Mis.Oda Tavanı | 1 | 3,46 | 3,46 | 11,97 | | |
| | Mis.Oda Tavanı | 1 | 1,10 | 0,61 | 0,67 | | |
| | Mutfak tavanı | 1 | 4,22 | 4,73 | 19,96 | | |
| | Mutfak tavanı | 1 | 1,12 | 0,61 | 0,68 | | |
| | Salon tavanı | 1 | 4,07 | 7,02 | 28,57 | | |
| | Salon tavanı | 1 | 3,73 | 1,22 | 4,55 | | |
| | Salon tavanı | 1 | 0,78 | 1,22 | 0,95 | | |
| | Salon tavanı | 1 | 4,99 | 4,43 | 22,11 | | |
| | Giriş tavanı | 1 | 3,05 | 1,07 | 3,26 | | |
| | Giriş Holü tavanı | 1 | 3,05 | 1,12 | 3,42 | | |
| | Giriş Holü tavanı | 1 | 4,25 | 1,43 | 6,08 | | |
| | Giriş Holü tavanı | 1 | 0,90 | 1,10 | 0,99 | | |
| | Merd. Altı | 2 | 3,10 | 1,65 | 10,23 | | |
| | Merd. Kova minha | 2 | 0,90 | 0,55 | | 0,99 | |
| | Mis. Banyo tavanı | 1 | 2,33 | 1,76 | 4,10 | | |
| | WC tavanı | 1 | 1,10 | 1,73 | 1,90 | | |
| | 1. Kat Tavanları | | | | | | |
| | Küçük oda tavanı | 1 | 4,22 | 2,91 | 12,28 | | |
| | Orta oda tavanı | 1 | 4,22 | 3,37 | 14,22 | | |
| | Orta oda tavanı | 1 | 0,70 | 3,02 | 2,11 | | |
| | Ebv. Yatak odası tavanı | 1 | 3,77 | 5,64 | 21,26 | | |
| | Ebv. Yatak odası tavanı | 1 | 2,25 | 1,80 | 4,05 | | |
| | Sofa tavanı | 1 | 3,01 | 2,34 | 7,04 | | |
| | Hol tavanı | 1 | 3,10 | 4,25 | 13,18 | | |
| | Hol tavanı | 1 | 1,10 | 0,70 | 0,77 | | |
| | Banyo tavanı | 1 | 2,95 | 2,34 | 6,90 | | |
| | Ebv. Banyo tavanı | 1 | 1,92 | 2,15 | 4,13 | | |
| | SAYFA TOPLAMI | | | | 205,39 | 0,99 | 204,40 |
| | GENEL TOPLAM | | | | | | 587,79 |
| Açıklamalar: | | | | | | | |

| METRAJ SAYFASI | | | | | | | |
|--|----------------------------|------|---------|----------------|--------|-------|----------|
| HAFİF ÇELİK KONSTRÜKSİYON İNŞAATI | | | | | | | Sf. No:1 |
| İmalatın Pozu : HÇ-1 | | | | | | | |
| İmalatın Birimi : kg | | | | | | | |
| Sıra No | İmalat | Adet | Boy (m) | Br. Ağ. (kg/m) | Tutar | Minha | TOPLAM |
| | Zemin Kat Duvarları | | | | | | |
| | AK-CS15415 | | 144,1 | 3,06 | 440,9 | | |
| | AK-CM15015 | | 456,8 | 3,06 | 1397,9 | | |
| | AK-CM15010 | | 3,9 | 2,10 | 8,1 | | |
| | AK-CS15310 | | 10,9 | 2,10 | 22,9 | | |
| | AK-CM10015 | | 76,1 | 2,47 | 187,9 | | |
| | AK-CM10010 | | 128,0 | 1,70 | 217,6 | | |
| | AK-CS10415 | | 25,4 | 2,12 | 53,9 | | |
| | AK-CS10310 | | 23,5 | 1,70 | 40,0 | | |
| | L40/8015 | | 52,4 | 0,19 | 10,0 | | |
| | Plaka 70x15mm | | 92,8 | 0,82 | 76,1 | | |
| | PL1-100.150.15 | | 64,0 | 0,18 | 11,3 | | |
| | 1. Kat Duvarları | | | | | | |
| | AK-CS15310 | | 132,5 | 2,10 | 278,3 | | |
| | AK-CM15010 | | 450,0 | 2,10 | 945,0 | | |
| | AK-CM10010 | | 235,3 | 1,70 | 400,0 | | |
| | AK-CS10310 | | 54,7 | 1,70 | 93,0 | | |
| | L40/8015 | | 57,3 | 0,19 | 10,9 | | |
| | Plaka 70x15mm | | 73,3 | 0,82 | 60,1 | | |
| | PL1-100.150.15 | | 48,0 | 0,18 | 8,4 | | |
| | +3.00 Kotu Döşemesi | | | | | | |
| | AK-CM25015 | | 23,4 | 4,69 | 109,7 | | |
| | AK-CS25415 | | 53,1 | 4,69 | 249,0 | | |
| | AK-CM25020 | | 182,1 | 6,64 | 1208,9 | | |
| | AK-CS25420 | | 22,5 | 6,23 | 140,0 | | |
| | AK-CM15015 | | 28,8 | 3,06 | 88,1 | | |
| | SAYFA TOPLAMI | | | | 6057,8 | 0,00 | 6058 |
| | GENEL TOPLAM | | | | | | 6058 |
| Açıklamalar: | | | | | | | |

| METRAJ SAYFASI | | | | | | | |
|--|-------------------------|------|---------|---------------|--------|-------|----------|
| HAFİF ÇELİK KONSTRÜKSİYON İNŞAATI | | | | | | | Sf. No:2 |
| İmalatın Pozu : HÇ-1 | | | | | | | |
| İmalatın Birimi : kg | | | | | | | |
| Sıra No | İmalat | Adet | Boy (m) | Br.Ağ. (kg/m) | Tutar | Minha | TOPLAM |
| | OP1/39815 | | 0,8 | 4,69 | 3,6 | | |
| | L90/18015 | | 14,4 | 2,12 | 30,5 | | |
| | Zemin Kat Çatı | | | | | | |
| | AK-CM10010 | | 123,6 | 1,70 | 210,0 | | |
| | AK-CS10310 | | 96,4 | 1,70 | 163,9 | | |
| | SA1/26610 | | 5,2 | 2,10 | 11,0 | | |
| | OP3/13407 | | 25,4 | 0,74 | 18,7 | | |
| | OP1/21710 | | 21,5 | 1,70 | 36,6 | | |
| | Ana Çatı | | | | | | |
| | AK-CS15310 | | 28,6 | 2,10 | 60,1 | | |
| | AK-CM15010 | | 53,2 | 2,10 | 111,7 | | |
| | AK-CS10415 | | 43,2 | 2,10 | 90,7 | | |
| | AK-CM10015 | | 312,7 | 2,47 | 772,4 | | |
| | AK-CS10310 | | 175,9 | 1,70 | 299,0 | | |
| | AK-CM10010 | | 248,5 | 1,70 | 422,4 | | |
| | OP4/21710 | | 15,2 | 1,70 | 25,9 | | |
| | OP5/21710 | | 52,4 | 1,70 | 89,0 | | |
| | SA2/21710 | | 7,0 | 1,70 | 11,9 | | |
| | L90/18015 | | 10,0 | 2,12 | 21,2 | | |
| | Saçak Profilleri | | | | | | |
| | SA1/21710 | | 39,2 | 1,70 | 66,7 | | |
| | OP1/13310 | | 30,1 | 2,10 | 63,1 | | |
| | OP2/21710 | | 30,1 | 3,40 | 102,2 | | |
| | AK-CS10310 | | 19,9 | 1,70 | 33,8 | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | SAYFA TOPLAMI | | | | 2644,4 | 0,00 | 2644 |
| | GENEL TOPLAM | | | | | | 8702 |
| Açıklamalar: | | | | | | | |

| METRAJ SAYFASI | | | | | | | |
|---|------------------------------------|------|---------|-----------|---------------|--------------|---------------|
| CEPHE VE ÇATI PLAKLARININ MONTAJI OSB3 11 mm | | | | | | Sf. No:1 | |
| İmalatın Pozu : HÇ-3 | | | | | | | |
| İmalatın Birimi : m ² | | | | | | | |
| Sıra No | İmalat | Adet | Boy (m) | Yüks. (m) | Tutar | Minha | TOPLAM |
| | Zemin Kat | | | | | | |
| | Ön cephe | 1 | 13,42 | 3,00 | 40,26 | | |
| | Ön güvercinlik | 0,5 | 2,60 | 0,65 | 0,85 | | |
| | Kapı minha | 3 | 1,83 | 2,20 | | 12,08 | |
| | Sol yan cephe | 1 | 12,50 | 3,00 | 37,50 | | |
| | Penc minha | 1 | 1,50 | 1,30 | | 1,95 | |
| | Penc minha | 1 | 0,61 | 0,61 | | 0,37 | |
| | Arka cephe | 1 | 13,42 | 3,00 | 40,26 | | |
| | Arka güvercinlik | 0,5 | 2,45 | 0,75 | 0,92 | | |
| | Penc minha | 1 | 1,83 | 1,95 | | 3,57 | |
| | Giriş minha | 1 | 1,80 | 2,45 | | 4,41 | |
| | Penc minha | 2 | 1,22 | 1,95 | | 4,76 | |
| | Sağ yan cephe | 1 | 12,50 | 3,00 | 37,50 | | |
| | Baca yanları | 2 | 0,45 | 3,00 | 2,70 | | |
| | Penc minha | 1 | 1,83 | 1,95 | | 3,57 | |
| | 1. Kat | | | | | | |
| | Ön cephe | 1 | 12,81 | 2,90 | 37,15 | | |
| | Ebv.odası güvercinlik | 1 | 2,50 | 0,70 | 1,75 | | |
| | Ön büyük çatı üçgeni | 0,5 | 7,75 | 2,00 | 7,75 | | |
| | Salon güvercinlik ve çatı minha ön | 1 | 4,10 | 0,60 | | 2,46 | |
| | Ebv. Odası üst çatı minha | 1 | 4,10 | 0,20 | | 0,82 | |
| | Penc minha | 3 | 1,83 | 1,30 | | 7,14 | |
| | Sol yan cephe | 1 | 10,67 | 2,90 | 30,94 | | |
| | Ebv. Çatı yanı minha | 0,5 | 0,75 | 0,40 | | 0,15 | |
| | Penc minha | 3 | 0,61 | 1,20 | | 2,20 | |
| | Sofa üst çatı minha | 1 | 2,40 | 0,15 | | 0,36 | |
| | Arka cephe | 1 | 12,81 | 2,90 | 37,15 | | |
| | SAYFA TOPLAMI | | | | 274,72 | 43,83 | 230,90 |
| | GENEL TOPLAM | | | | | | 230,90 |
| Açıklamalar: | | | | | | | |

| METRAJ SAYFASI | | | | | | | |
|--|-------------------------------|------|---------|-----------|--------|-------|----------|
| DÖŞEME VE DUVAR ARALARININ CAMYÜNÜ KAPLANMASI | | | | | | | Sf. No:1 |
| İmalatın Pozu : HÇ-4 | | | | | | | |
| İmalatın Birimi : m ² | | | | | | | |
| Sıra No | İmalat | Adet | Boy (m) | Yüks. (m) | Tutar | Minha | TOPLAM |
| | Zemin Kat Dış Duvarlar | | | | | | |
| | Mis. Odası | 1 | 3,80 | 2,75 | 10,45 | | |
| | Penc minha | 1 | 1,83 | 1,95 | | 3,57 | |
| | Mis. Odası yan | 1 | 2,45 | 2,75 | 6,74 | | |
| | Giriş | 1 | 3,05 | 2,75 | 8,39 | | |
| | Kapı minha -giriş | 1 | 1,83 | 2,50 | | 4,58 | |
| | Salon | 1 | 5,35 | 2,75 | 14,71 | | |
| | Penc minha | 2 | 1,22 | 1,95 | | 4,76 | |
| | Salon | 1 | 5,35 | 2,75 | 14,71 | | |
| | Penc minha | 1 | 1,83 | 1,95 | | 3,57 | |
| | Salon | 1 | 1,22 | 2,75 | 3,36 | | |
| | Salon | 1 | 3,88 | 2,75 | 10,67 | | |
| | Salon | 1 | 3,95 | 2,75 | 10,86 | | |
| | Penc minha | 1 | 1,83 | 2,20 | | 4,03 | |
| | Salon | 1 | 1,22 | 2,75 | 3,36 | | |
| | Salon | 1 | 4,40 | 2,75 | 12,10 | | |
| | Penc minha | 1 | 1,83 | 2,20 | | 4,03 | |
| | Mutfak | 1 | 0,61 | 2,75 | 1,68 | | |
| | Mutfak | 1 | 3,65 | 2,75 | 10,04 | | |
| | Penc minha | 1 | 1,83 | 2,20 | | 4,03 | |
| | Mutfak | 1 | 4,43 | 2,75 | 12,18 | | |
| | Penc minha | 1 | 1,22 | 1,53 | | 1,87 | |
| | Mutfak yanı | 1 | 0,61 | 2,75 | 1,68 | | |
| | Mis. Banyo | 1 | 2,45 | 2,75 | 6,74 | | |
| | Penc minha | 1 | 0,61 | 0,61 | | 0,37 | |
| | Mis. Banyo yanı | 1 | 0,61 | 2,75 | 1,68 | | |
| | Mis. Odası | 1 | 3,50 | 2,75 | 9,63 | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | SAYFA TOPLAMI | | | | 138,96 | 30,79 | 108,17 |
| | GENEL TOPLAM | | | | | | 108,17 |
| Açıklamalar: | | | | | | | |

| METRAJ SAYFASI | | | | | | | |
|--|------------------------------|------|---------|-----------|--------|-------|----------|
| DÖŞEME VE DUVAR ARALARININ CAMYÜNÜ KAPLANMASI | | | | | | | Sf. No:2 |
| İmalatın Pozu : HÇ-4 | | | | | | | |
| İmalatın Birimi : m ² | | | | | | | |
| Sıra No | İmalat | Adet | Boy (m) | Yüks. (m) | Tutar | Minha | TOPLAM |
| | Zemin Kat İç Duvarlar | | | | | | |
| | Mutfak | 1 | 4,25 | 2,75 | 11,69 | | |
| | Mutfak - salon | 1 | 4,90 | 2,75 | 13,48 | | |
| | Kapı minha | 1 | 1,80 | 2,20 | | 3,96 | |
| | Kapı minha | 1 | 0,90 | 2,20 | | 1,98 | |
| | Salon-merd. | 1 | 3,05 | 2,75 | 8,39 | | |
| | Salon | 1 | 4,40 | 2,75 | 12,10 | | |
| | Kapı minha | 1 | 1,20 | 2,20 | | 2,64 | |
| | Merd. Kovası | 1 | 2,10 | 1,38 | 2,90 | | |
| | Merd. Altı giriş | 1 | 1,10 | 2,75 | 3,03 | | |
| | Kapı minha | 1 | 0,90 | 2,20 | | 1,98 | |
| | Mis. Oda kenar | 1 | 1,15 | 2,75 | 3,16 | | |
| | Mis. Oda | 1 | 3,60 | 2,75 | 9,90 | | |
| | Kapı minha | 1 | 0,90 | 2,20 | | 1,98 | |
| | Kapı minha | 1 | 0,80 | 2,20 | | 1,76 | |
| | Giriş | 2 | 0,40 | 2,75 | 2,20 | | |
| | Banyo duvar | 1 | 2,35 | 2,75 | 6,46 | | |
| | WC duvar | 1 | 2,35 | 2,75 | 6,46 | | |
| | Kapı minha | 1 | 0,80 | 2,20 | | 1,76 | |
| | 1. Kat Dış Duvarlar | | | | | | |
| | Banyo | 1 | 4,42 | 2,75 | 12,16 | | |
| | Penc minha | 1 | 0,61 | 1,20 | | 0,73 | |
| | Sofa | 1 | 2,45 | 2,75 | 6,74 | | |
| | Sofa | 1 | 3,18 | 2,75 | 8,75 | | |
| | Penc minha | 1 | 1,83 | 2,00 | | 3,66 | |
| | Sofa | 1 | 2,45 | 2,75 | 6,74 | | |
| | Ebv.oda ve banyo | 1 | 3,98 | 2,75 | 10,95 | | |
| | Penc minha | 2 | 0,61 | 1,20 | | 1,46 | |
| | Ebv. Oda | 1 | 8,10 | 2,75 | 22,28 | | |
| | Ebv. Oda | 1 | 3,98 | 2,75 | 10,95 | | |
| | SAYFA TOPLAMI | | | | 158,30 | 21,92 | 136,38 |
| | GENEL TOPLAM | | | | | | 244,56 |
| Açıklamalar: | | | | | | | |

| METRAJ SAYFASI | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|------|---------|-----------|---------------|--------------|---------------|
| DÖŞEME VE DUVAR ARALARININ CAMYÜNÜ KAPLANMASI | | | | | | | Sf. No:3 |
| İmalatın Pozu : HÇ-4 | | | | | | | |
| İmalatın Birimi : m ² | | | | | | | |
| Sıra No | İmalat | Adet | Boy (m) | Yüks. (m) | Tutar | Minha | TOPLAM |
| | Penc minha | 1 | 1,83 | 1,30 | | 2,38 | |
| | Ebv. Oda yanı | 1 | 0,61 | 2,75 | 1,68 | | |
| | Orta oda | 1 | 4,40 | 2,75 | 12,10 | | |
| | Penc minha | 1 | 1,83 | 1,30 | | 2,38 | |
| | Orta oda yanı | 1 | 0,61 | 2,75 | 1,68 | | |
| | Küçük oda | 1 | 3,05 | 2,75 | 8,39 | | |
| | Penc minha | 1 | 1,83 | 1,30 | | 2,38 | |
| | Küçük oda ve banyo | 1 | 6,70 | 2,75 | 18,43 | | |
| | Penc minha | 3 | 0,61 | 1,20 | | 2,20 | |
| | 1. Kat İç Duvarlar | | | | | | |
| | Oda ve banyo | 1 | 6,70 | 2,75 | 18,43 | | |
| | Oda ve banyo | 1 | 2,95 | 2,75 | 8,11 | | |
| | Kapı minha | 1 | 0,90 | 2,20 | | 1,98 | |
| | Kapı minha | 1 | 0,80 | 2,20 | | 1,76 | |
| | Orta oda | 1 | 1,05 | 2,75 | 2,89 | | |
| | Orta oda | 1 | 0,70 | 2,75 | 1,93 | | |
| | Orta oda | 1 | 3,10 | 2,75 | 8,53 | | |
| | Kapı minha | 1 | 0,90 | 2,20 | | 1,98 | |
| | Eb. Odası | 1 | 7,30 | 2,75 | 20,08 | | |
| | Kapı minha | 1 | 0,90 | 2,20 | | 1,98 | |
| | Eb. Banyo | 1 | 2,25 | 2,75 | 6,19 | | |
| | Eb. Banyo | 1 | 1,90 | 2,75 | 5,23 | | |
| | Kapı minha | 1 | 0,80 | 2,20 | | 1,76 | |
| | Döşeme Arası (proje alanından) | | | | 125,00 | | |
| | Merdiven minha | | | | | 4,96 | |
| | Misafir odası minha | | | | | 13,32 | |
| | Çatı Arası (proje alanından) | | | | 125,00 | | |
| | SAYFA TOPLAMI | | | | 363,63 | 37,07 | 326,56 |
| | GENEL TOPLAM | | | | | | 571,11 |
| Açıklamalar: | | | | | | | |

| METRAJ SAYFASI | | | | | | | |
|--|------------------------------|------|---------|-----------|---------------|--------------|---------------|
| İÇ DUVAR VE TAVANLARIN BEYAZ ALÇIPAN KAPLANMASI | | | | | | | Sf. No:1 |
| İmalatın Pozu : HÇ-5 | | | | | | | |
| İmalatın Birimi : m ² | | | | | | | |
| Sıra No | İmalat | Adet | Boy (m) | Yüks. (m) | Tutar | Minha | TOPLAM |
| | Zemin Kat Duvarlar | | | | | | |
| | Mis.Odası duvar | 2 | 3,56 | 2,75 | 19,58 | | |
| | Mis.Odası duvar | 2 | 3,51 | 2,75 | 19,31 | | |
| | Mis.Odası duvar | 2 | 0,61 | 2,75 | 3,36 | | |
| | Penc minha | 1 | 1,83 | 1,95 | | 3,57 | |
| | Kapı minha -wc | 1 | 0,90 | 2,20 | | 1,98 | |
| | Kapı minha | 1 | 0,80 | 2,20 | | 1,76 | |
| | Merd. holü | 1 | 4,30 | 2,75 | 11,83 | | |
| | Merd. holü | 1 | 1,61 | 2,75 | 4,43 | | |
| | Merd. holü | 1 | 0,40 | 2,75 | 1,10 | | |
| | Merd. holü | 2 | 3,20 | 2,75 | 17,60 | | |
| | Merd. kovası (h:2,75m/2) | 1 | 2,00 | 1,38 | 2,76 | | |
| | Merd. altı girişi | 1 | 1,10 | 2,75 | 3,03 | | |
| | Kapı minha -merd. altı giriş | 1 | 0,90 | 2,20 | | 1,98 | |
| | Kapı minha -mutfak | 1 | 0,90 | 2,20 | | 1,98 | |
| | Kapı minha -salon | 1 | 1,20 | 2,20 | | 2,64 | |
| | Kapı minha -oda | 1 | 0,90 | 2,20 | | 1,98 | |
| | Kapı minha -wc | 1 | 0,80 | 2,20 | | 1,76 | |
| | Giriş holü | 2 | 0,10 | 2,75 | 0,55 | | |
| | Giriş holü | 2 | 0,40 | 2,75 | 2,20 | | |
| | Giriş holü | 2 | 1,12 | 2,75 | 6,16 | | |
| | Giriş holü | 1 | 3,05 | 2,75 | 8,39 | | |
| | Kapı minha -giriş | 1 | 1,83 | 2,50 | | 4,58 | |
| | Giriş | 1 | 3,05 | 2,75 | 8,39 | | |
| | Giriş | 2 | 1,07 | 2,75 | 5,89 | | |
| | Giriş | 2 | 0,65 | 2,75 | 3,58 | | |
| | Kapı minha -giriş | 1 | 1,83 | 2,50 | | 4,58 | |
| | Mutfak | 2 | 4,78 | 2,75 | 26,29 | | |
| | Mutfak | 2 | 4,28 | 2,75 | 23,54 | | |
| | Mutfak | 2 | 0,61 | 2,75 | 3,36 | | |
| | Kapı minha -teras | 1 | 1,83 | 2,20 | | 4,03 | |
| | | | | | | | |
| | SAYFA TOPLAMI | | | | 171,31 | 30,82 | 140,48 |
| | GENEL TOPLAM | | | | | | 140,48 |
| Açıklamalar: | | | | | | | |

| METRAJ SAYFASI | | | | | | | |
|--|----------------------|------|---------|-----------|---------------|--------------|---------------|
| İÇ DUVAR VE TAVANLARIN BEYAZ ALÇIPAN KAPLANMASI | | | | | | | Sf. No:2 |
| İmalatın Pozu : HÇ-5 | | | | | | | |
| İmalatın Birimi : m ² | | | | | | | |
| Sıra No | İmalat | Adet | Boy (m) | Yüks. (m) | Tutar | Minha | TOPLAM |
| | | | | | | | |
| | Kapı minha -hol | 1 | 0,90 | 2,20 | | 1,98 | |
| | Kapı minha -salon | 1 | 1,83 | 2,20 | | 4,03 | |
| | Penc minha | 1 | 1,53 | 1,22 | | 1,87 | |
| | Salon | 2 | 9,76 | 2,75 | 53,68 | | |
| | Salon | 2 | 8,24 | 2,75 | 45,32 | | |
| | Kapı minha -mutfak | 1 | 1,83 | 2,20 | | 4,03 | |
| | Kapı minha -teras | 2 | 1,83 | 2,20 | | 8,05 | |
| | Boşluk minha -şömine | 1 | 0,70 | 2,75 | | 1,93 | |
| | Penc minha | 1 | 1,83 | 1,95 | | 3,57 | |
| | Penc minha | 2 | 1,22 | 1,95 | | 4,76 | |
| | Kapı minha -hol | 1 | 1,20 | 2,20 | | 2,64 | |
| | | | | | | | |
| | 1.Kat | | | | | | |
| | Merdiven Holü | 2 | 6,22 | 2,75 | 34,21 | | |
| | Merdiven Holü | 2 | 4,25 | 2,75 | 23,38 | | |
| | Kapı minha -oda | 3 | 0,90 | 2,20 | | 5,94 | |
| | Kapı minha -banyo | 1 | 0,80 | 2,20 | | 1,76 | |
| | Penc minha | 1 | 0,61 | 1,20 | | 0,73 | |
| | Penc minha | 1 | 1,83 | 2,00 | | 3,66 | |
| | Küçük Oda | 2 | 2,95 | 2,75 | 16,23 | | |
| | Küçük Oda | 2 | 4,27 | 2,75 | 23,49 | | |
| | Penc minha | 2 | 0,61 | 1,20 | | 1,46 | |
| | Penc minha | 1 | 1,83 | 1,30 | | 2,38 | |
| | Orta Oda | 2 | 4,27 | 2,75 | 23,49 | | |
| | Orta Oda | 2 | 4,10 | 2,75 | 22,55 | | |
| | Penc minha | 1 | 1,83 | 1,30 | | 2,38 | |
| | Kapı minha -hol | 1 | 0,90 | 2,20 | | 1,98 | |
| | Eb. Odası | 2 | 3,81 | 2,75 | 20,96 | | |
| | Eb. Odası | 2 | 7,90 | 2,75 | 43,45 | | |
| | Kapı minha -hol | 1 | 0,90 | 2,20 | | 1,98 | |
| | Kapı minha -banyo | 1 | 0,80 | 2,20 | | 1,76 | |
| | | | | | | | |
| | SAYFA TOPLAMI | | | | 306,74 | 56,88 | 249,86 |
| | GENEL TOPLAM | | | | | | 390,34 |
| | Açıklamalar: | | | | | | |

| METRAJ SAYFASI | | | | | | | |
|--|-------------------------|------|---------|-----------|--------|-------|----------|
| İÇ DUVAR VE TAVANLARIN BEYAZ ALÇIPAN KAPLANMASI | | | | | | | Sf. No:3 |
| İmalatın Pozu : HÇ-5 | | | | | | | |
| İmalatın Birimi : m ² | | | | | | | |
| Sıra No | İmalat | Adet | Boy (m) | Yüks. (m) | Tutar | Minha | TOPLAM |
| | Penc minha | 1 | 1,83 | 1,30 | | 2,38 | |
| | Penc minha | 1 | 0,61 | 1,20 | | 0,73 | |
| Zemin Kat Tavanlar | | | | | | | |
| | Mis.Oda Tavanı | 1 | 3,56 | 3,51 | 12,50 | | |
| | Mis.Oda Tavanı | 1 | 1,10 | 0,61 | 0,67 | | |
| | Mutfak tavanı | 1 | 4,27 | 4,78 | 20,41 | | |
| | Mutfak tavanı | 1 | 1,12 | 0,61 | 0,68 | | |
| | Salon tavanı | 1 | 4,12 | 7,02 | 28,92 | | |
| | Salon tavanı | 1 | 3,78 | 1,22 | 4,61 | | |
| | Salon tavanı | 1 | 0,78 | 1,22 | 0,95 | | |
| | Salon tavanı | 1 | 5,04 | 4,43 | 22,33 | | |
| | Giriş tavanı | 1 | 3,05 | 1,07 | 3,26 | | |
| | Giriş Holü tavanı | 1 | 3,05 | 1,12 | 3,42 | | |
| | Giriş Holü tavanı | 1 | 4,25 | 1,43 | 6,08 | | |
| | Giriş Holü tavanı | 1 | 0,90 | 1,10 | 0,99 | | |
| | Merd. Altı | 2 | 3,10 | 1,65 | 10,23 | | |
| | Merd. Kova minha | 2 | 0,90 | 0,55 | | 0,99 | |
| 1. Kat Tavanları | | | | | | | |
| | Küçük oda tavanı | 1 | 4,27 | 2,96 | 12,64 | | |
| | Orta oda tavanı | 1 | 4,27 | 3,42 | 14,60 | | |
| | Orta oda tavanı | 1 | 0,70 | 3,02 | 2,11 | | |
| | Ebv. Yatak odası tavanı | 1 | 3,82 | 5,69 | 21,74 | | |
| | Ebv. Yatak odası tavanı | 1 | 2,25 | 1,80 | 4,05 | | |
| | Sofa tavanı | 1 | 3,06 | 2,44 | 7,47 | | |
| | Hol tavanı | 1 | 3,10 | 4,25 | 13,18 | | |
| | Hol tavanı | 1 | 1,10 | 0,70 | 0,77 | | |
| SAYFA TOPLAMI | | | | | 191,60 | 4,10 | 187,50 |
| GENEL TOPLAM | | | | | | | 577,84 |
| Açıklamalar: | | | | | | | |

| METRAJ SAYFASI | | | | | | | |
|--|-----------------------------|------|---------|-----------|--------|-------|----------|
| İÇ DUVAR VE TAVANLARIN YEŞİL ALÇIPAN KAPLANMASI | | | | | | | Sf. No:1 |
| İmalatın Pozu : HÇ-6 | | | | | | | |
| İmalatın Birimi : m ² | | | | | | | |
| Sıra No | İmalat | Adet | Boy (m) | Yüks. (m) | Tutar | Minha | TOPLAM |
| | Zemin kat | | | | | | |
| | Mis.Banyo duvar | 2 | 2,35 | 2,75 | 12,93 | | |
| | Mis.Banyo duvar | 2 | 1,76 | 2,75 | 9,68 | | |
| | Kapı minha -oda | 1 | 0,80 | 2,20 | | 1,76 | |
| | Penc minha | 1 | 0,61 | 0,61 | | 0,37 | |
| | WC duvar | 2 | 1,10 | 2,75 | 6,05 | | |
| | WC duvar | 2 | 1,73 | 2,75 | 9,52 | | |
| | Kapı minha -hol | 1 | 0,80 | 2,20 | | 1,76 | |
| | 1. Kat | | | | | | |
| | Banyo | 2 | 2,95 | 2,75 | 16,23 | | |
| | Banyo | 2 | 2,34 | 2,75 | 12,87 | | |
| | Banyo küvet duvarları | 4 | 0,61 | 2,75 | 6,71 | | |
| | Banyo küvet duvar kenarları | 2 | 0,10 | 2,75 | 0,55 | | |
| | Banyo küvet duvar altı | 1 | 1,12 | 0,50 | 0,56 | | |
| | Kapı minha -hol | 1 | 0,80 | 2,20 | | 1,76 | |
| | Penc minha | 1 | 0,61 | 1,20 | | 0,73 | |
| | WC | 2 | 1,92 | 2,75 | 10,56 | | |
| | WC | 2 | 2,14 | 2,75 | 11,77 | | |
| | Kapı minha -oda | 1 | 0,80 | 2,20 | | 1,76 | |
| | Penc minha | 1 | 0,61 | 1,20 | | 0,73 | |
| | Zemin Kat | | | | | | |
| | Mis. Banyo tavanı | 1 | 2,33 | 1,76 | 4,10 | | |
| | WC tavanı | 1 | 1,10 | 1,73 | 1,90 | | |
| | 1. Kat | | | | | | |
| | Banyo tavanı | 1 | 2,95 | 2,34 | 6,90 | | |
| | Ebv. Banyo tavanı | 1 | 1,92 | 2,15 | 4,13 | | |
| | SAYFA TOPLAMI | | | | 114,45 | 8,88 | 105,57 |
| | GENEL TOPLAM | | | | | | 105,57 |
| Açıklamalar: | | | | | | | |

| BİRİM FİYAT ANALİZİ | | | | | |
|--|-----------------------------------|-----|--------|-----------------|--------------------|
| DÜZ YÜZEYLİ AHŞAP KALIP YAPILMASI | | | | | |
| İmalatın Pozu : BA-1 | | | | | |
| İmalatın Birimi : m ² | | | | | |
| Sıra No | İmalatın Adı | Br. | Miktar | Birim Fiyat YTL | MALİYET TUTARI YTL |
| 1 | Çam Kereste Temini | m3 | 0,012 | 320,00 | 3,84 |
| 2 | Nakliye (25 km' ye kadar) | m3 | 0,012 | 13,85 | 0,17 |
| 3 | Çivi ve Tel | kg | 0,1 | 1,00 | 0,10 |
| 4 | Kalıp Aksesuarları | ad | 1 | 1,00 | 1,00 |
| 5 | Kalıp Yağlanması | m2 | 1 | 0,50 | 0,50 |
| 6 | Kalıp Kurulma ve Sökülme İşçiliği | m2 | 1 | 5,63 | 5,63 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| GENEL TOPLAM | | | | | 11,23 |
| Açıklamalar: | | | | | |
| 1 m2 ahşap kalıbın (kerestenin 3 kez kullanılması koşulu ile) yerinde hazırlanması maliyeti. | | | | | |

| ADAM x SAAT HESABI | | | |
|---------------------------|-----------------|----------------|----------------|
| | İşçilik (AS/m2) | Ücret (YTL/AS) | Tutar (YTL/m2) |
| Düz İşçi | 0,75 | 3,13 | 2,34 |
| Kalıpçı Ustası | 0,75 | 4,38 | 3,28 |
| | | | |
| TOPLAM | | | 5,63 |

| BİRİM FİYAT ANALİZİ | | | | | |
|--|--------------------------------|-----|--------|-----------------|--------------------|
| ST 3 DONATI DEMİRİNİN BAĞLANMASI | | | | | |
| İmalatın Pozu : BA-3 | | | | | |
| İmalatın Birimi : KG | | | | | |
| Sıra No | İmalatın Adı | Br. | Miktar | Birim Fiyat YTL | MALİYET TUTARI YTL |
| 1 | Φ12' den ince demir temini | kg | 0,367 | 0,68 | 0,25 |
| 2 | Φ12 ve daha kalın demir temini | kg | 0,633 | 0,67 | 0,42 |
| 3 | Fire %7 | kg | 0,07 | 0,68 | 0,05 |
| 4 | Φ8'lik sehpa ve çiroz %3 | kg | 0,03 | 0,68 | 0,02 |
| 5 | Nakliye (25 km' ye kadar) | kg | 1,1 | 0,01 | 0,01 |
| 6 | Demir Bağlanması İşçiliği | kg | 1 | 0,11 | 0,11 |
| GENEL TOPLAM | | | | | 0,86 |
| Açıklamalar: | | | | | |
| Farklı çaplardaki 1 kg ST-3 donatı demirinin yerine bağlanması maliyeti. | | | | | |

| DONATI TABLOSU (kg) | | | | | | |
|----------------------------|------|------|------|------|------|--------|
| | Φ 8 | Φ 10 | Φ 12 | Φ 14 | Φ 16 | TOPLAM |
| Temel | 80 | 772 | 90 | 2986 | 1923 | 5851 |
| Zemin Kat | 1724 | 1501 | 329 | 2324 | 1923 | 7801 |
| 1.Kat | 1155 | 235 | 297 | 1196 | 0 | 2883 |
| TOPLAM | 2959 | 2508 | 716 | 6506 | 3846 | 16535 |

| ADAM x SAAT HESABI | | | |
|-----------------------------|-----------------|----------------|----------------|
| | İşçilik (AS/m2) | Ücret (YTL/AS) | Tutar (YTL/m2) |
| Düz İşçi(taşıma,boş) | 0,0030 | 3,13 | 0,01 |
| Soğuk Demir Us.Yrd. | 0,0155 | 3,75 | 0,06 |
| Soğuk Demir Ustası | 0,0100 | 4,38 | 0,04 |
| TOPLAM | | | 0,11 |

| BİRİM FİYAT ANALİZİ | | | | | |
|--|--------------------------------|-----|--------|-----------------|--------------------|
| SANTRALDEN SATIN ALINAN HAZIR BS 25 BETONUNUN DÖKÜLMESİ | | | | | |
| İmalatın Pozu : BA-4 | | | | | |
| İmalatın Birimi : m ³ | | | | | |
| Sıra No | İmalatın Adı | Br. | Miktar | Birim Fiyat YTL | MALİYET TUTARI YTL |
| 1 | Santralden BS.25 Beton Temini | m3 | 1 | 72,00 | 72,00 |
| 2 | Beton Pompası Kullanılması | m3 | 0,89 | 8,00 | 7,12 |
| 3 | Beton Dökme İşçiliği | m3 | 1 | 1,59 | 1,59 |
| 4 | Beton Pompasında kalan fire %1 | m3 | 0,01 | 72,00 | 0,72 |
| 5 | Betonun Sulama Suyu | m3 | 0,4 | 2,20 | 0,88 |
| 6 | Vibratör | kw | 0,05 | 0,24 | 0,01 |
| 7 | Çimento | kg | 3 | 0,13 | 0,39 |
| 8 | Çabuk priz aldırıcı katkı | kg | 2,75 | 1,10 | 3,03 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| GENEL TOPLAM | | | | | 85,74 |
| Açıklamalar: | | | | | |
| Santralden hazır olarak satın alınan 1 m3 BS.25 betonarme betonunun inşaatta dökülmesi maliyeti. | | | | | |

| ADAM x SAAT HESABI | | | |
|---------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | İşçilik (AS/m3) | Ücret (YTL/AS) | Tutar (YTL/m2) |
| Düz İşçi | 0,3 | 3,13 | 0,94 |
| Beton Ustası | 0,15 | 4,38 | 0,66 |
| | | | |
| TOPLAM | | | 1,59 |

| BİRİM FİYAT ANALİZİ | | | | | |
|--|---------------------------------------|-----|--------|-----------------|--------------------|
| 13,5' LUK ve 8,5' LUK TUĞLA ARASINA CAMYÜNÜ İLE DIŞ DUVAR ÖRÜLMESİ | | | | | |
| İmalatın Pozu : BA-7 | | | | | |
| İmalatın Birimi : m ² | | | | | |
| Sıra No | İmalatın Adı | Br. | Miktar | Birim Fiyat YTL | MALİYET TUTARI YTL |
| 13,5' luk Duvar Analizi | | | | | |
| 1 | Kum (nakliye dahil) | m3 | 0,03 | 24,00 | 0,72 |
| 2 | Çimento (nakliye dahil) | kg | 7,5 | 0,13 | 0,98 |
| 3 | Yatay delikli tuğla (19x19x13,5) | ad | 25 | 0,10 | 2,50 |
| 4 | Fire %4 | ad | 1 | 0,10 | 0,10 |
| 5 | Nakliye (100 km' ye kadar) | ad | 26 | 0,04 | 0,91 |
| 6 | Su | m3 | 0,016 | 2,20 | 0,04 |
| 7 | Tuğla duvar işçiliği | m2 | 1 | 4,70 | 4,70 |
| Poliüretan Yalıtım Analizi | | | | | |
| 1 | 4 cm Poliüretan Levha Temini | m2 | 1,00 | 0,85 | 0,85 |
| 2 | Fire %1 | m2 | 0,01 | 0,85 | 0,01 |
| 3 | Nakliye (25 km' ye kadar) | m2 | 1,01 | 0,02 | 0,02 |
| 4 | Poliüretan levha yerleştirme işçiliği | m2 | 1 | 0,20 | 0,20 |
| 8,5' luk Duvar Analizi | | | | | |
| 1 | Kum (nakliye dahil) | m3 | 0,02 | 24,00 | 0,48 |
| 2 | Çimento (nakliye dahil) | kg | 5 | 0,13 | 0,65 |
| 3 | Yatay delikli tuğla (19x19x8,5) | ad | 25 | 0,10 | 2,50 |
| 4 | Fire %4 | ad | 1 | 0,10 | 0,10 |
| 5 | Nakliye-Tuğla (25 km' ye kadar) | ad | 26 | 0,03 | 0,65 |
| 6 | Su | m3 | 0,014 | 2,20 | 0,03 |
| 7 | Tuğla duvar işçiliği | m2 | 1 | 4,50 | 4,50 |
| GENEL TOPLAM | | | | | 19,93 |
| Açıklamalar: | | | | | |
| 19 x 19 x 13,5 yatay delikli tuğla ile 19 x 19 x 8,5 yatay delikli tuğla arasına 5 cm camyünü duvar paneli konularak 1 m2 dış duvar örülmesi maliyeti. | | | | | |

| ADAM x SAAT HESABI (13,5' luk Duvar) | | | |
|---|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | İşçilik (AS/m2) | Ücret (YTL/AS) | Tutar (YTL/m2) |
| Düz İşçi (yapılması) | 0,75 | 3,13 | 2,34 |
| Düz İşçi (taşımaya) | 0,25 | 3,13 | 0,78 |
| Duvar Ustası | 0,36 | 4,38 | 1,58 |
| | | | |
| TOPLAM | | | 4,70 |

| ADAM x SAAT HESABI (8,5' luk Duvar) | | | |
|--|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | İşçilik (AS/m2) | Ücret (YTL/AS) | Tutar (YTL/m2) |
| Düz İşçi | 0,95 | 3,13 | 2,97 |
| Duvar Ustası | 0,35 | 4,38 | 1,53 |
| | | | |
| TOPLAM | | | 4,50 |

| BİRİM FİYAT ANALİZİ | | | | | |
|---|-------------------------------------|-----|--------|-----------------|--------------------|
| 8,5' LUK YATAY YUĞLA İLE YARIM DUVAR ÖRÜLMESİ | | | | | |
| İmalatın Pozu : BA-8 | | | | | |
| İmalatın Birimi : m ² | | | | | |
| Sıra No | İmalatın Adı | Br. | Miktar | Birim Fiyat YTL | MALİYET TUTARI YTL |
| 1 | Kum (nakliye dahil) | m3 | 0,02 | 24,00 | 0,48 |
| 2 | Çimento (nakliye dahil) | kg | 5 | 0,13 | 0,65 |
| 3 | Yatay delikli tuğla (19 x 19 x 8,5) | ad | 25 | 0,10 | 2,50 |
| 4 | Fire %4 | ad | 1 | 0,10 | 0,10 |
| 5 | Nakliye-Tuğla (25 km' ye kadar) | ad | 26 | 0,03 | 0,65 |
| 6 | Su | m3 | 0,014 | 2,20 | 0,03 |
| 7 | Tuğla duvar işçiliği | m2 | 1 | 4,50 | 4,50 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| GENEL TOPLAM | | | | | 8,91 |
| Açıklamalar: | | | | | |
| 19 x 19 x 8,5 yatay delikli tuğla ile 1 m2 yarım duvar örülmesi maliyeti. | | | | | |

| ADAM x SAAT HESABI | | | |
|---------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | İşçilik (AS/m2) | Ücret (YTL/AS) | Tutar (YTL/m2) |
| Düz İşçi | 0,95 | 3,13 | 2,97 |
| Duvar Ustası | 0,35 | 4,38 | 1,53 |
| | | | |
| TOPLAM | | | 4,50 |

| BİRİM FİYAT ANALİZİ | | | | | |
|--|--------------------------------|-----|--------|-----------------|--------------------|
| İÇ DUVARLARA KİREÇ HARÇLI DÜZ SIVA YAPILMASI | | | | | |
| İmalatın Pozu : BA-11 | | | | | |
| İmalatın Birimi : m ² | | | | | |
| Sıra No | İmalatın Adı | Br. | Miktar | Birim Fiyat YTL | MALİYET TUTARI YTL |
| 1 | Elenmiş Kum (nakliye dahil) | m3 | 0,03 | 24,00 | 0,72 |
| 2 | İnce siva kumu (nakliye dahil) | m3 | 0,012 | 26,00 | 0,31 |
| 3 | Sönmemiş Kireç | kg | 5,645 | 0,09 | 0,48 |
| 4 | Su | m3 | 0,03 | 2,20 | 0,07 |
| 5 | Sıva işçiliği | m2 | 1 | 4,97 | 4,97 |
| GENEL TOPLAM | | | | | 6,55 |
| Açıklamalar: | | | | | |
| 250 kg dozlu harçla 2 cm kalınlığında tek kat serpmeye üzerine aynı harçla 1 cm kalınlığında 1 m2 düz siva yapılması maliyeti. | | | | | |

| ADAM x SAAT HESABI | | | |
|---------------------------|-----------------|----------------|----------------|
| | İşçilik (AS/m2) | Ücret (YTL/AS) | Tutar (YTL/m2) |
| Düz İşçi | 0,61 | 3,13 | 1,91 |
| Sıva Ustası | 0,7 | 4,38 | 3,06 |
| TOPLAM | | | 4,97 |

| BİRİM FİYAT ANALİZİ | | | | | |
|---|---|-----|--------|-----------------|--------------------|
| HAFİF ÇELİK KONSTRÜKSİYON İNŞAATI | | | | | |
| İmalatın Pozu : HÇ-1 | | | | | |
| İmalatın Birimi : kg | | | | | |
| Sıra No | İmalatın Adı | Br. | Miktar | Birim Fiyat YTL | MALİYET TUTARI YTL |
| 1 | Statik analize uygun akma ve çekme değerlerinde,konstrüksiyon projesine uygun kesitte üretilip, istenilen boyda kesilmiş galvaniz çelik profil temini | kg | 1,000 | 2,35 | 2,35 |
| 2 | Profillerin Nakliyesi (500 km'ye kadar) | kg | 1,000 | 0,06 | 0,062 |
| 3 | 3,9 x 16 Pul Başlı Vida | ad | 0,952 | 0,01 | 0,009 |
| 4 | Φ 55 Tesisat Contası | ad | 0,143 | 0,16 | 0,023 |
| 5 | Φ 125 Tesisat Contası | ad | 0,019 | 0,32 | 0,006 |
| 6 | Duvar Panel İmalatı İşçiliği | kg | 0,722 | 0,22 | 0,158 |
| 7 | 5,5 x 25 Altıgen Başlı Vida | ad | 0,205 | 0,02 | 0,003 |
| 8 | 4,8 x 19 Çekirdek Başlı Vida | ad | 0,571 | 0,01 | 0,006 |
| 9 | 4,8 x 38 Çekirdek Başlı Vida | ad | 0,060 | 0,01 | 0,001 |
| 10 | Taban Yalıtım Şeridi | m | 0,008 | 0,74 | 0,006 |
| 11 | Ankraj Köşebenti | ad | 0,009 | 6,68 | 0,060 |
| 12 | M16 x 145 Ankraj Bulonu | ad | 0,007 | 3,90 | 0,026 |
| 13 | Φ 16 x 400 Rot | ad | 0,002 | 2,20 | 0,005 |
| 14 | M16 Somun | ad | 0,014 | 0,02 | 0,000 |
| 15 | M16 Pul | ad | 0,014 | 0,01 | 0,000 |
| 16 | Matkap, spiral | kw | 0,020 | 0,24 | 0,005 |
| 17 | Saha Montaj İşçiliği | kg | 1,000 | 0,40 | 0,402 |
| GENEL TOPLAM | | | | | 3,123 |
| Açıklamalar: | | | | | |
| 1 kg hafif çelik konstrüksiyon inşaat maliyeti. | | | | | |

| ADAM x SAAT HESABI (Panel) | | | |
|-----------------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | İşçilik (AS/kg) | Ücret (YTL/AS) | Tutar (YTL/kg) |
| Düz İşçi | 0,022 | 3,125 | 0,07 |
| Panel Ustası | 0,04 | 3,750 | 0,15 |
| TOPLAM | | | 0,22 |

| ADAM x SAAT HESABI (Montaj) | | | |
|------------------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | İşçilik (AS/kg) | Ücret (YTL/AS) | Tutar (YTL/kg) |
| Düz İşçi | 0,014 | 3,125 | 0,04 |
| Usta Yardımcısı | 0,022 | 3,750 | 0,08 |
| Montaj Ustası | 0,063 | 4,375 | 0,28 |
| TOPLAM | | | 0,40 |

| BİRİM FİYAT ANALİZİ | | | | | |
|--|----------------------------|-----|--------|-----------------|--------------------|
| İÇ DUVAR VE TAVANLARIN YEŞİL ALÇIPAN KAPLANMASI | | | | | |
| İmalatın Pozu : HÇ-6 | | | | | |
| İmalatın Birimi : m ² | | | | | |
| Sıra No | İmalatın Adı | Br. | Miktar | Birim Fiyat YTL | MALİYET TUTARI YTL |
| 1 | Yeşil Alçıpan levha temini | m2 | 1,00 | 3,38 | 3,38 |
| 2 | Fire %4 | m2 | 0,04 | 3,38 | 0,14 |
| 3 | Nakliye (25 km' ye kadar) | m2 | 1,04 | 0,06 | 0,06 |
| 4 | 25 mm' lik alçıpan vidası | ad | 30 | 0,01 | 0,26 |
| 5 | Matkap | kw | 0,04 | 0,24 | 0,01 |
| 6 | İşçilik | m2 | 1 | 1,25 | 1,25 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| GENEL TOPLAM | | | | | 5,10 |
| Açıklamalar: | | | | | |
| 1 m2 yeşil alçıpan plakanın yerine monte edilmiş halde maliyeti. | | | | | |

